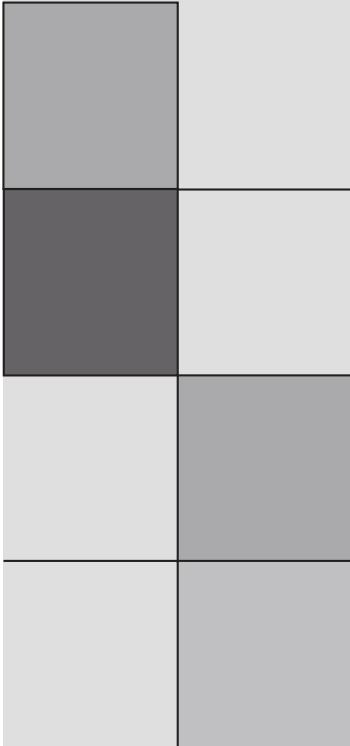




ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL



A decorative vertical column on the left side of the page features a 4x2 grid of colored squares. The colors are arranged in a repeating pattern: light gray, dark gray, white, and medium gray. The grid spans from approximately y=238 to y=590.

RBGEA

REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Volume 15 (01)

2025
ISSN 2237-4590



REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL
Publicação Científica da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

EDITORES

Prof. Dra. Alessandra Cristina Corsi - IPT
Prof. Dr. Eduardo Soares de Macedo - Consultor

REVISORES

Adalberto Aurélio Azevedo - Consultor	José Eduardo Zaine - UNESP
Alberto Pio Fiori - UFPR	José Luiz Albuquerque Filho - IPT
Aline Freitas da Silva - DRM-RJ	José Mário Queiroga Mafra - Walm Engenharia
Ana Elisa Silva de Abreu - UNICAMP	Leonardo Andrade de Souza - Zemlya
Andrea Valli Nummer -UFSM	Leandro Eugênio da Silva Cerri - Consultor
Candido Bordeaux Rego Neto - IPUF	Luis de Almeida Prado Bacellar - UFOP
Clovis Gonzatti - CIENTEC	Luiz Fernando D'Agostino - Núcleo
Denise de la Corte Bacci - USP	Luiz Nishiyama - UFU
Diana Sarita Hamburger - UFABC	Malva Andrea Mancuso - UFSM
Edilson Pissato - USP	Marcilene Dantas Ferreira - UFSCar
Eduardo Goulart Collares - UEMG	Marcio A. Cunha - Consultor
Emilio Velloso Barroso - UFRJ	Marcio Fernandes Leão
Eraldo L. Pastore - Consultor	Maria Heloisa B.O. Frascá - Consultora
Fábio Soares Magalhães - Walm Engenharia	Marta Luzia de Souza - UEM
Fabricio Araujo Mirandola - IPT	Nelson Meirim Coutinho - GEORIO
Filipe Antonio Marques Falcetta - IPT	Newton Moreira de Souza - UnB
Frederico Garcia Sobreira - UFOP	Noris Costa Diniz -UnB
Gerson Salviano Almeida Filho - IPT	Omar Yazbek Bitar - IPT
Helena Polivanov - UFRJ	Otávio Coaracy Brasil Gandolfo - IPT
Ivan José Delatim - SIGA	Romildo Dias Moreira Filho
João Francisco Alves Silveira - Consultor	Reinaldo Lorandi - UFSCar
Jorge Kazuo Yamamoto - USP	Ricardo Vedovello - IPA/SEMIL
José Augusto de Lollo - UNESP	Wilson Shoji Iyomasa - IPT

APOIO EDITORIAL
Denise Amaral

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO
Ryan Dias - Editora Tribo da Ilha

Volume 15 (01)
2025
ISSN 2237-4590
DOI:



DIRETORIA ABGE GESTÃO 2025/2026

PRESIDENTE: Erik Wunder
VICE-PRESIDENTE: Luiz Alberto Minicucci
DIRETORA SECRETÁRIA: Bruna M. Cruz Fernandes
DIRETOR FINANCEIRO: Delfino Luiz Gouveia Gambetti
DIRETORA DE EVENTOS: Ana Elisa Silva de Abreu
DIRETOR DE COMUNICAÇÃO: Luiz Antonio Pereira de Souza

Conselho Deliberativo: Ana Elisa Silva de Abreu, Álvaro Rodrigues dos Santos, Bruna M. Cruz Fernandes, Camila Milli, Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Erik Wunder, Flávio Rogério da Silva, João Antônio Curtis, João Luiz Armelin, José Luis Ridente, José Luiz Albuquerque, Lilian Pimentel, Luiz Alberto Minicucci, Luiz Antonio Pereira de Souza, Malena D'Elia Otero, Márcio Leão, Maria Heloisa B. Oliveira Frasca, Romildo Dias Moreira.

Conselho Consultivo: Fabio Soares Magalhães (Presidente), Adalberto Aurélio Azevedo (in memoriam), Carlos Manoel Nieble (in memoriam), Delfino Luiz Gouveia Gambetti, Fernando Facciola Kertzman, Fernão Paes de Barros (in memoriam), Giácomo Ré, Guido Guidicini, Jayme de Oliveira Campos, João Jerônimo Monticelli, Kenzo Hori, Luiz Ferreira Vaz (in memoriam), Luiz Francisco Saragiotto, Maria Heloísa Barros de Oliveira Frasca, Murillo Dondici Ruiz (in memoriam), Nivaldo José Chiossi, Tarcísio Barreto Celestino e Wilson Shoji Yiomasa.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO / ESPÍRITO SANTO

Alano Burity dos Santos, Ana Caroline Duarte Dutra, Ana Paula Cezario da Silva, Giovanna Tristão, Isabella Robert Rodrigues, Jéssica Tiné Pôssa, Raquel Batista M. da Fonseca e Rodrigo Ferreira Franca.

NÚCLEO MINAS GERAIS

Alberto Ferreira do Amaral Junior, Ângelo Almeida Zenóbio, Denise Silva, Diego Moreira da Silva, Ellen Delgado Fernandes, Frederico Nascimento Mendes Bezerra, Giovana Parizzi, Michele Aparecida Flores Costa, Walter dos Reis Junior e Yan Lucas de O. P. Santos.

NÚCLEO SUL

Andréa Nummer, Cesar Augusto B. Bastos, Débora Lamberty, Karina R. Camargo, Malva Andrea Mancuso, Marcos A. Musso Laespiga e Nicole Borchardt.

NÚCLEO CENTRO OESTE

Bruno Presley, Caiubi Emanuel Souza Kuhn, Ingrid Ferreira Lima, Patrícia de Araújo Romão e Ricardo Vilhena.

NÚCLEO NORTE

Claudio Fabian, Dianne D. F. Fonseca, Elton Rodrigo de Andretta, Iris Celeste N. Bandeira, José Sidney Barros e Sheila G. Teixeira.

SECRETARIA ABGE

Gerente Executiva: Luciana Marques
Assistente Editorial: Denise Amaral
Assistente Administrativo: Kauany Santos
Assistente Administrativo: Vanessa Oliveira
Auxiliar Administrativo: Emilly Mendes
Auxiliar De Comunicação: Gabrielle Lima



SUMÁRIO

6 APRESENTAÇÃO

ARTIGOS CIENTÍFICOS

- 8** ESTUDO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE UMA ÁREA DE PROTEÇÃO INTEGRAL
Ana Patrícia Nunes Bandeira
Jéssica de Alencar Pinto
Rebeca Rodrigues de Freitas
Ycaro Alencar Maciel Santos
- 16** ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA EM GAROPABA/SC
João Pedro di Marco Nunes
Joice Cagliari

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

- 34** ANÁLISE DOS DADOS DE DANOS E PREJUÍZOS POR DESASTRES HIDROLÓGICOS NOS MUNICÍPIOS QUE MARGEIAM O RIO TAQUARI (RS)
Barbara Franz
Ana Maria Benciveni Franzoni
- 48** GERENCIAMENTO DE RISCO TECNOLÓGICO DE ORIGEM QUÍMICA NA ÓTICA DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO
Taís Schiavon
Adelaide Cassia Nardocci
- 60** REDE SOCIAL DE SUPORTE: ESTRATÉGIAS COM LÍDERES COMUNITÁRIOS NA GESTÃO INTEGRAL DE RISCOS E DESASTRES



*Ariel Denise Pontes Afonso
Ricardo Lopes Correia*

- 66** COMUNICAÇÃO DE RISCO: ESTRATÉGIAS DE MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO PROJETO PERIFERIA SEM RISCO COLOMBO-PR

*Pedro Vilhena Bartolome
Kelly Prudencio*

- 78** EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES: EXPERIÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA/BRASIL

*Ariadne Farias
Regina Panceri
Masato Kobiyama*

- 93** MÉTODO AHP APLICADO À ANÁLISE INTEGRADA DA SAÚDE E QUALIDADE DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DE TRÊS RIOS DO OESTE PARANAENSE

*Fernando Garrido de Oliveira
Alessandra Svonka Palmeiro
Helena Cristina da Silva de Assis
Maritana Mela Prodocimo
Lilian Dena dos Santos*

APRESENTAÇÃO

Estamos apresentando a primeira edição de 2025 da RBGEA – Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, a revista da ABGE. Nesta edição reunimos dois artigos técnico-científicos do fluxo normal da revista e seis artigos que foram premiados como melhores artigos nas sessões técnicas do VI Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino-Americana (SRA-LA).

Esse congresso ocorreu em Curitiba entre os dias 19 e 23 de maio de 2025 e contou com a organização da SRA-LA e coorganização da ABGE, da mesma forma quando em 2016 as duas entidades organizaram o III Congresso da SRA-LA nas dependências do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

No primeiro artigo do fluxo normal da RBGEA, a Professora Ana Patrícia Nunes Bandeira e colegas da Universidade Federal do Cariri (UFCA) apresentam estudos de erodibilidade do solo no Parque Natural Municipal das Timbaúbas em Juazeiro do Norte, interior do Ceará.

João Pedro Di Marco Nunes e Joice Cagliari apresentam análise de suscetibilidade a movimentos de massa nas encostas da cidade de Garopaba (SC) utilizando inventário desses movimentos de massa analisados pela metodologia Fuzzy em ambiente SIG.

Quanto aos artigos premiados no Congresso da SRA-LA, o primeiro deles de autoria de Bárbara Franz e Ana Maria Benciveni Franzoni trata dos desastres hidrológicos nos municípios que margeiam o Rio Taquari (RS) entre os anos de 1991 e 2024.

Taís Schiavon e Adelaide Cássia Nardocci tratam do gerenciamento de riscos tecnológicos

de origem química com atenção ao planejamento territorial urbano. Consideram que embora o planejamento urbano seja da competência dos municípios, eles não estão preparados para incluir nesse importante instrumento os riscos tecnológicos de origem química.

Já Ariel Denise Pontes Afonso e Ricardo Lopes Correia apresentam artigo sobre redes sociais de suporte como estratégia na Gestão de Riscos e Desastres propondo trabalhar com as populações inseridas nas áreas de risco utilizando os Ecomapas.

Em sequência Pedro Vilhena Bartolome e Kelly Prudencio apresentam artigo sobre a Comunicação de Riscos como estratégia de mobilização social no projeto Periferia sem Risco no município de Colombo, no Paraná. Esse projeto faz parte das ações do Ministério das Cidades.

Ariadne Farias, Regina Panceri e Masato Kobiyama apresentam as experiências de educação para redução de riscos e desastres em Santa Catarina trabalhando tanto com estudantes de educação básica até nível superior.

Finalmente, Fernando Garrido de Oliveira e colegas utilizaram o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) na análise da saúde e qualidade dos ecossistemas aquáticos dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, no oeste paranaense.

Participe de nossa revista enviando seu artigo técnico, seu texto de reflexão, seu comentário ou sua sugestão para que possamos juntos fazer da RBGEA a revista de divulgação e integração da Geologia de Engenharia e Ambiental no Brasil.

Desejamos a todos uma ótima leitura.

ARTIGOS CIENTÍFICOS

ESTUDO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE UMA ÁREA DE PROTEÇÃO INTEGRAL

STUDY OF SOIL ERODIBILITY IN AN INTEGRAL PROTECTION AREA

ANA PATRÍCIA NUNES BANDEIRA

Professora Dra., Universidade Federal do Cariri (UFCA), Ceará, Brasil, ana.bandeira@ufca.edu.br

JÉSSICA DE ALENCAR PINTO

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Ceará, Brasil, jessicalencarpinto@gmail.com

REBECA RODRIGUES DE FREITAS

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Ceará, Brasil, rebeca.rodrigues@aluno.ufca.edu.br

YCARO ALENCAR MACIEL SANTOS

Universidade Federal do Cariri (UFCA), Ceará, Brasil, alencar.ycaro@aluno.ufca.edu.br

RESUMO ABSTRACT

A erosão é um processo natural causado por agentes externos, principalmente a água e o vento. No entanto, quando há interferência humana inadequada, a erosão pode ser acelerada, causando diversos problemas, especialmente nos centros urbanos. É o que vem ocorrendo no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, localizado no município de Juazeiro do Norte, interior do Ceará. O presente trabalho tem como objetivo apresentar resultados de ensaios realizados em uma amostra de solo para avaliação do potencial de erodibilidade, incluindo ensaio de permeabilidade e ensaio de estabilidade de agregados. A amostra tem textura do tipo arenoso-argilosa e arenoso-siltosa (SC-SM), com baixo coeficiente de permeabilidade (na ordem de 10⁻⁴ cm/s) e um percentual estável de agregados de 85,62%. Os resultados permitiram concluir que o solo do ponto estudado é de média suscetibilidade à erosão, no entanto, a concentração de águas de escoamento e outros fatores antrópicos inadequados têm contribuído para o surgimento de sulcos e ravinas. Diante da importância do parque e das constantes ações antrópicas inadequadas, que contribuem para a degradação do meio físico, torna-se essencial a implementação de medidas para mitigar os impactos ambientais, tais como obras de macro e microdrenagem, visando proteger e garantir a sustentabilidade da área.

Palavras-chave: erosão, ambiental, ensaio guelph, agregados.

Erosion is a natural process caused by external agents, mainly water and wind. However, when there is inadequate human interference, erosion can be accelerated, causing several problems, especially in urban centers. This is what has been happening in the Timbaúbas Municipal Natural Park, located in the municipality of Juazeiro do Norte, in the interior of Ceará. The present work aims to present results of tests carried out on a soil sample to evaluate the erodibility potential, including permeability test and aggregate stability test. The sample has a sandy-clayey and sandy-silty texture (SC-SM), with a low permeability coefficient (in the order of 10⁻⁴ cm/s) and a stable percentage of aggregates of 85,62%. The results allowed us to conclude that the soil at the studied point is of medium susceptibility to erosion, however, the concentration of runoff water and other inappropriate anthropogenic factors have contributed to the emergence of furrows and gullies. Given the importance of the park and the constant inadequate human actions, which contribute to the degradation of the physical environment, it is essential to implement measures to mitigate environmental impacts, such as macro and micro drainage works, aiming to protect and guarantee the sustainability of the park area.

Keywords: erosion, environmental, guelph test, aggregates.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é um processo de desgaste da superfície terrestre causado pela ação de agentes externos, principalmente a água e o vento. É uma forma natural de modelagem do relevo e atua de modo conjugado aos processos de formação dos solos. Contudo, o uso e a ocupação desordenada do solo pelo ser humano aumentam a intensidade com que esse processo ocorre, causando desequilíbrio, o que acarreta problemas ambientais, sociais e econômicos, tais como perda de fertilidade dos solos com consequente redução na produção de alimentos; assoreamento de rios e lagos; deslizamentos em áreas de risco; e comprometimento de serviços públicos, como a interdição de estradas e a exposição ou ruptura de canalizações e dutos enterrados (Mascarenha et al., 2023).

De acordo com Bertoni e Lombardi (1999), a compreensão das erosões envolve dois tipos de forças, as ativas e as passivas. Enquanto as forças ativas, como a intensidade das chuvas e a incli-

nação do terreno, desencadeiam ou exacerbam o processo erosivo, as forças passivas, relacionadas às propriedades físicas do solo, atuam como fatores de resistência à propagação da erosão. Essa abordagem destaca a necessidade de uma análise detalhada desses fenômenos para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e mitigação dos problemas.

Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo apresentar resultados de um estudo do potencial de erodibilidade de uma amostra de solo de uma área de proteção integral denominada Parque Natural Municipal das Timbaúbas (PNMT), situada em Juazeiro do Norte, no interior do Ceará (Figura 1). A área é uma unidade de conservação dedicada à preservação da Várzea da Timbaúba e de seus mananciais. Essa área, com 23,4 hectares, abriga 11 fontes naturais que desempenham um papel fundamental no abastecimento de água potável para cerca de 70% da população da cidade (Moreira et al., 2023).

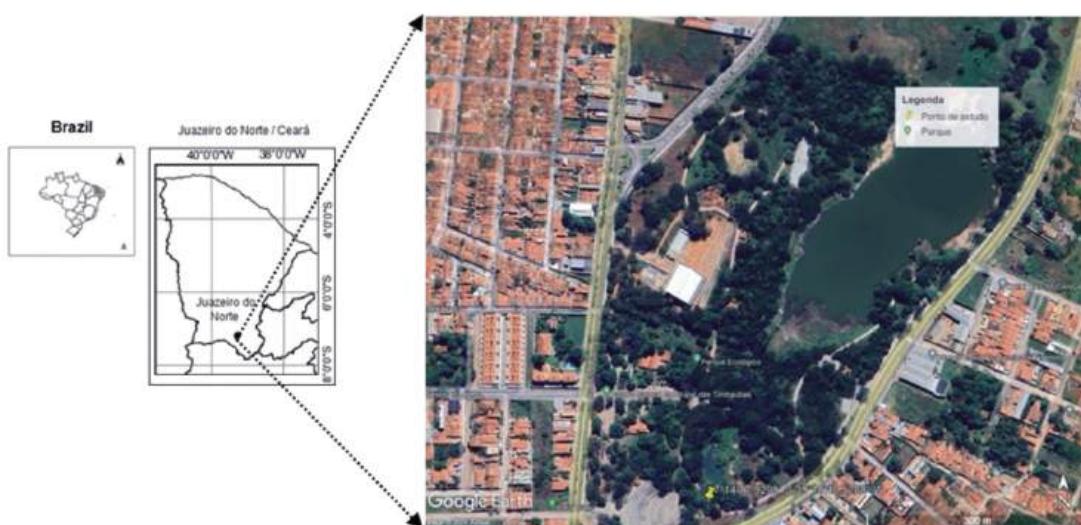


Figura 1. Parque Natural Municipal das Timbaúbas

(Fonte. Adaptado de Google Earth).

Bandeira et al. (2021), Costa (2023) e Silva (2024) apresentam resultados de investigações geotécnicas realizadas em amostras de solos coletadas em diferentes pontos do Parque. Os autores afirmam que os solos apresentam partículas com predominância de textura arenosa, podendo ser

enquadados como areia siltosa (SM) e/ou areia argilosa (SC). Apesar da presença de partículas de siltos e argilas, em geral, os solos da Unidade de Conservação apresentam elevados potenciais de erosão, sendo visíveis na área várias cicatrizes erosivas, devido às influências no processo, como

fatores naturais e antrópicos inadequados, que serão apresentados mais adiante.

Costa (2023) estudou uma amostra de textura areno-argilosa/areno-siltosa (SC-SM) coletada no PNMT. Essa textura do solo, de acordo com Llopis Trillo (1999), indica que o solo pode ser classificado como de média a alta suscetibilidade à erosão. Costa (2023) também fez uma avaliação direta do potencial de erodibilidade, por meio do ensaio de Inderbitzen, encontrando uma taxa de erodibilidade (K) superior a $0,1 \text{ g/cm}^2/\text{min/Pa}$, tanto para a amostra de solo ensaiada na condição natural quanto na condição inundada, sendo enquadrada, nas duas condições do ensaio, como altamente suscetível à erosão, de acordo com Bastos (1999). O ensaio de permeabilidade, realizado em laboratório por Costa (2023), revelou um coeficiente de permeabilidade em torno de $8,8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$. Segundo Terzaghi e Peck (1967, apud Lambe e Whitman, 1969), coeficientes de permeabilidade situados na faixa de 10^{-3} cm/s a 10^{-5} cm/s são considerados de baixa permeabilidade. A presença de argilas e siltos no agregado (28%) pode justificar o enquadramento na classe de baixa permeabilidade, apesar da predominância da textura arenosa no solo.

Segundo Camapum de Carvalho et al. (2023), os fenômenos envolvendo o transporte de massa em solos, sejam relacionados ao fluxo de água ou

de outras substâncias pelos seus interstícios, possuem grande importância na engenharia geotécnica. Os problemas de erosão, por exemplo, devem ser investigados por meio dos diversos fatores causais, incluindo o conhecimento acerca das propriedades hidráulicas do solo e das condições de contorno do problema.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Atualmente, o Parque Natural Municipal das Timbaúbas enfrenta desafios ambientais complexos. É muito comum, por exemplo, a presença de resíduos sólidos e o despejo de águas servidas provenientes das atividades humanas, que podem contaminar o lençol freático na zona de recarga de aquífero. Os efeitos das erosões na área do parque têm causado diversos impactos (Figuras 2a, 2b e 2c), desde a remoção da camada superficial do solo, descalçamento da base de pavimentos e até deposições das partículas erodidas nos corpos hídricos. A ausência de elementos de microdrenagem e as inadequadas ações humanas contribuem para o avanço dos processos erosivos. A crescente degradação do solo na área emerge como uma questão crítica que demanda atenção imediata e estratégias eficazes de conservação.



a) Arraste e deposição de partículas



b) Cicatriz de erosão pela ausência de elementos de microdrenagem



c) Descalçamento severo de passeio

Figura 2. Danos causados pelos processos erosivos no Parque Natural Municipal das Timbaúbas.

Para o desenvolvimento deste artigo, foram realizados ensaios de permeabilidade com o permiâmetro de Guelph no mesmo ponto de amostragem do estudo de Costa (2023) e ensaios de análise de estabilidade de agregados em laboratório,

na mesma amostra de solo, a fim de complementar as informações obtidas anteriormente. Na Figura 1 apresentada anteriormente, pode-se observar o ponto de coleta da amostra de solo, localizado nas coordenadas $7^{\circ}14'17.9298'' \text{ S}$ e $39^{\circ}18'40.5288'' \text{ W}$.

2.1 Ensaio de Permeabilidade com Permeâmetro de Guelph

O ensaio de permeabilidade foi realizado com o Permeâmetro de Guelph (Figura 3), seguindo as recomendações de Reynold et al. (1983), com aprimoramentos subsequentes realizados pela Universidade de Guelph, Canadá, conforme descrito por Reynolds e Elrick (1985; 1986) e Elrick et al. (1989).

Para realizar o ensaio, foi aberto um furo no solo, com 40 cm de profundidade, por meio de um trado manual. Em seguida, um volume constante de água foi introduzido no equipamento, impondo valores de carga total de 15 cm e 20 cm. Após medições consecutivas de vazões, o poço atingiu um estado estacionário, onde foi possível obter a taxa de infiltração de água, que se tornou constante. Esse estado estacionário foi então utilizado para calcular a condutividade hidráulica do solo.



Figura 3. Ensaio de permeabilidade com Permeâmetro de Guelph na área de estudo.

2.2 Ensaio de Análise de Estabilidade de Agregado

O ensaio de estabilidade de agregado é um método qualitativo para estudar a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos. Esse ensaio consiste em mensurar a quantidade e a distribuição do tamanho dos agregados estáveis em água. A metodologia do ensaio está descrita a seguir, baseada na publicação de Mascarenha et al. (2023):

- Coleta no campo de um bloco indeformado de solo. O bloco de solo foi envolvido com papel filme e acondicionado em caixa de ma-

deira com serpilha para não danificar a estrutura durante o transporte para o laboratório.

- Destorroamento do bloco de solo de forma cuidadosa para não quebrar os agregados de solo, em cima de um conjunto de peneiras de malha 4,75 e 2 mm.
- Retirada de três amostras de 25 g do solo retido na peneira de 2 mm em placas de Petri.
- Determinação do teor de umidade do solo por meio de uma das amostras de 25 g colocada em estufa por um período mínimo de 24 h.
- Umidificação das outras duas amostras de 25

- g e, após um período de 2 h, disposição em um conjunto de cinco peneiras, cada amostra, com 13 cm de diâmetro e abertura de malha de: 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm e 0,150 mm.
- f) Colocação do conjunto de peneiras em aparelho de Yoder (Figura 4), com nível de água até atingir a base da peneira de cima de 2 mm, tomando cuidado para não submergir as amostras na água.

- g) Ajuste do aparelho de Yoder para uma frequência de 32 oscilações por minuto por um período de 15 min, com a água encostando na malha da peneira de 2 mm.
- h) Após os 15 min, retira-se o jogo de peneiras. O conteúdo de cada peneira é transferido para uma placa de Petri devidamente identificada e tarada, e colocado em estufa por um dia para determinar a massa seca de cada fração desagregada.



Figura 4. Realização do ensaio de estabilidade de agregados

O diâmetro médio ponderado e o índice de estabilidade dos agregados são obtidos pelas Equações 1 e 2.

$$DMP = \sum_{i=1}^n (x_i w_i) \quad (\text{Eq.1})$$

onde:

DMP é o diâmetro médio ponderado (mm), x_i é o diâmetro médio das classes (mm) e w_i é a proporção de cada classe em relação ao total.

$$IEA = \frac{MS - WP_{0,25}}{MS} \quad (\text{Eq.2})$$

onde:

IEA é o índice de estabilidade de agregados (%), MS é a massa seca da amostra (g), wp 0,25 é a massa dos agregados da classe < 0,25 mm (g).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaio de Permeabilidade com Permeâmetro de Guelph

A Tabela 1 apresenta os dados obtidos durante o ensaio de permeabilidade e os resultados referentes aos coeficientes de permeabilidade. Os coeficientes obtidos foram de $1,17 \times 10^{-4}$ cm/s,

para carga hidráulica de 15 cm e de $7,62 \times 10^{-4}$ cm/s, para carga hidráulica de 20 cm. Os resultados obtidos em campo permitem enquadrar o solo como de baixa permeabilidade, conforme a proposta de Terzaghi e Peck (1967, *apud* Lambe e Whitman, 1969). Esses resultados estão em concordância com os encontrados anteriormente por Costa (2023), por meio de ensaio em laboratório ($8,8 \times 10^{-4}$ cm/s).

Tabela 1. Resultados do ensaio de Guelph

Parâmetros	carga hidráulica de 15 cm	carga hidráulica de 20 cm
Taxa de infiltração (cm/s)	0,05	0,1
Vazão no regime permanente (cm ³ /s)	1,87	4,02
Área do reservatório do permeâmetro (cm ²)	36,19	36,19
Diametro do orifício aberto a trado (cm)	5	5
Vazão no regime permanente (cm ³ /s)	1,87	4,02
Fator de forma (C)	0,131083	0,684627
Condutividade Saturada de Campo (Ks) (cm/s)	$1,17 \times 10^{-4}$	$7,62 \times 10^{-4}$

Caputo (1988), traz uma relação entre a variação do coeficiente de permeabilidade e o tipo de solo de acordo. Para o autor, solos que apresentam coeficientes de permeabilidade de 10^{-3} cm/s a 10^{-7} cm/s podem apresentar partículas de areia fina, silte e argila. Nesse contexto, o modelo proposto por Caputo (1988) está em concordância com a classificação do solo encontrada por Costa (2023), por meio de ensaios de caracterização (SC-SM).

Quanto à influência da permeabilidade nos processos erosivos, é importante destacar que quanto menor o grau de permeabilidade do solo, maior será a dificuldade da água da chuva se infiltrar, e consequentemente maior será o escoamento superficial, podendo contribuir com às ocorrências das erosões, quando outros fatores favorecerem o processo. A permeabilidade pode ainda ser menor quando o solo estiver na condição não saturada. Neste caso, segundo Camapum de Carvalho et al (2023), a infiltração da água se dará por efeito da sucção/capilaridade, submetendo a fase ar à pressão positiva capaz, dentre outros, de atuar desagregando o solo ou deflagrando processos erosivos.

Quanto aos outros fatores que interferem nos processos erosivos, destaca-se a característica do relevo, que tem atuação direta sobre o regime hídrico

do solo, aumentando ou diminuindo o volume de água presente no maciço e no escoamento. Segundo Silva (2011), a influência do relevo no regime hídrico do solo ocorre na escala local, e é função das seguintes características: altitude, declividade, comprimento, forma da vertente e exposição solar. Vertentes longas associadas com declividades elevadas, por exemplo, pode-se aumentar a energia cinética da água sobre a superfície, resultando em escoamentos superficiais maiores do que a taxa de infiltração e possibilitando a ocorrência de fenômenos como a erosão superficial. No caso do Parque Natural Municipal das Timbaúbas, estudos sobre caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica, publicados por Bandeira et al (2021), indicaram canais retilíneos, que favorecem os escoamentos com maiores energia, e elevam o potencial de erosão do solo exposto.

Ainda segundo Bandeira et al (2021), a área de dentro do Parque, com total de 23,40 ha, apresenta cerca 6,2 ha (26,5%) de solo exposto e de áreas impermeabilizadas, que contribuem na potencialização dos processos erosivos. Já as áreas do entorno contribuem para o aumento de volume de águas de escoamento para dentro do Parque, apesar da baixa declividade da microbacia, devido ao uso e

ocupação do solo, caracterizado por moradias e instalações comerciais, com elevada taxa de impermeabilização. Outro fator, que vale destacar, trata-se das precipitações pluviométricas, que são irregulares e concentradas na região. A média do mês mais chuvoso da região, mês de março, é de 217,6 mm. Chuvas concentradas, na região de clima semiárido, com solo na condição não saturada, elevam o potencial de processos erosivos, que pode ser mais ainda intensificado devido à baixa permeabilidade do solo, que favorece o escoamento superficial, como é o caso da área de estudo.

3.2 Ensaio de Análise de Estabilidade de Agregado

A estabilidade dos agregados refere-se à resistência que o conjunto de partículas do solo apresenta em relação à ação das forças desagregadoras sobre eles. As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados obtidos no ensaio. Observa-se na Tabela 2 que a maior quantidade de massa retida (12,63 g), correspondente a cerca de 50% da amostra, se encontra na faixa de peneira de malha entre 4,75 mm e 2,0 mm.

Na Tabela 3, observa-se pelo índice de estabilidade de agregado (IEA=85,62%), que o solo apresenta boa agregação. Este resultado pode estar relacionado à presença da fração de argila no agregado (20,51%). Valor semelhante ao apresentado por Mascarenha et al (2023) em um solo de uma área de pastagem. Os autores apresentam resultados de ensaios de estabilidade de agregados de amostras de solo de duas áreas experimentais, sendo uma de mata secundária (IEA=75%) e outra de pastagem (IEA=85%); e concluíram que o maior teor de carbono orgânico do solo da área de pastagem contribuiu para a maior agregação.

Tabela 2. Classe de peneiras e massa de agregados em cada classe.

Classe de Peneiras (mm)	Massa de agregados em cada faixa de peneira (g)
4,75-2	12,63
2-1	0,69
1-0,5	7,38
0,5-0,25	1,26
0,25-0,150	0,9
<0,150	2,14

Tabela 3. Parâmetros de avaliação de estabilidade dos agregados

Parâmetros	Valor
Diâmetro Médio Geométrico (DMG)	0,89 mm
Diâmetro Médio Ponderado (DMP)	1,85 mm
Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA)	85,62%

4. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos neste estudo, e também de estudos anteriores, pode-se concluir que o solo do ponto específico onde foi coletada a amostra, no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, pode ser classificado como de médio a alto potencial de erodibilidade. A presença de partículas de argila no agregado e o elevado índice de estabilidade contribuem para essa conclusão. No entanto, a concentração dos escoamentos pode provocar sulcos erosivos e ravinamentos, como foi constatado em estudos anteriores, por meio do método direto de Inderbitzen, o que é, de fato, confirmado em campo. As cicatrizes erosivas no parque estão relacionadas à falta de disciplinamento dos escoamentos, por meio de obras de microdrenagem, assim como a outros fatores antrópicos inadequados, como o lançamento concentrado de águas e a retirada da vegetação. Diante disso, é necessário adotar medidas de conservação e manejo adequadas para mitigar a erosão no parque, considerando que se trata de uma Unidade de Conservação importante para o município. A construção de barreiras físicas e drenantes, o plantio de vegetação apropriada e a implementação de técnicas de manejo sustentável para proteger a superfície do solo contra a erosão são medidas que podem ser adotadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação – PRPI da Universidade Federal do Cariri e ao Laboratório de Geotecnia pelo apoio essencial ao desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bandeira, A. P. N., Macedo, C. C. A., Clarindo, G. S.; Lima, M. G. S.; Souza Neto, J. B. Assessment of potential surface degradation resulting from erosion processes in environmentally protected area. Maio/2021. Soils and Rocks. An International Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
- Bastos, C. A. B. Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- Bertoni, J.; Lombardi, F. N. Conservação do Solo. 4º ed. São Paulo: Ícone Editora, 1999.
- Caputo, H. P. Mecânica dos Solos: Fundamentos. Ed. 6ª. Rio de Janeiro: JC Editora, 1988.
- Costa, José Guilherme Barbosa. Investigação Geotécnica De Um Solo Sujeito A Processo Erosivo. 2023. TCC (Graduação) - Universidade Federal do Cariri, [S. I.], 2023.
- De Carvalho, José Camapum et al. Propriedades Químicas, Mineralógicas E Estruturais De Solos Naturais E Compactados. In: Solos não saturados no contexto geotécnico. [S. I.: s. n.], 2023. cap. 4, p. 91-138.
- Elrick, D.E.; Reynolds, W.D. & Tan, K.A. (1989). Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analysis. Groundwater Monitoring Review, 9: 184-193
- Lambe, T.W., Whitman, R. V. Soil Mechanics. Massachusetts Institute of Techology. New York, 1969, 548p.
- Llopis Trillo, G. 1999. Control de la erosión y obras de desagüe-Manual de estabilización y revegetación de taludes. Entorno Grafico SL, Madri.
- Mascarenha *et al.* (2023). *Erosão*. In. Solos não saturados no contexto geotécnico. Capítulo 24. In. Camapum de Carvalho, J., Gitirana Junior, G. F. N.; Machado, S.L.; Mascarenha, M.M.A; Silva Filho, F.C.; Rodrigues, R.A. ABMS. Disponível em <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/978-65-992098-3-3>.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E. (1986). A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity-pressure head relationships. Ground Water Monitoring Revenue, 6(1): 84-95.
- Reynolds, W.D. & Elrick, D.E. (1985). In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the α -parameter using the Guelph permeameter. Soil Science, 140(4): 292-302
- Reynolds, W.D.; Elrick, D.E. & Topp, G.C. (1983). A reexamination of the constant head well permeameter method for measuring saturated hydraulic conductivity above the water table. Soil Science, 136: 250-268. Simpósio Sobre Solos Não Saturados (2ND 1994 RECIFE). Anais, 2o Simpósio Sobre Solos Não Saturados: 04 a 05 de abril de 1994, Centro de Tecnologia-UFPE, Recife-PE. Recife: Editora Universitaria, UFPE, 1994. 277 p.
- Silva, Roberto Cicero Alves. Estudo Da Erodibilidade De Um Solo Do Parque Natural Municipal Das Timbaúbas. 2024. TCC (Graduação) - Universidade Federal Do Cariri, [S. L.], 2024.
- Silva, A.S. (2011). Solos Urbanos. Guerra, A.T. Geomorfologia Urbana. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 43-69.
- Tavares Moreira, Amanda Maria et al. Desafios Estruturais e Socioambientais no Parque Natural Municipal das Timbaúbas, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil. Revista Ciência e Sustentabilidade, v. 7, n. 1, p. 361- 390, 2023.

ANÁLISE DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA EM GAROPABA/SC

ANALYSIS OF SUSCEPTIBILITY TO MASS MOVEMENTS IN GAROPABA/SC

JOÃO PEDRO DI MARCO NUNES

Geólogo pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFSC. E-mail: joaopdimarco_@hotmail.com

JOICE CAGLIARI

Engenheira Ambiental, Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. E-mail: joiceca@unisinos.br

RESUMO ABSTRACT

O município de Garopaba, no litoral sul de Santa Catarina, possui uma geodiversidade marcante, com morros de mais de 450 m de altitude formados por rochas cristalinas em contato direto com a planície costeira. A região apresenta frequentes movimentos de massa, com destaque para deslizamentos de rochas e de solo, os quais ocasionam danos materiais e comprometem o desenvolvimento urbano. Com o objetivo de analisar a suscetibilidade a movimentos de massa na região, este trabalho apresenta o inventário de movimentos de massa e os resultados da análise de suscetibilidade a esses movimentos no município. Utilizou-se a metodologia *fuzzy* em ambiente SIG, com cálculos baseados na relação de frequência e nos graus de pertinência dos fatores selecionados: geologia, geomorfologia, uso do solo, declividade, hipsometria e orientação das encostas. O inventário foi realizado por mapeamento de campo, interpretação de imagens de sensoriamento remoto e revisão bibliográfica, resultando em 67 pontos de movimento de massa. Desses, 75% (50 pontos) foram utilizados para o cálculo dos graus de pertinência e geração dos produtos cartográficos, enquanto os 25% restantes (17 pontos) foram empregados na posterior validação dos mapas gerados. Os resultados indicam que altas declividades e terrenos formados por rochas cristalinas, especialmente nos morros das Serras do Leste Catarinense em áreas de vegetação nativa e pastagens, são fatores críticos para suscetibilidades mais altas. Três mapas foram gerados com diferentes valores de *gamma* no processamento *fuzzy*. Após validação com os métodos *Receiver Operating Characteristics* e *Area Under Curve*

The city of Garopaba, on the southern coast of Santa Catarina state, has a remarkable geodiversity, with hills over 450 m high formed by crystalline rocks next to coastal plain. The region experiences frequent mass movements, especially rock and soil slides, which cause material damage and affect urban development. In order to analyze the susceptibility to mass movements in the region, this paper presents the inventory of mass movements and the results of the analysis of susceptibility to these movements in the city. A fuzzy methodology was used in a GIS environment, calculated based on the frequency ratio and degrees of pertinence of the selected factors: geology, geomorphology, land use, slope, hypsometry and slope orientation. The inventory was carried out using field mapping, remote sensing image interpretation and a literature review, resulting in 67 mass movement points. Of these, 75% (50 points) were used to calculate the degrees of pertinence and generate the cartographic products, while the remaining 25% (17 points) were used in the subsequent validation of the maps generated. The results indicate that high slopes and terrain formed by crystalline rocks, especially in the hills of the Eastern Santa Catarina Mountains in areas of native vegetation and pastures, are critical factors for higher susceptibilities. Three maps were generated with different gamma values in the fuzzy processing. After validation with the Receiver Operating Characteristics and Area Under Curve methods, the map with gamma 0.825 showed the best accuracy of 71.1%. The study indicates that the Gamboa, Quilombo Morro do Fortunato, Cova Triste

der Curve, o mapa com *gamma* 0,825 apresentou a melhor acurácia, de 71,1%. O estudo indica que os bairros Gamboa, Quilombo Morro do Fortunato, Cova Triste e Siriú são os mais críticos, com pelo menos 25% de suas áreas em regiões de alta ou muito alta suscetibilidade.

Palavras-Chave: deslizamentos; mapa de suscetibilidade; Sistemas de Informação Geográfica; operador *fuzzy*; Garopaba.

and Siriú neighborhoods are the most critical, with at least 25% of their areas in regions of high or very high susceptibility.

Keywords: mass movements; susceptibility; Geographic Information System; Fuzzy operator; Garopaba.

1. INTRODUÇÃO

Movimento de massa é definido pelo movimento de rochas, solo, vegetação e detritos, sob o controle principal da gravidade, incluindo movimentos atribuídos a terrenos inclinados, movimentos gravitacionais verticais e laterais não necessariamente ligados à inclinação do terreno (Gunther, 2022). Tais movimentos são processos importantes na modelagem da superfície terrestre, influenciados por fatores como água, gelo ou ar (Bigarella *et al.* 2003). Esses eventos podem ser provocados tanto por fatores naturais (geologia, geomorfologia e vegetação) quanto antrópicos (ocupação urbana). Para mitigar os riscos, é essencial estudar as condições e mecanismos desses fenômenos, além de avaliar os perigos e os riscos (Tominaga *et al.* 2009).

Desde a década de 1960, com o avanço das geotecnologias, passaram a ser elaborados mapas de risco, vulnerabilidade e suscetibilidade a desastres naturais, elaborados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais indicam a probabilidade (e não frequência) de ocorrência de tais fenômenos em diferentes áreas, classificando-os de baixa a alta intensidade. Tais mapas, em conjunto com ações mitigadoras, fornecem medidas de redução de risco importantes às populações localizadas em áreas de risco.

A cidade de Garopaba, objeto de estudo do presente trabalho, encontra-se situada na margem litorânea do estado de Santa Catarina, compreendendo um território de 114,773 km² diverso em

termos geomorfológicos. Os diferentes tipos de terreno no município são frequentemente afetados por movimentos de massa, muitas vezes intensificados por conta dos elevados índices pluviométricos. Este estudo analisa a suscetibilidade a movimentos de massa em Garopaba utilizando SIG, com o objetivo de analisar a influência dos fatores físicos na ocorrência destes movimentos, além de gerar um mapa passível de utilização pelo poder público no planejamento urbano do município.

2. METODOLOGIA

2.1 Inventário de movimentos de massa

O inventário de movimentos de massa foi elaborado a partir do mapeamento de campo (24 pontos), da interpretação de produtos obtidos por sensores remotos (imagens do satélite CBERS-4A, imagens da série temporal história do Google Earth Pro e do Modelo Digital de Superfície; 41 pontos), e da utilização de pontos anteriormente mapeados na bibliografia (2 pontos), retirados do mapeamento de áreas de risco realizado pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB) (Hoelzel, 2013). Os pontos inventariados foram divididos aleatoriamente em dois grupos: 75% dos pontos (50) para aplicação e cálculo da relação de frequência e graus de pertinência; e 25% dos pontos (17) para validação posterior dos resultados obtidos (Figura 1).

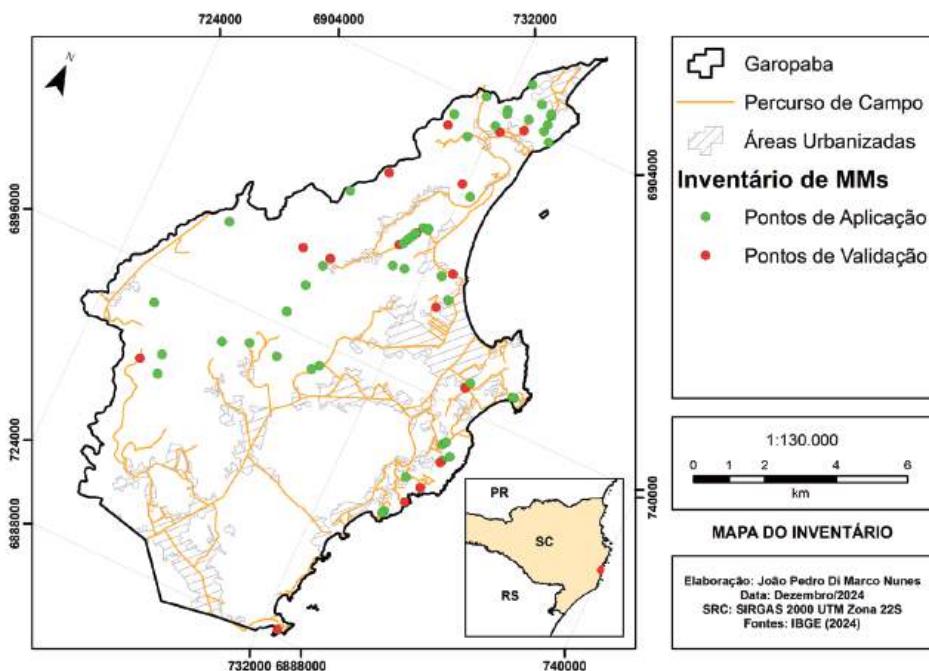


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo com a distribuição dos pontos do inventário de movimentos de massa, com discriminação dos pontos separados para aplicação e validação do método.

2.2 Fatores condicionantes e classes

Foram selecionados seis fatores condicionantes, a partir da disponibilidade dos dados para a área de estudo, para o cálculo dos valores de relação de frequência e grau de pertinência, sendo eles: geologia, geomorfologia, uso do solo, declividade, hipsometria e orientação das vertentes. Para o fator geologia, adotou-se o mapeamento geológico estadual do SGB (Wildner *et al.* 2014), na escala 1:500.000, que define 12 diferentes unidades litoestratigráficas (classes) para o território de Garopaba. Para o fator geomorfologia, adotou-se o mapeamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível para todo o território nacional na escala 1:250.000 (IBGE, 2023), que define 4 diferentes classes, representadas pelas unidades geomorfológicas da região

de estudo. Quanto ao uso do solo, os dados utilizados são oriundos dos mapas de uso e cobertura da terra do Projeto MapBiomass (2024), com resolução espacial de 30 m. Para a aquisição dos valores de declividade, hipsometria e orientação das encostas, utilizou-se o Modelo Digital de Terreno (MDT) da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA, 2024), com resolução espacial de 12,5 m. Os valores de declividade foram classificados conforme a divisão proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1979), a qual define cinco classes de porcentagem para a área de estudo. Os valores de hipsometria foram divididos em seis classes distintas, enquanto o fator orientação das encostas foi dividido de acordo com os pontos cardeais e colaterais, gerando 8 diferentes classes (Tabela 1).

Tabela 1. Fatores e classes condicionantes.

Fatores Condicionantes	Classes (quantidade de classes)
Geologia	Q2a, Q2pr, Q2ca, Q2b4e, Q2fl, Q1b3pl, E2γrc, NP3γpca, NP3γpi, NP3γgg, NP3γpl e NP2γsi (12)
Geomorfologia	Corpo D'água Continental, Serras do Leste Catarinense, Planícies Litorâneas e Planícies Alívio-coluvionares (4)
Uso do Solo	Agropecuária, Área não Vegetada, Corpo D'água, Floresta, Formação Natural não Florestal e Não Observado (6)
Declividade	0 - 3, 3 - 8, 8 - 20, 20 - 45 e 45 - 75 (5)
Hipsometria	0 - 50, 50 - 150, 150 - 250, 250 - 350, 350 - 450 e > 450 (6)
Orientação das Encostas	Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste (8)

2.3 Relação de frequência

A equação da relação de frequência (1) corresponde a um método estatístico baseado em dados (*data-driven*), responsável por reduzir a subjetividade da etapa de cálculo dos graus de pertinência

$$\text{Relação de Frequência (RF)} = \frac{\text{Nº de pontos de movimento de massa na classe} (\%)}{\text{Domínio da classe em relação ao fator condicionante} (\%)} \quad (1)$$

Para a aplicação da equação (1), são determinadas as porcentagens da quantidade de pontos do inventário identificados na classe que está sendo calculada em relação ao total de pontos do inventário, além do domínio da classe (área) em relação à área total de estudo.

2.4 Graus de pertinência

Posteriormente, os valores de relação de frequência de cada classe são normalizados entre 0 e 1, através da equação dos graus de pertinência (2) (SEMA *et al.* 2017) a seguir:

$$\text{Grau de Pertinência} = \frac{X_{RF} - \text{mín}_{RF}}{\text{máx}_{RF} - \text{mín}_{RF}} \quad (2)$$

A equação (2) em questão considera X_{RF} o valor de relação de frequência calculado para a classe, e mín_{RF} e máx_{RF} como sendo o menor e maior valor de relação de frequência entre todas as classes do fator em questão, respectivamente (Macacari, 2022). Nesta etapa, todos os arquivos vetoriais (classes de geologia, geomorfologia e uso do solo) são transformados em arquivos matriciais (*raster*) para padronização com os demais fatores. Com isso, os valores de grau de pertinência calculados são atribuídos aos mapas de classes de cada fator

ocasionada por conta de métodos (*knowledge-driven*). O resultado da equação expressa a relação entre o número de movimentos de massa ocorridos na área de uma classe de cada fator condicionante, em relação à porcentagem da área total representada pela referida classe (Correia, 2015).

condicionante, por meio da reclassificação dos pixels em ambiente SIG.

2.5 Integração dos dados

A lógica *fuzzy* é baseada na representação de dados espaciais como objetos de conjuntos *fuzzy*, cujos graus de pertinência são atribuídos a cada conjunto, correlacionando o nível de pertencimento do objeto ao conjunto (Maccari, 2022). Assim, cada classe representa um objeto, cujo valor de pertinência atribuído representa sua influência na suscetibilidade a movimentos de massa considerando todos os fatores analisados.

Para a integração dos fatores, utilizou-se o operador *fuzzy gamma* (3), que realiza a operação a partir da união de outros dois operadores independentes, *fuzzy soma* e *fuzzy produto*. O operador *fuzzy gamma* é aplicado a partir da inserção de um valor de *gamma* (γ) pelo usuário, para definir a importância dos operadores utilizados no cálculo. Os valores mais próximos de zero representam um peso maior ao operador *fuzzy produto*, enquanto os valores mais próximos de um representam um peso maior ao operador *fuzzy soma*, já valores intermediários representam a progressão entre os dois operadores (Correia, 2015).

$$\text{Fuzzy gamma} = (\text{Fuzzy soma})^\gamma \cdot (\text{Fuzzy produto})^{1-\gamma} \quad (3)$$

Os valores de *gamma* utilizados (0,75; 0,825 e 0,9) foram selecionados com base em trabalhos semelhantes (Sema, 2017; Schramm, 2019; Maccari, 2022), realizados em diferentes áreas de estudo, que constatam resultados mais pertinentes ao utilizar valores elevados de *gamma* para o cálculo da suscetibilidade a movimentos de massa.

2.6 Validação dos dados

Para a validação dos resultados de cada um dos três produtos (mapas) gerados (um para cada valor de *gamma*), os métodos *Receiver Operating Characteristic* (ROC) e *Area Under Curve* (AUC) são aplicados para a verificação da qualidade representativa dos produtos matriciais de suscetibilidade gerados.

A curva ROC, segundo Maccari (2022), consiste em um gráfico composto pela sensibilidade do modelo (razão entre dados corretamente classificados como positivos e o total de dados positivos) versus a taxa de falsos positivos (razão entre dados incorretamente classificados como positivos e o total de dados positivos). O método AUC corresponde à área sob a curva ROC; em que valores mais baixos indicam falha no modelo, enquanto valores mais altos (próximos de 1) indicam seu bom desempenho.

Nesta etapa, aplicam-se os pontos separados para validação (25% do total) como valores de en-

trada, ou “positivos verdadeiros” que serão utilizados para o cálculo da qualidade representativa dos modelos a partir da curva ROC e, posteriormente, do valor de AUC.

Para elaboração da curva ROC, os valores dos produtos calculados pelo operador *fuzzy gamma* são agrupados em dez classes por meio do método de quebras naturais (Algoritmo de Jenks) que, embasado em um cálculo matemático da soma dos desvios absolutos sobre a mediana das classes, realiza o agrupamento dos dados com menor variação, estabelecendo os padrões espaciais de maneira estatística para os dados utilizados (Zucherato e Freitas, 2011).

3. RESULTADOS

3.1 Movimentos de Massa na área de estudo

Considerando os 65 pontos de movimentos de massa mapeados pelo autor, deslizamentos representam o tipo de movimento de massa amplamente mais encontrado na área de estudo. Em termos quantitativos, dos 24 pontos mapeados em campo, 23 (95,83%) correspondem a deslizamentos translacionais e rotacionais, com ocorrências subordinadas de queda de blocos em 3 pontos (Figura 2A e Figura 2B).



Figura 2. A) Deslizamento e queda de blocos no ponto de coordenadas 731150E 6899655N (22J). B) Deslizamento e queda de blocos no ponto de coordenadas 731459E 6904228N (22J). As linhas tracejadas pretas indicam as cicatrizes de rompimento.

Já para os 41 pontos mapeados remotamente, os deslizamentos representam 100% das ocorrências de movimentos de massa verificadas, com

3.2 Relação de frequência e graus de pertinência

3.2.1 Geologia

Para este fator, as classes representadas pelas litologias ígneas do Neoproterozoico (NP3γpca,

rastejos sendo registrados de forma concomitante aos deslizamentos em 4 pontos.

NP3γpi, NP3γgg, NP3γpl, NP2γsi) apresentaram os maiores valores de graus de pertinência, predominando de forma significativa em relação às litologias sedimentares do Quaternário (Q2a, Q2pr, Q2ca, Q2b4e, Q2fl, Q1b3pl), vide Tabela 2 e Figura 3 a seguir.

Tabela 2. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator geologia.

*Unidades litoestratigráficas de acordo com Wildner *et al.* (2014).

Classe (Unidade Litoestratigráfica)*	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
Depósitos Aluvionares (Q2a)	6,43	0	0,000	0,000
Depósitos praiais atuais (Q2pr)	0,04	0	0,000	0,000
Depósitos colúvio-aluvionares (Q2ca)	0,99	0	0,000	0,000
Depósitos eólicos atuais (Q2b4e)	6,82	1	0,318	0,035
Depósitos flúvio-lagunares (Q2fl)	21,22	0	0,000	0,000
Depósitos de planície lagunar barreira III (Q1b3pl)	17,08	7	0,890	0,098
Granito Rio Chicão (E2γrc)	10,82	2	0,401	0,044
Granito Imaruí-Capivari (NP3γpca)	9,74	9	2,006	0,221
Granito Ilha (NP3γpi)	1,20	5	9,044	1,000
Granitoides Garopaba (NP3γgg)	16,37	17	2,254	0,249
Granitoides Paulo Lopes (NP3γpl)	15,77	8	1,101	0,121
Diorito Silveira (NP2γsi)	2,05	1	1,059	0,117

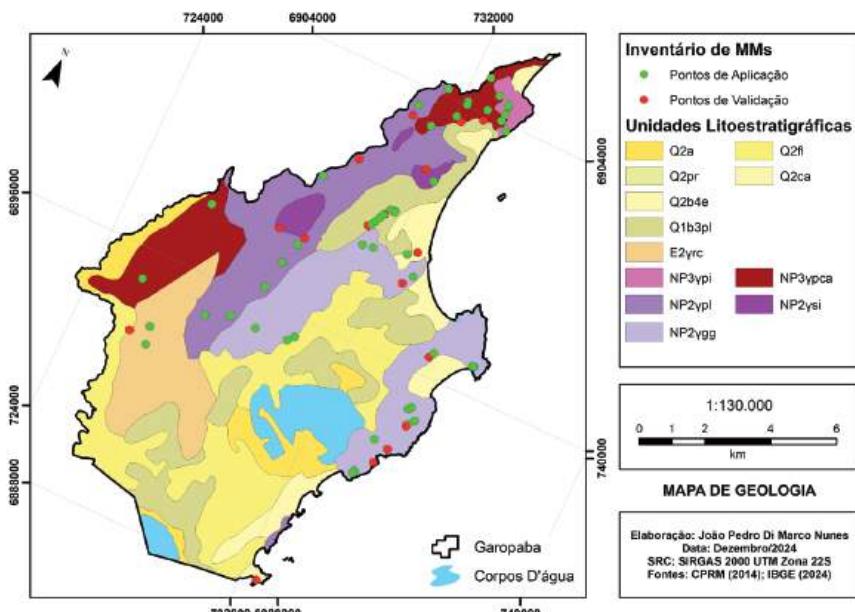


Figura 3. Mapa das classes de geologia (unidades litoestratigráficas) e os pontos mapeados para o inventário.

3.2.2 Geomorfologia

Para este fator, a classe representada pela unidade geomorfológica das Serras do Leste Catarinense apresentou o maior valor de grau de pertinência, sendo também a classe com maior área

em relação à totalidade do fator (Tabela 3 e Figura 4). As classes de Corpo D'água Continental e de Planícies Aluvio-coluvionares, por sua vez, não apresentaram pontos de aplicação e consequentes graus de pertinência.

Tabela 3. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator geomorfologia. *Unidades geomorfológicas de acordo com IBGE (2023).

Classe (Unidade Geomorfológica)*	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
Corpo D'água Continental	6,18	0	0,000	0,000
Serras do Leste Catarinense	61,53	47	1,750	1,000
Planícies Litorâneas	42,82	3	0,160	0,091
Planícies Aluvio-coluvionares	4,00	0	0,000	0,000

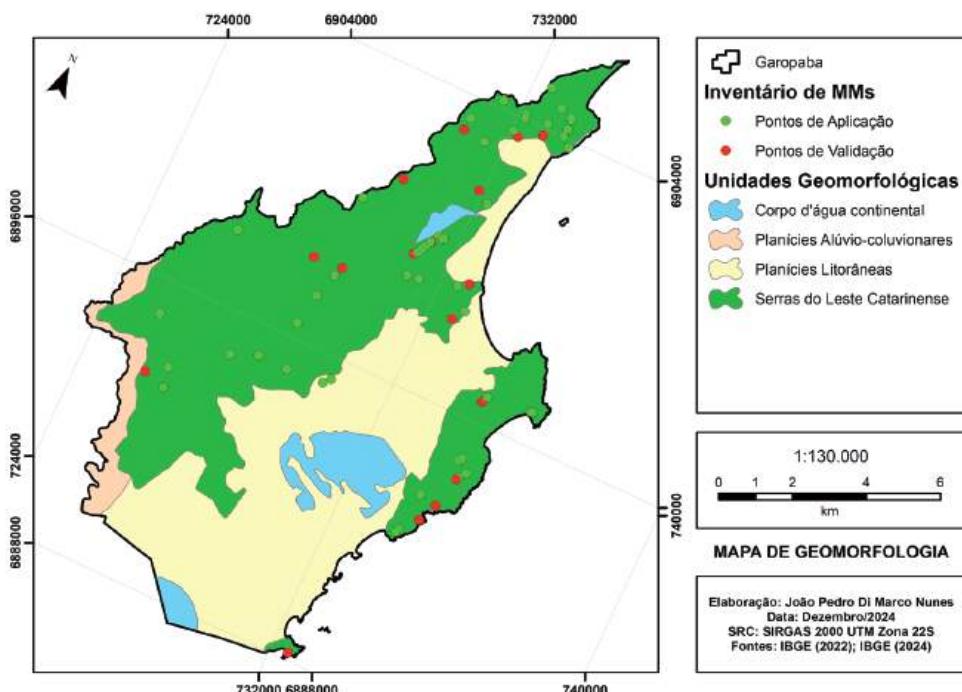


Figura 4. Mapa das classes de geomorfologia (unidades geomorfológicas) e os pontos mapeados para o inventário.

3.2.3 Uso do solo

Para este fator, foram identificados pontos de aplicação apenas nas classes de solo ocupado por

áreas de Floresta e Agropecuária, sendo a última delas a com maior valor de grau de pertinência calculado e com maior área em relação à totalidade do fator (Tabela 4 e Figura 5).

Tabela 4. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator uso do solo.

*Classes de Uso do Solo de acordo com Projeto MapBiomas (2022).

Classe (Uso do Solo)*	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
Floresta	44,24	19	0,985	0,704
Formação Natural não Florestal	0,32	0	0,000	0,000
Agropecuária	50,83	31	1,399	1,000
Área não Vegetada	11,47	0	0,000	0,000
Corpo D'água	7,59	0	0,000	0,000
Não observado	0,27	0	0,000	0,000

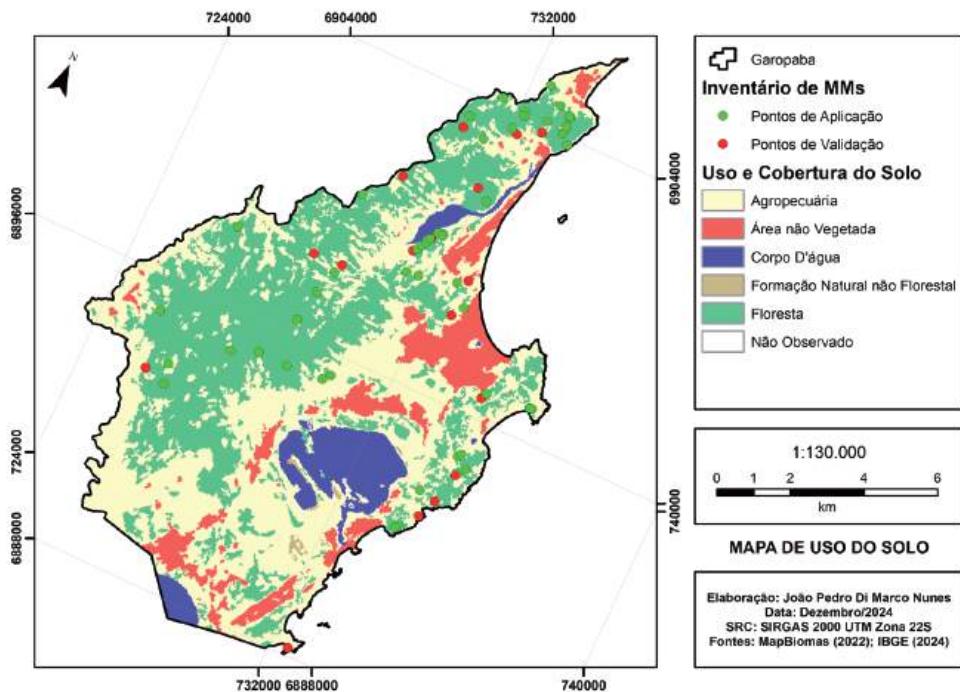


Figura 5. Mapa das classes de uso do solo e os pontos mapeados para o inventário.

A respeito do mapeamento de uso do solo do Projeto MapBiomas (2022), salienta-se que ele contempla as áreas urbanizadas dentro da classe de “Área não Vegetada”, bem como as faixas de areia das diferentes praias do município.

3.2.4 Declividade

Para este fator, o maior grau de pertinência remete à classe com declividades entre 45 e 75%

Tabela 5. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator declividade.

Classe (%)	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
0 – 3	17,08	4	0,537	0,002
3 – 8	23,01	2	0,200	0,000
8 – 20	52,08	23	1,014	0,004
20 – 45	22,57	20	2,034	0,009
45 – 75	1,14	1	200,000	1,000

(Tabela 5 e Figura 6). Com exceção da classe entre 3 e 8%, nota-se uma tendência de aumento nos graus de pertinência proporcional ao aumento da declividade, fato que sugere que o aumento da declividade favorece a ocorrência de movimentos de massa.

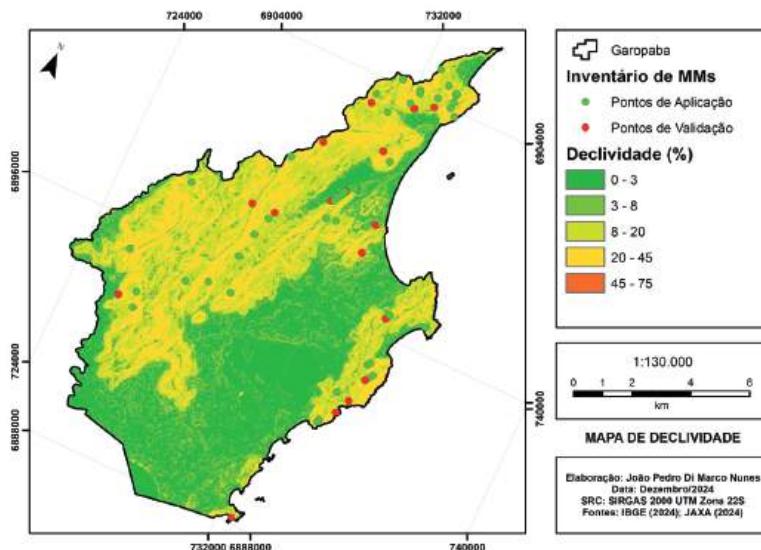


Figura 6. Mapa das classes de declividade e os pontos mapeados para o inventário.

3.2.5 Hipsometria

Para este fator, o grau de pertinência máximo calculado se refere aos terrenos com altimetrias

compreendidas entre 150 e 250 m, enquanto os terrenos com cotas superiores a 450 m apresentaram grau de pertinência zerado (Tabela 6 e Figura 7).

Tabela 6. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator hipsometria.

Classe (m)	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
0 – 50	65,91	17	0,590	0,218
50 – 150	20,26	14	1,582	0,583
150 – 250	12,66	15	2,712	1,000
250 – 350	9,35	3	0,735	0,271
350 – 450	5,31	1	0,431	0,159
> 450	0,97	0	0,000	0,000

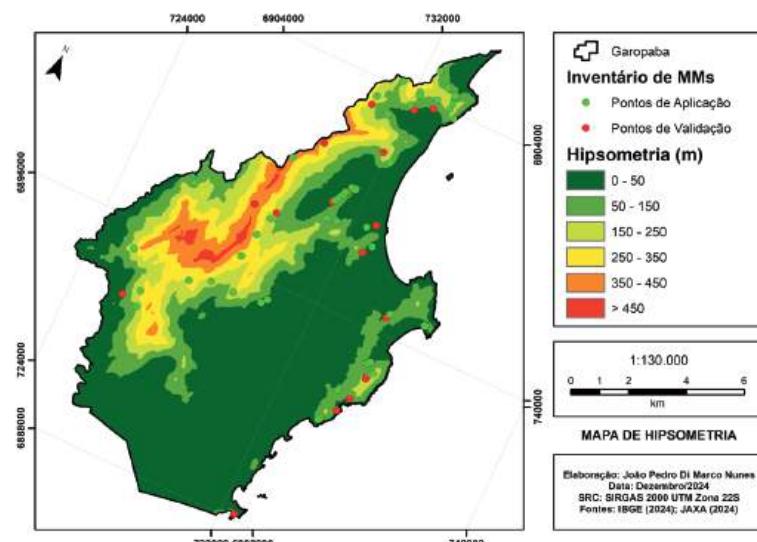


Figura 7. Mapa das classes de hipsometria e os pontos mapeados para o inventário.

3.2.6 Orientação das encostas

Para este fator, registrou-se que as vertentes com sentido NW apresentaram o maior grau de pertinência, seguidas pelas vertentes com sentido

S (Tabela 7 e Figura 8). As vertentes para N apresentaram grau de pertinência zerado, enquanto as demais classes apresentaram valores intermediários entre 0,038 e 0,424.

Tabela 7. Valores de relação de frequência e grau de pertinência para o fator orientação das encostas.

Classe (sentido)	Área (km ²)	Pontos de Aplicação	Relação de Frequência	Grau de Pertinência
Norte	16,94	3	0,379	0,000
Nordeste	9,86	5	1,086	0,424
Leste	16,17	7	0,926	0,328
Sudeste	17,82	8	0,961	0,349
Sul	9,74	8	1,759	0,828
Sudoeste	9,69	2	0,442	0,038
Oeste	14,27	5	0,750	0,223
Noroeste	12,56	12	2,046	1,000

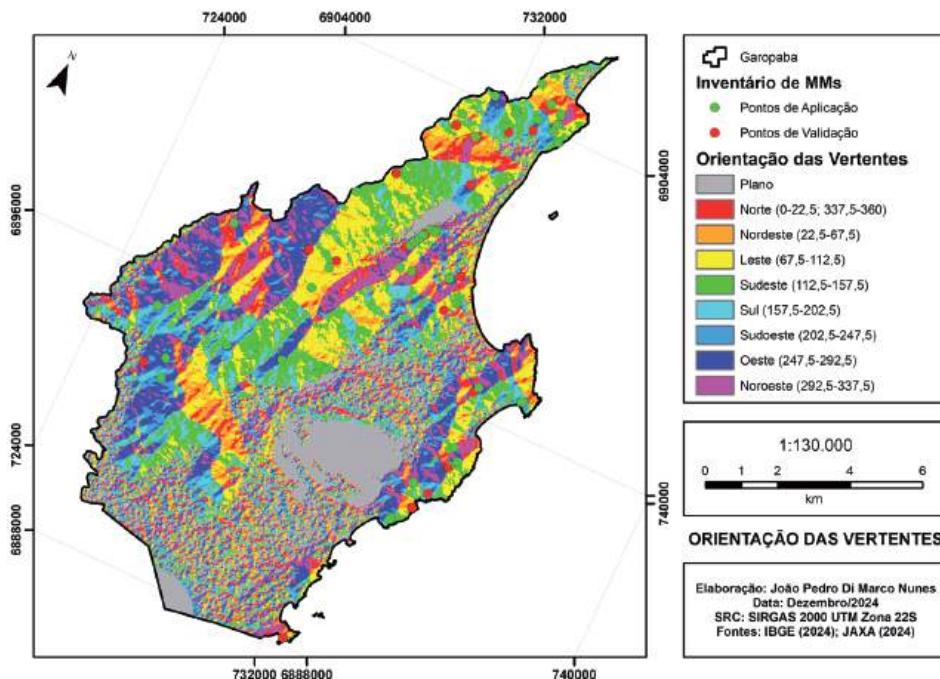


Figura 8. Mapa das classes de orientação das vertentes e os pontos mapeados para o inventário.

3.3 Integração e validação dos dados

A partir dos resultados apresentados anteriormente, foram gerados três mapas (um para cada valor de *gamma*) de suscetibilidade (Figura 9), cada um dividido em cinco classes que variam de muito baixa a muito alta. Ao analisar a dominância de cada classe em relação a área territorial, a classe de suscetibilidade muito baixa predomi-

nou em todos os três mapas, variando entre 54,77 e 61,34%. As classes baixa, moderada e alta apresentaram uma intercalação de dominância entre si, com valores entre 9,38 e 19,23%, 15,56 e 18,94% e 3,34 e 14,64% respectivamente. Já a classe de suscetibilidade muito alta representou, em todos os mapas, a quinta classe mais presente, com valores de ocupação do território entre 0,53 e 2,27%, respectivamente.

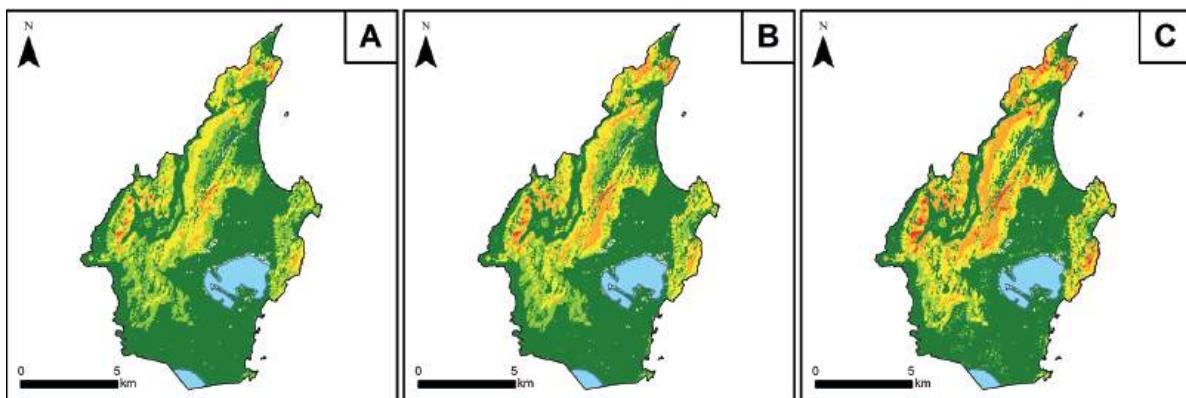


Figura 9. A) espacialização das classes de suscetibilidade obtidas com $\gamma = 0,75$; B) espacialização das classes de suscetibilidade obtidas com $\gamma = 0,825$; C) espacialização das classes de suscetibilidade obtidas com $\gamma = 0,9$.

Os três produtos gerados foram validados através dos métodos ROC e AUC, gerando valores de AUC entre 0,707 e 0,711 (Figura 10). O maior valor (0,711) foi obtido a partir do mapa elabora-

do com valor de *gamma* igual a 0,825 e corresponde a uma conformidade de 71,1% na predição de áreas maior probabilidade futura de ocorrência de movimentos de massa.

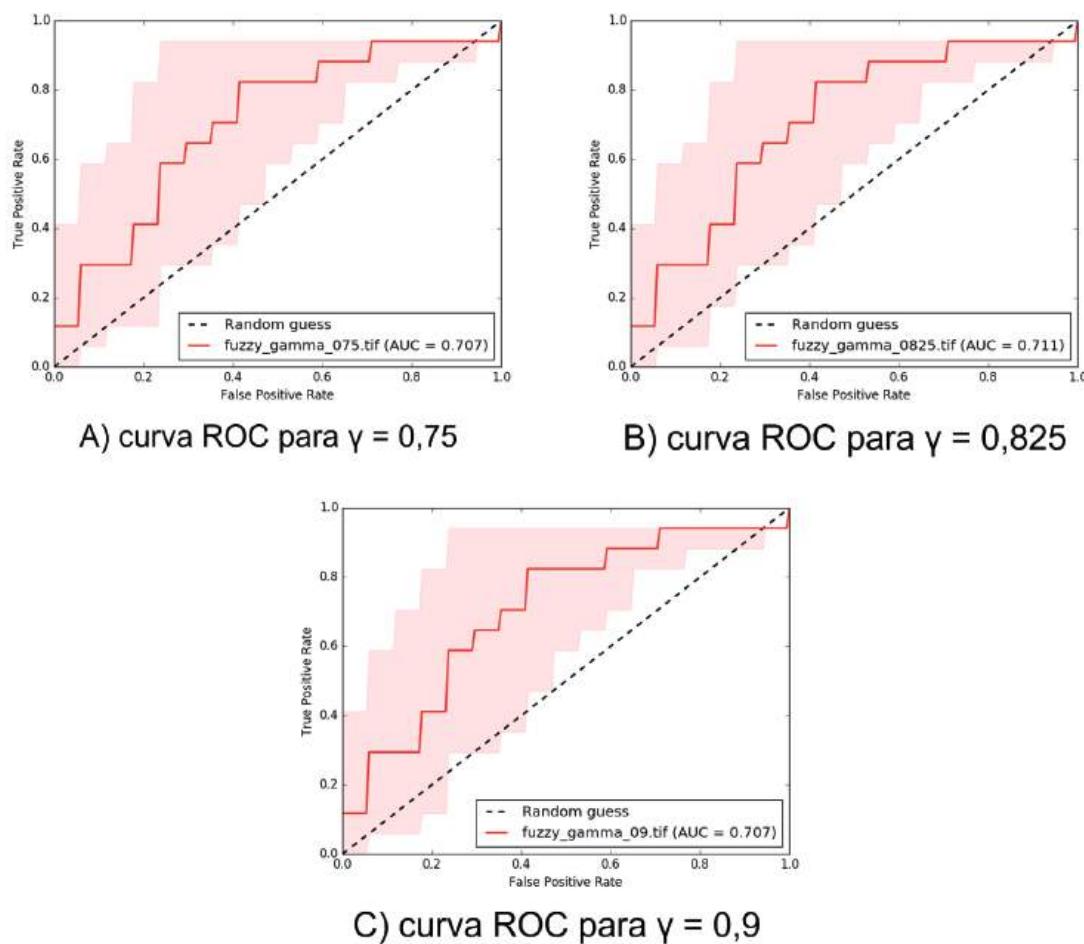


Figura 10. Gráficos de ROC e valores de AUC obtidos para cada valor de *gamma* utilizado.

Assim, com uma conformidade de 71,1% (AUC = 0,711), obtida a partir do valor de *gamma* de 0,825, elegeu-se o mapa em questão como re-

sultado mais representativo do presente trabalho, estando este apresentado a seguir (Figura 11).

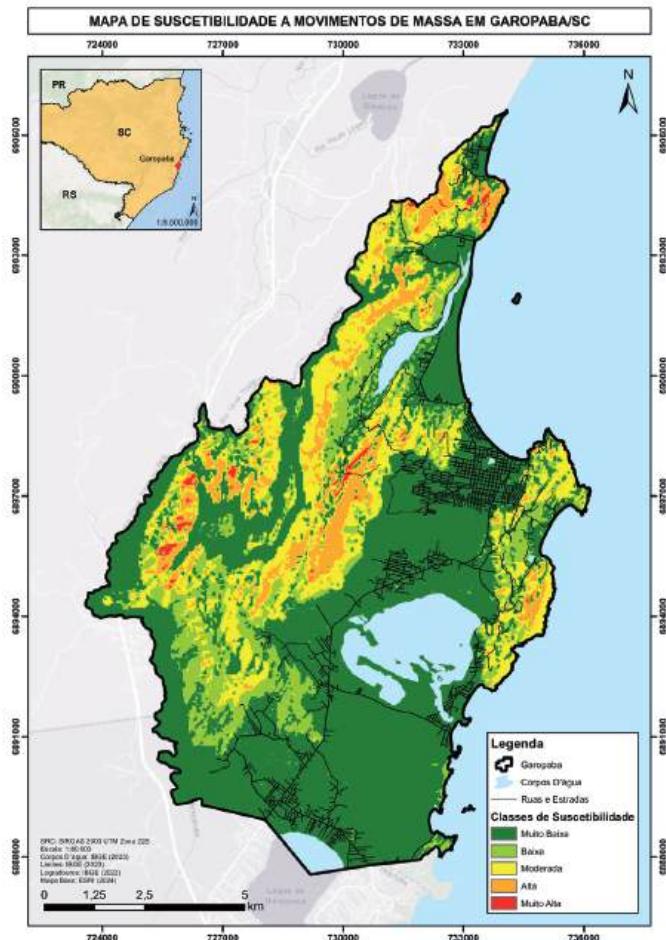


Figura 11. Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa em Garopaba/SC.

4. DISCUSSÕES

Para os pontos mapeados em campo, destacaram-se movimentos de massa ocorridos em áreas de vegetação nativa por causas naturais e deslizamentos desencadeados por cortes de estrada. No entanto, para os pontos mapeados remotamente (através de sensoriamento remoto), constatou-se um domínio da ocorrência de movimentos de massa em áreas destinadas à agropecuária e áreas de floresta, nesta ordem. Em relação às áreas de uso agropecuário, que contemplam terrenos com vegetação rasteira e/ou em estágio primário de crescimento, a maior ocorrência se relaciona com a evolução de rastejos ao longo do tempo, movimento que também pode ser potencializado por conta do caminhamento dos animais em áreas de criação bo-

vina. Já nas áreas de floresta, tais movimentos tem maior ocorrência em áreas de maior declividade, favorecendo a ocorrência de movimentos de massa devido à força gravitacional mesmo em áreas com vegetação densa e bem desenvolvida. As demais classes de uso do solo não apresentaram ocorrências e consequentemente obtiveram graus de pertinência zerados. Contudo, é importante destacar que a base de dados de uso e ocupação do solo utilizada (Projeto MapBiomass) apresenta limitações para classificar áreas antrópicas, principalmente às margens de rodovias e em zona rural, sendo estas incluídas em outras classes. Assim, o grau de pertinência zerado obtido para a classe de “Áreas não Vegetadas”, que compreende as áreas urbanizadas, representa um valor incoerente com a reali-

dade, tendo em vista que diversos movimentos de massa foram mapeados em cortes de rodovias, em áreas que estão classificadas como “Agropecuária” e “Floresta”.

A declividade, por sua vez, foi o fator de maior influência entre os analisados, onde os resultados obtidos apontam que quanto maior for a declividade em um ponto, maior será sua suscetibilidade a movimentos de massa, tal fato vai de encontro ao documentado na literatura (Sbroglio e Higashi, 2013; Lima, 2013; Schramm, 2019; Maccari, 2022; Wetter, 2023; Fontoura *et al.* 2023).

Acerca da hipsometria, registrou-se que as classes altimétricas intermediárias (entre 50 e 350 m) apresentaram os maiores valores de grau de pertinência, fato que se relaciona com a maior densidade de declives acentuados nos terrenos situados nessas cotas.

Em relação à geologia, todas as seis unidades litoestratigráficas de origem ígnea (diorito, granitos e granitoides) apresentaram ocorrência de movimentos de massa, enquanto apenas duas das seis unidades sedimentares registraram ocorrências. Tal domínio, evidenciado também pelos maiores graus de pertinência nessas unidades, provavelmente se deve por conta de suas localizações em áreas declivosas e de maior altitude. Além disso, por se tratar de rochas estabelecidas ao longo do Neoproterozoico, encontram-se muitas vezes cobertas por mantos de alteração intempérica que favorecem o descolamento de material e o consequente movimento de massa. Para as litologias sedimentares, todas datadas do Quaternário, a constante modificação dos depósitos eólicos e praiais atuais torna a identificação de movimentos de massa mais difícil, tanto em campo como em imagens de satélite, por conta da volatilidade de formas destes ambientes. Assim como o ocorrido com a declividade, a predileção dos movimentos de massa para as litologias ígneas e seus solos oriundos (frente às sedimentares) também se encontra documentada na literatura (Sbroglio e Higashi, 2013; Mallmann, 2018; Maccari, 2022; Fontoura *et al.* 2023). Contudo, destaca-se que as unidades litoestratigráficas mapeadas pela CPRM (Wildner *et al.* 2014) e utilizadas como parâmetro para o presente trabalho apresentam escala de 1:500.000, valor insuficiente para representar em detalhe aspectos importantes

da geologia local como ocorrências de corpos plutônicos influenciadores do relevo (Maccari, 2022).

No que se refere à geomorfologia, a exemplo do ocorrido com a declividade e a geologia, a unidade das Serras do Leste Catarinense representa a classe com maior valor de pertinência, justamente por apresentar relação intrínseca com os terrenos mais declivosos e as rochas Neoproterozoicas que ali afloram.

A orientação das encostas como fator de risco se explica por conta a insolação ali atuante, responsável por interferir nas taxas de evapotranspiração e no teor de água do solo (Baum e Godt, 2010). Com isso, Wetter (2023) sugere que, em regiões subtropicais, as encostas voltadas para as faces de menor insolação (no caso da área de estudo, W e SW) apresentam maiores teores de umidade no solo, fazendo com que a quantidade de água a ser infiltrada no solo também seja maior do que nas faces de maior insolação (voltadas para E, NE). Neste estudo, as faces voltadas para NW, S e NE foram as que apresentam maiores graus de pertinência, sendo a face voltada para NE a única das três que contraria a afirmação acima. Contudo, Silveira *et al.* (2012) definem que os ventos provenientes de NE representam o segundo vento mais frequente em dez dos doze meses do ano na região do litoral sul catarinense. Neste caso, os ventos oriundos do quadrante NE trazem consigo maiores teores de umidade advindos do oceano Atlântico, o que contribui para o aumento da saturação do solo nas encostas voltadas para NE (Wetter, 2023).

A respeito da distribuição dos movimentos de massa mapeados e sua relação com a divisão espacial dos bairros de Garopaba, nota-se que o bairro Siriú é o bairro com mais movimentos de massa registrados (treze). Os bairros Macacu, Areias de Macacu e Prainha do Silveira, apresentaram entre seis e dez movimentos de massa cada, enquanto os bairros Capão, Encantada, Quilombo Morro do Fortunato e Gamboa apresentaram entre três e cinco movimentos cada. Os bairros Gramá, Ressaca-dá, Canto da Penha, Cova Triste, Ambrósio, Ferraz e Costa do Macacu registraram um ou dois movimentos de massa cada. Por outro lado, seis bairros não apresentaram registros de movimento de massa, são eles: Campo D’una, Limpa, Areias da Palhocinha, Palhocinha, Pinguirito e Centro, conforme registrado no mapa a seguir (Figura 12).

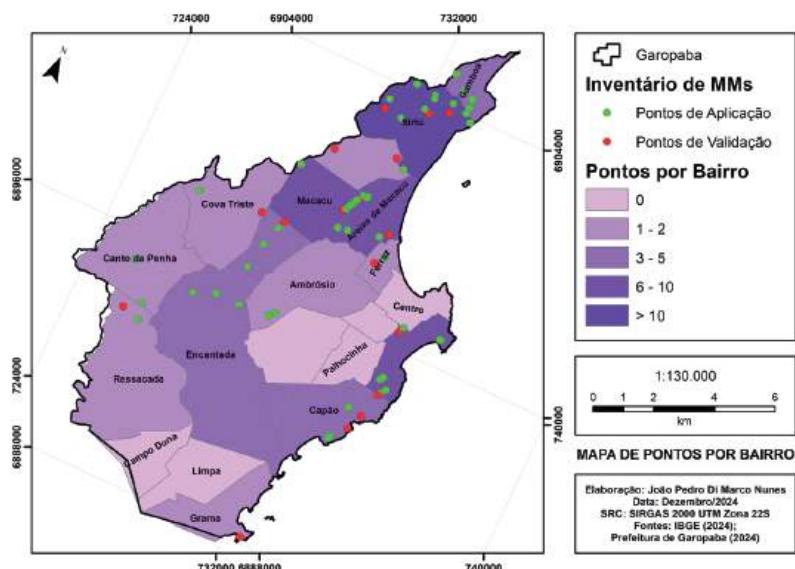


Figura 12. Mapa da distribuição de movimentos de massa por bairro em Garopaba/SC.

A partir disso, e considerando-se as classes de suscetibilidade Alta e Muito Alta como indicativos de alerta, verifica-se que os bairros Gamboa e Quilombo do Fortunato apresentam mais de 20% de seus territórios nestas respectivas classes. Em complemento, os bairros Ambrósio, Costa do Macacu, Cova Triste e Siriú apresentam pelo menos 15% de seus territórios compreendidos por áreas em locais de classes mais agravantes (suscetibilidade Alta e Muito Alta). Ao incluir

também a classe de suscetibilidade moderada na análise verifica-se que os bairros Quilombo Morro do Fortunato (62,09%), Gamboa (53,40%) e Costa do Macacu (50,45%) apresentam mais da metade de seus respectivos territórios em áreas de risco agravado. Por outro lado, bairros como Areias da Palhocinha (0%), Campo D'uma (0%), Gramá (0,18%) e Limpa (0%) não apresentam áreas de risco agravado em seus territórios (Figura 13).

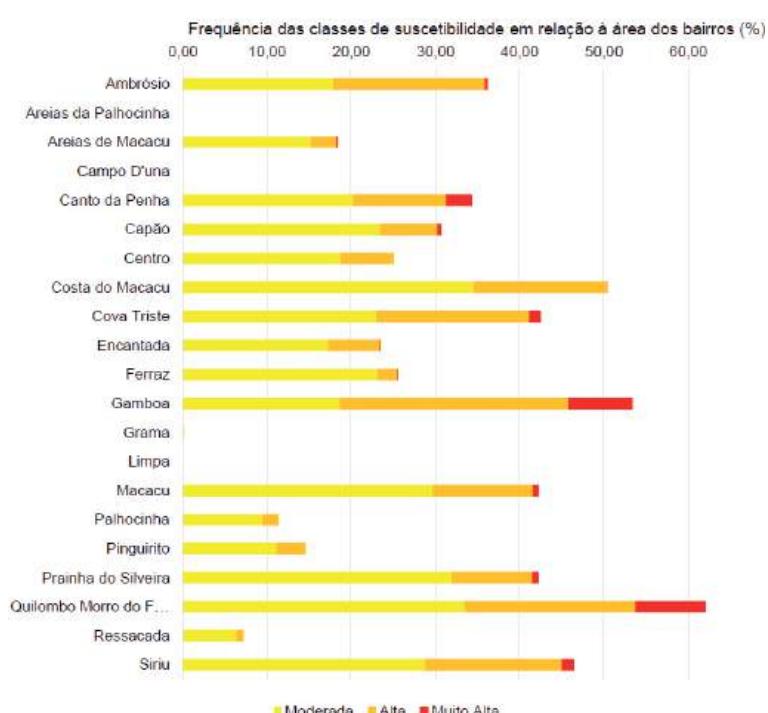


Figura 13. Frequência das classes de suscetibilidade em relação à área dos bairros.

5. CONCLUSÕES

A partir do inventário elaborado, conclui-se que existe uma maior ocorrência de deflagração dos movimentos de massa em cortes de estradas recentemente construídas e em áreas de morro com declividades visivelmente altas e ocupadas por vegetação nativa.

Após a aplicação da metodologia e a análise dos resultados, constatou-se que as áreas mais suscetíveis à ocorrência de movimentos de massa em Garopaba estão localizadas nos morros das Serras do Leste Catarinense, constituídos por rochas ígneas Neoproterozoicas do Batólito Florianópolis, em terrenos com alta declividade, cujo uso do solo seja representado por florestas nativas ou áreas de pastagem (agropecuária).

O mapa de suscetibilidade gerado apresentou acurácia de 71,1% e possibilita, de maneira satisfatória, a identificação e análise acerca da localização das áreas mais propensas à ocorrência de movimentos de massa. Contudo, a utilização de bases de dados com maior escala de detalhe (principalmente para os mapeamentos geológico e de uso e ocupação do solo) e o acréscimo de mais fatores na análise (como pedologia e distância dos pontos em relação aos cursos hídricos) podem aprimorar o mapa e tornar o modelo mais robusto. Ainda, o mapa de suscetibilidade gerado fornece uma visão abrangente das regiões mais propensas a esses movimentos. Com tal ferramenta, é possível identificar áreas críticas que requerem atenção e estudos mais detalhados, incluindo estudos sobre a mecânica de rochas e solos por meio de ensaios geotécnicos. Além disso, o mapa pode ser utilizado para a elaboração de mapas de risco e serve como recurso para o planejamento urbano por parte dos órgãos municipais responsáveis.

De acordo com os resultados, os bairros com maior quantidade de áreas de suscetibilidade alta e muito alta são os bairros Gamboa, Quilombo Morro do Fortunato, Cova Triste e Siriú. Assim, registra-se que os bairros em questão merecem estudos mais detalhados para a criação de mapas de risco específicos, não somente em áreas mais suscetíveis, visando um planejamento ocupacional mais eficiente nessas regiões. Ainda, faz-se necessário o monitoramento constante, por parte da Defesa Civil e órgãos municipais, das encostas

dessas áreas, especialmente em períodos de chuvas intensas e/ou prolongadas.

Por fim, os arquivos digitais vetoriais e matriciais gerados, bem como o inventário de movimentos de massa, os mapas apresentados ao longo do presente trabalho e demais materiais complementares, encontram-se disponíveis à comunidade acadêmica, sendo possível obtê-los através de contato com o autor pelo e-mail: <joaopdimarco@hotmail.com>.

REFERÊNCIAS

- BAUM, R. L; GODT, J. W. Early warning of rainfall-induced shallow landslides and debris flows in USA. *Landslides*, v. 7, p. 259-272, 2010.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. *Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais*. 3. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 2003. 422 p.
- CORREIA, M. R. D. *Avaliação de Diferentes Técnicas de Modelagem e de Dados Espaciais Aplicadas à Análise de Risco a Deslizamentos no Baixo Vale da Bacia do Rio Itajaí-Açu SC*. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 83 p.
- FONTOURA, G. M.; SOARES, D. T.; OSAKO, L. S. *Análise de Susceptibilidade a Deslizamentos na Região Centro-Sul no Município de Gaspar, Santa Catarina*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 20., 2023, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: 2023, p. 2819-2822.
- GUNTHER, A. Mass-Movement Geomorphology: An Introduction. In: SHRODER, J. F (ed.). *Treatise on Geomorphology*. 5. ed. San Diego: American Press, 2022. p. 1-3.

HOELZEL, M. Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Garopaba, SC. CPRM: Porto Alegre, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Banco de Dados e Informações Ambientais. 2023. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/geomorfologia>. Acesso em: 21 abr. 2024.

JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA). Tsukuba: JAXA, 2011. 1 modelo digital de terreno. Satélite ALOS-2. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 19 abr. 2024.

LIMA, G. M. A. Análise da suscetibilidade a deslizamentos por critérios topográficos: um estudo no alto da Bacia do Ribeirão Belchior, Gaspar-SC. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MACCARI, G. Análise de Suscetibilidade a Movimentos de Massa no Município de Ascurra - SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

MALLMANN, P. Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa no Bairro Nova Esperança (Blumenau/SC). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. <https://storage.googleapis.com/mapbiomas> 2024. Disponível public/initiatives/brasil/collection_8/lclu/coverage/brasil_coverage_2022.tif. em: 21 abr. 2024.

SBROGLIA, R. M.; HIGASHI, R. A. R. Mapeamento geotécnico preliminar de áreas suscetíveis a movimentos de massa na microbacia do Ribeirão Baú, Ilhota/SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16.,

2013, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: 2013. p. 9300-9307.

SCHRAMM, L. F. P. Análise de Suscetibilidade a Movimentos de Massa da Microbacia do Córrego Gebien, Bairro Valparaíso, Blumenau (SC). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Filosofias e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SEMA, H. V; GURU, B; VEERAPPAN, R. Fuzzy gamma operator model for preparing landslide susceptibility zonation mapping in parts of Kohima Town, Nagaland, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 3, n. 2, p. 449-514, 2017.

SILVEIRA, R. B; ALVES, M. P. A; MURARA, P. Estudo de caracterização da direção predominante dos ventos no litoral de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEGRÁFICA, 10., 2012, Manaus. **Anais [...]**. Manaus: 2012. p. 380-392.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.; Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, 197 p.

WETTER, V. H. F. Estudo de Suscetibilidade a Movimento Gravitacional de Massa da Sub-bacia do Rio Encano, Indaial, Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

WILDNER, W.; CAMOZZATO, E.; TONILO, J. A.; BINOTTO, R. B.; IGLESIAS, C. M. F.; LAUX, J. H. Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM). **Mapa geológico do estado de Santa Catarina.** Porto Alegre: CPRM, 2014. 1 mapa. Escala 1:500.000.

ZUCHERATO, B; FREITAS, M. I. C. A determinação de um método de classificação para a elaboração de um atlas escolar. In: COLÓQUIO DE CARTOGRAFIA PARA CRIANÇAS E ESCOLARES, 1., 2011, Vitória. **Anais [...]**. Vitória: 2011. p. 66-83.

Society for Risk Analysis



VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE
ANÁLISE DE RISCO
LATINO-AMERICANA
SRA-LA 2025
19 A 23 DE MAIO
CURITIBA, PR – BRASIL



VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

ANÁLISE DOS DADOS DE DANOS E PREJUÍZOS POR DESASTRES HIDROLÓGICOS NOS MUNICÍPIOS QUE MARGEIAM O RIO TAQUARI (RS)

DATA ANALYSIS OF HYDROLOGICAL DISASTERS DAMAGES AND LOSSES IN THE MUNICIPALITIES ON THE BANK OF TAQUARI RIVER (RS)

BARBARA FRANZ

Universidade Federal de Santa Catarina, bfoceano@yahoo.com.br

ANA MARIA BENCCIVENI FRANZONI

Universidade Federal de Santa Catarina, ana.franzoni@ufsc.br

RESUMO

O subgrupo de riscos naturais que prevalece na América do Sul são os hidrológicos e estão associados ao maior número de mortes. No Brasil, o Rio Grande do Sul é um dos mais afetados quanto a danos materiais e prejuízos referentes aos desastres hidrológicos, sendo frequente no Vale do Taquari. Nesse contexto, esta pesquisa visa analisar dados de danos e prejuízos dos desastres hidrológicos dos municípios que estão na margem do Rio Taquari, obtidos através do *Atlas Digital de Desastres no Brasil*, o qual abrange os anos de 1991 a 2024. Identificou-se que as cheias de setembro de 2023 foram o pior desastre nesse período. Quanto ao registro de dados, observou-se que ainda não é possível comparar a dimensão da intensidade e da gravidade de um desastre em um município em relação ao outro, sendo mais adequado a apresentação dessas informações buscando os limites da bacia hidrográfica.

ABSTRACT

The subgroup of natural hazards that prevail in South America are hydrological, which are associated with the highest number of deaths. In Brazil, Rio Grande do Sul State is one of the most affected related to material damage and losses from hydrological disasters, which are frequent in Taquari Valley. In this context, this research aims to analyze hydrological disasters data on damages and losses in municipalities that are on the Taquari River banks, obtained through the *Digital Atlas of Disasters in Brazil*, which covers the years 1991 to 2024. It was identified that the floods of September 2023 were the worst disaster in that period. Regarding data recording, it was observed that it is not yet possible to compare the intensity and the severity extent of a disaster in one municipality in relation to another, and it is more appropriate to present this information seeking the limits of the river basin.

Palavras-Chave: Desastres Naturais. Vale do Taquari. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.

Keywords: Natural Disasters. Taquari Valley. Integrated Disaster Information System

1 INTRODUÇÃO

Os riscos hidrológicos são o subgrupo de riscos naturais prevalecente na América do Sul e estão associados ao maior número de mortes na região (CASTIN et al., 2024). As inundações ocorrem principalmente no inverno no Sul, enquanto no verão e no final da primavera no Sudeste, Centro-Oeste e partes das regiões Nordeste e Norte do Brasil (BARTIKO et al., 2019).

Entre os anos 2005 e 2015 no Brasil, o RS (Rio Grande do Sul) apresentou o maior número de registros de desastres (2.631 reconhecimentos) bem como o maior número de municípios com esse registro (BRASIL, 2017), indicando sua alta vulnerabilidade a desastres naturais. Um estudo sobre danos materiais e prejuízos referentes aos desastres naturais no Brasil entre 1995 e 2019 mostra que o estado do RS apresenta como o mais impactado entre todas as unidades federativas, registrando R\$ 41,25 bilhões, o que representa 12,38% do valor total referente a 3.512 registros nesse período (BANCO MUNDIAL, 2020).

Um estudo sobre inundações no período de 2017 a 2021 no RS revela que um total de 35.294 pessoas foram afetadas, sendo que desse total cerca de 38% eram residentes dos municípios localizados no Vale do Taquari (SPGG, 2022). O Vale do Taquari (VT) compreende 36 municípios e refere-se à denominação de uma das regiões que fazem parte dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs), criados oficialmente pela lei estadual 10.283 de 17 de outubro de 1994, com fim de promover políticas e ações que visam o desenvolvimento regional no estado (SPGG, 2024).

O Rio Taquari está inserido na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas (BHTA), onde todos municípios do VT estão inseridos, seja fazendo parte do baixo curso ou de uma bacia contribuinte. BHTA situa-se na região central RS, abrangendo uma re-

gião de serra em elevadas altitudes com grandes vales e compreende uma área de cerca de 26,5 mil km² (BUFFON et al., 2021).

No estudo produzido pela SPGG (2002) para o período de 2017 a 2021 no RS foi identificado também que o VT foi a região com maior número de danos materiais, afetando obras de infraestrutura pública e 4.055 unidades habitacionais (SPGG, 2022).

No geral, as inundações estão se tornando mais frequentes e intensas em regiões brasileiras caracterizadas por suas condições úmidas e menos frequentes e intensas em regiões mais secas (Bartiko et al., 2019). Eventos naturais extremos impactam negativamente a agenda de desenvolvimento de um país como um todo, o que pode ser confirmado pelos dados de perdas humanas e econômicas devido à ocorrência de desastres (BANCO MUNDIAL, 2020).

Diante do contexto apresentado, o objetivo desta pesquisa é analisar dados de danos e prejuízos dos desastres hidrológicos dos municípios que estão na margem do Rio Taquari, obtidos através do *Atlas Digital de Desastres no Brasil* (BRASIL, 2025), o qual abrange os anos de 1991 a 2024.

2 METODOLOGIA

Primeira etapa consistiu em buscar as principais características da área de estudo, a partir de dados do IBGE cidades e “sinopse do censo demográfico de 2010” (IBGE, 2025). Os municípios que abrangem à área investigada correspondem a (figura 1): Santa Tereza Muçum, Encantado, Roca Sales, Arroio do Meio, Lajeado, Estrela, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari. Essa ordem corresponde à sequência que estão localizadas as sedes dos municípios, de montante a jusante ao longo do Rio Taquari.

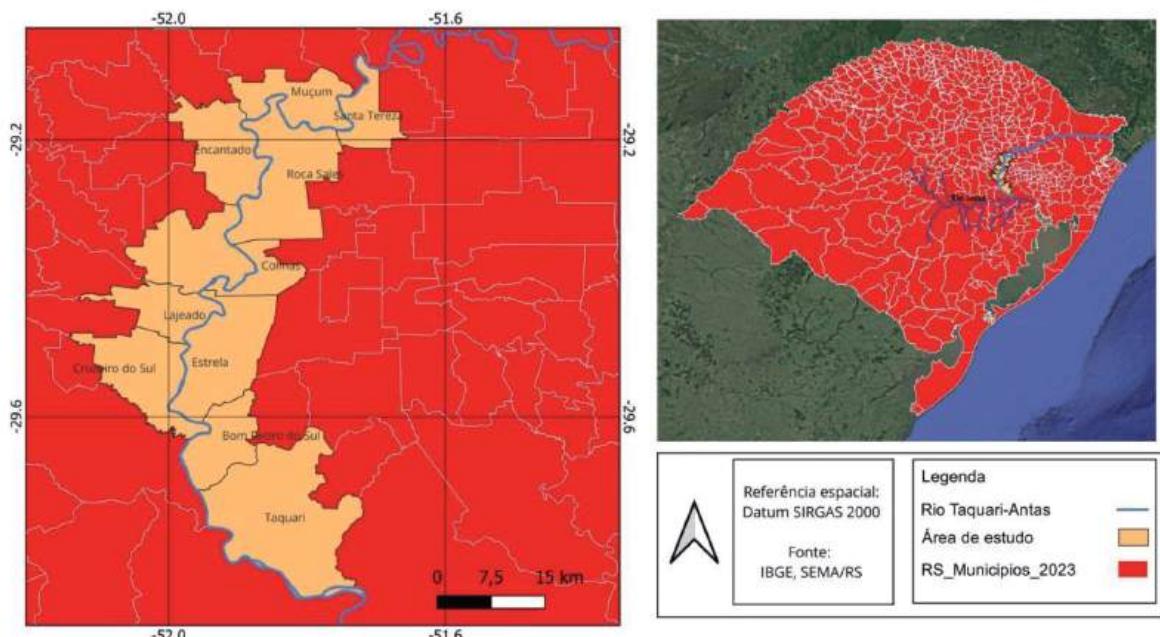


Figura 1 - Localização da área de estudo - municípios que margeiam o Rio Taquari.

Fonte: elaborada pelos autores.

Os dados de danos e prejuízos foram obtidos pela base do *Atlas Digital de Desastres no Brasil*, (<https://atlasdigital.mdr.gov.br/>), ocorridos entre 1991 e 2012 em território nacional. Estes dados foram disponibilizados neste *Atlas* a partir da digitalização dos protocolos registrados no período. A partir de 2013 os dados foram obtidos por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), criado a partir da Portaria do Ministério da Integração nº 526, de 06 de setembro de 2012, que estabelece os procedimentos para a solicitação de reconhecimento de Situação de Emergência (SE) e de Estado de Calamidade Pública (ECP). Todos os dados do período abrangido pelo *Atlas* foram tratados antes de serem inseridos, conforme CEPED/UFSC (2022), a partir de três etapas: obtenção dos dados, tratamento da base de dados (análise de erros de preenchimento e conferência de dados duplicados) e a atualização dos valores monetários.

Ressalta-se que, antes dos dados serem inseridos no S2ID, é necessários que agente de defesa civil preencha o Formulário de Informações do Desastre (FIDE), o qual representa o documento em que a partir de 2012 registraram-se todas as informações relevantes para caracterizar os desastres, incluindo a estimativa de afetados, danos

materiais e ambientais, bem como prejuízos públicos e privados (CEPED/UFSC, 2022).

A atualização e padronização dos dados monetários dos dados no *Atlas* foi realizada com base no Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), permitindo comparar diretamente os valores monetários de danos e prejuízos entre diversos anos existentes nessa base (CEPED/UFSC, 2022). Para a presente pesquisa foram utilizados os dados do *Atlas* com os valores corrigidos para dezembro de 2024. Com o fim de identificar como isso afeta em relação à economia do município, calculou-se a porcentagem de valores monetários disponibilizados no *Atlas* (danos materiais totais, prejuízos públicos totais e prejuízos privados totais de cada desastre) em relação ao PIB municipal de 2021, que corresponde ao último valor divulgado pelo IBGE *Cidades*.

Selecionando a aba “download” da página do *Atlas* (BRASIL, 2025) os dados são baixados na forma de planilha. Para obtenção apenas dos dados da área de estudo, primeiramente selecionou-se os dados correspondentes aos municípios do RS (coluna C), depois foram selecionados os municípios que margeiam o Rio Taquari (coluna B) e em seguida o grupo de desastres “hidrológico” (coluna J), que corresponderam a enxurradas,

inundações e chuvas intensas. Os dados selecionados para análise corresponderam à totalidade de danos humanos e materiais, bem como prejuízos totais públicos e privados.

No *Atlas* (BRASIL, 2025) os danos humanos são apresentados em número dos totais afetados e neste estudo calculou-se a porcentagem afetada em relação à sua população, baseando-se nos dados do censo do IBGE de 2000, 2010 e 2022 e estimativas da Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul (FEE, 2025).

Os dados de danos materiais totais incluem ao valor somado de danos de habitações, instituições de saúde, de ensino, de serviço, instituições de uso comunitário e obras tanto as que foram danificadas quanto as destruídas (CEPED/UFSC, 2022). Quanto aos prejuízos públicos totais incluem os de assistência médica, abastecimento de água, sistema de esgoto, sistema de limpeza e recolhimento de lixo, sistema de controle de pragas e vetores, sistema de geração e distribuição de energia elétrica, de telecomunicações, transportes (locais, regionais e de longo curso), distribuição de combustíveis, segurança pública e de ensino (CEPED/UFSC, 2022). Os prejuízos privados totais, por sua vez, abrangem os que afetaram a agricultura, pecuária, a indústria, comércio e serviços (CEPED/UFSC, 2022).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais fluxos migratórios na região correspondente à BHTA foram através de processos de colonização, a partir da imigração açoriana, alemã, italiana e polonesa (STE, 2012). Posteriormente, o desmembramento territorial ocorreu através de processos emancipacionistas, criando novos municípios independentes administrativa e politicamente, tal como ocorreu historicamente em todo território do RS (STE, 2012). Os municí-

pios da área de estudo mais recentemente emancipados foram Santa Tereza e Colinas, ambos em 1992, os quais possuem as menores áreas, densidades demográficas e populações (inclusive as que vivem em área urbana) como é apresentado no quadro 1.

O município que possui a maior área corresponde a Taquari (quadro 1), que é o mais antigo (emancipado em 1849) e em seguida é Roca Sales. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios da área de estudo (quadro 1) está entre 0,72 (Cruzeiro do Sul) e 0,78 (Lajeado), sendo considerado todos altos. Lajeado se destaca também pelo maior PIB per capita pela maior população, densidade demográfica e maior crescimento demográfico em relação aos dados do Censo entre 2010, sendo distante numericamente dos demais municípios, cuja população vive 99% em área urbana.

Em 2015 começou a operar e ser mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) o Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) Taquari a fim de monitorar as diferentes condições hidrológicas ao longo da BHTA. O SAH-Taquari conta com 12 estações de monitoramento hidrometeorológico e realiza previsões para 4 municípios, que são Muçum, Encantado, Lajeado e Estrela (Buffon et al., 2021). Nas regiões de maior declividade, segundo Buffon et al. (2021), a bacia se caracteriza por escoamentos superficiais rápidos e variações de descargas bruscas, rede de drenagem densa com tendência radial, pouca profundidade, pouca cobertura vegetal e baixa permeabilidade dos solos. Essas condições podem favorecer que nos trechos entre os rios Guaporé e Tainhas, ocorram tanto enxurradas quanto inundações, segundo identificado por Oliveira et al. (2018), mas a jusante de Encantado o fenômeno predominante são as inundações.

Quadro 1 -Caracterização dos municípios que correspondem à área de estudo.

Município	Área (km ²)	Pop. Censo 2010	Pop. Censo 2022	Dens. Demog 2022 (hab/km ²)	IDHM 2010	% pop. urbana total	PIB 2021 R\$	PIB per capita (R\$) 2021
Santa Tereza	73,669	1720	1505	20,43	0,75	36	49.850.41	28.949,13
Muçum	111,25	4791	4601	41,36	0,75	84	301.850.720	60.771,23
Encantado	140,01	20510	22962	164,01	0,77	87	1.168.354.663	50.694,44
Roca Sales	208,11	10284	10418	50,06	0,73	64	576.081.085	49.851,25
Colinas	60,732	2420	2423	39,90	0,76	45	87.208.648	35.364,42
Arroio do Meio	157,09	18783	21958	139,78	0,77	78	1.536.556.285	72.750,17
Lajeado	90,801	71445	93646	1026,47	0,78	99	5.596.168.707	65.067,95
Estrela	185,03	30619	32183	173,94	0,77	84	2.171.440.713	62.633,50
Cruzeiro do Sul	155,48	12320	11600	74,81	0,72	60	533.002.439	42.787,38
Bom Retiro do Sul	102,54	11472	12294	119,89	0,74	79	403.053.654	32.378,99
Taquari	349,97	26092	25198	72,00	0,73	83	1.094.079.527	40.661,52

Fonte: elaborada pelos autores baseado em dados do IBGE..

A análise dos desastres reconhecidos até 2020 mostram que os principais desastres hidrológicos foram as enxurradas e as inundações, como mostra a tabela 1. O reconhecimento do desastre pelo Poder Executivo Federal, município ou Estado de SE ou ECP possui a finalidade de solicitar auxílio federal nas ações de resposta e reconstrução. As enxurradas, segundo Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) correspondem a um escoamento superficial de alta energia e velocidade e energia a partir de chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias

de relevo acidentado, caracterizando-se pela elevação súbita das vazões e de grande poder destrutivo (CEMADEN, 2017).

Entre as enxurradas como desastre hidrológico reconhecido entre 1991 e 2023 destaca-se a de 04/01/2010 (tabela 1) que atingiu 6 dos 11 municípios analisados, principalmente Colinas e Encantado, onde foram afetadas 79,4% e 51,9% da população, respectivamente. Ressalta-se que Bom Retiro do Sul registrou e definiu que a enxurrada ocorreu em 05/01/2010 (tabela 1).

Tabela 1 - Desastres hidrológicos reconhecidos de 1991 a 2020, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB municipal de 2021.

Município	Data do registro e do evento	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT/ PIB M (%)	P_Pub TT/ PIB M (%)	P_Priv TT/ PIB M (%)
Santa Tereza	4/1/2010	Enxurradas	0,00	2,27	0,28	7,99
	21/7/2011	Inundações	50,7	0,00	0,06	0,25
	16/10/2015	Inundações	0,18	0,22	0,00	0,11
	12/6/2017	CI	86,5	0,28	0,00	2,94
	9/7/2020	Inundações	30,7	3,45	1,25	2,17
Muçum	21/7/2011	Inundações	41,4	0,66	0,00	0,00
	21/11/2013	Enxurradas	21,8	0,18	0,18	0,80
	11/7/2020	Inundações	36,9	0,71	0,22	1,15
Encantado	4/1/2010	Enxurradas	51,9	0,00	0,00	0,43
	20/7/2011	Inundações	76,1	0,00	0,01	0,36
	14/7/2020	Inundações	12,2	1,12	0,06	5,12
Roca Sales	11/7/2020	Inundações	19,5	2,49	0,01	1,75
Colinas	23/11/2009	Enxurradas	73,8	2,07	0,00	1,29
	4/1/2010	Enxurradas	79,4	1,17	0,00	1,09
	10/7/2020	Inundações	13,8	0,07	0,00	1,81
Arroio do Meio	4/1/2010	Enxurradas	21,9	0,28	0,00	0,41
	14/10/2015	CI	0,22	0,17	0,00	0,00
	13/6/2017	Enxurradas	39,6	0,15	0,25	0,07
	8/7/2020	Inundações	22,8	0,07	0,00	0,89
Lajeado	13/4/2011	Enxurradas	0,00	0,03	0,00	0,00
	21/7/2011	Inundações	1,52	0,00	0,00	0,00
	16/7/2020	Inundações	49,1	4,01	0,25	0,25
Estrela	20/2/2003	Inundações	0,58	0,14	0,00	0,00
	21/7/2011	Inundações	52,0	0,43	0,01	0,05
	14/7/2020	Inundações	12,0	2,44	0,04	0,03
	16/9/2021	Inundações	5,20	0,37	0,37	0,88
Cruzeiro do Sul	14/9/2009	Inundações	10,5	0,00	0,00	0,00
	4/1/2010	Enxurradas	35,8	0,00	0,00	0,45
	14/4/2011	Enxurradas	0,00	0,00	0,00	0,00
	14/7/2020	Inundações	46,1	3,25	0,17	0,07
Bom Retiro do Sul	5/1/2010	Enxurradas	42,9	0,29	0,04	0,09
	23/4/2011	Enxurradas	29,0	0,53	0,02	0,03
	20/7/2011	Inundações	28,2	0,15	0,00	0,38
	10/7/2020	Inundações	4,71	0,35	0,16	0,85
Taquari	23/4/2011	Enxurradas	3,2	0,00	0,00	1,05
	22/7/2011	Inundações	10,2	0,00	0,00	0,01
	14/7/2020	Inundações	1,7	0,07	0,00	0,22

Fonte: elaborada pelos autores baseado no *Atlas* (2025).

Notas: 1) CI – Chuvas intensas; DH – danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT - prejuízo público total; P_Priv TT - prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2025) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021

Até 2020 (tabela 1) as principais inundações como desastres reconhecidos foram de julho de 2011 (8 dos 11 municípios foram atingidos) e julho de 2020 (todos atingidos), sendo que neste último o Rio Taquari alcançou a cota de 26,84 m, estando entre as cinco maiores registradas. As inunda-

ções, conforme a COBRADE são definidas como submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água que ocorre de modo gradual, em geral ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (CEMADEN, 2017). A de julho 2011 afetou principalmente a população de Estrela (52%) e Encantado (51,9%), e a de julho de 2020, Lajeado (49,1%) e Cruzeiro do Sul (46,1%).

Quanto aos danos materiais e prejuízos destaca-se o município de Santa Tereza (tabela 1), pois nas enxurradas de 04/01/2010 e nas inundações de 9/7/2020 afetou em quase 8% e 3,45% respectivamente em relação ao PIB municipal.

De 2021 a 2024 os desastres reconhecidos foram de setembro e novembro de 2023 e abril/maio de 2024 (tabela 2). Em setembro de 2023 a cota máxima foi 28,98m e em novembro de 2023 foi 28,39m, estando entre as cinco maiores, segundo medidas no Porto Fluvial em Estrela (MORAES, et al, 2024). Quanto ao desastre de abril/maio 2024, a cota máxima foi medida em 02/05/2024, às 8h em Muçum, alcançando 25,41m, e em Estrela às 14h com 33,66m, segundo dados disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil e organizados por DRHS/SEMA (2025), sendo a máxima histórica.

Maioria dos desastres reconhecidos de 2023 e 2024 (tabela 2) foram principalmente considerados como “chuva intensas”, que estão classificadas no COBRADE como um subtipo inserido no grupo “Meteorológicos”, sendo definido como aquelas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres, como as inundações e as enxurradas (CEMADEN, 2017). Reitera-se que no *Atlas* (BRASIL, 2025) essas chuvas intensas são apresentadas como desastre hidrológico.

Ressalta-se que para os eventos de 2023 e 2024 a data dos eventos dos municípios analisados (tabela 2) não convergem ou não seguem uma lógica (por exemplo, evento a montante ser antes do evento a jusante), cuja hipótese é que, dado às emergências nos primeiros dias dos eventos, o preenchimento do FIDE não foi prioritário naquele momento. O Corrobora para tal hipótese a

descrição na coluna dos danos humanos do *Atlas* (BRASIL, 2025) em relação a Taquari, apontando que “pela gravidade do evento a prioridade das equipes em sua totalidade foi o resgate das vidas, o abrigo em local seguro e o auxílio humanitário”, informando ainda que os dados “começaram a serem levantados somente depois do ápice do evento”. Destaca-se que nesse município o evento foi registrado dia 06/09/2023 como “inundações” e no dia 08/09/2023 como “chuvas intensas” (tabela 2), indicando que há uma incerteza sobre a classificação dos desastres. Logo, observa-se uma falta de critério para determinar a “data do evento” (tabela 2), pois tanto em Muçum quanto em Estrela as cotas máximas foram em 02/05/2024, mas os municípios analisados preencheram como sendo entre 28/04 a 03/05/2024.

Uma nota técnica do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (IPH, 2023) explica que algumas mortes ocorridas em Lajeado no final da tarde de 05/09/2023 poderiam ter sido evitadas se a população fosse alertada e evacuada a partir do momento que se tomou ciência da intensidade pluviométrica registrada na estação meteorológica gerenciada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em Serafina Corrêa na tarde de 04/09/2023, localizada a montante na BHTA em relação a Lajeado, que indicou 280 mm de precipitação acumulada desde o início da noite do dia 01/09/2023.

Tabela 2 - Dados dos desastres hidrológicos reconhecidos, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB de 2021 de 2021 a 2024.

Município	Data do registro	Data do evento	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT/ PIB M (%)	P_Pub TT/ PIB M (%)	P_PrivT/ PIB M (%)
Santa Tereza	7/9/2023	4/9/2023	CI	46,1	58,1	0,00	1745,2
	21/11/2023	18/11/2023	CI	103	28,5	0,00	2,42
	02/05/2024	30/04/2024	CI	63,0	0,00	0,00	0,00
Muçum	6/9/2023]02/05/2024	6/9/2023 30/04/2024	CI CI	74,2 83,2	0,76 22,2	0,00 0,70	248,5 37,1
Encantado	7/9/2023	4/9/2023	CI	100	3,95	0,00	37,2
	21/11/2023	18/11/2023	CI	23	1,13	0,00	6,36
	04/05/2024	01/05/2024	CI	7,2	0,00	0,00	0,00
Roca Sales	7/9/2023	4/9/2023	CI	0,0	0,00	0,00	0,00
	23/11/2023	20/11/2023	CI	5,4	10,5	0,09	8,26
	05/05/2024	28/04/2024	CI	32,4	0,00	0,00	0,00
Colinas	7/9/2023	4/9/2023	CI	88,6	3,80	0,00	2,18
	20/11/2023	18/11/2023	CI	89,8	2,36	0,00	1,29
	03/05/2024	01/05/2024	CI	67,3	7,5	2,2	20,7
Arroio do Meio	7/9/2023	5/9/2023	CI	80,3	2,19	0,00	13,3
	21/11/2023	19/11/2023	CI	68,6	0,11	0,00	3,54
	01/05/2024	30/04/2024	CI	59,2	0,00	0,00	0,00
Lajeado	6/9/2023	4/9/2023	CI	4,5	41,2	0,00	0,00
	04/05/2024	01/05/2024	CI	6,8	0,00	0,00	0,00
	27/9/2023	6/9/2023	CI	104,4	1,38	0,03	2,12
Estrela	20/11/2023	16/11/2023	CI	4,08	0,03	0,00	3,02
	03/05/2024	03/05/2024	Inundações	15,9	0,00	0,00	0,00
	6/9/2023	4/9/2023	CI	56,8	22,5	0,01	6,44
Cruzeiro do Sul	21/11/2023	20/11/2023	Inundações	55,1	10,6	0,41	5,48
	01/05/2024	30/04/2024	CI	32,8	0,00	0,00	0,00
	9/9/2023	4/9/2023	CI	12,9	4,08	0,00	2,35
Bom Retiro do Sul	20/11/2023	18/11/2023	Enxurradas	9,62	0,39	0,32	0,93
	04/05/2024	01/05/2024	CI	11,8	0,00	0,00	0,00
	6/9/2023	6/9/2023	Inundações	0,0	0,00	0,00	1,05
Taquari	8/9/2023	6/9/2023	CI	2,2	0,00	0,00	0,01
	20/11/2023	20/11/2023	CI	2,4	0,07	0,00	0,22
	01/05/2024	01/05/2024	CI	3,9	0,00	0,00	0,00

Fonte: elaborada pelos autores baseado no *Atlas* (BRASIL, 2025).

Notas: 1) CI – Chuvas intensas; DH – danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT – prejuízo público total; P_Priv TT – prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2025) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021

Quanto aos danos humanos, pelo cálculo da população afetada referente ao Censo do IBGE de 2022, refletiu que alcançou-se mais de 100% para Santa Tereza e Estrela quanto ao desastre de novembro de 2023 e setembro de 2023, respectivamente (tabela 2), representando o pior quanto à porcentagem da população afetada em relação aos desastres hidrológicos reconhecidos analisados

(tabelas 1 e 2). O total de danos humanos no *Atlas* (BRASIL, 2025) representa a soma de mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos e outros humanos afetados diretamente. As informações contidas no FIDE representam, em sua maioria, a realidade até o momento de registro, de modo que não há atualização da condição dos afetados (um desaparecido que possa ter vindo a óbito) e dos danos materiais e prejuízos resultantes no decorrer do desastre (CEPED/UFSC, 2022). Logo, os dados do total de danos humanos não se trata de uma imprecisão do agente, mas a parcela da população que está desabrigada e desalojada, também pode estar ferida e enferma, de modo que essa soma pode gerar uma duplicidade de dados. A descrição apresentada no *Atlas*

(BRASIL, 2025) dos danos humanos em Lajeado indica a dificuldade de contabilizar em relação à sua população para o desastre de setembro de 2023: “Informações de feridos e enfermos não é possível quantificar visto que foram encaminhados de outros municípios da região, também não é possível confirmar o número preciso de óbitos visto que as equipes da Marinha, Exército, bombeiros, polícia civil, brigada militar, defesa civil e voluntários nas buscas e resgates”.

Destaca-se que dados do *Atlas* (BRASIL, 2025) apontam que não houve danos materiais e

prejuízos em Roca Sales em função do desastre de setembro de 2023, o que pode ser um equívoco, já que houve muitos estragos nesse município como provado pela figura 2, onde observa-se um centro comercial destruído pela força das águas nessa cheia. Também não foram preenchidos danos materiais e prejuízos para o desastre de abril/maio 2024 para quase todos municípios analisados, exceto Muçum e Colinas (tabela 2), o que também não representa a realidade, amplamente mostrada pela mídia.



Figura 2 - Comércio destruído em Roca Sales no desastre hidrológico de setembro de 2023.

Fonte: arquivo pessoal de Bárbara Franz. Imagem obtida em 14/10/2023.

A descrição do desastre de setembro de 2023 para Estrela no *Atlas* aponta para uma “elevação repentina e imprevista do nível das águas do Rio Taquari” e também “destruição de casas, rodovias, empresas e outras ocupações humanas urbanas e rurais”, fatores compatíveis com enxurradas. Normalmente a enxurrada está associada a uma bacia pequena e de relevo acidentado (CEMADEN, 2017), que é o caso para algumas bacias contribuintes ao Rio Taquari, mas não para o trecho deste rio que banha município de Estrela, em que normalmente o desastre hidrológico se manifesta como um transbordamento de maneira gradual, que seria compatível com “inundação”, indicando que pode haver uma mudança de como os desastres naturais estão se manifestando diante dos extremos climáticos, aumentando o grau de incerteza sobre sua classificação.

Em relação às projeções quanto à frequência e intensidade dos eventos extremos que envolvem precipitações pluviométricas, Kundzewicz e Pi’Nskwar (2022) apontam que são esperados aumentos na maioria das áreas em latitudes médias, assim como nas partes úmidas dos trópicos. Estes autores destacam que no futuro, é esperado que as inundações fluviais aumentem em frequência e magnitude em muitas regiões, mas não em todas, sendo que a fração de áreas terrestres para as quais elas aumentem é maior do que a fração de áreas em que as projeções indicam sua diminuição.

Os resultados quanto aos danos materiais e prejuízos nos setores públicos e privados em relação aos desastres hidrológicos reconhecidos entre os anos de 1991 e 2024 (tabelas 1 e 2) indicam que os desastres de 2023 foram os mais graves (inclusive maiores que 2024), sendo os municípios de Santa Tereza e Muçum os que mais sofreram

(principalmente de setembro de 2023). Contudo, ressalta-se, que pode haver erros no preenchimento do FIDE: o PIB municipal de Santa Tereza em 2021 foi de R\$ 49.850.410,00 reais (quadro 1) e o total de prejuízo no setor privado apresentado no *Atlas* (BRASIL, 2025) foi de R\$ 870.000.000,00 no desastre de setembro 2023, refletindo que prejuízo é 17,45 maior que o PIB. Este município teve prejuízos no comércio e serviços, indústrias, grandes prejuízos na agricultura e pecuária segundo descrição no *Atlas*. Já o PIB de Muçum em 2021 foi de 301.850.720,00 (quadro 1) e o prejuízo no setor privado foi de 750.000.000,00 segundo *Atlas*, resultando em 2,48 vezes maior. Para os demais

municípios, o pior desastre também foi o de setembro de 2023, sendo que o maior dano material também foi em Santa Tereza, cerca de 58,1%, seguido por Lajeado com 41,2% referente ao PIB municipal de 2021.

Em relação aos desastres registrados (mas não reconhecidos) entre 1991 a 2023, os que ocorreram entre 1991 e 2001 não foram descritos os danos e prejuízos, por isso as informações relevantes foram sintetizadas no quadro 2, onde observa-se a ocorrência de enxurradas e inundações. Em 1991 não houve registro de desastre, por isso não aparecem informações no quadro 2.

Quadro 2 - Dados dos desastres hidrológicos registrados de 1991 a 2001.

Data de registro e do evento	Municípios	Grupo de desastre
2/6/1992	Muçum, Arroio do Meio e Estrela	Inundações
16/11/1992	Roca Sales	Enxurradas
9/11/1993	Cruzeiro do Sul	Enxurradas
10/1/1994	Cruzeiro do Sul	Enxurradas
3/5/1994	Roca Sales	Enxurradas
4/8/1997	Arroio do Meio	Enxurradas
23/2/2000	Arroio do Meio	Inundações
20/07/2001	Santa Tereza, Muçum, Estrela	Enxurradas
21/07/2001	Encantado, Colinas, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul	Enxurradas
23/07/2001	Taquari	Enxurradas
09/08/2001	Colinas	Enxurradas

Fonte: elaborada pelos autores baseado no *Atlas* (BRASIL, 2025).

O desastre não reconhecido, mas registrado entre os anos de 2002 e 2023 que apresenta mais danos foi a inundação de outubro de 2008 (tabela 3), que só não afetou Lajeado. Nesse desastre, Encantado registrou como sendo dia 26/10/2008 e

afetou 38,9% da sua população. Estrela registrou como ocorrido no dia 27/10/2008 e afetou 46,2 % da sua população. Cruzeiro do Sul, do outro lado da margem de Estrela, registrou como sendo dia 28/10/2008 e afetou 55,6% da sua população.

Tabela 3 - Desastres hidrológicos registrados, porcentagem da população afetada, prejuízos públicos e privados relativos ao PIB de 2002 até 2023.

Município	Eventos	Tipologia	DH - Pop. Afetada (%)	DM TT /PIB 2021 (%)	P_Priv TT/PIB (%)	P_Pub TT/PIB (%)
Santa Tereza	10/7/2007	Enxurradas	15,7	10,2	0,0	0,5
	26/10/2008	Inundações	8,07	0,2	3,1	0,2
	12/9/2009	Inundações	7,33	2,7	0,4	0,0
	9/7/2010	Enxurradas	0,00	0,0	0,0	0,0
	13/11/2013	Inundações	12,2	0,0	0,0	0,0
	27/10/2016	Inundações	1,08	0,0	14,4	0,1
Muçum	26/10/2008	Inundações	12,3	2,4	0,6	0,0
Encantado	26/10/2008	Inundações	39,8	0,0	0,3	0,0
Roca Sales	27/10/2008	Inundações	6,96	0,7	1,2	0,0
	26/8/2013	Alagamentos	0,11	0,0	0,0	0,0
Colinas	24/9/2007	Inundações	0,57	0,5	3,3	0,0
	26/10/2008	Inundações	0,55	1,9	4,8	0,1
	27/11/2010	Enxurradas	0,00	0,0	0,0	0,0
Arroio do Meio	26/10/2008	Inundações	4,24	0,0	0,0	0,0
	4/9/2013	Inundações	0,75	0,3	0,1	0,0
	24/7/2015	CI	0,00	0,0	0,0	0,0
	19/10/2016	Inundações	0,42	0,0	0,0	0,0
	27/5/2017	Inundações	38,9	0,1	0,0	0,1
Lajeado	-		-	-	-	-
Estrela	12/6/2002	Inundações	1,70	0,0	0,0	0,0
	27/10/2008	Inundações	46,2	0,3	0,1	0,0
	13/9/2009	Inundações	4,78	0,0	0,0	0,0
	4/1/2010	Inundações	0,49	0,0	0,0	0,0
	12/3/2010	Inundações	0,00	0,0	0,0	0,0
	11/9/2013	Inundações	1,28	0,0	0,0	0,0
	5/12/2013	Enxurradas	0,00	0,0	0,0	0,0
	6/3/2014	Enxurradas	0,00	0,0	0,0	0,0
	14/9/2015	Enxurradas	0,00	0,0	0,0	0,0
	26/7/2016	Alagamentos	0,00	0,0	0,0	0,0
	21/6/2017	Inundações	0,66	0,0	0,0	0,0
Cruzeiro do Sul	24/9/2007	Inundações	18,5	0,0	0,0	0,0
	28/10/2008	Inundações	55,6	0,4	3,0	0,0
Bom Retiro do Sul	24/9/2007	Inundações	0,56	1,2	0,4	0,0
	27/10/2008	Inundações	0,00	0,0	0,0	0,0
	9/9/2013	Inundações	0,26	0,1	0,0	0,0
Taquari	23/9/2007	Inundações	0,00	0,6	0,5	0,0
	27/10/2008	Inundações	8,06	0,9	0,7	0,1
	13/9/2009	Enxurradas	19,1	0,0	0,0	0,0

Fonte: elaborada pelos autores baseado no *Atlas* (BRASIL, 2025).

Notas: 1) CI - Chuvas intensas; DH - danos humanos, DM TT - danos materiais totais, P_Pub TT - prejuízo público total; P_Priv TT - prejuízo privado total 2) Os valores totais de danos materiais e prejuízos foram atualizados pelo *Atlas* (BRASIL, 2025) referente ao ano de 2022 e calculou-se a porcentagem em relação ao PIB municipal de 2021

O desastre não reconhecido que mais afetou em termos de danos e prejuízos entre os anos de 2002 e 2023 foi a enxurrada de 10/07/2007 e as inundações de 13/11/2012 que representaram, respectivamente, 15,7 e 12,18% do PIB de Santa Tereza (tabela 3).

Borges, Robaina e Scotti (2024) pesquisaram eventos hidrológicos em Estrela e Lajeado e identificaram que só não há registros em março, sendo os meses mais significativos são julho, setembro e outubro. Considerando a estação do ano, esses autores observaram que o inverno e a passagem do inverno para primavera (agosto, setembro e outubro) representam as épocas mais suscetíveis.

As cheias na Região do Sul que resultam em maiores danos tendem a ocorrem em anos do El Niño durante o outono e início de inverno, quando sistemas frontais são provenientes de latitudes mais altas e ficam bloqueados pelo centro persistente de alta pressão sobre parte central do Brasil,

desencadeando fortes precipitações, como foi o caso em julho de 1993 no Vale do Rio Itajaí-Açu e maio 2024 no RS (BARNES et al., 2024). Na realidade o desastre de setembro e novembro de 2023, bem como de abril/maio de 2024, são resultados de complexidade de fatores em que fatores meteorológicos (pois estão associados a ciclones extratropicais) estão interligados com hidrológicos, o que leva a uma reflexão se as classes de desastres atuais não deveriam ser revistas, levando também em conta os extremos de precipitação atuais que são influenciados pelas mudanças climáticas.

O primeiro desastre que aparece como “reconhecido” entre 1991 e 2024 foram as inundações em 14/9/2009 no município de Cruzeiro do Sul (tabela 1). Embora esse evento tenha sido anterior à Portaria do Ministério da Integração nº 526/2012 (a qual estabelece os procedimentos de reconhecimento de SE e ECP), a maioria dos eventos reconhecidos são após a mesma, o que permite inferir que houve mudanças quanto às informações disponíveis para caracterizar os desastres.

Entre todos desastres hidrológicos que são apresentados no *Atlas* (BRASIL, 2025), o de setembro de 2023 representa o que afetou maior número de pessoas e acarretou maiores danos e prejuízos, mas não representa, quanto ao ranking de cota de subida do nível do rio, o mais alto entre 1991 e 2024. A catastrófica inundação de setembro de 2023, que resultou na morte de 52 pessoas ao longo do rio Taquari, atingiu a cota de 29,53 m, o que representa 39 cm mais baixa do que a cheia de 1941 (MORAES et al., 2024). Contudo, estes autores apontam que segundo os dados não sistemáticos, que envolvem marcas físicas em prédios, a cota máxima em 2023 foi cerca de 50 cm mais alta do que a da cheia de 1941 na área central de Lajeado. Os dados de e monitoramento sistemático de Lajeado e Estrela, por exemplo, incluem informações de postos fluviométricos que já deixaram de operar, que estiveram sob a responsabilidade de diferentes instituições e que nem sempre foram arquivados com o zelo ou cuidado que deveriam (MORAES, et al., 2024).

É provável que possamos testemunhar uma melhor detecção da intensificação de extremos da precipitação e da vazão dos rios no futuro, quando os registros de observação se tornarem de longo período (KUNDZEWICZ; PI'NSKWAR, 2022).

É necessário repetir as atividades de identificação de tendências nas bases estabelecidas, mas infelizmente a disponibilidade de dados reais tem piorado em muitos países onde muitas observações em estações com registros longos são interrompidas por economia.

4 CONCLUSÃO

Em relação aos dados de desastres hidrológicos entre 1991 e 2024 analisados para a área de estudo, as cheias de setembro de 2023 desencadearam, de forma geral, os maiores danos humanos e materiais, bem como prejuízos, tanto no setor público quanto privado e que o município de Santa Tereza tem sido o mais afetado. Destaca-se que a cota mais alta do Rio Taquari foi atingida em 02/05/2024, mas para a maioria dos municípios analisados (9 do total de 11) os danos materiais e prejuízos públicos e privados aparecem como zero.

De forma geral as cheias de setembro de 2023, novembro de 2023 e abril/maio de 2024 apresentam a tipologia de “chuvas intensas”. Anteriormente, os desastres hidrológicos predominantes eram “inundações” e “enxurradas”, de modo que indica a complexidade do fenômeno, sugerindo a necessidade de rever as classes dos desastres e suas definições.

A análise dos dados, os quais relativiza os dados do total de danos humanos com a população total e total de danos materiais e de prejuízos pelo PIB municipal, aponta para a necessidade de rever a caracterização desses desastres.

Em relação à data registrada dos eventos, foi identificado que, embora os eventos representavam ser um só, ou seja, desencadeados a partir de uma mesma intensa precipitação pluviométrica sobre a bacia hidrográfica, as datas não coincidem para municípios vizinhos para desastres com maiores danos e prejuízos. Também se observa distorções nos valores dos materiais e prejuízos mostrados quanto aos desastres em relação aos municípios analisados, tanto em serem dez vezes maior que o PIB municipal quanto a ser igual a zero para o mesmo desastre. Nesse contexto, é necessário estabelecer padrões no preenchimento, pois pelos resultados apresentados, observa-se

que ainda não é possível comparar a dimensão da intensidade e gravidade de um desastre em um município com relação a outro.

Ressalta-se que o desastre natural não está limitado ao território municipal, tanto na sua manifestação quanto no momento de salvar pessoas e nos seus prejuízos. A destruição de uma ponte sobre um rio que representa o limite entre dois municípios, por exemplo, representa um prejuízo comum que é de complexa contabilização quando os dados são registrados como prejuízos municipais. Logo, é necessário que se planeje uma política pública de Defesa Civil em âmbito regional e danos e prejuízos sejam contabilizados buscando os limites de bacia hidrográfica.

5 REFERÊNCIAS

BANCO MUNDIAL. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil 1995 – 2019. Florianópolis/SC: FAPEU, 2020.

BARNES. Climate change, *El Niño and infrastructure failures behind massive floods in southern Brazil*. Relatório, World Weather Attribution, 2024. Disponível em: <https://noticias.paginas.ufsc.br/files/2024/06/Scientific-report-Brazil-RS-floods.pdf> Acesso em 24 jun 2024.

BARTIKO, D. ; OLIVEIRA, D. Y.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFE, P. L. B. Spatial and seasonal patterns of flood change across Brazil. *Hydrological sciences. Journal*. 2019, VOL. 64, NO. 9, 1071-1079 <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1619081>

BORGES, C.M. C.; ROBAINA, L.E.S.; SCCOTI, . A. V. Estudo dos processos hidrológicos causadores de desastres que ocorrem nos municípios de Estrela e Lajeado, Vale do Taquari/RS *Geog Ens Pesq*, Santa Maria, v. 28, e83744, 2024, p. 1-19.

BRASIL. *Entendendo os riscos de desastres no Brasil*. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Prevenção e Preparação. Brasília : Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. *Atlas Digital de Desastres no Brasil*. Brasília: MIDR, 2023

BUFFON, F.T.; CHAGAS, A.; MATTIUZI, C. D. P.; SILVA, E.D.; MATOS, A. J.S. *Relatório de Atividades*. Departamento de Hidrologia: Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do rio Taquari: relatório técnico de operação no período de novembro de 2020 a novembro 2021. – Porto Alegre: CPRM, 2021. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22570/1/relatorio_SAH_bacia_riotaquari_2021.pdf Acesso em 10 jun. 2024.

CASTIN, E. et al Emilie Castin, Omri Shoshani, Damien Delforge, Regina Below, Niko Speybroeck, Victor Marchezini, and Joris A.F. van Loenhout. Hydrological Disasters in South America EM-DAT: *The BHA/CRED International Disaster Database*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Institute of Health and Society (IRSS), UCLouvain, n. 75, July 2024.

CEMADEN. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). Midiateca. Publicado em 07/12/2017. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/midiateca/classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres-cobrade/> Acesso em 10 jun. 2024.

CEPED/UFSC - Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. *Base de dados do atlas digital de desastres no Brasil: manual de aplicação*. Florianópolis/SC: Ministério do desenvolvimento Regional (MDR)/ Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC)/ Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU), CEPED/UFSC, 2022. Disponível em: https://atlasdigital.mdr.gov.br/arquivos/Atlas_Digital_Desastres_Manual_Aplicacao.pdf Acesso em: 21 jan. 2025.

DRHS/SEMA. Níveis dos principais rios do estado Disponível em:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOGY0ZDF1YjctZmE0NS-00NTdILTkYWUtZTBmMWFmZmUxOWQ0IiwidCI6IjE1ZGNkOTA5LThkYzAtNDBlOS1hMWU1LWN1Y2IwNTNjZGQxYSJ> Acesso em 05 out. 2025.

FEE - Fundação de Economia e Estatística. *Estimativas Populacionais (Revisão 2015)* Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/indicadores/populacao/estimativas-populacionais/> Acesso em: 13 fev 2025.

IBGE. *Sinopse do censo demográfico de 2010*. Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=1&uf=43> Acesso em: 13 fev 2025.

IPH - INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS. Data da Nota: 11 de setembro de 2023. Nota sobre a cheia ocorrida nos dias 4 e 5 de setembro na Bacia do rio Taquari-Antas Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2023/09/Nota-sobre-a-cheia-ocorrida-nos-dias-4-e-5-de-setembro-na-Bacia-do-rio-Taquari-v2.pdf> Acesso em 24 fev 2015.

KUNDZEWICZ; Z. W.; PI'NSKWAR, I. Are Pluvial and Fluvial Floods on the Rise? *Water* 14(17): 2612, 2022.

MORAES, S.R; COLLISCHONN, W.; BUFFON, F. T.; ECKHARDT, R. R.. Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023. Porto Alegre, 2024. *Nota técnica*. Disponível em: www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6.

OLIVEIRA, Guilherme Garcia; ECKHARDT, Rafael Rodrigo; HAETINGER, Claus; ALVES, Augusto. Caracterização espacial das áreas suscetíveis a inundações e enxurradas na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas São Paulo UNESP, *Geociências*, v. 37, n. 4, 2018, p. 849 – 863.

SPGG/RS - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. *Desastres naturais no Rio Grande do Sul*: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2021. Rio Grande do Sul: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, Departamento de Planejamento Governamental. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022. Disponível em: <https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/202211/22111507-desastres-naturais-2003-2021.pdf> Acesso em 08 jun 2024.

SPGG/RS – SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO. *Atlas Socio Econômico - Rio Grande do Sul*. Edição: 8ª ed. Data de atualização: novembro de 2024. ISBN: 978-65-01-24580-5 Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial> Acesso em: 21 jan 2025

STE – Serviços Técnicos de Engenharia. *Elaboração dos serviços de consultoria referente a fase a e b do plano de bacia do Rio Taquari-Antas. Fase B* – cenários futuros para a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica Taquari-Antas e enquadramento das águas superficiais. Relatório Técnico Síntese. Porto Alegre: Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (DRH)/Secretaria do Estado do Meio Ambiente (SEMA), 2012.

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

GERENCIAMENTO DE RISCO TECNOLÓGICO DE ORIGEM QUÍMICA NA ÓTICA DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO

MANAGEMENT OF CHEMICAL TECHNOLOGICAL RISKS FROM THE PERSPECTIVE OF URBAN PLANNING

TAÍS SCHIAVON

*Pesquisadora Pós Doutoranda do Centro de Síntese USP Cidade Globais do Instituto de Estudos Avançados IEA - USP,
taschiavon@gmail.com*

ADELAIDE CASSIA NARDOCCI

*Professora do Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública (FSP), Universidade de São Paulo (USP).
Email: nardocci@usp.br*

RESUMO ABSTRACT

O crescente uso de produtos químicos têm resultado no aumento dos riscos de acidentes envolvendo produtos químicos perigosos com consequências adversas diretas à população residente em áreas no entorno de instalações industriais, causados por vazamentos e emissões de gases tóxicos, incêndios e ou explosões. O presente artigo, discute o papel do planejamento territorial urbano na gestão do risco tecnológico de origem química, uma vez que no Brasil, esse tema não tem sido considerado de forma articulada no planejamento do uso do solo, e muitos conflitos de uso são observados, como o adensamento populacional em áreas de alto risco. No Brasil, o planejamento do uso do solo é uma atribuição dos municípios, que muitas vezes, não estão preparados para abordar este tema de forma adequada. O Plano Nacional P2R2, por exemplo, trata da gestão de acidentes e desastres de origem química, mas deixa para estados e municípios a tarefa de articulação entre as instituições envolvidas, o que inclui o planejamento territorial urbano. É fundamental o desenvolvimento de políticas públicas de planejamento territorial voltadas ao gerenciamento do risco tecnológico de origem química de forma conjunta ao processo de licenciamento ambiental, que propiciem a minimização de conflitos de uso do solo no entorno destes empreendimentos.

Palavras-Chave: Risco tecnológico; Acidentes com produtos químicos perigosos; Planejamento Territorial e Urbano; Gestão de riscos.

The growing use of chemicals has resulted in an increased risk of accidents with direct adverse consequences for the population living in areas surrounding industrial facilities. This is because of events involving hazardous chemicals, which can involve, in addition to environmental damage, leaks and emissions of toxic gases, fires, and explosions. This article seeks to deepen the discussion on the role of urban territorial planning in managing the risks of technological accidents of chemical origin. In Brazil, this topic has not been considered in conjunction with land use and population density control metrics in the main existing regulations, which generally emphasize accident response actions. An example is the national P2R2 plan, which addresses the management of chemical accidents and disasters, but leaves to states and municipalities the task of coordinating the institutions involved in risk prevention and management, which includes the discipline of urban territorial planning. It is essential to develop public territorial planning policies aimed at managing technological risks of chemical origin in conjunction with the environmental licensing process, which minimize conflicts over land use and population density in the vicinity of these projects.

Keywords: Technological Risk of Chemical Origin. Accidents with hazardous chemical products. Territorial and Urban Planning. Risk management.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo Choay (2011), a sociedade industrial é um ambiente urbano, capaz de produzir metrópoles, conurbações urbanas, grandes conjuntos habitacionais, áreas industriais, ou seja, ambientes de usos distintos e de grande concentração populacional e que apresentam por muitas vezes, aspectos conflitantes relacionados ao uso do solo e desempenho de atividades econômicas.

Ao considerarmos que o objetivo primordial do planejamento territorial urbano consiste na garantia das melhores formas de utilização do território ou do uso do solo urbano, aplicados de modo a diminuir os problemas decorrentes do processo de urbanização, entre os quais o conflito entre suas diferentes formas de utilização, o presente artigo visa discutir o papel do planejamento territorial no gerenciamento de riscos tecnológicos de origem química no Brasil.

Para além de suas atividades, as atividades industriais tendem a ser instaladas em zoneamentos permissíveis à atividade industrial, entretanto, podem representar incômodos e riscos à população residente em áreas limítrofes à plantas, situações agravadas quando associadas ao risco tecnológico de origem química, que se referem aos eventos acidentais que envolvem liberação de substâncias químicas perigosas, como substâncias tóxicas, ocorrência de incêndios e explosões, as quais os efeitos indesejáveis possuem potencial de atingir grandes distâncias no entorno destas instalações.

Se reconhece que a instalação e o funcionamento de tais atividades industriais são rigorosamente avaliadas e monitoradas no âmbito dos processos de licenciamento ambiental por meio dos Estudos de Análise de Riscos, e sua localização respeita parâmetros urbanísticos incidentes à zona onde se encontram. No entanto, observa-se que em muitos municípios brasileiros, o avanço do processo de urbanização e o fortalecimento da especulação imobiliária em centros urbanos, evidenciam o fato de que as diretrizes urbanísticas de controle do uso do solo têm dado pouca ou nenhuma atenção a este tema, e em muitos municípios, é possível se constatar conflitos de uso, ou seja, áreas industriais muito próximas de áreas residências, incluindo também ambientes destinados a habitações de interesse social e Zonas Especiais de Interesse Social - ZEIS.

Este negligenciamento necessita ser mitigado, entre outras características, a partir da identificação das características ambientais, físicas e socioeconômicas do entorno imediato de empreendimentos industriais classificados pelo risco tecnológico de origem química (ação essa em desenvolvimento por diversos estados brasileiros em decorrência das atribuições da P2R2), sendo suas informações devidamente compartilhadas com instituições municipais como a Defesa Civil, Corpo de Bombeiros e Secretarias Municipais dedicadas às pastas de Meio Ambiente, Planejamento Territorial Urbano e Serviços Sociais e Saúde, culminando em atividades de conscientização e treinamento, somadas ao monitoramento e fiscalização de vetores de crescimento urbano, e consolidação de diretrizes urbanísticas dedicadas ao controle do adensamento populacional e diversificação de usos do solo em áreas sensíveis, conforme indicações previstas em meio aos Estudos de Análise de Risco (EAR).

Segundo a UNECE (2023), não existe uma prática melhor ou pior que a outra, mas sim a necessidade de ampliação e de aprimoramento da garantia da segurança à saúde humana, ao meio ambiente e à propriedade. Um processo que deve ser articulado entre as instituições responsáveis pelo licenciamento e instituições que respondem pelo planejamento territorial urbano de modo a fornecer subsídios à atuação conjunta, constituindo uma prática de planejamento territorial que seja efetiva na redução das consequências de grandes acidentes com produtos químicos perigosos.

A temática é relevante uma vez que mesmo com o emprego das melhores práticas operacionais, grandes acidentes envolvendo produtos perigosos têm ocorrido com frequência ao longo do último século, em especial a partir de 1950, quando a multinacionalização de empresas e a crescente ramificação da atividade industrial, culminaram com o aumento significativo do volume de produtos químicos comercializados, produzidos e transportados. A Figura 1 mostra alguns dos eventos emblemáticos de modo a ilustrar a complexidade e relevância de tais desastres ocorridos em diferentes regiões do mundo, seja em relação à magnitude de seus efeitos, seja quanto aos aspectos de impactos sociais, econômicos e territoriais.

1976 Seveso, província de Milão (Cesano Maderno, Desio e Meda) - Itália ICMESA	1984 Vila Socó – Cubatão, São Paulo – Brasil Petrobrás	1984 San Juanito, Cidade do México PEMEX	1984 Bhopal, capital de Madya- Pradesh – Índia Union Carbide	2001 Toulouse - França Azote Fertilisant
<p>12h30 do dia 10 de julho, ruptura do disco de segurança de um reator na planta industrial.</p> <p>Emissão de gases para a atmosfera, causando a contaminação com dioxina de grande parte do território dos municípios limítrofes de Cesano Maderno, Desio e Meda.</p> <p>736 pessoas foram evacuadas da região, das quais 511 retornaram para as suas casas apenas no final de 1977.</p>	<p>22h30 do dia 24 de fevereiro moradores da Vila Socó, notam o vazamento de gasolina proveniente de um dos oleodutos da Petrobrás.</p> <p>Espalhamento de combustível em uma região alagadiça, responsável pelo incêndio sob uma região de palafitas densamente povoada.</p> <p>93 mortos oficiais, sendo citado por algumas fontes número superior à 500 vítimas fatais, com base nas ausências de alunos que deixaram de comparecer às escolas.</p>	<p>5h35 do dia 19 de novembro, vazamento de gás decorrente da ruptura de uma tubulação de uma das esferas que seguia para os reservatórios cilíndricos.</p> <p>O GLP é levado pelo vento até causar uma série de explosões após encontrar a fonte de ignição do tipo "flare", instalada inadequadamente a nível do solo.</p> <p>650 mortos, somados ao incontável número de animais mortos e número de feridos superior a 6.000 pessoas.</p>	<p>Madrugada de 03 de dezembro.</p> <p>Reação em um dos tanques onde era reservado o gás metil-isocianato (MIC) provocou a libertação de uma nuvem de gases tóxicos que, levada pelo vento, atingiu rapidamente as áreas circundantes da fábrica.</p> <p>3.800 mortes e aproximadamente 200.000 pessoas intoxicadas.</p>	<p>Manhã do dia 21 de setembro.</p> <p>No centro da explosão, uma cratera de aproximadamente 40 metros de diâmetro e 7 metros de profundidade. A explosão causou um sismo de 3.4 na escala de Richter, sentida a 74 km de distância, cuja os danos foram observados em mais de 35 mil edifícios.</p> <p>31 mortos e mais de 2.500 feridos. Os 6 primeiros dias para estabilização mobilizaram 1.430 pessoas.</p>

Figura 1. Acidentes industriais com produtos químicos marcantes e um resumo de suas consequências.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024, com base em CETESB (2024)⁸.

Esses e muitos outros casos se caracterizam pelo envolvimento de falhas operacionais ou humanas, ocorridos em empreendimentos de grande porte, com grande capacidade de armazenamento, manipulação e transporte de produtos químicos perigosos. Em todos os casos acima mencionados as consequências, atingiram de forma ampla, o entorno das instalações industriais, ambientes caracterizados por áreas densamente povoadas, e de baixa articulação regulamentar e orientativa frente à prevenção e mitigação de riscos tecnológicos, resultando em elevado número de mortos e feridos, somados a inúmeros danos patrimoniais e de pessoas afetadas, que por algum motivo tiveram que deixar suas casas, e que em alguns casos, enfrentam graves consequências à saúde até os dias atuais.

2. MÉTODOS

O presente artigo se caracteriza por uma reflexão baseada na literatura científica e em legis-

lações mais destacadas de instituições nacionais e internacionais, nas últimas décadas, sobre o gerenciamento do risco tecnológico de origem química no contexto global e sua relação com o planejamento territorial urbano em particular. Nesse processo, foram avaliados as normas e diretrizes internacionais que sucederam alguns grandes eventos, como é o caso do Acidente de Seveso, Itália, em 1976, que motivou a criação das diretrizes da Comunidade Europeia. Outros países, como Canadá, Reino Unido e Holanda também se destacam neste tema. O objetivo é compreender a experiência internacional neste tema de modo a oferecer subsídios iniciais para a ampliação de diálogos e discussões entre diferentes instituições no Brasil.

O presente artigo apresenta um panorama inicial sobre as diretrizes nacionais - ambientais e urbanísticas - associadas ao tema, tendo em vista que os cenários urbanos são caracterizados por múltiplos conflitos existentes no território das cidades, cabendo ao planejamento territorial ur-

⁸ Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/analise-risco-tecnologico/grandes-acidentes/bhopal/>> acesso em novembro de 2024.

bano sua harmonização em trechos de maior criticidade. Uma vez que ameaças tecnológicas de origem química podem causar mortes ou lesões em pessoas, danos materiais e nas atividades sociais e econômicas, assim como a degradação ambiental (EIRD, 2004), seu é fundamental que estes riscos sejam considerados nas políticas de planejamento territorial.

3. PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO E A GESTÃO DE RISCOS NO BRASIL.

Villaça (1999) destaca que as intervenções dedicadas ao planejamento territorial urbano no Brasil podem ser atribuídas a 3 períodos distintos: o primeiro caracterizado por intervenções datadas até o ano de 1930 (abrangendo planos de melhoramento e embelezamento dos ambientes); seguido pelo recorte entre o ano de 1930 e o ano de 1990 (pautado pela ideologia do planejamento "moderno" como base científica indispensável para a resolução dos "problemas urbanos"); e o terceiro, consolidado até os nossos dias atuais, entendido como uma reação ao segundo período, ou seja, passam a ser questionadas as estratégias e soluções adotadas na prática "recente" de planejamento, sendo destacadas as inúmeras falhas decorrentes da gestão e fiscalização de ambientes urbanos, em especial da sua limitação em dar resposta às questões territoriais, econômicos e sociais.

Tal informação é colocada no intuito de se compreender o momento em que o Brasil intensifica seu processo de industrialização (entre as décadas de 1930 e 1980), coincidente com períodos de significativo crescimento populacional e espraiamento urbano.

As inovações tecnológicas impulsionaram o desenvolvimento da indústria química no século XX, estimulando a disseminação de plantas industriais em diferentes países. No Brasil, isso não seria diferente, uma vez que esforços governamentais se alinharam à atração de plantas multinacionais, instaladas em locais estratégicos para a indústria nacional e seus respectivos centros de consumo, ou seja, nos mesmos centros urbanos, potencializando a sobreposição de uso industriais e adensamento populacional.

Segundo Villaça (1999), o planejamento urbano *stricto sensu* no Brasil se desenvolve a partir da década de 1950, sendo seu discurso pautado na necessidade de integração dos vários objetivos e suas respectivas ações frente aos diferentes planos urbanos, por meio dos chamados Planos Diretores. Entretanto, observa-se que os Planos Diretores também falharam nessa articulação por diferentes motivos, com destaque aos usos conflitantes, sobretudo quando relacionados ao uso industrial e residencial, somados ao uso de equipamentos públicos e privados.

Em âmbito federal, a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979 trata do parcelamento do uso do solo, sendo considerada um marco ao exigir como requisito fundamental que novos parcelamentos, loteamentos ou desmembramento do solo, não poderiam se situar em áreas de preservação ecológica, ou áreas que pudesse conter índices de poluição que impedisse condições sanitárias suportáveis até sua correção. Também eram apresentadas restrições frente ao parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; terrenos que tivessem sido aterrados com material nocivo à saúde pública; em terrenos de declividade igual ou superior a 30%; e em terrenos onde as condições geológicas não aconselhassem a edificação.

Outro marco importante é a lei 6.803 de 2 de julho de 1980 que trata do zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, sendo responsável pela classificação das zonas em três categorias: zonas de uso estritamente industrial, caracterizadas pela permissão de atividades em que localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanações e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente; na sequência, a classificação de zonas de uso predominantemente industrial se dedicaria à instalação de indústrias cujos processos, submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, não causassem incômodos sensíveis às demais atividades urbanas, não sendo passíveis de perturbação do repouso noturno das populações; por fim, as zonas de uso diversificado dedicadas à localização de estabeleci-

mentos industriais, cujo processo produtivo seja complementar das atividades do meio urbano ou rural que se situem, e que com elas se compatibilizem, independentemente do uso de métodos especiais de controle da poluição, não ocasionando, em qualquer caso, inconvenientes à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações vizinhas.

A mesma lei determinava ainda que a decisão pela delimitação, localização e implantação de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos, bem como instalações nucleares era exclusiva da União e que para as demais áreas, além dos estudos exigíveis pelo planejamento urbano, a aprovação das zonas deveria ser precedida de estudos de alternativas e avaliação de impacto.

Poucos anos depois, a Lei nº 9.785 de 1999, complementaria a Lei nº 6.766, afirmando ser de responsabilidade de legislação municipal específica a definição de usos para cada zona existente no território municipal, devendo ser incluídos os aspectos de usos permitidos e os respectivos índices de parcelamento e ocupação.

Em 2001, foi instituído o Estatuto das Cidades (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001) dedicado ao estabelecimento de diretrizes gerais para a política urbana, buscando ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, e o de evitar a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes. Entre os aspectos de maior relevância destaca-se a obrigatoriedade de que municípios inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades de significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional, realizem Planos Diretores Municipais, sendo destacada nesse sentido, possibilidade de sistematização de possíveis conflitos ambientais, físicos e socioeconômicos em uma visão horizontal e integradora em nível municipal.

Com isto, o Estatuto das Cidades incluiu a necessidade de discussões de diretrizes de uso do solo, como contrapartida à instalação de empreendimentos de impacto ambiental, ou quando se identifiquem situações que exponham populações aos riscos de desastres naturais, podendo dessa maneira, serem articuladas restrições quanto à ocupação humana, pautada nas análises dos Planos Diretores, sobretudo quando avaliados os aspectos de uso e ocupação do solo. Entretanto, não enfatiza a necessidade de realização de Pla-

nos Diretores, quando envolve riscos tecnológicos de origem química, cujos acidentes, apesar do alto potencial de impacto negativo não são considerados em meio a grande parte das cidades brasileiras, muito menos, quando inseridos em contextos regionais e metropolitanos.

Em 2012, a Lei nº 12.608 institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC que atribuiu aos municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos, e de inundações bruscas a obrigatoriedade de realização dos Planos Diretores.

Outro acréscimo digno de menção mesmo tendo sido vetado anos depois de sua promulgação, ocorreria com a Lei nº 13.465, de 2017, relacionado à restrição de usos conflitantes decorrentes de riscos tecnológicos, ao avaliar a necessidade de estabelecimento de reserva de faixa não-edificável vinculada a dutovias, quando exigida no âmbito do licenciamento ambiental, com destaque para a observância de critérios e parâmetros que garantam a segurança da população e a proteção do meio ambiente.

Também deve ser mencionada o exposto pela lei nº 14.750, de 12 de dezembro de 2023, que trata dos instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres, e de recuperação de áreas por eles atingidas, incluindo as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados, que em seu Art. 1º, inciso VIII, destaca a importância do planejamento e ordenamento territorial para a redução da vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações de modo a minimizar a ocorrência de acidentes e de desastres, bem como sua intensidade.

A instalação de parcela significativa dos empreendimentos industriais perigosos no Brasil é anterior ao desenvolvimento do Estatuto das Cidades. Além disso, o licenciamento ambiental, em geral, não avalia aspectos urbanos. Dessa forma, caberia aos municípios a prevenção de conflitos de uso, articulando a definição das áreas apropriadas e as suas devidas restrições urbanas. Por outro lado, os municípios, que apresentam atribuições específicas pelo planejamento territorial urbano, por muitas vezes desconhecem, ou não apresentam equipe técnica capacitada para a definição de regras específicas voltadas aos acidentes com pro-

dutos químicos perigosos, ficando a cargo apenas do licenciamento ambiental o gerenciamento destes riscos, a partir de seus programas ambientais correlatos, que por muitas vezes não indicam restrições quanto aos parâmetros urbanísticos.

Identificam-se lacunas na legislação no que diz respeito à atribuição das obrigações institucionais frente a prevenção do risco/desastre e o papel fundamental do planejamento territorial urbano na redução de conflitos do uso de solo, o que permite a afirmação de que no contexto brasileiro não existem diretrizes de planejamento territorial urbano com foco no gerenciamento de risco tecnológico envolvendo produtos químicos perigosos.

3.1 A gestão dos riscos tecnológicos de origem química no Brasil do ponto de vista ambiental.

No Brasil, o licenciamento ambiental se caracteriza como o único momento em que os riscos de grandes acidentes industriais com produtos perigosos em empreendimentos classificados pela resolução CONAMA 273/00, são considerados e avaliados. Embora essa resolução enfatize a necessidade de articulação entre instâncias federais, estaduais e municipais durante o processo, a avaliação dos riscos de acidentes fica restrita aos órgãos federais e estaduais de meio ambiente, e ainda, deve ser considerado o fato de que nem todos os estados possuem equipes técnicas qualificadas para a abordagem deste tema.

Em 2004, o Ministério do Meio Ambiente, estabeleceu o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Acidentes Ambientais com Produtos Perigosos (P2R2), em resposta ao grave acidente com vazamento de óleo na Baía de Guanabara ocorrido no ano em janeiro de 2000, quando 1,3 milhão de litros de óleo combustível vazaram para as águas da baía e a mancha se espalhou por cerca de 40 km², sendo um dos maiores acidentes ambientais ocorridos no Brasil.

A efetivação do P2R2 ocorre via publicação do Decreto nº 5.098, de 3 de junho de 2004, sendo seu objetivo a prevenção, redução de riscos e a mitigação de impactos decorrentes de acidentes e emergências ambientais envolvendo produtos químicos perigosos. O P2R2 foi ao encontro da

crescente preocupação da população e instituições quanto aos riscos para a saúde humana e ao meio ambiente, e à necessidade de um esforço integrado entre os vários níveis de governo, o setor privado, sociedade civil e demais partes interessadas para fazer frente a estes eventos⁹.

O P2R2 estabelece que os gestores nas três esferas de Governo, atuem em estreita parceria, concentrando esforços no sentido de viabilizar o fortalecimento da capacidade de gestão ambiental integrada dos órgãos e instituições públicas no âmbito federal, distrital, estadual e municipal, para o desenvolvimento de planos de ações conjuntas, no atendimento a situações emergenciais envolvendo produtos químicos perigosos, estabelecendo seus níveis de competência e otimizando a suficiência de recursos financeiros, humanos ou materiais, no sentido de ampliar a capacidade de resposta. Em seu Art. 4º, é descrita a estrutura organizacional incumbida de formular e supervisinar a execução do P2R2, compreendendo iniciativas de prevenção, preparação e resposta rápida a acidentes ambientais com produtos químicos perigosos, devendo além da articulação institucional intersetorial, serem desenvolvidas as estruturas da Comissão Nacional do P2R2 (CN - P2R2) e de Comissões Estaduais e Distrital do P2R2 (CE - P2R2 e CD - P2R2).

Ambas as comissões buscam a realização de ações direcionadas para elaboração e fixação de

⁹ Sua estruturação também se alinha aos compromissos internacionais decorrentes de assinaturas ou retificações de decretos legislativos alinhados ao controle de produtos e resíduos, como a Convenção de Roterdã (Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas e Agrotóxicos Perigosos), a Convenção de Estocolmo (sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes e a Convenção de Basileia sobre os Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos). Acrescidos das declarações e textos como a Agenda 21 da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - Rio-1992 (trata da gestão ambientalmente segura e prevenção do tráfico ilícito de produtos químicos tóxicos e dos resíduos tóxicos); Plano de Implementação da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável - Joanesburgo-2002 (elaboração da Abordagem Estratégica para a Gestão Internacional de Substâncias Químicas). Somadas as diretrizes do Plano Plurianual 2004/2007, que inclui a promoção da prevenção e redução de riscos e a mitigação de impactos decorrentes de acidentes e emergências ambientais relacionadas às atividades químicas que podem ocasionar contaminação ao homem e ao meio ambiente.

políticas públicas, dotadas de objetivos e metas com ênfase nas ações preventivas e corretivas. Quanto às estruturas das Comissões Estaduais e Distrital, apenas 14 estados brasileiros apresentam tal estrutura, sendo eles: Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Tocantins.

No Estado de São Paulo, a formação da Comissão Estadual ocorre via Resolução Semil nº38-610-CEDEC, de 30 de novembro de 2009, instituindo a Comissão Estadual de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Emergências Ambientais com Produtos Químicos Perigosos do Estado de São Paulo (CEP2R2), com destaque para a articulação da Subcomissão da P2R2 no Litoral Norte do Estado de São Paulo, ambiente de concentração de indústrias químicas estratégicas em nível nacional.

Frente a análise de tal estrutura regulamentar, observa-se que apesar de mencionar a prevenção como um dos seus objetivos, a ênfase tem sido muito mais na resposta aos desastres. Além disso, as abordagens têm variado muito entre os estados. No estado de São Paulo, a CETESB tem norma técnica específica (Norma P4.261 de dezembro de 2011) para orientar a avaliação de riscos com produtos químicos em empreendimentos durante o processo de licenciamento ambiental, e em agosto de 2021, publicou a Norma técnica P4.003 que estabelece as diretrizes mínimas para elaboração e implantação de um Plano de Preparação das Comunidades Expostas a Riscos Tecnológico de Origem Química (PPC) (CETESB, 2021).

O PPC é voltado aos empreendimentos que manipulam ou armazenam produtos químicos, que devem contar com o apoio das instituições públicas, para a conscientização e articulação de ações junto às populações expostas aos riscos tecnológicos, sendo as discussões estendidas às secretarias municipais responsáveis pelas pastas

de planejamento territorial, consórcios intermunicipais e estaduais, garantindo a ampla integração das ações cabíveis à cada instituição.

4. PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO E A GESTÃO DE RISCOS.

Do ponto de vista da análise de risco, as diretrizes da Comunidade Europeia - CE reconhecem que grandes acidentes industriais envolvendo produtos químicos perigosos representam uma ameaça significativa às pessoas e ao meio ambiente, podendo ainda representar elevadas perdas econômicas e se constituem em ameaça ao desenvolvimento sustentável.

Os acidentes ocorridos em Seveso (Itália, 1976) e Toulouse (França, 2001) resultaram no aprimoramento das Diretrivas da Comunidade Europeia (CE), entre as quais a Diretiva de Seveso, a qual encontra-se na sua terceira versão (Seveso III Directive 2012/18/EU). A Diretiva de Seveso considera várias camadas de proteção e redução dos riscos de grandes acidentes com produtos químicos como mostra a Figura 2.

As duas primeiras etapas envolvem a análise de segurança das instalações industriais e a elaboração do plano de gerenciamento dos riscos, etapas similares ao que é considerado no Brasil, no processo de licenciamento ambiental. A terceira camada refere-se às diretrizes de planejamento do uso do solo no entorno imediato, evitando assim potenciais conflitos de uso, a qual é fundamental para a redução das consequências dos acidentes, caso eles ocorram. A quarta etapa envolve o desenvolvimento de planos de ações emergenciais, para atuarem em caso de acidentes. Importante destacar que a Diretiva de Seveso também considera fundamental o registro de acidentes e lições aprendidas e sua ampla divulgação e a comunicação de riscos em todas as etapas do processo.



Figura 2. Etapas da gestão dos riscos de acidentes com produtos químicos, segundo a Diretiva de Seveso.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2024, com base na Diretiva de Seveso I - 82/501/EEC.

Com base na Diretiva de Seveso, cada Estado-Membro define os critérios específicos de zoneamento territorial, cujas abordagens utilizadas têm variado desde métodos determinísticos, baseados nas consequências do pior cenário até métodos probabilísticos, baseado no risco. Desde 1982, a Diretiva de Seveso tem passado por atualizações. Em 1996, uma revisão (Diretiva Seveso II - 96/82/EC) introduziu novos requisitos relacionados aos sistemas de gerenciamento de segurança, planejamento de emergência e planejamento do uso do solo, além do reforço das disposições sobre inspeções realizadas pelos Estados-Membros. Mais recentemente, em 2012 (Diretiva Seveso III - 2012/18/UE3), levaria em conta as novas classificações internacionais de substâncias acordadas pela ONU, permitindo a melhor avaliação de risco e manuseio de substâncias¹⁰.

No contexto da Comunidade Europeia - CE também se destacam as ações desenvolvidas pela

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), com sua forte atuação no delineamento de diretrizes territoriais, entre os quais o *Guidance on Land-Use Planning* (LUPAN), um guia responsável pela indicação das principais diretrizes a serem desenvolvidas em relação à aos aspectos de garantia da segurança operacional de empreendimentos com risco tecnológico de origem química e de planejamento territorial urbano. Somam-se a essas iniciativas as ações desempenhadas pelo Escritório de Riscos de Acidentes Graves (*Major Accident Hazards Bureau - MAHB*)¹¹, cuja função, reside majoritariamente na identificação dos fatores responsáveis pela continuidade da ocorrência de graves acidentes industriais de origem química, frente aos avanços de produção, e quais as melhores práticas para o gerenciamento de riscos industriais.

Do ponto de vista ambiental, merecem destaque na CE, as análises decorrentes da Avaliação de Impacto Ambiental (*Environmental Impact*

¹⁰ Em setembro de 2021, a Comissão Europeia publicou um relatório sobre a implementação e o funcionamento da Diretiva Seveso III. O relatório mostrou que, entre 2015 e 2018, o número de acidentes industriais graves na UE se estabilizou em um nível baixo: 25 por ano para 12.000 estabelecimentos.

¹¹ Disponível em: <https://actionguide.info/m/orgs/385/>, acesso em outubro de 2024.

Assessment - EIA)¹², usada para avaliar os potenciais efeitos ambientais e sociais de um projeto ou proposta de um empreendimento, de modo a garantir que os tomadores de decisões considerem o impacto ambiental de um projeto tomando as medidas necessárias para evitar, reduzir ou compensar esses efeitos; e também a Avaliação Ambiental Estratégica - AAE (*Protocol on Strategic Environmental Assessment - SEA*)¹³, que amplia a Convenção de ESPOO relativa à avaliação dos impactos ambientais num contexto transfronteiriço, garantindo que as partes individuais integrem a avaliação ambiental nos seus planos e programas nas fases iniciais de forma a lançar as bases para o desenvolvimento sustentável, prevendo a ampla participação pública no processo de tomada de decisão governamental.

Outro ponto a ser destacado em relação à avaliação dos acidentes tecnológicos desencadeados por desastres naturais (*Natural hazard triggered technological accident - Natech*), envolve os riscos de grandes acidentes com produtos químicos desencadeados por desastres naturais. Os desastres naturais podem desencadear incêndios, explosões e liberações tóxicas ou radioativas em instalações perigosas e outras infraestruturas que processam, armazenam ou transportam substâncias perigosas (KRAUSMANN, et.al, 2017).

5. ANÁLISE DE RISCO E O PLANEJAMENTO TERRITORIAL URBANO

Nunes Alves (2020) destaca a possibilidade de utilização de informações presentes em Estudos de Análise de Risco (EARs), nos processos de licenciamento ambiental para definição de zonas de risco, podendo desta maneira, serem também utilizadas para o gerenciamento do risco tecnológico de origem química no entorno de instalações industriais. Mas o que isso representa na prática?

¹² Equivalente às Análises de Impactos Ambientais (AIA) no Brasil, que podem envolver Estudos de Impacto Ambientais, Relatórios Ambientais Simplificados e seus respectivos programas de controle e mitigação de impactos.

¹³ Equivalente à Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) no Brasil, é importante destacar que ao contrário do contexto da CE, no Brasil, a realização de estudos AAEs não são obrigatórias.

As diversas metodologias aplicadas aos EARs poderiam fornecer informações valiosas ao planejamento. Conforme descrito pela UNECE (2023), a Análise Quantitativa de Risco (AQR) envolve a aplicação de modelos termodinâmicos, probabilísticos e matemáticos para quantificar a frequência de ocorrências de acidentes e a magnitude de danos, caso o acidente ocorra. Os riscos são estimados em termos de indicadores de Risco Individual e Risco Social, sendo o Risco individual é dado pela probabilidade de morte ou lesões graves para uma pessoa localizada no entorno do empreendimento em um determinado período, e é representado por curvas de iso-risco no entorno do empreendimento¹⁴ (podendo dessa maneira ser territorializado), enquanto o Risco Social representa a medida de probabilidade de fatalidades para um grupo de pessoas, sendo frequentemente expresso em curvas de frequência acumulada de acidentes em função do número de mortes.

A Figura 3 mostra um exemplo da aplicação dos valores do risco individual (em mortes por ano) nas diretrizes de planejamento territorial do Canadá. Em destaque, observa-se que em áreas com maior adensamento de população ou com a presença de populações particularmente sensíveis, os níveis de riscos tolerados são até 100 vezes menores que nas proximidades do empreendimento.

¹⁴ Os contornos aplicados pelo Risco Individual geralmente representam potências de 10, ou seja, 1 chance em 1.000 por ano ou 10^{-3} de que um indivíduo pode morrer, 1 chance em 10.000 por ano ou 10^{-4} , 1 chance em 100.000 por ano ou 10^{-5} .



Figura 3. Risco Individual aplicado ao planejamento territorial no Canadá.

Fonte: MIACC, 1995. Tradução das autoras.

De acordo com CCPS (apud UNECE, 2023), a análise de riscos pode envolver, além de métodos quantitativos, os métodos qualitativos e semiquantitativos. A análise de risco qualitativa é baseada na descrição e comparação dos eventos acidentais, usando experiências históricas e julgamentos de engenharia, com pouca quantificação dos perigos, das consequências e da probabilidade ou risco associado. Já a análise de risco semi-quantitativa as abordagens incluem algum grau de quantificação das consequências e da probabilidade e/ou nível de risco associado.

As abordagens determinísticas são construídas sobre um cenário postulado, sendo em geral considerado o pior cenário para se determinar as consequências para as pessoas e o meio ambiente, dado um conjunto de circunstâncias definidas.

Critérios de zoneamento baseados no uso dos métodos determinísticos envolvem definição de distâncias genéricas definidas entre áreas ocupadas por atividades perigosas e outros usos comunitários. Em relação aos métodos de avaliação das consequências, os critérios de zoneamento são baseados em valores de limiares de danos (tipicamente limiares de efeitos “letais” e “irreversíveis”). Já os métodos semiquantitativos apresentam critérios de zoneamento baseados em valores de limiares de vulnerabilidade que identificam efeitos letais e irreversíveis.

Em países como Alemanha e Áustria, as abordagens de planejamento territorial envolvem cri-

térios determinísticos e baseados em consequências, ou seja, são utilizados o pior cenário para a delimitação de áreas com probabilidade de serem atingidas e com isto, fornecendo os subsídios para o estabelecimento de critérios restritivos à ocupação nestes locais. Itália e França adotam abordagens semiquantitativas, avaliando aspectos tanto sobre a frequência de ocorrência estimadas, quanto em relação às possíveis consequências dos eventos. Já a Bélgica e Inglaterra adotam critérios baseados no risco, avaliando aspectos do risco individual e social.

Qualquer um dos métodos, pode fornecer subsídios de grande importância para o planejamento territorial, podendo subsidiar a definição de critérios específicos para a ocupação destas áreas, como usos permitidos ou não permitidos. Para além do contexto brasileiro, avanços vêm sendo alcançados do ponto de vista da prevenção de acidentes tecnológicos de origem química, assegurando maior conhecimento, preparo e segurança à população exposta.

6. CONCLUSÕES

Para L olive e Okamura (2018) o risco culmina por moldar o ambiente da vida cotidiana. Partindo da noção de “sociedade de risco” proposta por Beck (2001), os autores destacam a necessidade e importância de compreensão das diferentes rela-

ções entre riscos e sociedade, onde a incessante busca por conforto e desenvolvimento, práticas inerentes à sociedade capitalista e ambiente global, nos expõem a riscos de difícil identificação. Gilbert (2003), em a “A fábrica de riscos” destaca a importância da designação do risco como um problema público, tendo sua seleção e priorização definidas a partir de análises confrontadas entre sociedade civil e autoridades públicas, de modo a observar como os múltiplos atores definem e constroem o ambiente de análise do risco, revelando a importância do desenvolvimento de Políticas Públicas correlacionadas.

De acordo com Ferreira Luiz e Nardocci (2014), estes acidentes podem envolver grandes liberações repentinas de substâncias químicas perigosas (vazamentos, emissões) ou energia (explosões, incêndios), de forma isolada ou combinada podendo ocasionar danos severos à saúde das pessoas, meio ambiente e propriedade. Os mesmos autores destacam que esses eventos oferecem riscos à infraestrutura do entorno, incluindo estradas, redes de abastecimento de água e energia, e instalações fundamentais, como hospitais, escolas, aeroportos, entre outros ambientes estruturais e de alto potencial de concentração de pessoas, podendo ainda resultar em perdas de vidas humanas e de danos severos ao patrimônio público.

É importante destacar ainda que a população tem o direito de conhecer e participar dos processos de decisão sobre os riscos que afetam sua vida e saúde. Portanto, é fundamental que possamos avançar no desenvolvimento de políticas públicas de planejamento territorial voltadas ao gerenciamento dos riscos tecnológicos de origem química e que propiciem a minimização de conflitos de uso, evitando o adensamento populacional no entorno destes empreendimentos.

REFERÊNCIAS

- BECK, U. *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Paris, Aubier. 2001.
- BRASIL. Lei 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.
- BRASIL. Lei 6.803 de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências.
- BRASIL. Lei 9.785 de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (*desapropriação por utilidade pública*) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (*registros públicos*) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (*parcelamento do solo urbano*).
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a instalação de sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis.
- BRASIL. Lei 10.257, de 10 de julho de 2001. Estatuto das Cidades.
- BRASIL. Decreto 5.098 de 3 de junho de 2004. Institui o Plano Nacional de Prevenção, Preparação e Resposta Rápida a Acidentes Ambientais com Produtos Perigosos (P2R2).
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC.
- BRASIL. Lei 13.465 de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; e dá outras providências.
- BRASIL. Lei 14.750, de 12 de dezembro de 2023. Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010.
- CCPS - Centre for Chemical Process Safety. *Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria*. New York, American Institute of Chemical Engineers (AIChE), 2009.
- CETESB. Norma Técnica P4.261. Risco de Acidente de Origem Tecnológica - Método para decisão e termos de referência. 2^a ed., 2011.

- CETESB. *Norma Técnica P4.003. Plano de Preparação das Comunidades Expostas a Risco Tecnológico de Origem Química.* 1^a ed., 2021.
- CHOAY, F. *O Urbanismo: utopias e realidades, uma antologia.* 6^a ed. São Paulo: Perspectiva, 2011.
- UE - União Europeia. *Diretiva Seveso (82/501/EEC).*
- UE - União Europeia. *Diretiva Seveso II (96/82/EC).* Alterações: 87/216/CEE, de 19 de março; 88/610/CEE, de 24 de Novembro; 91/692/CEE.
- UE - União Europeia. *Diretiva Seveso III (2012/18/UE3).* 2003/105/CE, de 16 de dezembro. Disponível em: <https://environment.ec.europa.eu/topics/industrial-emissions-and-safety/industrial-accidents_en> acesso em janeiro de 2025.
- EIRD. Estratégia Internacional para Redução de Desastres. *Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.* v I. Nova York y Ginebra: Publicación Naciones Unidas, 2004.
- FERREIRA LUIZ, R. A.; NARDOCCI, A. C. Planejamento Territorial como instrumento do gerenciamento de Riscos de Acidentes Industriais Maiores. In: Philip Jr, Arlindo; Romério, Marcelo de Andrade; Bruna, Gilda Collet (ed.) *Curso de Gestão Ambiental.* 2^a ed. Barueri, São Paulo, 2014.
- GILBERT C. *La fabrique des risques.* Cahiers internationaux de sociologie, 2003/1 (n° 114), p. 55-72. DOI: 10.3917/cis.114.0055. Disponível: <https://www.cairn.info/revue-cahiers-internationaux-de-sociologie-2003-1-page-55.htm>, acesso em outubro de 2024.
- KRAUSMANN, E., CRUZ A.M.; SALZANO E., *Natech risk assessment and management.* Elsevier. 2017.
- LOLIVE, J. ; OKAMURA, C. *Explorer les mondes du risque dans la métropole de São Paulo.* Cahiers de géographie du Québec, 2018, 62 (177), p.423-443. 10.7202/1068741ar. halshs-02826015.
- MIACC - Major Industrial Accidents Council of Canada. Risk-based. *Land Use Planning Guidelines.* Primeira Edição, Canadá, 1995. ISBN 1-895858-10-0.
- NUNES ALVES, E. *Gestão de risco de acidentes industriais com produtos químicos perigosos: um olhar para o Polo Petroquímico do ABC Paulista.* Tese de Doutorado – Universidade Federal do ABC, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão do Território, São Bernardo do Campo, 2020.
- UNECE. *Guidance on Land-Use Planning, the Siting of Hazardous Activities and related Safety Aspects.* United Nations Publication. ISBN: 978-92-1-117151-8 e-ISBN: 978-92-1-363050-1.
- UNECE - United Nations Economic Commission for Europe. *Risk Assessment for Industrial Accident Prevention an Overview of Risk Assessment Methods, Selected Case Studies and Available Software.* United Nations, Geneva, 2023. ISBN: 978-92-1-117333-8 e-ISBN: 978-92-1-002513-3.
- VILLAÇA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DCÜK, Csaba; SCHIFFCR, Sueli Ramos (organizadores). *O Processo de Urbanização no Brasil.* São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

REDE SOCIAL DE SUPORTE: ESTRATÉGIAS COM LÍDERES COMUNITÁRIOS NA GESTÃO INTEGRAL DE RISCOS E DESASTRES

SOCIAL SUPPORT NETWORK: STRATEGIES WITH COMMUNITY LEADERS IN THE
INTEGRAL MANAGEMENT OF RISKS AND DISASTERS IN THE MUNICIPALITY OF
PETRÓPOLIS – RJ

ARIEL DENISE PONTES AFONSO

Universidade Federal do Rio de Janeiro, arieldpa@hotmail.com

RICARDO LOPES CORREIA

Universidade Federal do Rio de Janeiro, ricardo@medicina.ufrj.br

RESUMO ABSTRACT

Petrópolis, no Rio de Janeiro, é frequentemente atingida por eventos extremos devido a altos índices pluviométricos e áreas de risco. Avaliar a percepção de risco social e individual é vital para uma gestão eficaz de desastres, integrada com redes de suporte locais. A pesquisa desenvolvida pelo programa EICOS da UFRJ visa promover a sensibilização e participação comunitária. Este estudo qualitativo busca entender a experiência dos participantes, promovendo um diálogo entre gestores públicos e comunidades. Oficinas serão realizadas com líderes comunitários para coletar dados, analisados por roteiros semiestruturados. Espera-se fortalecer a comunicação e a construção de redes sociais de suporte, reconhecendo a participação comunitária na gestão de riscos.

Palavras-Chave: Psicossociologia. Percepção de Risco. Rede Social de Suporte. Líderes Comunitários. Desastres

Petrópolis, located in Rio de Janeiro, frequently faces extreme events due to high rainfall and risk areas. Evaluating social and individual risk perception is crucial for effective disaster management, integrated with local support networks. The research by UFRJ's EICOS program aims to promote community awareness and participation. This qualitative study seeks to understand participants' experiences, fostering dialogue between public managers and communities. Workshops will be conducted with community leaders to collect data, analyzed using semi-structured guides. It aims to strengthen communication and build support networks, recognizing community participation in risk management.

Keywords: Psychosociology. Risk Perception. Social Support Network. Community Leaders. Disasters

1. INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa em nível de mestrado é desenvolvido no programa de pós-graduação EICOS - Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), que tem se destacado na trajetória de desenvolvimento de agentes de transformação psicossocial e no protagonismo na esfera interdisciplinar. Inserida na linha de pesquisa I: Ecologia Social, Comunidades e Sustentabilidade. Tendo como um dos seus objetivos, envolver o debate crítico sobre interdisciplinaridade como via contemporânea para a produção de conhecimento, reconhecendo-se a crise civilizatória e a necessidade de construção de caminhos para o seu enfrentamento.

A percepção de risco pode atuar em situações de desastres, influenciando a forma como as pessoas respondem aos perigos e determina se os perigos se transformam em desastres com efeitos devastadores nas comunidades. Compreender como as pessoas percebem o risco no contexto de eventos extremos é fundamental para melhorar as atividades de comunicação e preparação para o risco.

A definição exposta por Veyret (2007) preconiza que o indivíduo residente em áreas de risco tenha a percepção dos perigos e ameaças, ou seja, que ele esteja consciente, ou melhor, tenha o direito de ser informado que se encontra numa área de risco e, a partir disso, tenha atuação ativa do poder público, políticas públicas e os agentes dos desastres para buscar soluções para a mitigação do risco ou ainda encontrar um lugar seguro para construir uma nova moradia, sem que seja de responsabilidade individual ter os próprios recursos para melhorias.

Dessa forma, para os Planos de Redução de Risco, Planos de Contingência, Ações de Gestão de Riscos e Desastres, sejam eficazes é necessário que os moradores das áreas de risco tenham consciência da sua condição. Entretanto, é válido ressaltar, que essa consciência só será eficaz se o indivíduo ou a comunidade forem colocados como protagonistas de suas demandas e suas percepções escutadas.

Consta no Plano Municipal de Redução de Risco de Petrópolis (2017) que há uma relutância

muito grande dos Poderes Públicos em conscientizar os moradores em áreas de risco, justificativas como a geração de pânico, possibilidade de ações judiciais requerendo solução imediata de moradia; ou a reação dos próprios moradores que temem a desvalorização de suas propriedades (risco econômico), o que, inclusive, é encarado pela população como uma espécie de condenação pois, o fato é que redução a “risco zero” não existe, o que é preciso é gerenciar a gestão de riscos e desastres. Porém, esta verdadeira mudança de paradigma no Gerenciamento de Risco nas comunidades, busca uma nova relação entre os Poderes Públicos e os indivíduos residentes nas áreas de risco.

A partir deste cenário de risco, ameaças e vulnerabilidades, é necessário construir estratégias de enfrentamento, as quais passam pelo desenvolvimento, ampliação ou reforço (a depender do contexto) da população, o que implica compreender os processos de constituição de sua vulnerabilidade (Marandola Jr, 2009; Almeida, 2011).

Este vínculo entre riscos, estratégicas de enfrentamento (resiliência) e vulnerabilidade, no caso das relações população e ambiente, têm sido considerados centrais para a compreensão dos processos de mudanças ambientais, bem como para a implementação de ações práticas de construção de políticas ambientais, seja na defesa dos estudos de base local ou na abordagem focada na comunidade e de discussão das políticas globais de mudanças ambientais (Margai, 2010).

Reflete-se então que a percepção da população acerca dos problemas é fundamental para a compreensão dos riscos e da própria constituição da vulnerabilidade. A percepção do ambiente constitui fenômeno imprescindível nesta complexa gama de relações que permeiam os riscos ambientais e a vulnerabilidade.

As nuances da percepção de risco não podem ser compreendidas apenas como um índice ou dado, pois ela articula elementos psicossociais e ambientais. Sentir-se em risco envolve perceber uma ameaça, o que não é nem da esfera de uma subjetividade absoluta, nem de uma objetividade técnica: diz respeito tanto à interpretação de uma experiência vivida quanto aos mecanismos sociais de produção e comunicação dos riscos.

Desse modo, torna-se essencial a realização de trabalhos e pesquisas que busquem desenvol-

ver a interdisciplinaridade entre o conhecimento acadêmico-científico e as experiências e vivências dos moradores que estão expostos a determinando risco. A percepção dos moradores aos riscos a que estão submetidos pode contribuir de maneira significativa na identificação e mapeamento das áreas com alto risco de deslizamentos e/ou inundações, pois esses fenômenos podem fazer parte do seu cotidiano e das suas experiências, vivências e memória.

Dagnino e Carpi Júnior (2007) ressaltam que a percepção de risco dos moradores permite observar as mudanças que ocorrem no ambiente, onde, muitas das vezes, o profissional técnico pode não perceber. Por isso, a percepção se insere como um importante instrumento para gerir os riscos ambientais.

Em resumo, a percepção do risco é um fator crítico na gestão de desastres. Pode influenciar o comportamento das pessoas e os processos de tomada de decisão durante um desastre. Portanto, é essencial compreender como as pessoas percebem os riscos para melhorar a preparação e os esforços de resposta a desastres, sendo assim, os líderes comunitários locais atuam como peças importantes na definição de prioridades, fornecendo medidas de orientação e reunindo as partes interessadas. A sua visibilidade pode ser usada para liderar iniciativas que promovam a elaboração da percepção de risco e a importância da integração da mitigação de riscos para alcançar a segurança e a resiliência da comunidade. Outro aspecto é que possuem a capacidade de se comunicar com uma ampla base de constituintes e parceiros. Estas qualidades são inestimáveis para uma estratégia de enfrentamento eficaz de mitigação de riscos integrada.

Nesse sentido é que se dá a proposta deste estudo, para fins de desenvolvimento e discussão acerca das percepções de risco, tomadas de decisão e redes sociais de suporte mediante as situações de riscos, ameaças, vulnerabilidades e capacidades de respostas, bem como de sua potencial contribuição para a sociedade por meio de estratégias de aperfeiçoamento e capacitação, a fim de alcançarem uma melhor resposta em situações futuras.

Reflete-se por um objetivo acadêmico: Identificar a percepção de lideranças comunitárias sobre riscos e desastres socioambientais a partir de suas

experiências locais juntamente com o processo de ensino-aprendizagem em oficinas educativas sobre redes sociais de suporte. E objetivo comunitário: Promover ações para fomentar a sensibilização, conscientização e participação de lideranças comunitárias através das redes sociais de suporte e estratégias sobre percepção de risco.

2. METODOLOGIA

A metodologia se deu por objetivo reunir conhecimentos e ideias de representantes comunitários e de fora, produzindo uma série de recomendações mais abrangente e contextualmente apropriada será proposto um encontro para apresentação do projeto, apresentação da metodologia e da oficina "*Minha rede de suporte no meu território*" pelo método do ECOMAPA - consistirá em ajudar os participantes, individual e coletivamente, a construírem um mapa egocentrado sobre suas percepções a respeito das estruturas das redes sociais de suporte no território. Para tanto, deverão identificar pessoas, lugares e atividades que fazem parte de seus cotidianos, e em seguida o tipo de vínculo que estabelecem com estas estruturas.

O Ecomapa, que identifica as relações e ligações de seus membros com o meio e a comunidade que habitam, podendo dessa forma, analisar seus padrões de organização, os recursos e as necessidades (Nascimento, 2014). Foi criado em 1975, pela Professora Dra. Ann Hartman, assistente social da Universidade de Michigan, para abordagem tanto do indivíduo como da família, de maneira a tentar identificar sua rede de apoio social e familiar (Nascimento, 2014).

Agostinho (2007) define o Ecomapa como um importante recurso gráfico na descrição da dinâmica familiar em relação a seu meio, sendo possível na sua construção um maior aprofundamento sobre o comportamento familiar em suas esferas sociais, a natureza e qualidade dessas relações, a identificação das estruturas geradoras de estresse e quais as favoráveis à sua saúde e participação social, onde estão seus recursos no enfrentamento dos momentos de transformação e crise, além de favorecer a percepção por parte das equipes de apoio e cuidado sobre o progresso e os resulta-

dos obtidos através do processo de ajuda técnica e comunitária.

A utilização desse instrumento possibilita uma visão mais ampla sobre a estrutura e a dinâmica individual e local, de maneira a guiar intervenções e condutas, baseadas nos desequilíbrios identificados. As ligações colocadas na representação podem ser positivas ou negativas, nutritivas ou prejudiciais, seguras ou atormentadas por conflitos e stress, ou ser descritas como próximas ou distantes, fortes ou fracas, unilaterais ou mútuas. Sendo assim, um dispositivo narrativo que através das histórias e memórias imagináveis, são transportadas para uma representação gráfica é um processo reflexivo, podendo ter uma visão clara dos limites e fronteiras da relação individual, social, familiar e territorial. (Nascimento, 2014).

A identificação será feita através de um mapeamento dos líderes “auto identificados” e residentes nas comunidades para compreender a importância da liderança em nível local e as suas funções dentro do sistema. A pesquisa contou também com a realização de duas entrevistas semi-estruturadas com gestores públicos que atuam no âmbito de desastres, com o intuito de investigar as estratégias adotadas pelos gestores públicos de Petrópolis na gestão integral de riscos e desastres, visando compreender suas percepções, práticas e desafios enfrentados na área.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Com base nos objetivos e na metodologia delineados no estudo os resultados esperados convergem para uma compreensão aprofundada das dinâmicas psicossociais e estruturais inerentes à Gestão Integral de Riscos e Desastres (GIRD) em contextos de alta vulnerabilidade socioambiental, com ênfase no município de Petrópolis, RJ.

Primeiramente, antecipa-se que a pesquisa irá elucidar a percepção de risco de líderes comunitários, contextualizando-a a partir de suas experiências vivenciais e situadas. Essa análise permitirá identificar as nuances e complexidades que articulam elementos psicossociais e ambientais na constituição do risco. Espera-se que essa identificação não só valide o conhecimento local como um componente essencial para a GIRD, mas

também revele as lacunas existentes entre a percepção comunitária e as estratégias de gestão pública. A expectativa é que a análise detalhada das perspectivas dos líderes comunitários e dos gestores públicos — cujas estratégias são investigadas por meio de entrevistas semiestruturadas, — possa subsidiar a construção de um novo paradigma de atuação, que transite da relutância pública em conscientizar para uma abordagem que reconheça e promova o protagonismo dos moradores e a escuta ativa de suas demandas.

Em segundo lugar, prevê-se que o estudo mapeará e analisará as redes sociais de suporte existentes nas comunidades, utilizando a ferramenta do Ecomapa. Este recurso gráfico, que permite identificar as relações e ligações dos indivíduos com o meio e a comunidade, deverá fornecer uma representação robusta do capital social comunitário. Espera-se compreender a estrutura, a dinâmica e a qualidade desses vínculos (positivos, negativos, fortes, fracos) em contextos de ameaça e desastre. A identificação dessas redes, construídas coletiva e relationalmente, é fundamental para reconhecer seu potencial como dispositivos de enfrentamento e resiliência. Os resultados deverão demonstrar como essas redes podem ser fortalecidas e integradas às estratégias formais de GIRD, promovendo a sensibilização, conscientização e participação das lideranças comunitárias de maneira proativa, alinhando-se ao objetivo comunitário da pesquisa.

Sendo assim, os resultados esperados visam não apenas aprofundar o arcabouço teórico-metodológico da Psicossociologia de Comunidades e da Ecologia Social no que tange à percepção de risco e às redes de suporte social, mas também a gerar conhecimento aplicado que possa fomentar um diálogo mais efetivo e uma aproximação colaborativa entre gestores públicos e comunidades. Almeja-se que as estratégias de aperfeiçoamento e capacitação resultantes deste estudo contribuam significativamente para a otimização das respostas em situações de risco futuro, pavimentando o caminho para uma GIRD mais equitativa, participativa e, consequentemente, mais eficaz na construção de comunidades resilientes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo sublinham a intrínseca complexidade da Gestão Integral de Riscos e Desastres (GIRD), evidenciando a indispensabilidade de uma abordagem que transcenda a mera tecnificação e incorpore as dimensões psicossociais e comunitárias. A investigação realizada no contexto de Petrópolis, reafirma o papel fulcral da percepção de risco enquanto constructo dinâmico e multivariado, profundamente ancorado nas experiências e vivências locais. A análise da perspectiva dos líderes comunitários, em articulação com a visão dos gestores públicos, revela que a dissonância entre as percepções técnicas e as subjetividades comunitárias constitui um entrave significativo para a eficácia das políticas de prevenção e resposta, corroborando a necessidade de se ultrapassar a “relutância muito grande dos Poderes Públicos em conscientizar os moradores em áreas de risco”

Os pré achados demonstram, ademais, o potencial latente das redes sociais de suporte como pilares essenciais para a resiliência comunitária em face de eventos extremos. A metodologia do Ecomapa, ao permitir a representação gráfica dessas interconexões, revela a tessitura de vínculos interpessoais e institucionais que, embora frequentemente informais, constituem um capital social robusto e um recurso vital para a mobilização, a ajuda mútua e a disseminação de informações críticas durante as crises. O reconhecimento e a valorização dessas redes, construídas no “encontro coletivo, relacional” e sustentadas por “atividades humanas comuns”, conforme os resultados esperados para a promoção de um protagonismo comunitário efetivo, capaz de transformar moradores de áreas de risco em agentes ativos e correspondentes pela sua própria segurança e pela do seu território.

Em termos de implicações teóricas, este estudo contribui para a Psicossociologia de Comunidades e para a Ecologia Social ao reforçar a interdependência entre os sistemas humanos e o ambiente, e ao advogar por uma visão integrada que reconheça a percepção humana e o capital social como variáveis explicativas fundamentais na compreensão da vulnerabilidade e na construção da resiliência. Praticamente, a pesquisa oferece

subsídios valiosos para a formulação de políticas públicas mais inclusivas e participativas, que valorizem o conhecimento local e promovam uma comunicação bidirecional entre o poder público e as comunidades. Sugere-se que a incorporação das experiências e da linguagem dos líderes comunitários em programas de sensibilização e capacitação possa catalisar uma maior adesão às medidas de mitigação e preparação para desastres.

Não obstante as contribuições supracitadas, é imperativo reconhecer as limitações intrínsecas à natureza exploratória e qualitativa deste estudo. O foco específico em Petrópolis e a amostra de líderes comunitários e gestores públicos, embora fundamental para a profundidade da análise contextual, podem restringir a generalização dos resultados para outros contextos geográficos e socioculturais. A subjetividade inerente à percepção de risco e à construção do Ecomapa também impõe a necessidade de complementação com outras abordagens metodológicas.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a expansão deste modelo investigativo para outras municipalidades vulneráveis, a fim de realizar análises comparativas que permitam identificar padrões e idiossincrasias regionais. Estudos longitudinais poderiam, por sua vez, avaliar a efetividade de intervenções baseadas na integração do protagonismo comunitário e das redes de suporte ao longo do tempo. Sugere-se, ainda, o desenvolvimento de ferramentas de avaliação que quantifiquem o impacto da participação comunitária na redução de vulnerabilidades e no fortalecimento da resiliência local, consolidando a ponte entre o conhecimento acadêmico-científico e as experiências vividas.

Por fim, este trabalho conclui que uma GIRD verdadeiramente eficaz demanda uma sinergia entre o conhecimento técnico-científico e a sabedoria experiencial das comunidades. Ao promover o diálogo e fortalecer as redes sociais de suporte, é possível edificar um futuro onde a prevenção de desastres não seja meramente uma imposição de cima para baixo, mas uma construção coletiva, enraizada na percepção e no engajamento dos que mais diretamente vivenciam o risco.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, M. Ecomapa. Revista portuguesa de medicina geral e familiar, v. 23, n. 3, p. 327-330, maio. 2007
- ALMEIDA, L. Q. DE. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. Mercator, fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, nov. 2011.
- DAGNINO, R. S. CARPI JUNIOR, S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. Climep-climatologia e estudos da paisagem, v. 2, n. 2, 2007.
- MARANDOLA JR., e. (org.). População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais. 1ed.campinas: nepo/unfpa, p. 29-52. 2009
- NASCIMENTO, L. C. et al. Genograma e ecomapa: contribuições da enfermagem brasileira. Texto contexto enferm, florianópolis, 23(1), p. 211-20, 2014.
- MARGAI, F. Environmental health hazards and social justice: geographica perspectives on race and class disparities. London: earthscan, 2010.
- PMRR, PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCOS - 6a etapa reflexão e proposição de estratégias de intervenções não estruturais para a redução. Petrópolis, rj. Prefeitura municipal de petrópolis, 2017
- VEYRET, Y. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São paulo: contexto, 2007.

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

COMUNICAÇÃO DE RISCO: ESTRATÉGIAS DE MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO PROJETO PERIFERIA SEM RISCO COLOMBO-PR

RISK COMMUNICATION: STRATEGIES FOR MOBILIZATION AND SOCIAL PARTICIPATION IN THE PERIPHERY WITHOUT RISK PROJECT COLOMBO-PR

PEDRO VILHENA BARTOLOME

Universidade Federal do Paraná (UFPR), pedrovilhena@ufpr.br

KELLY PRUDENCIO

RESUMO ABSTRACT

Este estudo analisa as estratégias de comunicação do projeto Colombo Sem Risco, responsável pela elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco do município. O objetivo é evidenciar os processos de mobilização e participação social frente às políticas públicas de enfrentamento das desigualdades e redução das vulnerabilidades relativas a riscos de desastres. Baseado em documentos institucionais e conceitos em torno de comunicação de risco e comunicação pública, busca-se aprofundar teoricamente o planejamento deste projeto com as dinâmicas de comunicação. Para isso, foi escolhida a metodologia de análise documental na coleta e síntese de dados. Por se tratar de um projeto em fase de desenvolvimento, encontram-se resultados parciais que indicam direcionamentos para futuros estudos, enfatizando a importância de incentivos governamentais para a participação ativa da comunidade nos espaços públicos e de soluções a problemas socioeconômicos preliminares.

Palavras-Chave: comunicação de risco; participação social; mobilização.

This study analyzes the communication strategies of the “Colombo Sem Risco” project, which is responsible for developing the Municipal Risk Reduction Plan. The objective is to understand the processes of social mobilization and participation in the context of public policies aimed at addressing inequalities and reducing vulnerabilities related to disaster risks. Based on institutional documents and concepts about risk communication and public communication, the study seeks to study theoretically the planning of this project with communication dynamics. For this purpose, the document analysis methodology was chosen for data collection and synthesis. As it is a project in the development phase, partial results have been found, indicating directions for future studies and emphasizing the importance of government incentives for the active participation of the community in public spaces and for solutions to preliminary socioeconomic problems.

Keywords: risk communication; social participation; mobilization.

1 SOCIEDADE QUE COMUNICA, COMUNICA RISCO

Frente às consequências da degradação ambiental no centro da sociedade moderna, há uma nova realidade histórica que pressiona instituições a se adaptarem para as possibilidades de riscos causados pelos sistemas de (super)produção. Autores como Ulrich Beck (1986) e Anthony Giddens (1997) já indicavam na década de 1990 o surgimento de uma nova fase da modernidade, caracterizada pela “sociedade de risco”, na qual o foco não está apenas na distribuição de bens, mas também na distribuição dos riscos, especialmente os ecológicos. Tratando-se desta fase como um estágio intermediário entre a segurança e a destruição, a percepção dos riscos contribui para determinar o pensamento e a ação de respostas, em que se tem uma sociedade industrial que produz as situações de ameaça e o próprio potencial político da sociedade de risco (Beck, 1986). A consciência dos impactos climáticos e de desastres ambientais ressalta este potencial político de catástrofes iminentes, contribuindo com que os instrumentos de definição dos riscos tornem-se posições-chaves para uma oportunidade de transformação social. Para a geógrafa especialista em meio ambiente Yvette Veyret, o risco é socialmente construído sobre a percepção de uma possível catástrofe, segundo ela, o risco existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas (Veyret, 2007). Para pesquisadores do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE USP), a partir da percepção do perigo de risco é possível adotar ações para reduzir, controlar ou eliminar uma ameaça, tratando-se de uma gestão de riscos (Sulaiman e Jacobi, 2018). Nesse sentido, há alguns anos o Brasil procura investimentos em soluções para problemas estruturais e ambientais frequentes em seu território. Com a finalidade de tratar da política de desenvolvimento nas cidades, e contemplando a ausência de marcos institucionais para as políticas setoriais urbanas, foi sancionada em 2001 a lei No 10.257, que oficializa o Estatuto das Cidades, que tem como órgão central executor o Ministério das Cidades

(MCID). Por meio deste Ministério, enfatizou-se o planejamento de ações de prevenção a desastres de forma a tornar efetiva a implantação de instrumentos de gestão municipal. O Ministério das Cidades conta com uma secretaria para fortalecer as comunidades urbanas das periferias do Brasil, a Secretaria Nacional de Periferias (SNP), com a missão de trabalhar com as comunidades periféricas na organização e engajamento para a melhoria da qualidade de vida local. Como uma de suas competências, desenvolve-se a implementação de políticas públicas de prevenção e mitigação de riscos e desastres associados a extremos climáticos, nas periferias urbanas. Uma dessas ações consiste na elaboração de planos locais de redução de risco, tendo a participação social como norteadora da resiliência comunitária (Decreto nº 11.468, de 5 de abril de 2023). Desse modo, a SNP lançou, entre outras iniciativas, a cartilha do Periferia Viva, que busca promover a estruturação e integração de uma matriz ampla de políticas públicas articuladas em torno dos eixos: Infraestrutura Urbana; Equipamentos Sociais; Inovação, Tecnologia e Oportunidades; e Fortalecimento Social e Comunitário (Guia do Plano de Ação PERIFERIA VIVA, 2024). Essa e outras entregas visam orientar o desenvolvimento de planos de ação para o enfrentamento de riscos existentes no território municipal e sobre as áreas prioritárias que deverão ser objeto de investimentos com intervenções estruturais e não estruturais para redução dos riscos identificados. Uma das instituições responsáveis pela elaboração desses planos é o Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais (Lageamb) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), que está na frente do estudo e construção dos Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRRs) no estado do Paraná, trabalhando especificamente com os municípios de Colombo e Paranaguá. Os PMRRs estabelecem aos municípios a responsabilidade no estudo de áreas de risco, de forma a mapear os pontos mais críticos e apontar quais problemas podem acontecer em cada local (Lei Federal 12.608/2012). Como etapa na busca por uma solução desses cenários, e repensando a lógica de progresso, o desenvolvimento de gestão de crise ganha uma dimensão mais técnica, voltada para a governabilidade organizacional, que incorpora questões da comunicação (Rinaldi e

Barreiros, 2007). Responsável, primordialmente, pela definição de estratégias no processo de democratização da informação e da mobilização em torno de pautas sociais. Enquanto apto a direcionar o conhecimento teórico acerca dos métodos e técnicas comunicacionais, em destaque aquelas fundamentais na mediação da opinião pública e do fortalecimento das relações entre entidades e comunidades, o profissional da comunicação se vê no compromisso de estimular a participação social e direcionar forças para a deliberação e solução de entraves na esfera pública. Para elucidar essas questões da comunicação, propõem-se construir uma análise em torno de como as estratégias de comunicação, adotadas pelo programa Periferia Sem Risco de Colombo (PR), buscam fortalecer o desenvolvimento da participação social para o enfrentamento das desigualdades e redução das vulnerabilidades relativas a riscos nas periferias. Assim, o objeto de pesquisa refere-se ao conjunto de estratégias de comunicação adotadas no processo de mobilização social e participação social do Periferia Sem Risco de Colombo, conhecido também como Colombo Sem Risco. Em vista disso, foi analisado seu terceiro eixo estratégico (Comunicação e Participação Social), que envolve produtos como cartilhas, posts em redes sociais, publicações técnicas para informação pública e apoio técnico; parceria com universidades e governos municipais; e visitas sociotécnicas a comunidades periféricas. Para isso, objetiva-se um recorte mais preciso das aplicações dessas estratégias, para além das ações de comunicação a nível nacional, focando no planejamento parcial dos produtos de comunicação desenvolvido para o município de Colombo (PR). Como metodologia para esta investigação, partiu-se de uma revisão bibliográfica para aprofundar a base conceitual das temáticas de comunicação de risco, mobilização social e deliberação pública, relacionadas com as dinâmicas de estratégias desenvolvidas no projeto. Por meio de uma pesquisa documental, foram definidos documentos técnicos e relatos dos profissionais envol-

vidos na elaboração das estratégias do PMRR de Colombo a serem analisados. A praticabilidade de investigar essa relação e a escolha da metodologia muito se deve ao relacionamento do autor com o laboratório responsável pela elaboração do PMRR de Colombo, o Lageamb, sendo delimitado a escolha do município por questões de viabilidade da pesquisa. Na posição de bolsista de iniciação científica na equipe transversal de Comunicação e Divulgação Científica, foi possível estabelecer contato direto com a equipe do programa Periferia Sem Risco. O fornecimento de informações por meio de relatos, relatórios e demais sistemas de dados dos envolvidos permitiu a condensação de conhecimentos necessários a respeito dos processos e dos fenômenos que atravessam o objeto de pesquisa. Nos próximos tópicos, são discutidos os resultados centrais da análise do planejamento de comunicação do Colombo Sem Risco.

2 COMPLEXIDADE X TEMPO

Diante do desenvolvimento do plano, é relevante expor como se dá a complexidade sobre os principais desafios que a equipe técnica do projeto apresentou durante a aplicação das metodologias, definidas para a construção do PMRR. A elaboração de um plano que envolve inúmeros fatores de risco necessita de uma estruturação de métodos e equipe suficientes para aplicação, além de tudo, dada a complexidade do tema em torno da avaliação e implementação de soluções de risco, é necessário um planejamento minucioso e um espaço de tempo adequado para acompanhar todos esses processos. Para isso, a organização do Colombo Sem Risco segue um cronograma ciente dos possíveis fatores externos que podem ocorrer durante a elaboração do plano com uma divisão clara na distribuição de funções, como pode ser vista conforme a multidisciplinaridade dos membros e diversidade de tarefas na sua gestão.

Quadro 1 - formações e áreas de especialização e pós-graduação da equipe colombo sem risco

Formações	Especializações e pós-Graduação
Arquitetura e Urbanismo	Mudança do clima, AbE e SbN
Biologia	Ordenamento Territorial
Ciências Ambientais	Geotecnica
Comunicação Social	Gestão Pública Municipal
Engenharia Ambiental e Sanitária	Desenvolvimento territorial sustentável
Engenharia Ambiental e Urbana	Ciência Tecnologia e Sociedade
Engenharia Civil	Planejamento Urbano
Geografia	Gestão da Informação
Geologia	Políticas Públicas
Gestão Ambiental	
Jornalismo	
Publicidade e Propaganda	
Serviço Social	

Fonte: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024)

**Figura 1 - eixos de atividades da equipe colombo sem risco**

Fonte: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024)

Como apontado pelos dados do Quadro 1, há uma diversidade de formações entre os 22 bolsistas que fazem parte da equipe, com uma distribuição preocupada em contemplar todas as oito áreas dos saberes: Ciências Exatas e da Terra; Ciências Biológicas; Engenharias; Ciências da Saúde; Ciências Agrárias; Ciências Sociais; Ciências Humanas; Linguística, Letras e Artes (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2022). Ademais, esse nível de detalhamento nos eixos de atividades visto na Figura 1 expõem a complexidade na organização de métodos e técnicas que refletem no desenvolvimento de análises e aplicações em torno de riscos. No entanto, há outro elemento que exige

esse nível de detalhamento e divisão para além da complexidade de se trabalhar com fatores de risco. Por se tratar de uma instrumentalização financiada pelo Ministério das Cidades, através de um Termo de Execução Descentralizado entre a SNP e a Fiocruz, existe uma verticalidade na entrega de materiais, em que os resultados, maduros ou não, têm de ser colhidos para apresentação à sociedade civil e ao Comitê Gestor. O prazo estimado para devolutivas, não só das entregas parciais, se apresenta curto para atender todos os aspectos pontuados pela gestão. Dentro de uma realidade de 18 meses de projeto, se mostra de difícil execução os 12 eixos de atividades apresentados para os 22 integrantes que compõem a

equipe. Mesmo com um planejamento minucioso de cada ponto, as demandas se vêm sufocadas, no sentido de não haver espaço para muitas reformulações, dado uma agenda que migra entre planejamento em escritório, reuniões com atores envolvidos, trabalho de campo e processamento de dados, onde qualquer eventualidade pode afetar as demais etapas. A questão de prazo se agrava pelo fato de alguns bolsistas que compõem o quadro de equipe técnica não estarem dedicados exclusivamente ao Colombo Sem Risco, devido ao envolvimento com outras demandas correlatas no laboratório responsável. Parte da equipe também está envolvida com a elaboração do PMRR de Paranaguá, que apesar de estar no mesmo programa do Periferia Sem Risco no estado do Paraná, apresenta cenários e abordagens singulares. Diante deste aspecto, se mostra imprescindível o planejamento adequado para execução e revisão de alguns pontos dentro de um tempo ideal. Pensando numa solução para este desgaste, a equipe buscou apresentar as principais dificuldades nos relatórios, destacando os pontos que limitam a elaboração adequada do PMRR, objetivando uma consulta para futuras elaborações na área de risco. Da mesma forma, aprofundar as relações dos fatores investigados exige comprometimento com o tempo, principalmente porque se faz preciso um amadurecimento das informações que residem nas decisões do governo e dos moradores afetados pelo projeto. As principais críticas e sínteses referentes às dinâmicas de comunicação de risco e de mobilização e participação social, encontram-se resumidas no tópico seguinte.

3 ABRANGÊNCIA NA COMUNICAÇÃO DE RISCO

Em um primeiro momento, constata-se que as premissas no planejamento para a elaboração do PMMR de Colombo cumprem os principais objetivos da comunicação de risco. Esse cenário é dado pela complexidade de fatores que envolvem riscos e que, consequentemente, exigem uma organização dos elementos investigados para a compreensão de seus efeitos. Devido ao complexo conjunto dos elementos dispostos, o conhecimento técnico não se mostra o suficiente para

compreendê-los em sua totalidade, da mesma forma que o saber tradicional sobre o espaço de origem dos moradores não garante uma formulação efetiva ao problema de risco a longo prazo. A gestão de riscos e desastres trabalha com etapas de planejamento, prevenção e recuperação, dando a devida importância ao seu contexto histórico e as causas da produção social dos riscos (Colombo Sem Risco, 2024). O entendimento em torno da gestão de riscos e desastres no projeto parte de um conhecimento científico e comunitário, com premissas que visam a continuidade de adequações metodológicas. Assim, como exposto no relatório do projeto, seu planejamento leva em consideração essa relação de complexidade e estabelece como um de seus postulados a busca por estratégias de coordenação, monitoramento e controle para capacitar a população, fomentar a auto-organização e torná-la mais resiliente, materializando as diretrizes e objetivos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Colombo Sem Risco, 2024). Nesse sentido, a comunicação dentro do Colombo Sem Risco é preparada para estabelecer condições de diálogo entre especialistas e a comunidade, visando a tomada de decisão da melhor forma possível. Diante de um planejamento que segue objetivamente metodologias específicas para cada área de atuação, é justificável notar um comprometimento com a proposição de solucionar uma realidade de forma integrada. Essa percepção sobre a comunicação de risco é evidenciada em outros dois pontos, pela diversidade de formação dos integrantes e através dos produtos técnicos de comunicação no projeto. Conforme o levantamento de informações sobre os 33 PMRRs disponibilizados no site do Ministério do Desenvolvimento Regional, foi evidenciado uma presença predominante de profissionais das ciências exatas e da terra frente aos das áreas de humanas e sociais na elaboração dos planos (Mendonça, Di Gregorio, Alfradique, 2023). Uma amplitude das áreas de conhecimento favorece a disposição de experiências técnicas específicas para suprir a demanda de cada um dos eixos das atividades estruturantes do PMRR, expostas na Figura 1. Da mesma forma, é possível destacar essa abrangência no desenvolvimento dos materiais de comunicação do projeto, que planejam alcançar a população em vários meios, perceptível tanto pela adesão

de materiais de comunicação físico quanto digital, exemplos a seu respeito são contextualizados com maior profundidade no tópico seguinte. Assim como ressaltado no Guia metodológico para elaboração dos PMRRs, cujo texto enfatiza o aprimoramento dos processos de participação social e comunitária nas diversas etapas de elaboração do PMRR, bem como para a apropriação do conteúdo por parte dos usuários dos mapeamentos públicos e comunitários (Brasil, 2024, p.13). Desse forma, a comunicação dos gestores públicos é orientada para ocorrer de forma integrada com o cidadão, para isso é necessária a transparência nos canais de comunicação e disposição de materiais informativos para a elaboração participativa do PMRR. Sobretudo, porque existem desconhecimento e pressupostos sobre o trabalho sendo de-

envolvido por instituições vinculadas ao Estado, que podem comprometer o serviço desempenhado pelos profissionais. Exemplo disso se dá pela pré-concepção averiguada pela equipe técnica na localidade, de que vão retirar as pessoas de suas moradias das áreas de risco, sendo que o objetivo do projeto é justamente o oposto, de retirar o risco dos espaços de moradias sem que precise ser feita a remoção de suas casas. Além disso, os materiais de comunicação ainda buscam estruturar conhecimentos técnicos numa linguagem acessível, para que os próprios moradores que se encontram nas áreas de risco possam estar capacitados diante de um risco de desastre, como pode ser visto nas cartilhas, guias e história em quadrinhos sobre o assunto.

Figura 2 - Quadrinho do Periferia Sem Risco.



Fonte: Instagram @guilhermesperiferias e @periferiasemrisco_ufpr.

Essa característica participativa e adaptativa ao cenário de riscos é uma das competências do MCID, que possui o compromisso com a resiliência da população (Decreto nº 11.468, de 5 de abril de 2023). A Organização Mundial da Saúde (OMS) detalha que durante o processo de comunicação de risco ocorre a troca em tempo real de informações, conselhos e opiniões entre especialistas, líderes comunitários ou autoridades e as pessoas que estão em risco, parte integral de

qualquer resposta a emergências (OMS, 2023). Segundo a organização, o objetivo da comunicação de risco é que todos os indivíduos que se encontram em situações de risco possam tomar decisões para mitigar os efeitos da ameaça, como um surto de doença ou desastres ambientais, e tomar medidas preventivas e de proteção. Nesse aspecto, é fundamental comunicar os riscos de maneira planejada para que a população se integre e participe do processo de gestão de riscos juntamente

com autoridades e peritos. Logo, o planejamento prévio da comunicação de risco alcança uma dimensão estratégica, de forma a aproximar os conhecimentos que existem entre as diferentes entidades participantes, dada a origem dos atores sociais e seus interesses envolvidos, que se agregam e complementam entre moradores, gestores municipais e técnicos. Logo, pela ciência dos fatos esclarecidos nos materiais de comunicação é possível perceber uma tentativa de alavancar a auto-organização da comunidade. Essa realidade possibilita a preparação de informações que integram uma cultura de prevenção, redução das vulnerabilidades e preparação qualificada para o desastre, seguindo um dos quatro princípios para reduzir risco de desastres nas cidades estruturado pelo Plano Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC). Assim, o desenvolvimento de produtos comunicacionais colabora com o planejamento de uma amplitude participativa consistente com os princípios que se propõem, e com os objetivos de

resolução expostos no conceito de comunicação de risco e do programa Periferia Sem Risco a nível nacional e municipal.

4 ETAPAS PARA A CONSTRUÇÃO PARTICIPATIVA

É importante apontar para a forma como se estrutura o relacionamento das entidades no projeto para se compreender as estratégias de comunicação, visando o entendimento sobre a participação dos atores inseridos na construção do Plano. Numa escala macro, delimita-se essa relação em uma tríade composta por gestores públicos do governo de Colombo, pelos cidadãos do município e pela equipe técnica da UFPR. Esses três tipos de atores estão comprometidos com a elaboração do PMRR do município, e possuem responsabilidade no papel ativo da gestão e redução de riscos.

Figura 2 - Atores sociais envolvidos no PMRR de Colombo.



Fonte: Relatório 1 do PMRR de Colombo (2024).

Por meio da retroalimentação de informações, cada entidade fornece o próprio ponto de vista para constituir a discussão e, dessa forma, avançar com os processos mobilizadores que fazem parte. Para isso, é necessário que todas as partes sejam ouvidas, o que desperta dois questionamentos:

em quais etapas se mostra importante a participação da comunidade e em que medida a proposta do outro é validada. De acordo com Márcio Simeone, a mobilização social só é possível quando se conhece e respeita o processo de ação coletiva em questão (Simeone, 2005). No caso do Colombo

Sem Risco, a elaboração do PMRR foi planejada para ocorrer nesse sentido coletivo, trata-se de um processo fundamentalmente dialógico construído com o conhecimento das três partes. A princípio, o primeiro contato da população com o projeto se deu através da apresentação da Conferência Municipal da Cidade de Colombo, com a presença do Lageamb e do Comitê Gestor. O objetivo era escutar as instituições e a comunidade local quanto aos processos perigosos identificados no município, num levantamento inicial de relatos e contribuições para o planejamento. Após esta etapa, a comunidade de Jd. Nova Tereza, Roça Grande, Jardim Marambaia, Rio Verde e Campo Alto foi mobilizada para um campo de reconhecimento, para que a equipe compreendesse melhor a respeito de obras, estruturas em andamento e formas de organização já existentes nas comunidades. Espera-se que essa etapa promova medidas conforme as características locais e o perfil das famílias residentes, além de auxiliar na verificação dos riscos, se são áreas ocupadas ou não e, assim, definir se serão objeto de mapeamento técnico. Desse modo, estrutura-se a partir da fase de reconhecimento a definição de localidades a serem mapeadas e a definição de canais com a população, contando com o apoio logístico de secretarias de educação, movimentos sociais, agentes sociais do governo, lideranças comunitárias, representantes de bairros, entre outras fontes. Após este momento, a participação da população se deu por meio de uma roda de conversa na Igreja Sagrada Família de Colombo, especificamente para os moradores da Vila Nova - bairro cujas estruturas físicas e condições de segurança se mostraram mais precárias - compreenderem sobre o projeto Periferia Sem Risco e, principalmente, para ouvir seus conhecimentos sobre as ameaças de deslizamento e inundação, e como esses eventos têm afetado o modo de vida e suas moradia. A troca de experiência facilita, também, o entendimento dos materiais a serem desenvolvidos, aproximando tanto a linguagem quanto a abordagem a serem feitas, além de evitar desentendimentos, como possíveis trocas de nomes de localidades e demais dados desconsiderados pela equipe técnica. Na próxima etapa participativa, ocorreram as Oficinas Comunitárias nas comunidades Vila Zumbi dos Palmares, Vila Liberdade, Guaraituba (Campo do

Tenente), Jd. das Graças e São Dimas. Nesta etapa, ocorre o Mapeamento Participativo do PMRR de Colombo para identificação de ameaças de inundação, enchentes e deslizamentos das áreas mais ameaçadas, a partir da escuta das memórias e relatos dos moradores. Este também é um momento para identificar as famílias mais vulneráveis, o que permite que o mapeamento seja mais preciso e possibilite propor medidas mais efetivas para a prevenção e redução de riscos. Até o momento, estas foram as etapas participativas executadas, priorizando casas em condições de maior vulnerabilidade e incentivando a participação da comunidade. Esse incentivo é perceptível através da disponibilização de materiais informativos impressos e digitais que visam alcançar o maior número de moradores possíveis. E do acolhimento nas reuniões por meio de espaços inclusivos em escolas e igrejas, pensando em comportar famílias com crianças e disponibilizando lanche para os participantes dentro do planejamento das reuniões. Dessa forma, é evidenciado como a mobilização da população, com todas essas estratégias, contribui com a promoção de uma gestão participativa, em que as contribuições sobre as percepções dos moradores detêm um grande valor para compor a análise de risco para o PMRR. Comparado com os PMRRs de outros municípios, o plano de Colombo evidencia uma participação mais presente da sociedade, visto que a contribuição da população vinha apenas nas etapas de Audiência Pública, limitando muito os processos de construção colaborativa e dando uma importância secundária das comunidades (Mendonça, Di Gregorio, Alfradique, 2023).

5 AVALIAÇÃO DOS ESPAÇOS DE DELIBERAÇÃO

As etapas participativas, além de apoiarem o processo de aproximação das comunidades com o Poder Público e a sensibilização no assunto de risco de desastres, contribuem para o enriquecimento dos espaços de deliberação. Diferentemente da maioria dos demais PMRRs elaborados até hoje, o Colombo Sem Risco desenvolve o papel de integrar a sociedade nos espaços de discussão do Plano. De acordo com Alfradique (2023), a

população, principalmente a localizada em áreas de risco, é equivocadamente desprezada na concepção de planos governamentais (Mendonça, Di Gregorio, Alfradique, 2023). Esta colocação reforça a importância da construção de iniciativas que valorizam o diálogo e a escuta dos saberes locais, responsável por uma interação simbolicamente mediada. Para Habermas (1989), essa ação comunicativa se orienta segundo normas de validade obrigatória que definem as expectativas recíprocas de comportamento e que têm de serem entendidas e reconhecidas, pelo menos, por dois sujeitos agentes (Habermas, 2024). Nesse sentido, existem expectativas pré-estabelecidas no imaginário coletivo que possam dificultar o desenvolvimento da deliberação pública sobre a ação de riscos e desastres nas comunidades mais vulneráveis. Durante os processos de participação do Colombo Sem Risco, a equipe buscou mobilizar os moradores a integrarem os espaços de deliberação, no objetivo de contribuírem com o planejamento do PMRR e apresentarem as percepções individuais sobre as localidades de mapeamento. A preparação do ambiente de deliberação foi feita de forma que se mostrasse um espaço acolhedor para a comunidade, através da acessibilidade dos espaços das oficinas em locais conhecidos, da disponibilização de lanche, da adequação das datas fora do horário comercial e do acolhimento às famílias com crianças em espaço próprio para elas. As estratégias adotadas cumprem com a adequação do público à proposta, que somado com o papel dos materiais informativos impressos e digitais, fomentam um espaço participativo e inclusivo, visando alcançar o maior número possível de moradores. Apesar disso, a equipe técnica apontou para uma baixa adesão dos moradores durante as oficinas. Entre as hipóteses levantadas para explicar essa lacuna de participantes, destaca-se o desconhecimento a respeito da prática de gestão de risco de desastres e a carência de uma comunicação pública assertiva sobre o tema. A partir desses cenários, percebe-se um poder público distanciado da população ao se tratar de intervenções acerca dos riscos no território, o que pode propiciar à baixa prioridade da população sobre o assunto e, até mesmo, gerar receio de comprometimento com órgãos do governo. Exemplo ilustrativo deste quadro pode ser visto num dos

encontros fechados da equipe técnica responsável pelo PMRR de Paranaguá, onde foram apresentados os principais relatos das etapas de participação. Segundo os integrantes da equipe, a oficina com maior taxa de participação ocorreu devido a uma desinformação que circulou nos canais de comunicação, sobretudo Whatsapp. Conforme relato da equipe, essa desinformação teria acontecido após uma convocação para comparecimento à oficina comunitária, que foi confundida com uma reunião para comprovação de documentos pessoais e do imóvel. A confusão a respeito do objetivo da oficina levou a um expressivo volume de participação, que sugere ter sido despertada por um receio coletivo de despejo de suas casas. Muito desse processo encontra-se numa rede de informações não oficiais, que podem gerar o efeito escalonado da desinformação, sobre a desconfiança de um sistema incapaz de fornecer o devido apoio igualmente a todos. Dentro desta hipótese, cabe apontar para a necessidade de investigação acerca do papel de comunicação do governo, analisando tanto a forma como o órgão público se apresenta quanto se preocupa em fornecer transparência de dados públicos para a população. Segundo Pierre Zémor, a comunicação pública tem como funções informar, ouvir as demandas públicas, de contribuir para assegurar a relação social e de acompanhar as mudanças, tanto as comportamentais quanto as da organização social (Zémor, 1995). Dentro desta lógica, entende-se o distanciamento para estabelecer ações deliberativas, que exigem a confrontação de razões que são atenuadas por entraves políticos, gerando como um de seus fatores o medo de exposição. Além disso, tal quadro reforçaria a hipótese de uma comunicação pública carente de informações e de transparência sobre riscos no município de Colombo. Apesar desses pressupostos, a equipe técnica cumpriu com os princípios estabelecidos de construção participativa e apresentou incentivos para contornar essa situação durante o relatório 1 do PMRR. Dentro dos espaços de discussão, foram elaboradas fichas específicas para identificação de ameaças e coleta da percepção de riscos, considerando aspectos sensoriais e de memórias como a recordação de eventos de explosão, incêndio e vazamento de gás em uma determinada área atingida. Assim, tratando de indicadores visuais, olfativos, de in-

segurança, conferindo se os moradores já passaram por alguma ação preventiva de risco, se foram consultadas ou se já sofreram alguma pressão frente à expansão das empresas. Desse jeito, por se tratar de um dos primeiros projetos a desenvolverem um PMRR estrategicamente participativo com o município de Colombo, se mostra compreensível ocorrer certo estranhamento por parte da população. Esse cenário sugere que este tipo de relacionamento trata-se de um processo contínuo e gradual, que envolve a manutenção do diálogo e a transparência de informações. Portanto, nota-se que o distanciamento entre a população e as instituições públicas ainda é presente apesar de todas as estratégias de comunicação direcionadas para uma tentativa de aproximação com a equipe técnica.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, percebe-se a construção de alternativas ao enfrentamento do risco de desastres dentro do território, que caminham gradativamente por princípios de inclusão e participação da sociedade na gestão de políticas públicas. O planejamento técnico desenvolvido para a elaboração do PMRR, como o próprio plano em si, abre caminhos para novas metodologias de sistemas adaptativos que lidam com a complexidade de eventos. Além de afirmar princípios fundamentais do Marco de Sendai (UNISDR, 2015) que promovem o engajamento e cooperação de toda a sociedade na concepção e implementação de políticas, planos e normas para a redução de riscos de desastres. Sobretudo, num cenário de emergências climáticas, que coloca o protagonismo das comunidades afetadas na gestão de risco como um ponto crucial para a elaboração de soluções participativas, ao integrar os saberes locais com o conhecimento científico para a resolução de medidas governamentais. Segundo o caderno técnico de gestão integrada da Defesa Civil, existe um modelo de progressão da vulnerabilidade que compõe riscos e desastres, e por mais que registrem-se esforços para o combate às condições insecuras e de pressões dinâmicas, não é possível solucionar as causas mais profundas (Brasil, 2021). Frente às condições de crescimento econô-

mico com exclusão social e desigualdade de classe, gênero e raça, não há como planos que mobilizem soluções de forma isolada ao assunto serem efetivos neste cenário. Segundo um levantamento avaliado pelo MapBiomas, os anos de maior crescimento do número de desastres, de 1999 a 2003, coincidem com picos de desigualdade de renda (Lacerda, 2024). Esse panorama mostra a necessidade de integração de vários setores públicos com a população, visando a reformulação de políticas públicas que combatam a raiz dos problemas em questão e aproximem atores do governo com a periferia, de forma a promover uma maior pressão social para redução das desigualdades historicamente construídas. Logo, por mais que o projeto Colombo Sem Risco estabeleça uma mudança na elaboração de políticas de combate a risco e desastres, com aumento do número de profissionais das áreas de ciências humanas, com o avanço de medidas participativas da comunidade atingida e com o fortalecimento de capacidades locais de infraestrutura, planejamento, informação e participação social, não há como provocar uma mudança definitiva nas causas produtoras dessas mazelas preliminares. Assim, por se tratar de cenários tão recentes e com uma complexidade muito abrangente, ainda é preciso de um acompanhamento a longo prazo para medir seus impactos e confirmar a temporariedade dos fatos. Com as principais etapas de trabalho de campo concluídas, resta no planejamento participativo reuniões para devolutivas dos materiais, incluindo o próprio PMMR, que será apresentado em uma Audiência Pública entre agosto e setembro de 2025. Assim, mostra-se importante acompanhar os passos que ainda vão tratar sobre a sistematização das contribuições (relatório 3) após as devolutivas da comunidade, a entrega do Sumário Executivo e a recepção da versão pública do PMRR. Além disso, a captação das percepções dos moradores de Colombo acerca dos materiais apresentados possui grande valor investigativo, a fim de verificar questões que dialoguem com as propostas iniciais do projeto assim como a opinião pública a respeito da transparência do governo municipal.

REFERÊNCIAS

- ALFRADIQUE, Christine. Planos Municipais De Redução De Risco: Uma Análise De Conteúdos E Metodologias Aplicadas No Brasil. 2019.
- BECK, Ulrich. Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade. 1986.
- BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Editora Unesp; 1997.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Caderno de implementação da estratégia de construção de resiliência: gestão integrada de riscos e resposta a desastres - GIRD. Brasília, DF: MDR, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10__.pdf.
- 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. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2001.
- BRASIL. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2012.
- BRASIL. DECRETO Nº 11.468, DE 5 DE ABRIL DE 2023. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério das Cidades e remaneja e transforma cargos em comissão e funções de confiança. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2023.
- COORDENADORIA ESTADUAL DA DEFESA CIVIL. Marco de Sendai para Redução de Riscos e Desastres. Disponível <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Marco-de-Sendai-para-Reducao-de-Riscos-e-Desastres>.
- GOVERNO FEDERAL. Guia do Plano de Ação PERIFERIA VIVA. Ministério das Cidades. 1ª Edição: 2024.
- HENRIQUES, Márcio S. (Org.) Comunicação e estratégia de mobilização social. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.
- HABERMAS, Jürgen. Consciência moral e agir comunicativo Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1989.
- LACERDA, Nara. "Municípios brasileiros crescem mais em áreas de risco". Brasil de Fato, 8 de novembro de 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/11/08/municipios-brasileiros-crescem-mais-em-areas-de-risco>.
- OMS. Risk communications. Genebra: World Health Organization, [2023]. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/risk-communications>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE COLOMBO. Relatório 1- Plano de Trabalho. 2024. Disponível em: https://prefeitura.colombo.pr.gov.br/wp-content/uploads/2024/08/Relatorio1_PMRR_PlanoTrabalho_Colombo_jul2024.pdf.
- PERIFERIA SEM RISCO. Guia para planos municipais de elaboração de riscos. Ministério das Cidades. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/publicacoes/arquivos/arquivos/Guiaparaplanosmunicipaisdere-duoderiscosVFINAL.pdf>.
- RINALDI, Alexandra; BARREIROS, Dorival. A importância da Comunicação de Riscos para as organizações. Revista ORGANICOM: Revista Brasileira de Comunicação Organizacional e Relações Públicas, São Paulo, n. 6, v.4, 1º semestre, 2007.
- SILVA, Vanessa. A ciência e suas mais diversas formas. UFRJ. Disponível em: <https://co>

[nexao.ufrj.br/2022/07/a-ciencia-e-suas-mais-diversas-formas/#:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Desenvolvimento,%3B%20Lingu%C3%A3stica%20Letras%20e%20Artes.](http://nexao.ufrj.br/2022/07/a-ciencia-e-suas-mais-diversas-formas/#:~:text=O%20Conselho%20Nacional%20de%20Desenvolvimento,%3B%20Lingu%C3%A3stica%20Letras%20e%20Artes)

VEYRET, Yvette (org.). Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VICTOR, Cilene. In: SULAIMAN, Samia; JACOBINI, Pedro (org.). Melhor prevenir: olhares e saberes para a redução de risco de desastres. 2018.

ZÉMOR, Pierre. La communication publique. Paris; PUF, 1995.

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES: EXPERIÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA/BRASIL

EDUCATION FOR DISASTER RISK REDUCTION: EXPERIENCES IN THE STATE OF SANTA CATARINA/BRAZIL

ARIADNE FARIAS

Universidade do Vale do Itajaí, ariadne@univali.br

REGINA PANCERI

Secretaria de Estado de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina, gepex@defesacivil.sc.gov.br

MASATO KOBIYAMA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, masato.kobiyama@ufrgs.br

RESUMO ABSTRACT

O estado de Santa Catarina (SC), Brasil, vem sendo severamente afetado pelos eventos climáticos extremos nas últimas décadas, destacando-se pelo fomento de políticas de Proteção e Defesa Civil que viabilizam ações integradas de redução de riscos e desastres. Nessa perspectiva, a Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) é fundamental na preparação às mudanças climáticas, pelo alto impacto positivo na sociedade. Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados preliminares de uma pesquisa exploratória-descritiva sobre algumas práticas da EDRD realizadas nas instituições de SC, contemplando professores e alunos do Ensino Fundamental, além dos acadêmicos da Universidade do Vale do Itajaí. Os resultados demonstraram a importância da EDRD com base nas ações: o Programa Defesa Civil na Escola; visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres; práticas realizadas em sala de aula para a criação de recursos educacionais digitais; e atividades complementares em oficinas.

Palavras-Chave: Educação para Redução de Riscos e Desastres. Recursos Educacionais Digitais. Práticas Educativas. Programa Defesa Civil na Escola. Santa Catarina.

In the last decades, Santa Catarina state (SC), Brazil, has been severely affected by extreme weather events, standing out for the promotion of Civil Protection and Defense policies that enable integrated actions to reduce risks and disasters. Then, the Education for Disaster Risk Reduction (EDRR) practices are fundamental in preparing for climate change, due to their highly-positive impact on society. This work aims to present the preliminary results of an exploratory-descriptive research about some EDRR practices implemented at SC institutions, including teachers and pupils of elementary schools, as well as students of the Universidade do Vale do Itajaí. The results demonstrated the importance of EDRR based on the actions: the Civil Defense in School Program; technical visits to the Integrated Center for Risk and Disaster Management; practices performed in the classroom to create digital educational resources; and innovative activities through workshops.

Keywords: Education for Disaster Risk Reduction. Digital Educational Resources. Educational Practices. Civil Defense Program in Schools. Santa Catarina.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre educação e redução de riscos de desastres é tratada, mundialmente, pela *Initiative Mundial para Escolas Seguras (Worldwide Initiative for Safe Schools)* do Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNDRR, 2019). Conjuntamente, escolas, agências e governos devem promover a segurança escolar globalmente com enfoque na segurança de infraestrutura, preparação e inclusão de redução de riscos de desastres nos currículos escolares.

A Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) refere-se ao processo de ensinar, aprender e reaprender sobre as questões relacionadas às causas das mudanças climáticas, bem como sobre a busca por estratégias de adaptação para que se possa minimizar os impactos na sociedade, promovendo o conhecimento e incentivando a participação da comunidade (CEMADEN, 2023). As práticas de EERRD possibilitam ampliar o entendimento sobre como e de que forma as atividades humanas contribuem para a intensificação das mudanças climáticas e como é possível realizar ações de mitigação e de adaptação visando o aumento da resiliência da sociedade, para que, juntamente com o Estado, a população esteja cada vez mais preparada para enfrentar os eventos adversos a que se encontra exposta.

No Brasil, a Lei Nº 12.608/2012, que dispõe sobre a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), no Art. 9º - Compete à União, aos Estados e Municípios, em seu art. IV, indica o estabelecimento de medidas preventivas de segurança contra desastres em escolas e hospitais situados em áreas de risco. Essa Lei ainda muda o artigo 26 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação – ou Lei nº 9.394/1996, que define e regulariza a organização da educação brasileira, no parágrafo 7º que determina que “Os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios.” (BRASIL, 2012).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) também apoiam e incidem sobre a EERRD, em especial o ODS 4 - Educação de Qualidade, ao propor, dentre as suas metas, que

todos os estudantes adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (IPEA, 2025a).

Além disso, o ODS 13 trata sobre a Ação Contra a Mudança Global do Clima, de modo a contribuir para melhorar as estratégias de educação, aumentar o nível de conscientização e a capacidade humana e institucional sobre a mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima; e, ampliar o grau em que a educação para a cidadania global e a educação para o desenvolvimento sustentável são integradas nas políticas nacionais de educação, nos currículos escolares, formação contínua de professores, bem como nos processos de avaliação de estudantes (IPEA, 2025b).

Em consonância com a legislação vigente e com os ODS acima mencionados, a EERRD compreende ações desde o ensino fundamental, médio e universitário, além de ações amplas de capacitação, de integração de conhecimentos formais e locais, desenvolvimento de políticas públicas, promoção da sustentabilidade, envolvimento comunitário e avaliação de impacto, visando aumentar a resiliência e reduzir os riscos em face de desastres e mudanças climáticas. Com esse intuito, são realizadas diversas práticas educativas em todo o Brasil. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é demonstrar como algumas ações na EERRD vêm sendo implementadas no estado de Santa Catarina.

2. METODOLOGIA

Para tanto, foi realizada uma pesquisa de natureza exploratória-descritiva, de caráter qualitativo, para descrever as práticas educativas, de modo a fornecer informações para uma investigação mais detalhada em trabalhos futuros e demonstrar possibilidades de aplicação na EERRD. A pesquisa se deu por meio da colaboração técnico-científica entre os autores, que representam as instituições envolvidas, e que foram responsáveis

pela organização e implantação das práticas descritas, cada autora no seu campo de atuação que abrange atividades de ensino, pesquisa e extensão. Além disso, o diálogo interdisciplinar no âmbito dos Grupos de Pesquisa⁸ que o(as) autor(as) encontra(m)-se inserido(as) favoreceu o processo de investigação por meio das discussões acerca da temática proposta.

A metodologia do trabalho consistiu nos seguintes procedimentos: revisão do referencial teórico; consulta ao banco de dados do Programa Defesa Civil na Escola (PDCE); organização do banco de dados das práticas de ERRD implementadas no âmbito acadêmico, entre os meses de agosto de 2024 e fevereiro de 2025; análise de documentos institucionais, legislação vigente, relatórios acadêmicos e materiais didáticos elaborados nas disciplinas contempladas dos Cursos de Graduação em Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Vale do Itajaí (Univali); e, escrita colaborativa feita pelo(as) autor(as) deste artigo, por meio da plataforma Google Documentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa encontram-se relatados na sequência e demonstram as estratégias e metodologias aplicadas com foco na ERRD no estado de Santa Catarina, com a descrição das seguintes ações selecionadas: a) o Programa Defesa Civil na Escola; b) visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres; c) práticas realizadas em sala de aula para a criação de recursos educacionais digitais (REDs); e, d) outras atividades acadêmicas implementadas por meio de oficinas.

3.1 Programa Defesa Civil na Escola

O Programa Defesa Civil na Escola (PDCE) é uma iniciativa da Secretaria de Estado da Prote-

ção e Defesa Civil de Santa Catarina (SDC), desenvolvido em parceria com a Secretaria de Estado da Educação. É um programa de caráter preventivo, que prepara estudantes e professores para a autoproteção, a redução dos riscos, a resiliência e ações comunitárias, preferencialmente junto aos estudantes do 7º ou do 6º ano, que se encontram, na maioria das vezes, na faixa etária entre 11 e 14 anos de idade possibilitando que atuem como multiplicadores e protagonistas no âmbito escolar junto ao Núcleo Escolar de Proteção e Defesa Civil (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2023).

Na atualidade, o PDCE é o único programa que faz a curricularização dessa temática no Brasil, e tem como objetivo geral curricularizar a temática de proteção e defesa civil capacitando alunos e professores para atuarem de forma compartilhada e eficaz na educação e na redução de riscos e de desastres junto a comunidade e a Defesa Civil local. Os objetivos específicos do PDCE são: a) Possibilitar aos participantes e as escolas envolvidas um diferencial no processo de formação acadêmica, de forma a possibilitar que se tornem multiplicadores no âmbito escolar e comunitário; e b) Possibilitar a formação de um Núcleo Escolar de Proteção e Defesa Civil para dar continuidade às ações após a capacitação recebida.

O PDCE teve sua etapa inicial, enquanto um Projeto Piloto, realizada em 2013 em três escolas estaduais, com o 7º ano. Foram testados a metodologia, o conteúdo, a relação com a escola, a identificação de novas possibilidades e o interesse dos participantes. A partir dessa experiência, os materiais foram atualizados e deu-se continuidade ao Projeto posteriormente nos municípios interessados por meio de termo de adesão uma vez que a Secretaria de Estado de Educação ainda não tinha oficializado o termo de cooperação.

Em 2017 teve início a Capacitação dos Professores Municipais em parceria com as Secretarias Municipais de Educação, Coordenadorias Regionais de Defesa Civil e Coordenadorias Municipais de Defesa Civil interessadas na temática como uma disciplina ou conteúdo transversal. Em 2019, foi oficializado como Programa Defesa Civil na Escola por meio da Portaria nº 103 de 05/12/2019, e foi firmado Termo de Cooperação Técnica com a Secretaria Estadual de Educação, sendo que neste

⁸ Os Grupos de Pesquisa certificados pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) mencionados neste trabalho são: Laboratório de Gestão Integrada de Riscos e Desastres (CEPED/UDESC) e Grupo de Pesquisa em Desastres Naturais (GPDEN/IPH/UFRGS).

ano foram atendidas 29 escolas e 974 participantes. Em 2020, em função da pandemia, teve início da capacitação à distância dos professores (170 participantes) e a atuação junto ao PlanCon Edu Covid-19 (Plano de Contingência da Educação Covid 19) que impactou aproximadamente 20.170 participantes e foi um meio de divulgar o PDCE junto a comunidade escolar.

Em 2021, com a publicação do Decreto N° 1382/2021, o PDCE foi instituído como um programa obrigatório em todo o território catarinense, para as escolas públicas e privadas, que ofertam o 6º ou o 7º ano do ensino fundamental, sendo que a adesão deveria ser feita até o ano de 2024.

Neste mesmo ano, deu-se continuidade a capacitação EaD dos professores pela plataforma da SDC e com o Decreto houve um grande avanço na EERRD no âmbito estadual. Outro fator importante é que a participação das escolas está condicionada ao Acordo de Cooperação Técnica, oficializando a adesão por 5 anos, sendo que para as escolas municipais o acordo é assinado pelo prefeito e as escolas estaduais e privadas pelo diretor. A Tabela 1 apresenta os números de municípios, escolas, professores e alunos contemplados pelo PDCE desde o primeiro ano, em 2013, até o primeiro semestre de 2025.

Tabela 1 – Adesão ao Programa Defesa Civil na Escola entre os anos 2013 e 2024

ANO	MUNICÍPIOS	ESCOLAS	PROFESSORES	ALUNOS
2013	3	3	15	150
2014	1	1	3	31
2015	0	15	15	1350
2016	0	22	22	1600
2017	9	9	36	1813
2018	10	19	121	2040
2019	12	24	126	858
2020	22	41	179	2686
2021	64	108	346	8889
2022	99	203	323	10285
2023	209	643	625	38000
2024	238	893	1730	53000
2025	283	1410	2840	82000

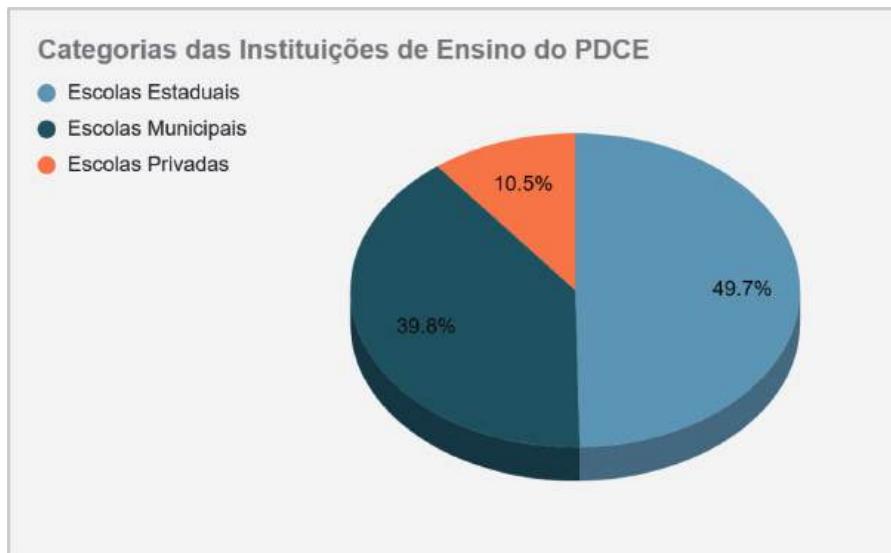
Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Observa-se na Tabela 1 que, entre os anos de 2015 e 2016, não foram estabelecidos termos de cooperação municipais **oficiais** com a SDC. No entanto, as escolas deram continuidade ao processo, sendo que, durante esse período, 37 escolas fizeram a adesão ao PDCE, e 37 professores e 2.950 alunos foram atendidos pelo Programa.

Desde o ano de implantação do PDCE, em 2013, a adesão ao Programa tem aumentado exponencialmente ao longo da última década, com um aumento significativo a partir do ano de 2021 conforme destaque na Tabela 1, momento marcado pelos desafios que as escolas enfrentaram durante os dois primeiros anos da pandemia causada pelo Coronavírus. Outra razão para o aumento significativo de escolas se deu com a publicação do Decreto 1382/2021 que institui o PDCE como obrigatório para todo o território catarinense, para as escolas das redes pública estadual, municipal e

privada que ofertam o 6º ou o 7º ano do ensino fundamental.

De acordo com os dados apresentados, é possível observar a progressão quantitativa de adesão das escolas, bem como a evolução do número de professores e alunos que participaram do PDCE no período entre os anos de 2013 a 2025, chegando-se ao total de 2.840 professores e 82 mil alunos em 2025. Neste último ano, registrou-se 2.500 cursistas novos entre professores, diretores, coordenadores pedagógicos, agentes de defesa civil, entre outros; 1.502 escolas de 283 municípios, sendo que 10% são escolas Privadas (158 escolas); 40% da rede Municipal (598 escolas) e 50% da rede Estadual (746 escolas). Foram assinados em 2025, até o mês de setembro, 250 novos Acordos de Cooperação Técnica. Esses dados representam um alcance de aproximadamente 82.000 estudantes em 96% dos municípios catarinenses (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Percentual das categorias institucionais de ensino que integram o Programa Defesa Civil na Escola.

Fonte: Elaborada pelos autores, 2025.

Em 2024 foi feita a atualização dos materiais e conteúdos do PDCE e, para tanto, contou-se com o apoio de professores, supervisores e gestores que já atuam no Programa há algum tempo, com especialistas vinculados à SDC e ao Comitê Técnico Científico da SDC, bem como de outros colaboradores que atuaram conjuntamente durante o período de três (03) meses de forma presencial e *on-line*. A partir de 2025, todos os materiais terão audiodescrição e linguagem de libras, ampliando a acessibilidade e a inclusão nas escolas de Santa Catarina, por meio de uma parceria estabelecida com a Fundação Catarinense de Educação Especial. Também serão incluídos os materiais didáticos produzidos pelos acadêmicos da Univali, denominados de recursos educacionais digitais (REDs), detalhados no subitem 3.3.2 deste artigo.

Conforme destaca o Projeto Político Pedagógico do PDCE (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2023), além de favorecer o desenvolvimento cognitivo do educando e de

contribuir para o exercício da cidadania e do protagonismo social, a escola é um espaço coletivo de apropriação, produção, reflexão, reelaboração do conhecimento e, portanto, o espaço viável, possível e necessário para a implementação de ações de prevenção, mitigação e preparação de desastres. Com base nesse preceito, o PDCE enfatiza a construção de uma cultura de riscos no espaço escolar que se insere, e também coopera com as Instituições de Ensino Superior (IES) do estado de Santa Catarina, ao receber a visita técnica dos acadêmicos e ao possibilitar espaços para a aplicação de projetos de pesquisa e extensão universitária, a exemplo das práticas descritas nos próximos itens deste artigo.

Ainda sobre o material didático, a nova edição do Caderno do Professor e do Caderno do Aluno apresenta a correlação entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e os conteúdos programáticos em cada uma das 13 lições, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Conteúdo programático do PDCE e Agenda 2030 da ONU.

CADERNO DO PROFESSOR		
PROGRAMA DEFESA CIVIL NA ESCOLA E ALINHAMENTO A AGENDA 2030 DA ONU		
Programa/Lição	Objetivo	Meta
PDCE (REFERENTE AO PROGRAMA NO TODO)	  <p>Objetivo 4. Garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.</p> <p>Objetivo 17. Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.</p>	
Lição 1 Conhecendo a Defesa Civil e sua História	 <p>Objetivo 17. Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.</p>	17.17 Incentivar e promover parcerias públicas, público-privadas e com a sociedade civil eficazes, a partir da experiência das estratégias de mobilização de recursos dessas parcerias.
Lição 2 A Gestão de Riscos e de Desastres e o Papel da Proteção e Defesa Civil Municipal	 <p>Objetivo 11. Tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.</p> <p>Objetivo 13. Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e seus impactos.</p>	13.3 Melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre a mudança do clima, seus riscos, mitigação, adaptação, impactos e alerta precoce.

Fonte: PDCE, 2025.

3.2 Visita técnica ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD)

Foram realizadas duas visitas técnicas ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD), em Florianópolis/SC. A primeira, no dia 24 de setembro de 2024, teve a participação dos acadêmicos matriculados nas disci-

plinas de Evolução e Proteção Costeira e Sistemas de Drenagem e Irrigação, respectivamente dos Cursos de Oceanografia e de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Vale do Itajaí (Univali/Campus Itajaí). A Figura 2 registra o momento em que os acadêmicos conheceram a sala de reuniões do gabinete do Secretário da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina.

Figura 2 - Registro da visita técnica ao Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres em 24 de setembro de 2024.

Fonte: Acervo de Farias (2024).

A segunda visita foi feita pelos discentes matriculados na disciplina Análise de Risco Ambiental, do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali/Itajaí, no dia 19 de fevereiro de 2025. Assim como na oportunidade anterior, os acadêmicos conheceram a estrutura operacional e as tecnologias disponíveis para o monitoramento das condições climáticas em Santa Catarina, por meio de quatro radares meteorológicos⁹ e uma antena de captação de imagens do satélite GOES 16 (*Geostationary Operational Environmental Satellite*). A Figura 3 apresenta um exemplo no Centro Integrado de Operações.

Guiados pelo agente de Proteção e Defesa Civil – Sargento Alexandre Argolo Sampaio (Figuras 2 e 3), os acadêmicos tiveram a oportunidade de construir um diálogo interdisciplinar com os especialistas das áreas que compõem o CIGERD e conheceram alguns aspectos do trabalho desenvolvido pelas equipes técnicas responsáveis pelos sistemas de Monitoramento e Alerta, Meteorologia, Hidrometeorologia, Geologia, Mapeamento de Áreas de Risco, Planos de Contingência, Planos de Ações Emergenciais, Gestão de Crise e Respostas a Desastres.

Figura 3 - Acadêmicos conhecem as tecnologias do Centro Integrado de Operações, durante a visita técnica em 19 de fevereiro de 2025.



Fonte: Acervo de Farias (2025).

Além disso, os objetivos específicos das visitas técnicas ao CIGERD foram: a) correlacionar os conceitos e as abordagens feitas em sala e as obser-

vações *in loco* de um sistema integrado de gestão de riscos e desastres; b) observar a infraestrutura e as tecnologias e conhecer as estratégias aplicadas ao gerenciamento integrado dos riscos e desastres no âmbito das ações da Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina; c) conhecer o PDCE, enquanto uma estratégia da ERRD; d) identificar possibilidades de atuação profissional nos processos que envolvem a gestão no âmbito estadual, com foco na redução de riscos e desastres, e de acordo com as atribuições das áreas de formação dos discentes; e e) estimular o engajamento nas atividades de extensão universitária, especialmente, voltadas à criação de estratégias de ERRD para o PDCE.

Na Univali a visita técnica é considerada uma saída de campo e um relatório técnico das atividades foi utilizado como instrumento de avaliação dos resultados obtidos, além de compor o processo de avaliação institucional e, portanto, utilizado na ponderação da média final das disciplinas. De modo a automatizar o processo de avaliação, a plataforma *Google Forms* serviu como recurso para a elaboração do roteiro de sentenças que orientou as observações em campo e a elaboração dos relatórios. Um *link* de acesso ao formulário do Relatório Técnico para cada disciplina foi gerado pela plataforma, e o *e-mail* automático foi encaminhado para o endereço dos discentes, anteriormente à visita ao CIGERD.

Para exemplificar o processo de avaliação e demonstrar os resultados obtidos, foi feita a análise do conteúdo dos relatórios que nortearam as visitas técnicas, nessa pesquisa foi selecionado o formulário preenchido pelos discentes matriculados na disciplina de Análise de Risco Ambiental. A Figuras 4 apresenta a terceira página da estrutura do Relatório Técnico da visita realizada no mês de fevereiro de 2025.

⁹ Informações disponibilizadas pela Secretaria de Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2025) no *link*: <http://sifap.defesacivil.sc.gov.br/radarsc/>.

Figura 4 - Estrutura do Relatório Técnico automatizado pela plataforma Google Forms (p. 3).

Em relação à infraestrutura e aos recursos tecnológicos do CIGERD (dispositivos, equipamentos, sistemas, softwares e/ou outras tecnologias) aplicados na gestão de riscos e desastres, liste e descreva os recursos de acordo com as suas funções (mínimo 3 descrições). Se possível, insira imagens para ilustrar.

Texto de resposta longa

Durante a visita técnica, ouça atentamente a explanação do agente de Proteção e Defesa Civil responsável pelas informações técnicas e levante as seguintes questões: quais são os riscos observados nos ambientes costeiros em Santa Catarina? E quais são os riscos identificados no interior do Estado?

Texto de resposta longa

Também questione: quais são as estratégias para a redução dos riscos observados nos ambientes costeiros em Santa Catarina? As mesmas estratégias se aplicam para mitigar os riscos identificados no interior do Estado?

Texto de resposta longa

E como a(o) engenheira(o) ambiental e sanitária pode atuar nas ações voltadas à redução dos riscos e desastres no litoral de Santa Catarina? Essa pergunta também pode ser feita durante a visita para ampliar as possibilidades de atuação profissional nesta agenda, com base nas indicações técnicas dos(as) agentes de Proteção e Defesa Civil.

Texto de resposta longa

Construa um parágrafo destacando outros aspectos importante que você tenha observado durante a visita técnica, especialmente, em relação aos métodos de análise de riscos ambientais (físico, químico e biológico).

Texto de resposta longa

Para concluir, liste os pontos fortes da visita técnica:

Fonte: Elaborada por Farias (2025).

Em resposta à última sentença do formulário, alguns dos principais pontos fortes da visita técnica ao CIGERD mencionados pelos acadêmicos correspondem aos objetivos alcançados. Seguem alguns exemplos:

Resposta A: observação da infraestrutura e tecnologias avançadas; integração multidisciplinar entre diferentes profissionais; aplicação de métodos de análise de riscos ambientais; conscientização e

educação por meio do PDCE; inspiração para a atuação profissional na área de gestão de riscos e desastres.

Resposta B: o conhecimento do local de atuação, aliado à aplicação da Engenharia Ambiental e Sanitária, é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes na gestão de riscos e desastres; o PDCE desempenha um papel fundamental na conscientização e educação da população,

promovendo a cultura de prevenção desde cedo; a utilização de metodologias de análise meteorológica, combinada com a aplicação de estudos e ferramentas especializadas, possibilita a integração de um banco de dados estruturado, facilitando o compartilhamento de informações entre diferentes órgãos governamentais e aprimorando a tomada de decisões em situações emergenciais.

Ao analisar os relatórios, constatou-se que uma das discentes que participou das duas visitas técnicas – pois, estava matriculada na disciplina

de Sistemas de Drenagem e Irrigação no segundo semestre de 2024 – destacou a apresentação dos resultados da Oficina Cartografia dos Riscos Socioambientais aos técnicos do CIGERD e à coordenadora do PDCE. Na Figura 5, observa-se os discentes apresentando o Mapa Colaborativo dos Riscos Socioambientais de Itajaí/SC, elaborado durante a Oficina realizada como Projeto de Extensão Universitária da disciplina, no mês de fevereiro de 2025. Essa prática segue descrita no item 3.4, no âmbito das atividades complementares.

Figura 5 - Apresentação dos acadêmicos na segunda visita técnica ao CIGERD.



Fonte: Acervo de Farias, 2025.

Esses são alguns dos resultados que repercutiram de forma direta no processo de ensino-aprendizagem e na formação acadêmico-profissional dos discentes. Além disso, as contribuições das visitas técnicas estimularam outras estratégias desenvolvidas em sala de aula e nas das atividades complementares. A exemplo disso, as práticas de EERRD, descritas no próximo item, apresentam os materiais didáticos criados pelos discentes dos Cursos de Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, motivados pela primeira visita ao CIGERD, em setembro de 2024.

3.3 Práticas realizadas em sala de aula: recursos educacionais digitais (REDs)

3.3.1 Projeto de Piloto de Extensão aplicado na disciplina de Evolução e Proteção Costeira

Nesta prática de EERRD, os acadêmicos do Curso de Oceanografia da Univali, matriculados na disciplina de Evolução e Proteção Costeira durante o segundo semestre de 2024, tiveram uma

carga horária de 10h para desenvolver uma atividade de Extensão Universitária sobre o tema “Defesa Civil na Escola e os riscos no Litoral de Santa Catarina”, de acordo com os seguintes objetivos: a) Identificar e listar os riscos costeiros no Litoral Catarinense, com base nas observações feitas durante a visita técnica ao CIGERD em setembro/2024; b) Investigar, selecionar e sistematizar os conteúdos para abordar a problemática proposta; c) Adequar a linguagem da comunicação de riscos e desastres para crianças do 6º e 7º ano do Ensino Fundamental; e d) Elaborar um recurso educacional digital (RED)¹⁰ para comunicar, de forma interdisciplinar, os principais riscos identificados no litoral de SC.

Para atingir os objetivos específicos, foram definidas as trilhas de construção do Projeto Piloto de Extensão, a saber: a) Fazer a análise dos materiais de apoio, disponíveis nos *links* indicados para pesquisa e preparação; b) Participar das oficinas de estudo dirigido para a elaboração do roteiro do Projeto Piloto; e, c) Construir o Projeto Piloto, de acordo com os seguintes itens: (i) problemática (identificação do problema); (ii) objetivo; (iii) justificativa; (iv) metodologia (roteiro de desenvolvimento, materiais e recursos); (v) resultado: recurso educacional digital; e (vi) considerações/sugestões para aprimoramento.

Esta prática propiciou aos discentes a experiência da Extensão por meio da criação de um RED com potencial de ser aplicado no campo da EERRD. Como instrumento para a atividade, durante as oficinas/aulas orientou-se a construção de um roteiro temático que serviu de conteúdo para a criação de um jogo pedagógico sobre a temática “Riscos costeiros: identificar e proteger”. Os resultados foram apresentados pelos acadêmi-

cos à coordenadora do PDCE, no dia 02 de dezembro de 2024.

O jogo pedagógico, no formato de RED, criado pelos discentes recebeu o título de “Zona Segura” e está disponível para *download* na pasta da plataforma da Microsoft OneDrive da disciplina, pelo link: [Recurso Educacional Digital \(RED\) da disciplina de Evolução e Proteção Costeira do Curso de Oceanografia da Univali - Turma 2024](#). Para que os resultados dessa prática de EERRD possam ser amplificados, após os ajustes necessários e a validação do material pelos professores do PDCE, o jogo será submetido à publicação na MEC RED, uma plataforma do Ministério da Educação (MEC, 2025) que permite o acesso, compartilhamento e criação de REDs. A plataforma é desenvolvida de forma colaborativa por uma comunidade de professores, estudantes e bolsistas.

3.3.2 Desafio lançado na disciplina de Sistemas de Drenagem e Irrigação

Ainda no âmbito acadêmico, foi lançado um desafio aos graduandos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, matriculados na disciplina de Sistemas de Drenagem e Irrigação, também no segundo semestre de 2024, como metodologia de avaliação de Atividades Curriculares (AC) para compor a média final da disciplina. A prática de EERRD consistiu na criação de REDs voltados ao PDCE, com foco na prevenção de desastres. Como resultado, os acadêmicos criaram dois vídeos informativos sobre as orientações de como agir em situações de tempestades e inundações. A Figura 6 ilustra um trecho do vídeo sobre as orientações para montar um *kit* de emergência, de modo a se prevenir de eventos climáticos extremos. O vídeo está disponível na Plataforma do MEC RED do Ministério da Educação, pelo link: <https://mecred.mec.gov.br/recurso/366537>.

¹⁰ De acordo com o Ministério da Educação (MEC, 2025), os Recursos Educacionais Digitais (REDs) são ferramentas, conteúdos, plataformas e equipamentos digitais que apoiam a aprendizagem.

Figura 6 - Imagem retirada do vídeo “Tempestades”, criado pelos acadêmicos na disciplina de Sistema de Drenagem e Irrigação, no segundo semestre de 2024.



Fonte: Acervo de Farias (2025).

Os REDs foram apresentados pelos acadêmicos à coordenadora do PDCE, no dia 19 de novembro de 2024, momento em que receberam as sugestões de adequação e, também, foi feita a validação do conteúdo elaborado e da tecnologia utilizada, além do convite para que os vídeos fossem incorporados na atualização do material dos professores e alunos do PDCE. O desenvolvimento da atividade curricular de avaliação seguiu as mesmas estratégias metodológicas da prática anteriormente descrita e, portanto, seguiu-se as trilhas de construção por meio de oficinas realizadas em sala de aula, bem como a elaboração de um roteiro temático que serviu de conteúdo para a criação dos REDs.

Embora esta prática não esteja inserida em um Projeto de Extensão institucional da Univali - pois, a referida disciplina não continha carga horária prevista para tal, pode ser considerada uma das ações de ERRD de maior alcance dentre as práticas realizadas no âmbito acadêmico e descritas neste artigo, uma vez que poderá ser aplicada nas escolas que integram o PDCE e com potencial de chegar aos 82 mil alunos do Programa. Para tanto, os vídeos foram editados pela Fundação Catarinense de Educação Especial, órgão estadual parceiro responsável pela inserção da audiodescrição e da Língua Brasileira de Sinais (Libras). Os

materiais foram submetidos à avaliação na plataforma MEC RED no mês de maio de 2025 e publicados no mês de junho de 2025, consolidando-se como um recurso didático para a ERRD com amplo alcance na sociedade brasileira. O vídeo sobre inundações que pode ser acessado pelo link: <https://mecred.mec.gov.br/recurso/366536>.

3.4 Práticas realizadas no campo institucional das atividades complementares: oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais

A Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais: metodologias e estratégias em Redução de Riscos e Desastres (RRD) faz parte de uma ação voluntária junto ao CIGERD e ao PDCE, uma parceria de trabalho voluntário realizada em setembro de 2024 junto à Gerência de Pesquisa e Extensão da SDC, e que busca desenvolver metodologias ativas e materiais didáticos para a construção de estratégias da ERRD.

O objetivo da Oficina é possibilitar aos participantes os instrumentos (teóricos e práticos) para conhecer e aplicar metodologias de mapeamento comunitário de riscos socioambientais e desenvolver estratégias para a redução de riscos de desastres, que considerem as especificidades

locais e promovam a inclusão da comunidade nesse processo de construção colaborativa. O plano de trabalho prevê a realização de Oficinas de forma orgânica e sistêmica, ao serem aplicadas em diferentes contextos de criação e convivência que configuram as esferas acadêmica, escolar, organizações públicas e privadas, comunidades locais, entre outros espaços.

Enquanto metodologia ativa, a proposta da Oficina é que todos os participantes sejam coautores desse processo e, a cada atividade realizada, possa surgir uma nova criação colaborativa dos sujeitos que passará a ser incorporada como enredo de trabalho para nortear e estimular as próximas experiências a serem compartilhadas em um outro contexto social. A prática é conduzida por uma docente de carreira universitária, com formação em Licenciatura em Geografia e conhecimento técnico-científico na área de gestão de riscos e desastres, que atua como facilitadora da construção de um conhecimento que é, ao mesmo tempo, geográfico e interdisciplinar.

Além da diversidade das áreas de formação acadêmico-profissional dos participantes, bem como das variadas áreas do conhecimento daqueles que ainda estejam nos cursos de graduação, a interdisciplinaridade ocorre por meio da abordagem socioambiental dos riscos presentes no cotidiano de diferentes realidades locais e a serem identificados por meio dos recursos da cartografia

e da iconografia. Nesse contexto, a metodologia de mapeamento colaborativo passou por dois espaços de aplicação/validação:

- a. No primeiro, teve a participação de 25 inscritos na Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais durante o IV Seminário Catarinense de Educação em Redução de Riscos e Desastres, realizado pelo CEPED/UDESC no mês de novembro/2024, em Florianópolis. O público foi composto por acadêmicos da graduação e pós-graduação, professores da rede de ensino estadual de Santa Catarina, técnicos da Defesa Civil de Santa Catarina e Minas Gerais, e também houve a presença de professor universitário e o especialista em Resiliência (ex-coordenador do UNISDR-CERRD). A Figura 7 apresenta o registro dos participantes durante a atividade de mapeamento colaborativo.
- b. No segundo espaço, a metodologia contou com a colaboração dos acadêmicos do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Univali, matriculados na disciplina de Análise de Risco Ambiental, durante as práticas curriculares que contemplaram a carga horária dedicada ao Projeto de Extensão Universitária dessa disciplina.

Figura 7 - Registro da Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais, durante o IV Seminário Catarinense de Educação em Redução de Riscos e Desastres.



Fonte: Acervo de Kobiyama (2024).

No âmbito institucional, o Projeto de Extensão Universitária está previsto na Resolução Nº 037/CONSUN-CaEn/2021, que regulamenta as Atividades Complementares dos Cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária, Engenharia Civil, Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Química da Univali. De acordo com o Art. 107 da Resolução, as Atividades Complementares compreendem “(...) os estudos e as atividades realizadas pelo acadêmico, vinculadas ao ensino, pesquisa, **extensão**, inovação e internacionalização” (UNIVALI, 2021, p. 55), conforme as categorias descritas no regulamento. Assim, define-se por Extensão “as atividades desenvolvidas e disseminadas junto à comunidade, a partir do conhecimento adquirido com o ensino e a pesquisa na Universidade”.

Além de cumprir o propósito da referida Resolução, enquanto Atividade Complementar, a Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais também converge com alguns dos objetivos definidos pela Política Nacional de Extensão Universitária, apresentada pelo Fórum de Pró-Reitores de Extensão das Instituições Públcas de Educação Superior Brasileiras (2012). Desse modo, os resultados da Oficina podem ter alcançado, de maneira direta ou indireta, os objetivos de:

Reafirmar a extensão universitária como processo acadêmico definido e efetivado em função das exigências da realidade, indispensável na formação do estudante, na qualificação do professor e no intercâmbio com a sociedade;

Estimular atividades de extensão cujo desenvolvimento implique relações multi, inter e/ou transdisciplinares e interprofissionais de setores da universidade e da sociedade;

Criar as condições para a participação da universidade na elaboração das políticas públicas voltadas para a maioria da população, bem como para se constituir em organismo legítimo para acompanhar e avaliar a implantação das mesmas;

Estimular a utilização das tecnologias disponíveis para ampliar a oferta de oportunidades e melhorar a qualidade da educação em todos os níveis;

Valorizar os programas de extensão interinstitucionais, sob a forma de consórcios, redes ou parcerias, e as atividades voltadas para o intercâmbio

e a solidariedade. (FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS, 2012, p. 14-16).

A metodologia vem sendo aprimorada a cada aplicação da Oficina, e será detalhada em trabalhos de pesquisa futuros, quando houver dados suficientes para a sua análise, avaliação e validação. Ademais, a Oficina pode ser considerada como uma prática de ERRD na Extensão Universitária, ao propor “novos meios e processos de produção, inovação e disponibilização de conhecimentos” para a redução de riscos e prevenção de riscos de desastres no Brasil, “permitindo a ampliação do acesso ao saber e o desenvolvimento tecnológico e social do país”, em consonância com o 7º objetivo da Política Nacional de Extensão Universitária (FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS, 2012, p. 15).

Os discentes da Univali, que participaram da Oficina durante a disciplina de Análise de Risco Ambiental, apresentaram o Mapa Colaborativo dos Riscos Socioambientais de Itajaí/SC aos técnicos do CIGERD e à coordenadora do PDCE (Figura 4). Desse modo, a Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais: metodologias e estratégias em RRD foi aplicada no campo da Extensão Universitária, cumprindo-se os objetivos aos quais se propôs o Projeto de Extensão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho limitou-se à descrição de algumas práticas de ERRD realizadas no âmbito de atuação dos autores e dentro de um rencorte temporal específico (agosto/2024 a fevereiro/2025), mas não exclui a importância de outras iniciativas que vêm sendo promovidas pelas instituições de ensino e órgãos gestores dos municípios catarinenses. Os resultados alcançados nesta pesquisa demonstraram o potencial das metodologias e estratégias aplicadas de forma integrada nas instituições envolvidas, por meio da implantação de políticas públicas (no caso do PDCE) e das atividades curriculares de educação. Ressalta-se, ainda, que as ações foram voltadas para o

atendimento das necessidades sociais, de acordo com as linhas de atuação e os diferentes contextos locais em que foram aplicadas.

Como exemplos, o presente trabalho destacou 4 ações: o PDCE, que vem sendo realizado desde 2013; visitas técnicas realizadas pelos acadêmicos da Univali ao CIGERD; práticas realizadas pelos acadêmicos da Univali para produzir materiais educativos, isto é, REDs; e práticas como atividades complementares na Oficina de Cartografia dos Riscos Socioambientais, com participação dos acadêmicos com diferentes níveis, diferentes áreas e diferentes universidades. Todas as ações analisadas possuem relação à EERRD e demonstraram seus efeitos positivos no sentido de aumentar conhecimentos dos participantes sobre RRD. Assim sendo, todas as ações afirmaram a importância da realização das atividades no contexto da EERRD e sua continuidade permanente.

Apesar de não ser um marco da legislação educacional brasileira, a PNPDEC estabelece, nos seus objetivos e diretrizes, a importância de integrar-se às políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, **educação**, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais, tendo em vista a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012). Incentiva, portanto, a construção integrada de uma cultura de prevenção de desastres no Brasil, onde “a educação tem o potencial de atuar como um agente determinante para essa construção, uma vez que o ambiente escolar está presente na vida dos indivíduos nos principais estágios de desenvolvimento cognitivo”. (RODRIGUES, MENDONÇA e SATO, 2022, p. 438).

Os resultados desta pesquisa demonstraram que a escola e a educação estão presentes na construção de uma cultura de redução de riscos e desastres no estado de Santa Catarina. Portanto, é inegável o papel que a escola e a universidade têm no desenvolvimento da percepção dos sujeitos quanto aos riscos socioambientais presentes no cotidiano da sociedade. Essa construção de percepção abrange outras escalas espaciais que vão além do *locus* em que os riscos socialmente construídos se manifestam, é também uma construção de percepção de mundo que se dá por meio das práticas de EERRD.

Além disso, a qualificação dos profissionais que cooperam para a construção dessa percepção é outro elemento de fundamental relevância. As ações de EERRD descritas neste trabalho foram realizadas com o apoio e a dedicação dos professores, pesquisadores e técnicos que atuam nas instituições envolvidas. No âmbito interinstitucional, destaca-se a cooperação entre a Univali, com o apoio da Escola Politécnica e das Coordenações dos Cursos de Oceanografia e Engenharia Ambiental e Sanitária, e o CIGERD, com o apoio dos especialistas e da gerência de Pesquisa e Extensão da SDC, responsável pelo PDCE.

REFERÊNCIAS

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC*. Diário Oficial da União: Brasília/DF, p. 1, col. 1, 11 abr. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 14 mar. 2025.

CEMADEN - CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. *Educação em clima de riscos de desastres*. 2 ed. São José dos Campos: Cemaden, 2023, 96 p. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/midiateca/educacao-em-clima-de-riscos-de-desastres-2/>. Acesso em: 14 mar. 2025.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS. *Política Nacional de Extensão Universitária*. XXXI Encontro Nacional FORPROEX. Porto Alegre: Gráfica da UFRGS, 2012. Disponível em: https://www.ufrgs.br/prorext/wp-content/uploads/2015/10/PNE_07.11.2012.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. SECRETARIA DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. *Radares Meteorológicos de SC*. Disponível em: <http://sifap.defesacivil.sc.gov.br/radarpsc/>. Acesso em 20 de março de 2025.

_____. *Projeto Pedagógico do Programa Defesa Civil na Escola*. Florianópolis: Diretoria de Gestão de Educação, 2023. Disponível em: <https://www>.

sed.sc.gov.br/programas-e-projetos/programa-defesa-civil-na-escola/. Acesso em: 10 mar. 2025.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 4. Educação de Qualidade*. Brasília: IPEA, 2025a. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods4.html>. Acesso em: 14 mar. 2025.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 13. Ação Contra a Mudança Global do Clima*. Brasília: IPEA, 2025b. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods13.html>. Acesso em: 14 mar. 2025.

MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Plataforma MEC de Recursos Educacionais Digitais*. Disponível em: <https://mecred.mec.gov.br/entrar>. Acesso em 25 mar. 2025.

PDCE. *Programa defesa civil na escola: caderno do professor*. PERI, Luciano; PANCERI, Regina; SIL-

VEIRA, Rosinei. (Org.), 3. ed. Florianópolis: Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, 2025.

RODRIGUES, L.; MENDONÇA, M. B. de; SATO, A. M. Educação para redução de riscos de desastres: uma perspectiva da legislação vigente no Brasil. *Terra Livre*, ano.37, V.1, n.58, 2022, p.418-441. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/2264>. Acesso em: 23 mar. 2025.

UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. *Worldwide Initiative for Safe Schools*. Genebra: UNDRR, 2019. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/worldwide-initiative-safe-schools-every-new-school-be-safe-disaster>. Acesso em: 10 mar. 2025.

UNIVALI - UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJÁÍ. *Resolução Nº 037/CONSUN-CaEn/2021. Regulamento das Atividades de Conclusão dos Cursos de Engenharia da Univali*. Itajaí: Escola do Mar, Ciência e Tecnologia, 10 mai. 2021.

VI CONGRESSO DA SOCIEDADE DE ANÁLISE DE RISCO LATINO-AMERICANA (SRA-LA)

MÉTODO AHP APLICADO À ANÁLISE INTEGRADA DA SAÚDE E QUALIDADE DOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS DE TRÊS RIOS DO OESTE PARANAENSE

AHP METHOD APPLIED TO THE INTEGRATED ANALYSIS OF THE HEALTH AND QUALITY
OF AQUATIC ECOSYSTEMS OF THREE RIVERS OF WEST PARANÁ

FERNANDO GARRIDO DE OLIVEIRA
Universidade Federal do Paraná (UFPR), garrido@ufpr.br

ALESSANDRA SVONKA PALMEIRO
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), aspalmeiro@ufrj.br

HELENA CRISTINA DA SILVA DE ASSIS
Universidade Federal do Paraná (UFPR), helassis@ufpr.br

MARITANA MELA PRODOCIMO
Universidade Federal do Paraná (UFPR), maritana.mela@ufpr.br

LILIAN DENA DOS SANTOS
Universidade Federal do Paraná (UFPR), liliansantos@ufpr.br

RESUMO ABSTRACT

As mudanças na cobertura e uso do solo tem sido o principal impulsionador na degradação da qualidade das águas superficiais, comprometendo a saúde dos organismos que compõem os ecossistemas aquáticos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade das águas e a saúde dos ecossistemas aquáticos dos Rios São Camilo (SC), Santa Fé (SF) e Pioneiro (PIO), localizados no oeste do estado do Paraná por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), a partir da combinação de diferentes índices. Foram amostrados três pontos em cada um dos rios, sendo: a montante (SC1, SF1 e PIO1), intermediário (SC2, SF2 e PIO2) e jusante (SC3, SF3 e PIO3), nas estações inverno de 2022 e verão de 2023. O cálculo do índice de saúde e qualidade hídrica (ISQH) demonstrou-se consistente ($RC < 0,1$). O ISQH demonstrou a predominância de áreas de saúde e qualidade ruins e regulares nos três rios avaliados.

Palavras-Chave: Análise integrada. Método AHP. GIS. Recursos Hídricos. Ecossistemas Aquáticos.

Changes in land cover and use were the main driver in manipulating the quality of surface waters, compromising the health of the organisms that make up aquatic ecosystems. The objective of the present work was to evaluate the water quality and health of the aquatic ecosystems of the São Camilo (SC), Santa Fé (SF) and Pioneiro (PIO) Rivers, located in the west of the state of Paraná using the AHP (*Analytic Hierarchy Process*), based on the combination of different indexes. Three points were sampled in each of the rivers, namely: upstream (SC1, SF1 and PIO1), intermediate (SC2, SF2 and PIO2) and downstream (SC3, SF3 and PIO3), in the winter 2022 and summer 2023 seasons. The calculation of the health and water quality index (ISQH) was declared consistent ($RC < 0.1$). ISQH demonstrated the predominance of areas of poor and regular health and quality in the three rivers evaluated.

Keywords: Integrated analysis. AHP method. GIS. Water Resources. Aquatic Ecosystems.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças na cobertura e uso do solo ao longo do tempo tem sido o principal impulsor na degradação da qualidade das águas superficiais, destacando a necessidade imediata da proteção dos recursos hídricos por meio do planejamento, monitoramento e controle, garantindo dessa forma o acesso das populações humanas a esses recursos (MELLO et al., 2020).

A qualidade das águas superficiais e a saúde dos diversos organismos que compõem as comunidades aquáticas dependem diretamente das diversas atividades humanas potencialmente poluidoras, tais como, atividades industriais (e.g. geração de resíduos sólidos e líquidos, vazamento de compostos químicos, emissões atmosféricas); urbanização (e.g. lançamento de esgoto doméstico não tratado, impermeabilização do solo); atividades agrícolas (e.g. desflorestamento, degradação do solo, uso inadequado de fertilizantes químicos, fármacos e agrotóxicos); e produção animal (e.g. estercos e fezes, cama de aviários, restos de alimentação, águas residuárias, carcaças, embalagens de insumos) (AKHTAR et al., 2021).

A perda da qualidade da água pode afetar diretamente a saúde das populações humanas e de animais domésticos locais, possibilitando o surto de doenças infectocontagiosas de disseminação hídrica como dengue, diarreia, giardíase, esquistossomose, entre outras, além de causarem possíveis cenários de intoxicação devido a sua ingestão (Lugo et al., 2021).

Atualmente a difusão de misturas químicas complexas em águas superficiais tem causado diversos efeitos tóxicos sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando a perda de biodiversidade e redução das populações de peixes e outros organismos. Dentre os contaminantes de importância ecotoxicológica, podemos citar: metais pesados, fármacos, produtos de higiene pessoal, agrotóxicos, compostos orgânicos voláteis, nanomateriais e substâncias que atuam como desreguladores endócrinos (PALANSOORIYA et al., 2020).

Nesse contexto, os ecossistemas aquáticos encontram-se em risco iminente para a sobrevivência de peixes, invertebrados e plantas aquáticas, devido a sua contaminação por diversos tipos de compostos como agrotóxicos, compostos orgânicos e inorgânicos, solventes e outros, resultan-

do na redução da qualidade das águas e perda de biodiversidade (WOLFRAM et al., 2021).

Com o intuito de mitigar e até mesmo reverter esses processos até padrões aceitáveis de sustentabilidade, faz-se necessário o estabelecimento de sistemas de monitoramento adequados, garantindo a qualidade da água, bem-estar, desenvolvimento e a saúde das populações (CHAPMAN & SULLIVAN, 2022).

Os sistemas de monitoramento devem abranger parâmetros físicos, químicos e biológicos relevantes à preservação da vida aquática, manutenção da qualidade da água destinada ao abastecimento público e desenvolvimento de setores importantes para a economia, como a indústria e agricultura (SAALIDONG et al., 2022).

A integração dos índices de qualidade da água aos Sistemas de Informação Geográficas (SIG) têm possibilitado aos programas de monitoramento, por meio das técnicas de Sensoriamento Remoto, avaliações espaço-temporais de bacias hidrográficas inteiras, possibilitando a criação de bancos de dados de informações relevantes à pesquisadores e tomadores de decisões na elaboração de políticas públicas (ADJOVU et al., 2023).

Semelhantemente, o biomonitoramento apresenta-se como uma ferramenta que visa avaliar o efeito de diferentes agentes estressores sobre a saúde dos organismos nos ambientes aquáticos, por meio escolhidos organismos de relevância ecológica de diferentes níveis tróficos, denominados biomonitor (ABAS, 2021).

As técnicas de tomada de decisão multicritério tem permitido que pesquisadores e especialistas tomem decisões sobre cenários qualitativos e quantitativos, baseadas na análise abrangente de amplos e complexos conjuntos de dados (KHAN & ALI, 2020). O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvido por Saaty (1977), é uma poderosa ferramenta multicritério de tomada de decisão que tem sido utilizada em inúmeras aplicações em diversos campos da economia, política, engenharia, saúde e educação. Sua integração aos SIGs tem se tornado cada vez mais reconhecida como uma potente ferramenta de análise, sendo demonstrada através de casos como cenários de adequação de terras e gestão de recursos naturais (RIDWAN et al., 2023).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) implementou a Agenda 2030, que tem como objetivo geral colocar o mundo em um ca-

minho mais sustentável e resiliente até 2030, erradicando a pobreza e promovendo uma vida digna para todos (UN, 2015). Dentre os seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um é integralmente destinado a assegurar disponibilidade e gestão sustentável de água e saneamento para todos (UN, 2024).

Para que os objetivos de sustentabilidade sejam alcançados torna-se imprescindível o estabelecimento de programas eficazes de monitoramento, que visem avaliar os riscos de exposição ambiental e possíveis efeitos tóxicos sobre a saúde dos organismos que constituem as populações e comunidades aquáticas, bem como riscos à saúde pública (ALTENBURGER, et al., 2019).

2. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo foram: (I) desenvolver um Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica (ISQH), a partir dos índices de Qualidade da Água (IQA), de Resposta Integrada de Biomarcadores (IBR) e de Lesão Histopatológico (ILH), para os Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, localizados no oeste do Paraná, por meio do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*); (II) produzir mapas de fácil interpretação utilizando o ISQH, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

3. METODOLOGIA

3.1 Localização Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro

Os Rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro estão localizados no oeste do estado do Paraná, pertencentes à região Sul do Brasil, e fazem parte da grande bacia do Rio Piquiri, terceiro principal afluente do Rio Paraná (**Figura 1**). Entre as ocupações e usos da terra majoritários estão a agricultura de soja e milho, seguida pela aquicultura, avicultura, urbanização, atividade agroindustrial e mineração.

Esses rios possuem 33,38 km, 26,36 km e 28,01 km de extensão, respectivamente, com 124,38 km², 85,49 km² e 95,32 km² em áreas de drenagem, respectivamente, além de 373, 173 e 96 viveiros de cultivo aquícolas, respectivamente, totalizando 166,8 hectares de lâmina d'água (ZACARKIM et al., 2015).

Os solos predominantes dessas três bacias são o Latossolo Vermelho Férrico (Lzf) e o Nitis-solo Vermelho (NV), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Segundo a classificação proposta por Köppen (1936), o clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical e inserido no contexto da Floresta Estacional Semidecidual, pertencente ao bioma Mata Atlântica.

Figura 1 – Mapa da localização da área do estudo.

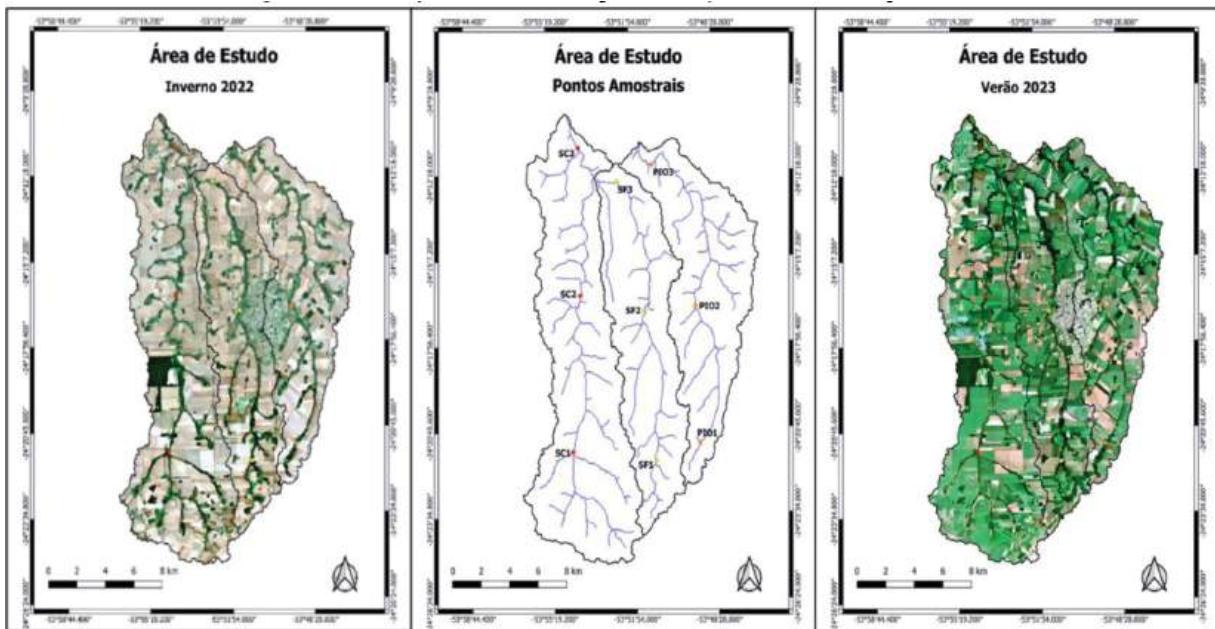


Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para cada um dos Rios São Camilo (SC), Santa Fé (SF) e Pioneiro (PIO) foram selecionados três pontos amostrais, distribuídos de modo equidistante, ao longo de cada microbacia, sendo três pontos localizados a montante (SC1, SF1, PIO1),

três intermediários (SC2, SF2, PIO2) e três localizados a jusante (SC3, SF3, PIO3). As coletas foram realizadas na última semana do inverno 2022, período de vazio sanitário para o cultivo da soja, e verão 2023, período de safra (**Figura 2**).

Figura 2 – Mapa de localização dos pontos e estações amostrais.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Foram coletadas amostras de água, nas quais foram avaliados 12 parâmetros de qualidade da água e de peixes da espécie *H. ancistroides*, selecionada como espécie biomonitora, na qual foram avaliados biomarcadores de estresse oxidativo e histopatológico.

3.2 Dados Climáticos

Os dados climáticos registrados pela estação Palotina – TRMM 721 apresentaram menor índice de precipitação acumulada e temperatura média no inverno e maiores no verão (**Tabela 1**).

Tabela 1 – dados climáticos da estação meteorológica Palotina – TRMM 721, referentes as estações inverno de 2022 e verão de 2023.

Estações	Temperatura média (°C)	Precipitação acumulada (mm)
Inverno 2022	21,45	539,7
Verão 2023	24,91	938,7

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

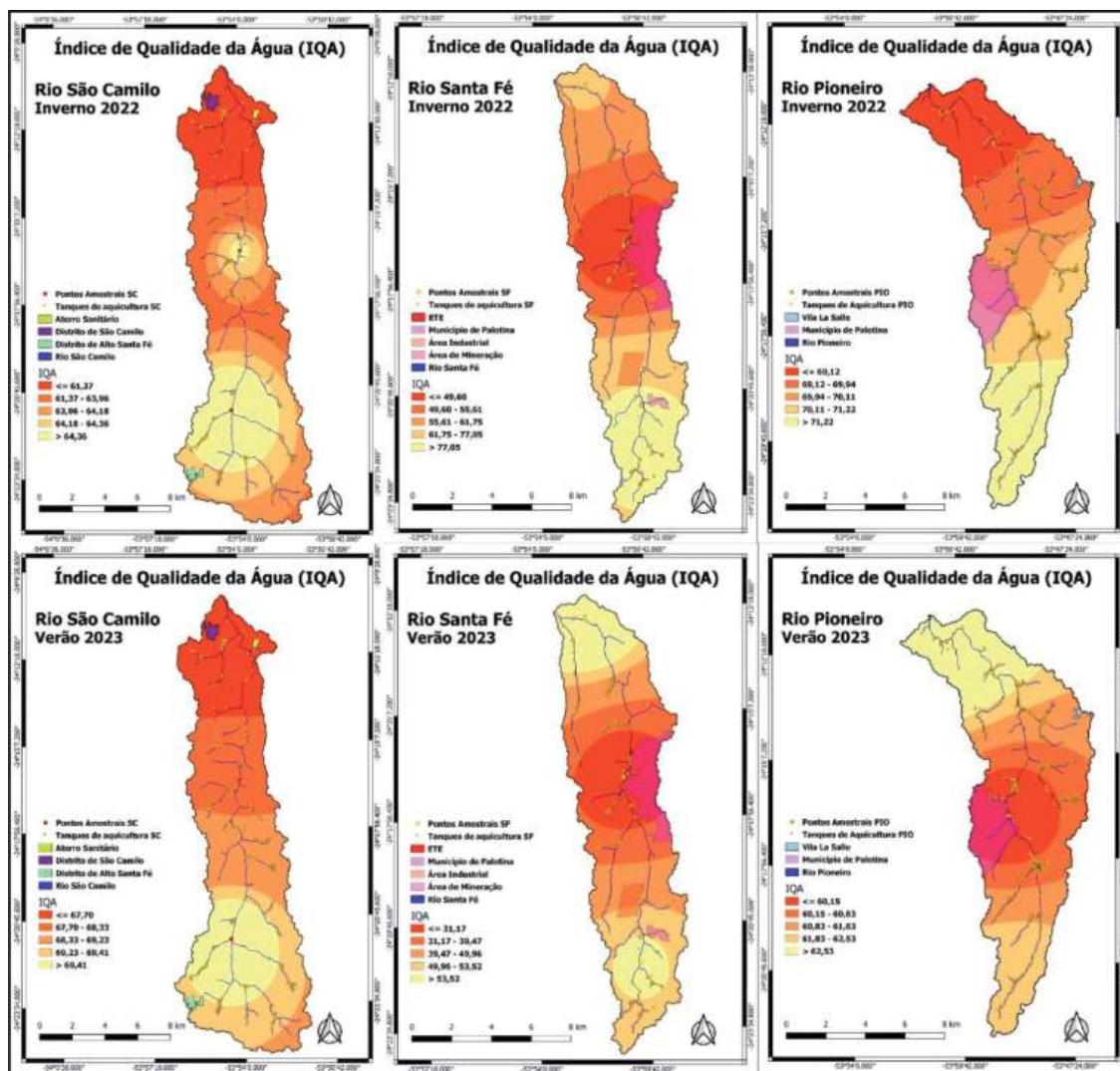
3.3 Índices IQA, IBR e IHL

A partir dos 12 parâmetros de qualidade da água foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA), enquanto a partir dos biomarcadores de estresse oxidativos e histopatológico foram calculados o Índice de Respostas de Biomarcadores (IBR) e Índice de Lesão Histopatológica (ILH), respectivamente, por meio dos métodos descritos

por Pesce & Wunderlin (2000), Beliaeff & Burgeot (2002) e Bernet et al., (1999), respectivamente.

A partir do índice IQA calculado foram produzidos mapas de Kernel por meio do método de interpolação espacial IDW (*Inverse Distance Weighting*), com a finalidade de se estimar a qualidade da água ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (Figuras 3).

Figura 3 – Mapas de IQA para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



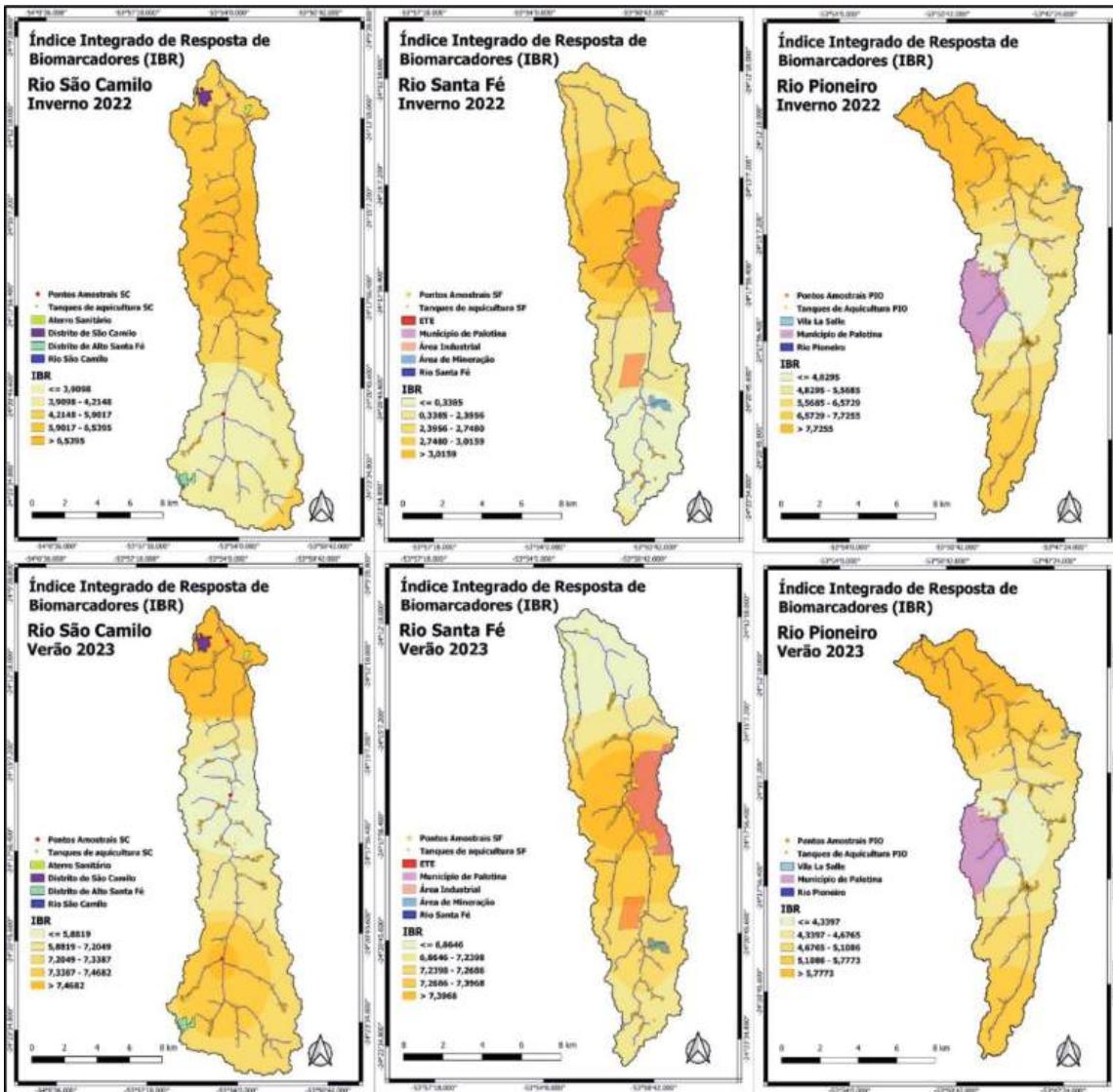
Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

De igual modo foi produzido mapas de Kernel a partir do índice IBR calculado, com a finalidade de se estimar o nível de estresse oxidativo

nas populações de *H. ancistroides*, ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (Figuras 4).

Figura 4 – Mapas de IBR para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



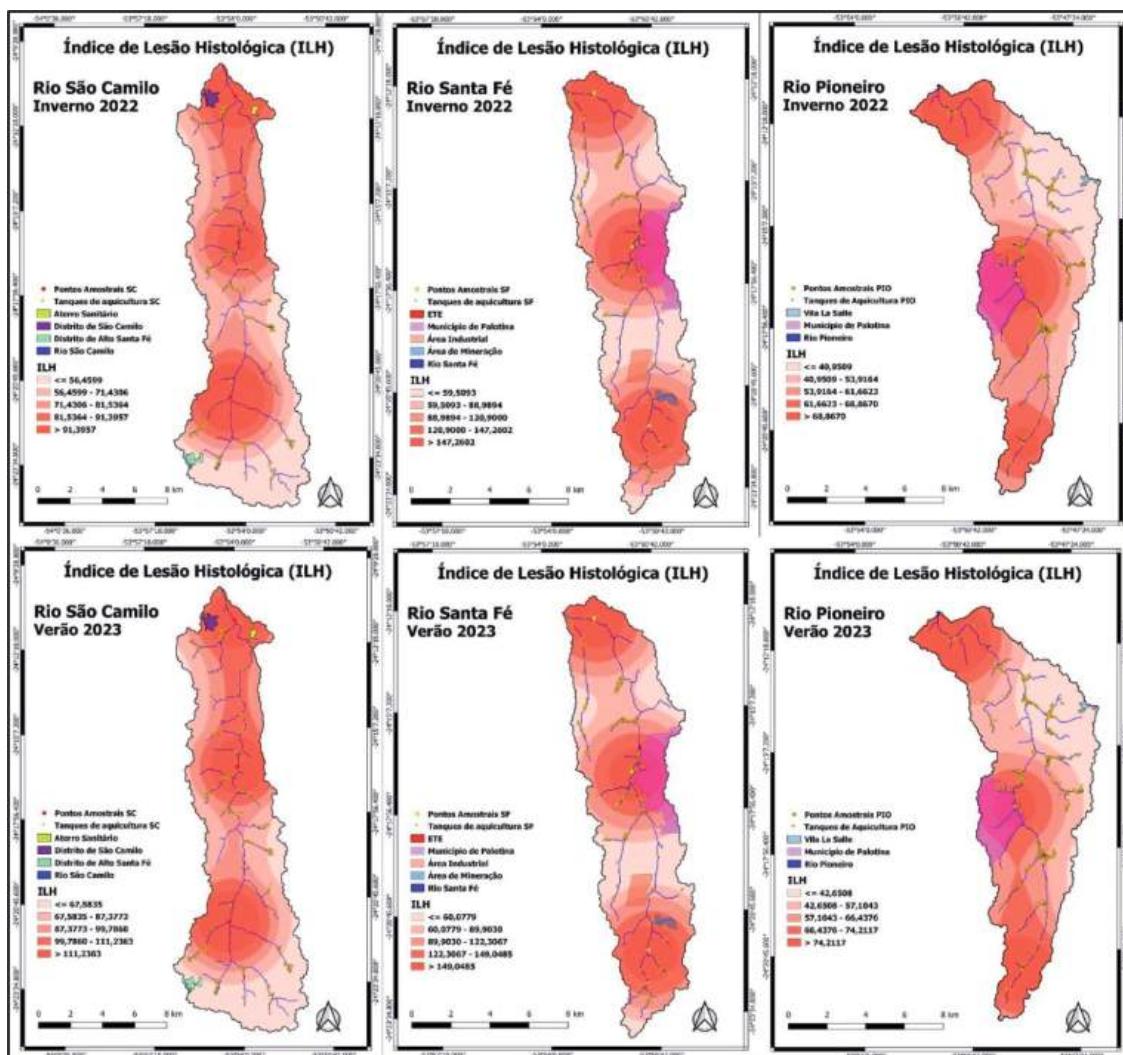
Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Por último foram produzidos mapas de Kernel a partir do índice ILH calculado, com a finalidade de se estimar a condição de saúde das popu-

lações de *H. ancistroides*, ao longo de toda a rede de drenagem das microbacias (Figuras 5).

Figura 5 – Mapas de ILH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, nas estações do inverno de 2022 e verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Os índices IQA, IBR e ILH e seus respectivos mapas de calor utilizados neste trabalho foram obtidos em estudos individuais anteriores, realizados pelos autores a fim de se avaliar de modo extensivo a qualidade da água, o estresse oxidativo e a saúde das populações de *H. ancistroides* (Dados não publicados).

3.4 Cálculo Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica (ISQH)

A construção da matriz de comparação para a rede foi realizada de acordo com o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposto por Saaty (1977), na qual os índices IQA, IBR e ILH foram utilizados como os respectivos critérios, dispostos em uma matriz 3 x 3 (Tabela 2).

Tabela 2 – Estruturação da matriz de comparação pareada.

	ILH	IBR	IQA
ILH	1	2	3
IBR	0,5	1	2
IQA	0,3	0,5	1

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Para a realização das comparações pareadas para todos os critérios foi utilizada uma versão simplificada da escala numérica proposta por Saaty (1980) (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Escala fundamental de Saaty para comparação pareada.

Peso	Explicação
1	Importância igual para o objetivo
2	Importância moderada para o objetivo
3	Importância forte para o objetivo

Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (1991).

Para a normalização dos dados referentes a cada índice foi utilizada uma variação linear. Após a normalização dos índices IQA, IBR e ILH os dados dos três índices passaram a variar entre 0 e 1, possibilitando sua agregação.

O cálculo do Índice Integrado de Saúde e Qualidade Hídrica foi realizado na calculadora *raster*, do programa QGIS 3.16.16-Hannover com GRASS 7.8.5, por meio da combinação linear ponderada, de acordo com a seguinte equação: ISQH = (IQA x Peso1) + (IBR x Peso2) + (ILH x Peso3). A classificação proposta na matriz de comparação pareada foi realizada por meio do parâmetro da Razão de Consistência (RC), cujo valor ideal deve ser menor que 0,1 (10%).

3.5 Interpolação Espacial (IDW)

A interpolação espacial para cada microbacia foi realizada por meio do programa QGIS 3.16.16-Hannover com GRASS 7.8.5, a partir do ISQH calculado, sendo as faixas de classificação delimitadas de acordo com os valores da **Tabela 4**. A escala de cores adotada varia do vermelho

(valor mais alto) até o azul (valor mais baixo), para indicar áreas mais e menos impactadas, respectivamente.

Tabela 4 – Classificação em relação a faixa de ISQH.

ISQH	Classificação
0 – 0,25	Excelente
0,26 – 0,50	Bom
0,51 – 0,70	Regular
0,71 – 0,90	Ruim
0,91 – 1	Péssimo

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cálculo do ISQH, resultado da agregação dos índices IQA, IBR e ILH por meio do método AHP demonstrou-se consistente ($RC < 0,1$), indicativo de que classificação proposta na matriz de comparação pareada foi realizada de modo adequado, como pode ser observado em outros estudos de qualidade e saúde dos ecossistemas aquáticos, que integram índices diversos e SIG, por meio do método AHP (MISHRA et al., 2024; YUAN et al., 2022).

A lógica utilizada na atribuição dos pesos, de modo crescente, para cada um dos índices foi o seguinte: (I) o ILH é o índice mais significativo dos três, uma vez que danos histopatológicos são em sua maioria irreversíveis, e portanto possuem elevado impacto sobre a saúde dos animais; (II) o IBR por indicar o estresse oxidativo é condicionado pela qualidade da água, acompanhando sua variação, à medida que piores condições de qualidade contribuem para o aumento do estresse, podendo resultar em danos histológicos e genéticos, enquanto melhores condições de qualidade contribuem para a sua redução; e (III) o IQA por indicar a qualidade das águas é condicionado por fatores ambientais e antrópicos diversos, como pluviosidade, temperatura, concentrações de contaminantes, entre outros, podendo variar entre uma amplo espectro de qualidade, de um momento para outro.

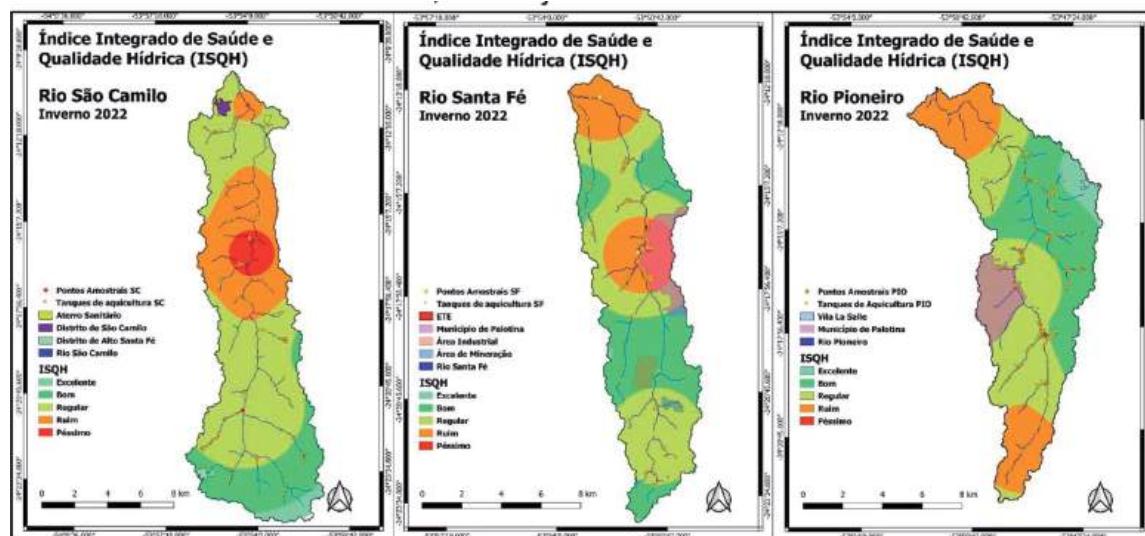
Os mapas resultantes da interpolação do ISQH (**Figura 6**), na estação inverno, demonstraram que a rede de drenagem da microbacia do Rio São Camilo apresentou qualidade e saúde regular, na maior parte de sua extensão, com trechos ruins e péssimos nos arredores do ponto intermediário SC2, indicando elevado impacto nesse trecho do rio, região predominantemente agrícola, mas que nesse período encontrava-se suspensa na maior parte das três microbacias avaliadas, devido a imposição do vazio sanitário da soja.

A rede de drenagem do Rio Santa Fé apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boa e regular, com trechos ruins nos arredores do ponto intermediário SF2, trecho sob a influência de atividades agrícolas, aquícolas, industriais e urbanas, e do ponto a montante SF3,

localizado na região exutória da microbacia, sob influência de atividades agrícolas e aquícolas. Apesar das baixas temperaturas do período não favorecerem a produção de efluentes, os baixos índices de precipitação podem ter favorecido o aumento das concentrações de contaminantes nessas águas, reduzindo sua qualidade e comprometendo a saúde desses animais.

A rede de drenagem do Rio Pioneiro também apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boas e regulares, com trechos ruins nos arredores dos pontos PIO1 e PIO3, indicando que o nível de impacto sobre as águas e sua biota é elevado nos pontos à montante e jusante, respectivamente, ambos sob influência de atividades agrícolas e aquícolas.

Figura 6 – Mapas do ISQH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, na estação do inverno de 2022.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

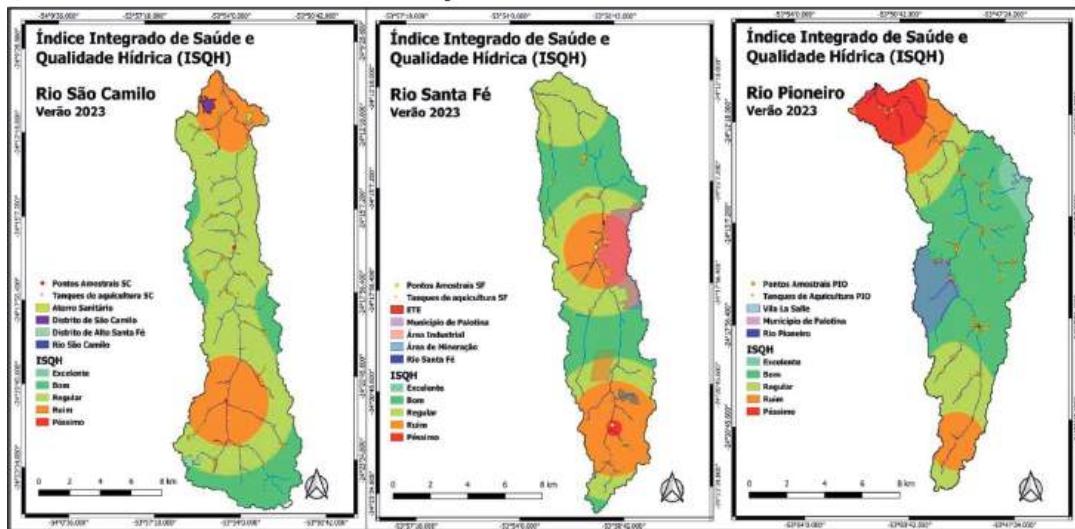
Na estação verão (**Figura 7**), a rede de drenagem da microbacia do Rio São Camilo também apresentou qualidade e saúde regular, na maior parte de sua extensão, com trechos ruins nos arredores do ponto a montante SC1 e do ponto a jusante SC3, ambos sob elevada influência agrícola, que nessa estação encontrava-se entre as safras de soja e milho, período de intensa atividade nas três microbacias avaliadas.

O Rio Santa Fé apresentou trechos majoritariamente com qualidade e saúde boas e regulares, com trechos ruins e péssimos nos arredores do ponto a montante SF1, sob influência de atividades agrícolas e aquícolas, e ruins nos arredores do ponto intermediário SF2, sob influência de atividades agrícolas, aquícolas, urbanas e industriais, indicando um elevado impacto nesses dois trechos do rio. Diferentemente do que foi observa-

do na estação do inverno, no verão as elevadas temperaturas favorecem a produção de efluentes urbanos, aquícolas e industriais, enquanto os elevados índices de precipitação observados podem ter contribuído para a lixiviação e carreamento de contaminantes diversos que podem ter contribuído de modo sinérgico para perda de qualidade dessas águas e consequente comprometimento da saúde desses animais.

A rede de drenagem do Rio Pioneiro também apresentou trechos majoritariamente com boa qualidade e saúde, com trechos ruins e regulares nos arredores do ponto PIO1 e péssima no ponto PIO3, nos pontos à montante e jusante, respectivamente. Pequenos trechos de excelente saúde e qualidade hídricas podem ser observadas à oeste da microbacia do Rio Pioneiro em ambas as estações, indicando baixo impacto nessa região da microbacia.

Figura 7 – Mapas do ISQH para as microbacias dos rios São Camilo, Santa Fé e Pioneiro, na estação do verão de 2023.



Legenda: Sistema de Referência Geodésico - SIRGAS2000.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

O índice ISQH obtido por meio da combinação ponderada dos índices IQA, IBR e ILH demonstrou-se ser consistente na avaliação integrada da saúde e qualidade hídrica desses ecossistemas. Ademais, os mapas obtidos podem ser utilizados como importantes ferramentas a serem utilizados no planejamento e execução de políticas públicas destinadas à recuperação e conservação desses ecossistemas.

5. CONCLUSÃO

Evidencia-se por meio do ISQH a predominância de áreas de saúde e qualidade ruins e regulares nos três rios avaliados, em ambas as estações, demonstrando a deterioração sistêmica da qualidade das águas dos Rios São Camilo, Santa

Fé e Pioneiro, bem como da saúde das populações de *H. ancistroides*,

Os mapas de fácil interpretação visual obtidos por meio da técnica de interpolação espacial do ISQH podem contribuir aos tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas adequadas, colaborando para a recuperação e conservação desses ecossistemas.

REFERÊNCIAS

ABAS, A. A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges. Ecological Indicators, v.121, 2021.

- ADJOVU, G.E.; STEPHEN, H.; JAMES, D.; AHMAD, S. Overview of the Application of Remote Sensing in Effective Monitoring of Water Quality Parameters. *Remote Sens*, v.15, n.1938, 2023.
- AKHTAR, N.; ISHAK, M.I.S.; BHAWANI, S.A.; UMAR, K. Various Natural and Anthropogenic Factors Responsible for Water Quality Degradation: A Review. *Water*, v.13, 2021.
- ALTENBURGER, R.; BRACK, W.; BURGESS, R.M.; BUSCH, W.; ESCHER, B.I.; FOCKS, A.; HEWITT, L.M.; JACOBSEN, B.N.; ALDA, M.L.; AIT AISSA, S.; BACKHAUS, T.; GINEBREDA, A.; HILSCHEROVÁ, K.; HOLLENDER, J.; HOLLERT, H.; NEALE, P.A.; SCHULZE, T.; SCHYMANSKI, E.L.; TEODOROVIC, I.; TINDALL, A.J.; UMBUZEIRO, G.A.; VRANA, B.; ZONJA, B.; KRAUSS, M. Future water quality monitoring: improving the balance between exposure and toxicity assessments of real-world pollutant mixtures. *Environ Sciences Europe*, v.31, n.12, 2019.
- BELIAEFF, B.; BURGEOT, T. Integrated biomarker response: a useful tool for ecological risk assessment. *Environ. Toxicol. Chem.*, v.21, 2002, p.1316-1322.
- CHAPMAN, D.V.; SULLIVAN, T. The role of water quality monitoring in the sustainable use of ambient waters. *One Earth*, v.5, 2022.
- LUGO, J.L.; LUGO, E.R.; LA PUENTE, M. A systematic review of microorganisms as indicators of recreational water quality in natural and drinking water systems. *J Water Health*, v.19, n.1, 2021, p.20-28.
- KHAN, A.U.; ALI, Y. Analytical Hierarchy Process (AHP) And Analytic Network Process Methods and Their Applications: A Twenty-Year Review From 2000-2019. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, v.12, n.3, 2020.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Eds): *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Bornträger. Banda 1, Parte C, 1936, p.1 - 44.
- MELLO, K.; TANIWAKI, R.H.; PAULA, F.R.; VALENTE, R.A.; RANDHIR, T.O.; MACEDO, D.R.; LEAL, C.G.; RODRIGUES, C.B.; HUGHES, R.M. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, v.270, 2020.
- MISHRA, A.P.; SINGH, S.; JANIC, M.; SINGHD, K.A.; PANDE, C.B.; VARADE, A.M. Assessment of water quality index using Analytic Hierarchy Process (AHP) and GIS: a case study of a struggling Asan River. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, v.104, n.5, 2024, p.1159-1171.
- PALANSOORIYA, K.N.; YANG, Y.; TSANG, Y.F.; SARKAR, B.; HOU, D.; CAO, X.; MEERS, E.; RINKLEBE, J.; KIM, K.H.; OK, Y.S. Occurrence of contaminants in drinking water sources and the potential of biochar for water quality improvement: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v.50, n.6, 2020, p.549-611.
- PESCE, S.F.; WUNDERLIN, D.A. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba city (Argentina) on Suquía River. *Water Research*, v.34, 2000, p.2915-2926.
- RIDWAN, M.A.; SOEMARNO; IMAM, S.; ASMAUL, M.S. Exploring the Potential and Benefits of AHP and GIS Integration for Informed Decision-Making: A Literature Review. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, v.28, n.6, 2023.
- SAALIDONG, B.M.; ARAM, S.A.; OTU, S. LARTEY, P.O. Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PLoS ONE*, v.17, n.1, 2022.
- SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, n.3, 1977, p.234-281.
- SAATY, T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, n.3, 1977, p. 234-281.

SAATY, T.L. The analytical hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980, 287p.

UN - UNITED NATIONS. *Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development: The 17 Goals*. 2024. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: 18 nov. 2024.

UN - UNITED NATIONS. *Nações Unidas Brasil: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 18 nov. 2024.

WOLFRAM, J.; STEHLE, S.; BUB, S.; PETSCHEICK, L.L.; SCHULZ, R. Water quality and ecological

risks in European surface waters – Monitoring improves while water quality decreases. *Environment International*, v.152, 2021.

YUAN, Q.; WU, H.; ZHAO, Y.; ZHANG, Y.; YAO, R.; ZHAO, Y.; YAN, W. Ecosystem health of the Beiyun River basin (Beijing, China) as evaluated by the method of combination of AHP and PCA. *Environmental Science and Pollution Research*, v.29, 2022, p.39116-39130.

ZACARKIM, C.E.; OLIVEIRA, L.C. (Org.). Sistema de Informações Geográficas na Aquicultura: Município de Palotina. UFPR, 1 ed., 2015, 139p., p.19.

SEJA SÓCIO DA ABGE ASSOCIADOS INDIVIDUAIS



TÍTULAR



ESTUDANTE



AFILIADO

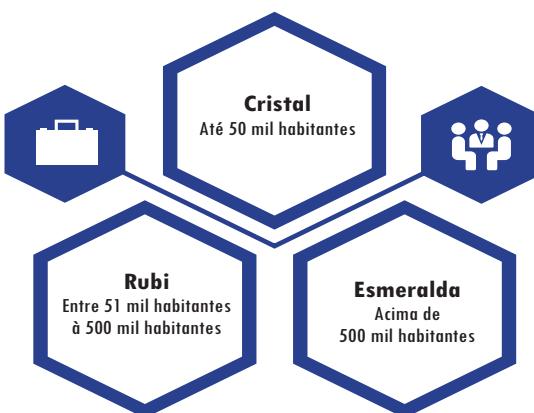


SÊNIOR E MASTER

SÓCIOS PATROCINADORES EMPRESAS E ENTIDADES



SÓCIOS PATROCINADORES COLETIVOS PREFEITURAS



Vantagens do Sócio ABGE

- Recebe grátis todas as publicações editadas pela entidade durante o período de filiação;
- Recebe informações técnicas e acadêmicas/participa de network;
- Desconto em cursos e eventos promovidos pela ABGE e entidades parceiras.

A melhor relação entre custo e benefício de entidades tecnocientíficas.

Previsão de distribuição de seis publicações no ano.

Consulte os valores de nossa anuidade.

www.abge.org.br/associe-se



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL

SÓCIOS PATROCINADORES DA ABGE



Hidrostudio
engenharia



INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLOGICAS

