

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO

Doutor Ricardo, RS

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretária de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Adjunta

Líliá Mascarenhas Sant'Agostino

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Gois

Diretor de Administração e Finanças

Rodrigo de Melo Teixeira

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

Superintendente

Franco Turco Buffon

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Marcia Conceição Rodrigues Pedrollo

Supervisor de Hidrogeologia e Gestão Territorial

Renato Ribeiro Mendonça

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES I

MAPEAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
VOLTADOS PARA A PREVENÇÃO DE DESASTRES

CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO

Doutor Ricardo, RS

AUTORES

Angela da Silva Bellettini
Giovani Nunes Parisi



Porto Alegre
2025

CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO – DOUTOR RICARDO, RS

REALIZAÇÃO

Departamento de Gestão Territorial (DEGET)

Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Júlio César Lana

AUTORES

Angela da Silva Bellettini

Giovani Nunes Parisi

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

Adriano Souza Schorr

Camila Dalla Porta Mattiuzzi

Karine Pickbrenner

Francisco Marcuzzo

Márcia Conceição Pedrollo

COLABORAÇÃO

Acad. Geografia Felipe De Medeiros Jacques

Serviço Geológico do Brasil (SGB)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

APRESENTAÇÃO

As ações promovidas pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), no âmbito do Departamento de Gestão Territorial (DEGET), envolvem a coordenação, supervisão e execução de estudos do meio físico voltados à conservação ambiental, ordenamento territorial e prevenção de desastres.

Neste contexto, a Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP) tem papel fundamental na condução de estudos, projetos e programas, cujo foco principal é produzir instrumentos técnicos capazes de subsidiar os gestores públicos na formulação, aprimoramento e execução de políticas direcionadas à mitigação dos danos causados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, quedas de blocos de rocha, erosões, inundações, dentre outros.

As atividades desenvolvidas pelo DEGET e pela DIGEAP incluem, ainda, ações de fomento à disseminação do conhecimento geocientífico, por meio da promoção de cursos de capacitação voltados aos agentes públicos e à sociedade em geral.

Assim, com esse espírito de inovação e com a responsabilidade de fomentar a ocupação segura e sustentável do território, o SGB-CPRM espera que as informações contidas no presente relatório possam ser empregadas em prol do bem-estar da sociedade brasileira.

Inácio Melo

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco geológico executado no município de Doutor Ricardo/RS, entre os dias 03 a 06 de Fevereiro de 2025. Durante os levantamentos de campo foram identificadas 16 áreas de risco relacionadas aos processos de deslizamentos, quedas de blocos, corridas de massa, enxurradas e inundações. As conclusões apontam que as áreas de risco geológico cartografadas decorrem das características naturais do meio físico, da ocupação inadequada do território e dos agravamentos provocados pelo evento pluviométrico elevado ocorrido em abril/maio de 2024.

Palavras-chave: risco geológico; prevenção de desastres; ordenamento territorial.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS.....	2
3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO.....	3
4. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO DESASTRE OCORRIDO NO RIO GRANDE DO SUL EM 2024	4
5. METODOLOGIA.....	10
6. RESULTADOS	14
7. SUGESTÕES	18
8. CONCLUSÕES.....	19
CONTATO MUNICIPAL.....	20
REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

De acordo com as informações disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)¹, no Brasil, milhares de pessoas são afetadas anualmente por desastres provocados por eventos adversos de natureza geológica, como deslizamentos, fluxo de detritos, queda de blocos de rocha, enxurradas, inundações, erosões, dentre outros.

Em grande parte, os efeitos desses desastres poderiam ser mitigados por ações preventivas, tais como a implementação de políticas públicas de ordenamento territorial e a instalação de sistemas de monitoramento e alerta de chuvas intensas. Ocorre que, de maneira geral, as ações voltadas à prevenção de desastres se embasam no conhecimento prévio da localização e características das áreas de risco geológico, fato este que configura a principal motivação do presente trabalho.

Diante do cenário exposto e procurando atender as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012; BRASIL, 2012), desde 2012 o Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) tem contribuído para a efetividade do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, por meio da elaboração de instrumentos cartográficos destinados a subsidiar as boas práticas de ocupação do território e de prevenção de desastres.

Neste contexto, este relatório apresenta os resultados dos trabalhos de cartografia de áreas de risco geológico, realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) no município de Doutor Ricardo/RS, entre os dias 03 a 06 de fevereiro de 2025.

Os levantamentos de campo foram realizados pelos profissionais listados no quadro 1.

Quadro 1- Profissionais que participaram dos levantamentos de campo.

Nome completo	Cargo ou função	Instituição
Angela da Silva Bellettini	Pesquisadora em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Giovani Nunes Parisi	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Diego Ceolan	Coordenador municipal de Proteção e Defesa Civil	Prefeitura Municipal de Doutor Ricardo/RS

2. OBJETIVOS

O objetivo central deste trabalho consiste na identificação e caracterização das porções urbanizadas do território municipal sujeitas a sofrerem perdas ou danos causados por eventos adversos de natureza geológica, com vistas a subsidiar a tomada de decisões assertivas

¹ Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>

relacionadas às políticas de ordenamento territorial e prevenção de desastres. Além disso, destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Gerar informações técnicas a nível nacional com o intuito de alimentar a base de dados das instituições responsáveis pelas ações de monitoramento e alerta de desastres provocados por eventos de natureza geológica;
- Contribuir com a definição de critérios para disponibilização de recursos públicos destinados ao financiamento de obras de prevenção e resposta a desastres;
- Embasar as ações dos órgãos de fiscalização voltadas à inibição da expansão das áreas de risco;
- Indicar sugestões de intervenção, a fim de orientar a implantação de práticas voltadas à prevenção de desastres;
- Desenvolver documentos cartográficos e relatórios técnicos em linguagem acessível, com foco em alcançar o público em geral da forma mais abrangente possível.



Figura 1- Objetivos de desenvolvimento sustentável.

Ressalta-se ainda que este estudo está em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável² (Figura 1) e com o marco pós-2015 para a redução de riscos de desastres, também conhecido como Marco de Sendai³.

3. APLICABILIDADES E LIMITAÇÕES DE USO

A cartografia de áreas de risco geológico pode ser aplicada para:

- Subsidiar o poder público na seleção das áreas prioritárias a serem contempladas por ações destinadas à prevenção dos desastres;
- Fomentar políticas públicas habitacionais e de saneamento;
- Contribuir para o desenvolvimento de projetos de intervenção estrutural em áreas de risco;
- Embasar a elaboração de planos de contingência;
- Auxiliar a construção de sistemas de monitoramento e alerta de desastres;

² Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. Saiba mais em: <https://odsbrasil.gov.br/>

³ Marco adotado por diversos países na Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres, realizada de 14-18 março de 2015, em Sendai, Miyagi, no Japão. Saiba mais em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>

- Direcionar as ações da Defesa Civil;
- Fomentar ações de fiscalização, com objetivo de inibir o avanço da ocupação nas áreas de risco mapeadas e em terrenos com condições topográficas e geológicas similares;

A cartografia de áreas de risco geológico não deve ser aplicada para:

- Qualquer aplicação incompatível com sua escala cartográfica de elaboração (1:1.000-1:2.000);
- Substituir análises de estabilidade de taludes e encostas;
- Substituir projetos de engenharia destinados à correta seleção, dimensionamento e implantação de obras estruturais em áreas de risco;
- Avaliar a pertinência e eficácia de obras de engenharia de qualquer natureza;
- Substituir estudos censitários específicos para indicar o número e a característica socioeconômica dos habitantes das áreas de risco;
- Indicar quando ocorrerão eventos adversos nas áreas de risco;
- Determinar a energia, o alcance e a trajetória de movimentos de massa, enxurradas e inundações.

É de suma importância enfatizar que os resultados expostos no presente relatório representam as condições observadas no momento da visita de campo, as quais podem se alterar ao longo do tempo. Dessa forma, tendo em vista a dinâmica do crescimento urbano e, consequentemente, das áreas de risco geológico, é fundamental que o trabalho seja periodicamente atualizado.

4. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO DESASTRE OCORRIDO NO RIO GRANDE DO SUL EM 2024

O Estado do Rio Grande do Sul, entre o final de abril e o começo do mês de maio de 2024, passou pelo maior evento de inundação já registrado em seu território, e, possivelmente o maior do Brasil em área atingida pelas inundações, ocasionando recordes dos registros dos níveis dos rios. Ao mesmo tempo é importante registrar, o evento de inundação que ocorreu entre os dias 11 e 14 de maio de 2024 (“repique”), que, apesar de menor que o que ocorreu entre final de abril e início de maio de 2024, também atingiu cotas elevadas de inundação em boa parte dos municípios do Rio Grande do Sul, contribuindo acentuadamente para que os níveis d’água, nas regiões ao sul do Estado, permanecessem elevados até início de julho de 2024.

Conforme os dados do Mapa Único do Plano Rio Grande (Rio Grande do Sul, 2024b) dos 497 municípios do Rio Grande do Sul, 95 (19,1%) estavam em estado de Calamidade e 357 (71,8%) em estado de emergência. A população total atingida ultrapassou 970 mil habitantes, representando quase 9% da população total do estado.

A área diretamente atingida correspondeu a aproximadamente 6,1% da área do RS, e está apresentada na figura 2. Foram afetadas as Regiões Hidrográficas do Atlântico Sul, principalmente nas sub-bacias dos rios Vacacaí – Vacacaí Mirim, Baixo Jacuí, Pardo, Taquari-Antas, Caí, Sinos, Gravataí, rio Guaíba, Camaquã, Litoral Médio e Lagoa Mirim e do Canal São

Gonçalo, e a Região Hidrográfica do Uruguai, nas sub-bacias dos rios Ibicuí, Butuí-Icamaquã, Piratinim, Ijuí, e Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo, conforme a classificação de Bacias Hidrográficas Estaduais da Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura (Rio Grande do Sul, [2024a]).

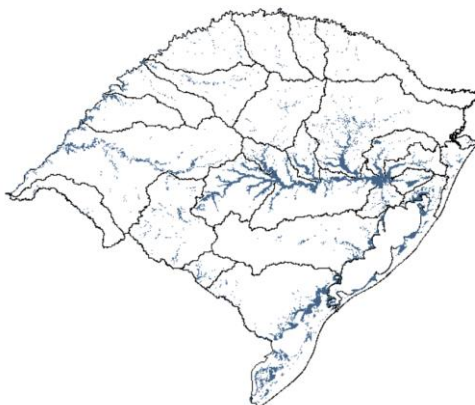


Figura 2- Extensão das áreas diretamente atingidas.

4.1. CARACTERIZAÇÃO CLIMATOLÓGICA

O trabalho de Reboita *et al.* (2024) mostra que o evento extremo de precipitação que atingiu o estado do Rio Grande do Sul em abril e maio de 2024 foi causado pela combinação de uma série de fatores, que levaram à formação de um bloqueio atmosférico sobre a região, com elevadas quantidades de precipitação em curto período de tempo.

Os diversos índices oceânicos como IOD (dipolo do Oceano Índico), PDO (oscilação decadal do Pacífico), ENSO (*el niño* oscilação sul), AMO (oscilação multidecadal do Atlântico), TNA (índice do atlântico norte tropical) e TSA (índice do atlântico norte tropical) propiciaram a instalação de um quadro regional onde fixou-se um anticiclone potente sobre as regiões sudeste e centro-oeste brasileiro, com muitos dias de tempo ensolarado, quente e seco.

No período entre 27 de abril e 02 de maio de 2024 houve a formação de vários complexos convectivos de mesoescala, que migraram para o estado gaúcho. Os índices dos oceanos fizeram com que houvesse a hiperintensificação do jato subtropical ao sul e fossem otimizados os processos de transporte e elevação da umidade atmosférica, formando intensas e frequentes nuvens de tempestade no estado, com grandes acumulados de precipitação. A interação deste quadro com duas frentes frias que ingressaram na região neste período potencializou ainda mais o processo.

4.2. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A figura 3 apresenta o mapa de precipitação acumulada do IMERG (derivada do Global Precipitation Measurement, Huffman *et al.*, 2019) no período de 25/04 a 15/05/2024. No RS, as precipitações deste intervalo de tempo variaram de 43mm a 1108mm, estando concentradas principalmente na região central e leste do estado, na Região Hidrográfica do Atlântico Sul, e na região noroeste do estado, na Região Hidrográfica do Uruguai.

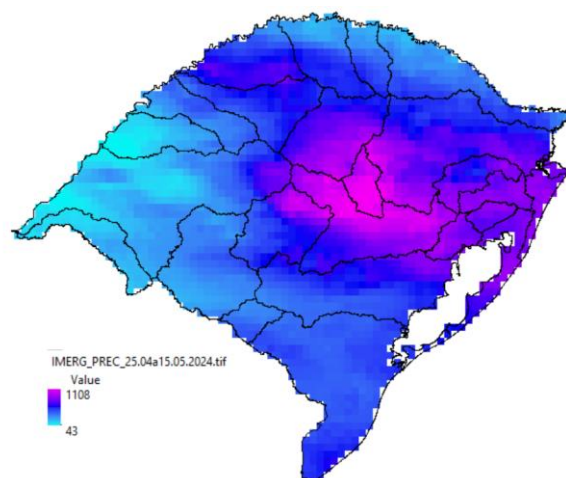


Figura 3- Estimativa de satélite de precipitação acumulada 25/04 a 15/05 Fonte: Huffman *et al.* (2019).

A figura 4 apresenta os gráficos elaborados com dados das estações de monitoramento localizadas nas bacias dos rios Jacuí, Taquari e Caí principais formadores do rio Guaíba, e que foram significativamente afetadas pelos eventos de 2024. A tabela 1 apresenta as precipitações médias de longo período (1991-2020) mensais e anual, calculadas a partir das series históricas de postos de monitoramento climatológico operados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2024).

Os gráficos apresentados na figura 4 ilustram o comportamento temporal das chuvas acumuladas entre os dias 25 de abril e 15 de maio de 2024 e corroboram a espacialização da precipitação apresentada na Figura 2, com os dados do satélite, no mesmo período de dados. A maior intensidade de precipitação durante o evento de abril e maio de 2024 ocorreu na área que drena ao rio Guaíba e que representa a porção norte da bacia hidrográfica da Laguna dos Patos. Para a sub bacia do rio Taquari foram registrados valores acumulados entre 339mm, em Taquari, no ponto mais a jusante da bacia, próximo a confluência com o rio Jacuí, e 1062mm, na estação pluviométrica Muçum, localizada no município de Muçum, na porção central da bacia. Dados da série histórica da estação Muçum (código 02951070), operada pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB em parceria com a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA, e que compõe o Sistema de Alerta Hidrológico (SAH) do Taquari, apresentam médias mensais calculadas para o período de existência do posto de monitoramento (1987-2024), para os meses de abril e maio, de respectivamente de 126,2 e 137,6mm. Em abril/maio de 2024, em apenas 20 dias choveu o equivalente a cerca de oito vezes o que chove normalmente em um mês neste ponto de monitoramento, o que evidencia a excepcionalidade do evento. A mesma análise pode ser feita comparando os dados médios mensais de chuva de longo período do posto de monitoramento de Caxias do Sul (INMET) com o posto de Nova Palmira (código 02951022), também localizado em Caxias do Sul, operado pelo SGB/ANA e que compõe o Sistema de Alerta do Caí. Em Nova Palmira, no período do evento de 2024, choveu 687,6mm, o equivalente a cinco vezes o que normalmente chove nos meses de abril e maio em Caxias do Sul - 133,6 e 131,4mm, respectivamente, conforme apresentado nas Normais Climatológicas e ilustrado na Tabela 1. Na sub-bacia do rio Jacuí, para os postos de monitoramento avaliados e observados no gráfico da Figura 3, os maiores valores de precipitação acumulada, no mesmo período de 20 dias (25 abril a 15 maio) foram identificados em Soledade (748mm), na divisa com a sub-bacia do Taquari, e em Santa Maria (634,4mm), no eixo central do Estado. A precipitação média mensal de longo

período em Santa Maria, para os meses de abril e maio se apresenta respectivamente em 151,1 e 136,6mm, enquanto que o valor precipitado em 20 dias em 2024 representou mais de quatro vezes o valor mensal usual.

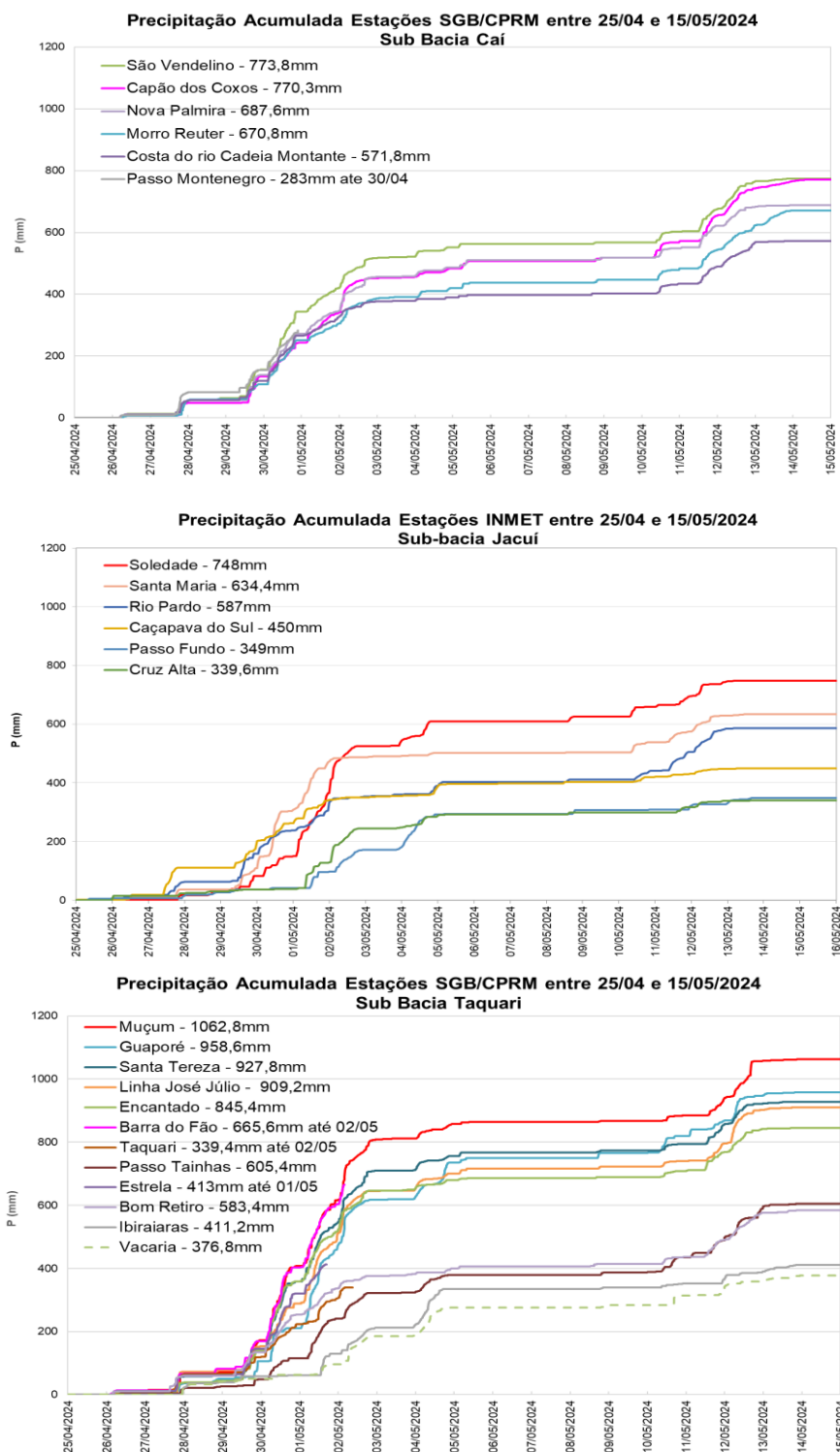


Figura 4- Evolução temporal da precipitação nas sub-bacias dos rios Jacuí, Taquari e Cai entre 25/04 e 15/05/2024.

Tabela 1- Precipitações médias de longo período de estações climatológicas do INMET.

Normal Climatológica do Brasil 1991-2020															
Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)															
Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Ano
83980	BAGE	RS	137,3	129,1	113,9	173,2	129,6	122,9	130,5	112,6	135,6	176,0	116,9	122,3	1599,9
83919	BOM JESUS	RS	178,7	164,6	121,7	111,9	118,9	135,0	177,9	128,4	165,9	188,0	138,1	157,0	1786,1
83942	CAXIAS DO SUL	RS	168,2	-	121,4	133,6	131,4	146,7	184,3	140,0	163,1	192,3	144,5	154,6	-
83912	CRUZ ALTA	RS	154,6	148,7	138,2	154,9	148,8	159,5	157,7	125,4	162,5	245,9	156,6	179,5	1932,3
83964	ENCRUZILHADA DO SUL	RS	155,9	130,4	111,3	137,5	137,0	135,6	174,0	124,5	160,4	177,6	121,3	139,4	1704,9
83881	IRAI	RS	171,3	185,9	-	160,7	146,6	182,9	150,4	123,4	175,1	249,0	141,5	184,1	-
83914	PASSO FUNDO	RS	173,7	146,9	137,3	140,2	153,5	158,1	163,0	130,8	165,5	239,4	160,1	162,2	1930,7
83985	PELOTAS	RS	115,9	141,8	107,2	111,1	117,1	107,7	112,7	117,4	128,7	120,2	99,4	103,2	1382,4
83967	PORTO ALEGRE	RS	120,7	110,8	103,3	114,4	112,8	130,4	163,5	120,1	147,8	153,2	105,5	112,1	1494,6
83995	RIO GRANDE	RS	97,3	128,7	120,0	125,8	112,0	120,2	121,9	114,8	110,8	106,2	94,0	89,8	1341,5
83936	SANTA MARIA	RS	166,1	131,7	142,0	151,1	136,6	132,7	147,3	114,4	155,3	203,2	136,0	161,5	1777,9
83997	SANTA VITORIA DO PALMAR	RS	81,4	128,0	116,4	123,3	119,2	113,1	112,7	108,2	97,0	102,4	70,0	91,5	1263,2
83907	SAO LUIZ GONZAGA	RS	170,6	158,4	156,4	194,3	168,6	132,7	124,1	104,6	146,6	264,4	169,7	199,0	1989,4
83948	TORRES	RS	168,6	172,2	152,6	108,1	121,1	103,0	121,8	125,7	138,3	144,4	112,6	114,6	1583,0
83927	URUGUAIANA	RS	129,6	152,9	158,5	161,7	118,3	85,7	65,2	62,6	86,6	180,8	122,1	157,6	1481,6
Máxima			178,7	185,9	158,5	194,3	168,6	182,9	184,3	140,0	175,1	264,4	169,7	199,0	
Mínima			81,4	110,8	103,3	108,1	112,0	85,7	65,2	62,6	86,6	102,4	70,0	89,8	

As maiores intensidades de chuva nas bacias dos rios Jacuí, Caí e Taquari, para as durações de 15min a 96 horas (4 dias) ocorreram no período entre os dias 27/04 e 03/05 e podem ser identificados nos gráficos da Figura 3 onde as linhas temporais de precipitação se apresentam com as maiores inclinações.

Em nota técnica (Collischonn *et al.*, 2024b) avaliou o comportamento temporal da chuva e a magnitude acumulada no período que antecedeu a enchente da bacia hidrográfica do Guaíba e concluiu que em maio 2024 choveu mais do que na grande cheia de maio de 1941 (Silveira, 2020) o que comprova a grande excentricidade do evento de 2024. Os autores também verificaram que a chuva de 2024 ocorreu de forma mais concentrada no tempo, com intensidades excepcionais. A precipitação observada no Rio Grande do Sul que causou as enchentes e deslizamentos de abril e maio de 2024, segundo Collischonn *et al.* (2024a) é, provavelmente, a precipitação mais intensa já observada no Brasil, considerando áreas afetadas de 2.000 a 100.000 km² e períodos de 3 a 14 dias e se concentrou quase exclusivamente na bacia do rio Guaíba.

4.3. CARACTERIZAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

O Estado do Rio Grande do Sul é dividido por duas grandes bacias hidrográficas, a bacia do Uruguai, cobrindo aproximadamente 36 % do território estadual, e a do Atlântico – Trecho Sudeste, cobrindo aproximadamente 64 %. A bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, que drena diretamente para o oceano Atlântico, teve quase a sua totalidade de cursos d'água com recorde histórico de registro de cotas. Boa parte das estações na parte média e baixa da bacia do Uruguai, principalmente na sub-bacia do rio Ibicuí, também teve recortes históricos de cotas máximas registradas. A fim de gerar dados públicos de cotas do evento de inundação do início de maio de 2024, o SGB executou vários levantamentos de cotas em pontos registrados da cheia em alguns dos municípios atingidos pelas inundações. Equipes do SGB, que estavam em campo durante o evento, contribuíram para registrar a maior cota atingida pelos rios no decorrer da inundação. Outros registros que marcam a maior cota da cheia foram obtidos com ajuda das prefeituras,

universidades e a população local em geral. Os resultados obtidos com os nivelamentos de cotas máximas, em sua íntegra, podem ser acessados em Marcuzzo *et al.* (2024).

Na tabela 2 podem ser observadas alguns dos maiores níveis registrados e aferidos durante ou após o evento ocorrido em abril e maio de 2024 (Germano *et al.*, 2024; Marcuzzo *et al.*, 2024) e as suas respectivas cotas de inundação, em estações de monitoramento do SGB/ANA e uma, em Porto Alegre, da Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul – SEMA/RS, localizadas nas áreas mais atingidas.

Tabela 2- Dados de cotas niveladas, da cheia de maio de 2024, em estações fluviométricas operadas pelo SGB/ANA.

Código	Nome da estação	Curso d'água	Município	Cota Nivelada Cheia de Maio de 2024 (m)	Data da Cota Máxima	Cota de Inundação no Município da Estação (m)*	Diferença entre a Cota de Inundação e a Cota Nivelada (m)
76560000	Manoel Viana	Ibicuí	Manoel Viana	14,84	06/05/2024	9,60	5,24
86510000	Muçum	Taquari	Muçum	26,00**	02/05/2024	18,00	8,00
86720000	Encantado	Taquari	Encantado	23,14	02/05/2024	12,00	11,14
86879300	Estrela	Taquari	Lajeado	33,67	02/05/2024	19,00	14,67
87170000	Barca do Caí	Caí	São Sebastião do Caí	17,51	02/05/2024	10,50	7,01
87270000	Passo Montenegro	Caí	Montenegro	10,02	02/05/2024	6,00	4,02
87450004	Cais Mauá C6	Jacuí	Porto Alegre	5,37	05/05/2024	3,00	2,37

* Informações disponíveis em dezembro de 2024.

** Segunda maior cota registrada. A maior foi alcançada em 26,11 na grande cheia de 05/09/2023 as 2h30min.

No município de Lajeado o nível do rio Taquari ultrapassou em 14,67m o nível de inundação, o qual indica o nível em que as primeiras edificações são atingidas em eventos de cheia. Esta grande elevação do nível em um curto período de tempo corrobora para comprovar a excepcionalidade do evento de abril/maio de 2024.

O pico da inundação nas sub-bacias do Taquari e Caí, que foram duas das sub-bacias hidrográficas mais afetadas da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, ocorreu entre os dias 01 e 03 de maio de 2024 (Marcuzzo *et al.*, 2024) que se insere no período registrado com as maiores intensidades de chuva nestas bacias. Já na capital Porto Alegre, o pico foi registrado no dia 05 de maio de 2024 [4] e se apresentou em 5,37m, sendo o maior valor registrado desde na grande cheia de 1941, que foi de 4,75m (Silveira, 2020). Em estações localizadas na Laguna dos Patos, no trecho monitorado mais a jusante da bacia e mais próximo do exutório, o pico ocorreu entre os dias 16 e 19 de maio de 2024, conforme dados de nível das estações Arambaré (87400000), São Lourenço (87921000) e Laranjal (87955000), operadas pelo SGB/ANA.

5. METODOLOGIA

Os métodos empregados para a elaboração deste trabalho são baseados nos procedimentos propostos por Brasil (2007) e Lana, Jesus e Antonelli (2021), os quais empregam a abordagem heurística para o mapeamento e classificação das áreas de risco.

A cartografia de áreas de risco geológico é desenvolvida exclusivamente em regiões onde existem imóveis destinados à permanência humana, como casas, edifícios, hospitais, escolas, estabelecimentos comerciais, dentre outros. Dessa forma, regiões não habitadas, como loteamentos em implantação, campos utilizados para atividade esportiva ou agropecuária, terrenos baldios, estradas, pontes, linhas férreas e túneis, não são objeto de mapeamento.

O trabalho é elaborado em quatro fases, as quais são sintetizadas no fluxograma representado pela figura 5 e descritas no quadro 2.

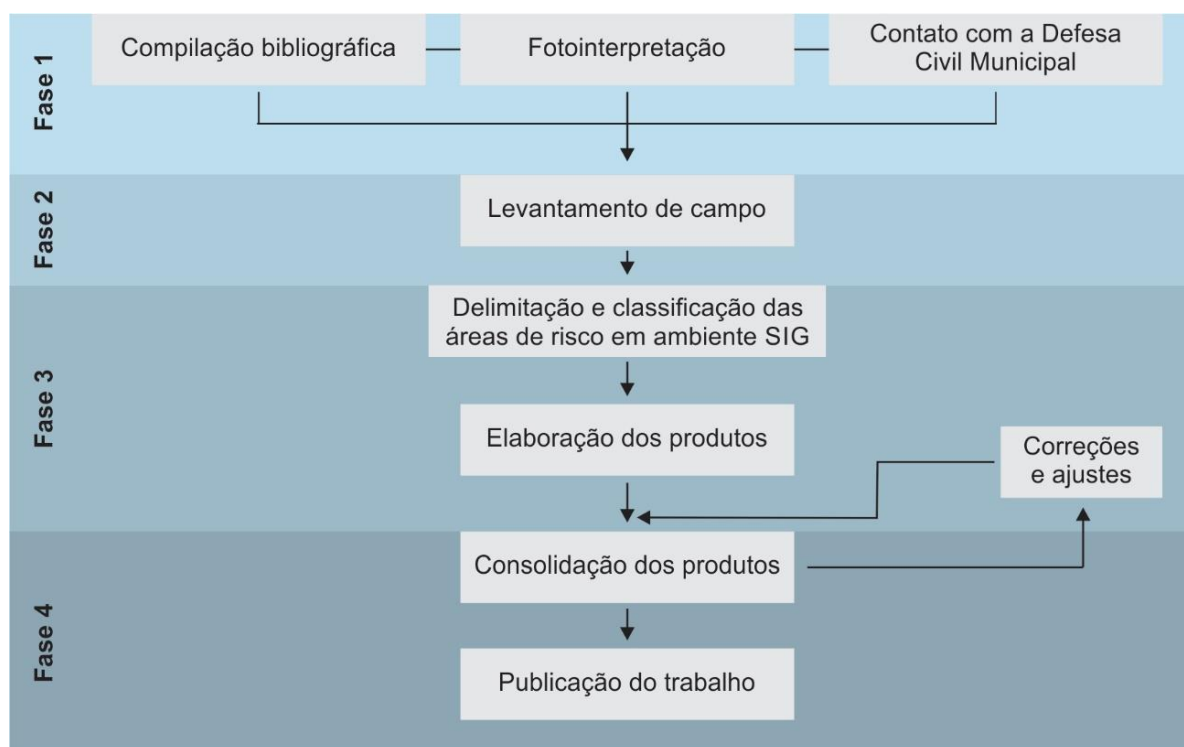


Figura 5- Fluxo de processos executados durante o trabalho.

Quadro 2- Sequência de procedimentos desenvolvidos durante a execução do trabalho.

Fase	Etapa	Características
1	Compilação bibliográfica	Útil para o planejamento da campanha de campo.
	Fotointerpretação	Pode auxiliar na identificação prévia de áreas de risco.
	Contato com a Defesa Civil Municipal	É feita uma breve apresentação do trabalho, bem como da importância da participação da Defesa Civil Municipal na campanha de campo.
2	Levantamento de campo	Inclui somente áreas urbanizadas. Escala de referência varia entre 1:1.000 e 1:2.000. É feito por caminhamento, em conjunto com a Defesa Civil Municipal. Avaliam-se condições e indícios de risco geológico nas áreas pré-selecionadas pela equipe do SGB-CPRM e naquelas indicadas pela Defesa Civil Municipal. Não avalia eficácia ou pertinência de obras de engenharia de qualquer natureza. Não são avaliadas condições que não têm qualquer relação com processos geológicos. Utilizam-se GPS, tablet e/ou máquina fotográfica para registro das estações de campo.
3	Delimitação e classificação das áreas de risco	É feita por meio da interpolação de estações de campo. Não são cartografadas áreas sem edificações de permanência humana. Utilizam-se como base as imagens orbitais Google, como <i>BaseMap</i>, as bases cartográficas e topográficas do <i>OpenStreetMap</i>, geoserviços de relevo sombreado e de curvas de nível compiladas no <i>plugin MapTiler</i>. Todos passam por um processo de fusão/realçamento visual no QGIS para destacar as informações de relevo sobre a imagem do Google. São delimitadas e classificadas apenas as áreas de risco alto ou muito alto. As áreas de risco médio ou baixo, eventualmente, são indicadas no relatório como áreas de monitoramento.
	Elaboração dos produtos	Inclui os procedimentos de confecção dos mapas, relatório e arquivos vetoriais.
	Correções e ajustes	Etapa de adequação do material entregue pelas equipes técnicas, após serem consolidados na fase 4.
4	Consolidação dos produtos	É verificado se o trabalho não apresenta erros ou desvios metodológicos.
	Publicação do trabalho	Disponibilização do trabalho para o município, para as instituições que atuam na prevenção de desastres e para o público em geral.

5.1. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO

Os objetos de análise da cartografia de áreas de risco geológico desenvolvida pelo SGB-CPRM são as áreas de risco alto e muito alto, conforme classificações propostas por Brasil (2004) e Brasil (2007), as quais são sintetizadas nos quadros 3 e 4. Estas classificações foram originalmente concebidas para serem aplicadas no mapeamento de áreas sujeitas a sofrerem perdas ou danos decorrentes da ação de deslizamentos, enchentes e inundações, que no Brasil são os processos mais comumente associados a desastres deflagrados por chuvas intensas. Todavia, na prática, o mapeamento das áreas de risco geológico considera alguns atributos do meio físico que são comuns a diversos outros processos geológicos associados a áreas de risco. Portanto, a orientação proposta nos quadros 3 e 4 foi adotada para a classificação do grau de risco relacionado a enxurrada, erosão, subsidência, solapamento/colapso, movimentação de dunas eólicas e expansão/contração de argilas.

Quadro 3- Orientações gerais para classificação dos graus de risco a enchentes, inundações e enxurradas (Modificado de BRASIL, 2004).

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com BAIXO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS e baixa frequência de ocorrência (NÃO HÁ REGISTRO DE OCORRÊNCIAS significativas nos últimos cinco anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com MÉDIO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (Registro de UMA OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos cinco anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, média frequência de ocorrência (Registro de UMA OCORRÊNCIA SIGNIFICATIVA nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.
R4 Muito alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com ALTO POTENCIAL DE CAUSAR DANOS, principalmente sociais, alta frequência de ocorrência (Pelo menos, TRÊS EVENTOS SIGNIFICATIVOS nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de ALTA VULNERABILIDADE.

Ao analisar os danos causados pelo desastre ocorrido em abril/maio de 2024 no Rio Grande do Sul, é fundamental distinguir as áreas de risco elevado e aquelas que, apesar de terem sido afetadas por um evento extremo, possuem características de baixa vulnerabilidade. Isso permite uma abordagem mais precisa da situação e favorece o desenvolvimento de políticas públicas e estratégias de mitigação mais eficazes para prevenir danos futuros. Em outras palavras, as áreas afetadas em situações pontuais podem não ser tão vulneráveis quanto aquelas situadas em regiões com ocupações precárias. Neste contexto, destaca-se que a classificação do grau de risco associado a processos hidrológicos, como enchentes, inundações e enxurradas, leva em consideração não apenas a quantidade de eventos ocorridos nos últimos cinco anos, mas também a vulnerabilidade das ocupações (Quadro 3). Assim, nem todas as áreas afetadas pelo último desastre no RS serão necessariamente enquadradas como risco alto ou muito alto neste mapeamento.

Quadro 4- Orientações gerais para classificação dos graus de risco a movimentos de massa, erosões, subsidência, solapamento ou colapso, movimentação de dunas, expansão e contração de argilas (Modificado de BRASIL, 2007).

Grau de probabilidade	Descrição
R1 Baixo	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de BAIXA OU NENHUMA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Não se observa (m) sinal/feição/evidência (s) de instabilidade. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de desestabilização de encostas e de margens de drenagens. 3. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.
R2 Médio	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de algum (ns) sinal/feição/evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente (s). Processo de desestabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é REDUZIDA A POSSIBILIDADE de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R3 Alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Observa-se a presença de significativo (s) sinal/feição/evidência (s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Processo de desestabilização em PLENO DESENVOLVIMENTO, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo. 3. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.
R4 Muito alto	1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (inclinação, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de deslizamentos e solapamentos. 2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de deslizamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de desestabilização em AVANÇADO ESTÁGIO de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento. 3. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.

Convém destacar que a classificação dos graus de risco constitui uma orientação geral e, portanto, pode não prever a ocorrência de todos os indícios observados em campo, inclusive porque a dinâmica dos processos geológicos pode variar regionalmente. Deste modo, caso a situação constatada em campo não se enquadre na proposta de classificação, a equipe responsável pelo trabalho fará a atribuição do grau de risco conforme condições verificadas *in loco*.

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho estão sumarizados nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3- Síntese dos resultados obtidos pelo trabalho.

Grau de risco	Número de áreas de risco geológico mapeadas	Número aproximado de domicílios em áreas de risco ⁴	Número aproximado de pessoas em áreas de risco
Alto	09	37	148
Muito alto	07	20	80

Tabela 4- Relação dos setores de risco geológico alto e/ou muito alto cartografados no município.

Código do setor	Grau de risco	Tipologia	Logradouro	Número aproximado de domicílios ⁴	Número aproximado de pessoas
RS_DOUTORR_SR_001_SGB	Alto	Deslizamento	Linha Rio Verde, 1180	2	8
RS_DOUTORR_SR_002_SGB	Alto	Deslizamento	Linha Leopolda, 2168	3	12
RS_DOUTORR_SR_003_SGB	Alto	Enxurrada, Deslizamento	Linha Rio Branco - Morador Domingas Petry	3	12
RS_DOUTORR_SR_004_SGB	Alto	Enxurrada, Deslizamento, Queda	Linha São Paulo, 320	8	32
RS_DOUTORR_SR_005_SGB	Muito alto	Enxurrada, Deslizamento, Corrida de massa	Linha São Paulo, Adão Valério, 850	3	12
RS_DOUTORR_SR_006_SGB	Alto	Deslizamento, Enxurrada	Linha Gruta, 200	1	4
RS_DOUTORR_SR_007_SGB	Muito alto	Deslizamento	Linha Gruta, Morador Deroci Muller de Matos	1	4
RS_DOUTORR_SR_008_SGB	Muito alto	Deslizamento, Queda	Linha Guilhermina	1	4

⁴ Dados obtidos do Censo 2022 ou, na falta deste, estimados com base em imagens orbitais.

RS_DOUTORR_SR_009_SGB	Alto	Enxurrada, Corrida de massa, Deslizamento	Linha Graffe (fim da linha)	5	20
RS_DOUTORR_SR_010_SGB	Alto	Deslizamento, Enxurrada, Corrida de massa	Linha Graffe, Morador Alex Cobalchini	4	16
RS_DOUTORR_SR_011_SGB	Muito alto	Enxurrada, Deslizamento, Queda	Linha Barra do Zeferino, 1130	5	20
RS_DOUTORR_SR_012_SGB	Muito alto	Deslizamento	Comunidade Zeferino, moradia laranja, Arlindo Borges	1	4
RS_DOUTORR_SR_013_SGB	Muito alto	Enxurrada, Inundação	Comunidade Barra do Zeferino	7	28
RS_DOUTORR_SR_014_SGB	Muito alto	Deslizamento, Queda	Linha Bonita Baixo	2	8
RS_DOUTORR_SR_015_SGB	Alto	Enxurrada, Deslizamento	Linha Barra do Zeferino, Arlete Dalberto	5	20
RS_DOUTORR_SR_016_SGB	Alto	Enxurrada, Inundação	Linha Santo Antônio, 388	6	24

6.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADAS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA

O município de Doutor Ricardo apresenta paisagens compostas por colinas suaves, circundadas pelos vales dos rios Putinga, Zeferino e Guaporé, enquadrada geomorfológico do Planalto da Serra Geral. Principalmente, a região rural do município situa-se nos vales encaixados dos rios citados anteriormente, onde o gradiente de desnível é elevado, expondo as ocupações a deslizamentos e quedas de blocos. Alguns vales mais encaixados têm potencial também para a corrida de detritos.

Neste município, a maioria das cicatrizes de deslizamento nas encostas ocorreu como consequência do evento de pluviosidade elevada de abril a maio de 2024, devido à saturação das camadas superficiais em encostas de declividades elevadas nos vales encaixados (Figuras 6 e 7). Os setores mapeados por tipologias de movimentos de massa apresentam moradias diretamente atingidas ou terrenos de moradias atingidas por material destes deslizamentos e/ou indícios de movimentação, como rachaduras, trincas e degraus de abatimento (Figuras 8 e 9).

Outra situação observada neste município, a densidade demográfica vem crescendo com a expansão das áreas urbanas e rurais em direção aos morros com vertentes declivosas, principalmente porque algumas áreas de cotas intermediárias e baixas possuem registro de recorrência por atingimento de enxurrada e inundação. Neste deslocamento, são abertos lotes em áreas íngremes, com movimentação de terra como corte e aterro, muitas vezes feitos sem responsabilidade técnica, o que contribui para o aumento de áreas em situação de risco aos movimentos gravitacionais (Figuras 10 e 11).

Em diversas destas áreas, se observa também a ausência de sistemas de drenagens nas encostas e nas vias, bem como a ausência de obras de contenção de encostas e/ou taludes íngremes. Estes

recursos projetados e executados por profissionais com responsabilidade técnica poderiam atuar para preservar a sanidade das encostas.



Figura 6- Vista do vale do Rio Putinga com cicatrizes de deslizamento ocorridas nos eventos de abril/maio de 2024.



Figura 7- Vista do vale na localidade de Linha Bonita Baixa com cicatrizes de deslizamento ocorridas nos eventos de abril/maio de 2024.



Figura 8- Vista da encosta com degraus de abatimento no setor RS_DOUTORR_SR_001_SGB.

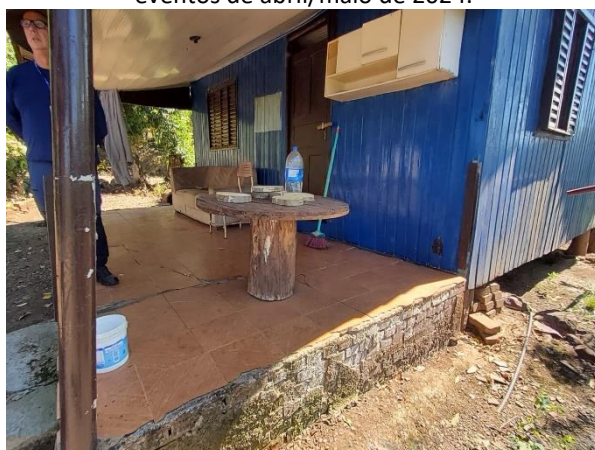


Figura 9- Rachaduras na moradia e trincas no terreno observadas no setor RS_DOUTORR_SR_014_SGB.



Figura 10- Corte íngreme próximo a moradia no setor RS_DOUTORR_SR_007_SGB.



Figura 11- Moradia sobre aterro lançado e corte íngreme atrás, com rocha alterada em blocos, no setor RS_DOUTORR_SR_008_SGB.

6.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADAS A PROCESSOS HÍDRICOS

Os rios e arroios que atravessam o município de Dr. Ricardo integram a Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas e contribuem para a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul. Entre os principais corpos hídricos destacam-se o rio Putinga, o arroio Zeferino e o rio Guaporé, sendo que o arroio Zeferino deságua no rio Guaporé ainda dentro dos limites do município. Os eventos de inundações e enxurradas que impactam as áreas ocupadas de Dr. Ricardo têm como principais causadores o arroio Zeferino e o rio Guaporé, especialmente durante episódios moderados e extremos na Comunidade Barra do Zeferino. O mapeamento das áreas de risco relacionadas aos processos hídricos é recorrente, sendo que o evento de maior magnitude registrado ocorreu entre abril e maio de 2024, causando danos significativos às ocupações, com destaque para a destruição verificada na região da comunidade Barra do Zeferino (Figuras 12 e 13).

Devido ao relevo acidentado deste município, no início dos vales encaixados, os processos de enxurradas podem estar associados a corridas de fluxo de alta energia. Os setores atingidos por enxurradas ocorrem principalmente em vales encaixados característicos de encostas de alta a média declividade, enquanto os setores sujeitos a inundações situam-se nas áreas de várzeas do Rio Guaporé, em alguns casos em pontos de encontro de afluentes. Evidências de enxurradas são facilmente encontradas ao longo dos cursos hídricos, registradas por depósitos grosseiros nas calhas do rio principal e de seus afluentes. Enquanto os eventos de inundações podem ser registrados a partir do diálogo com moradores (memória) e da observação de marcas de água em construções (Figura 14).

As ocupações de alta vulnerabilidade caracterizam-se por edificações de alvenaria, madeira e mistas, localizadas próximas ao leito dos rios e arroios nas áreas de várzea (planícies). Pontualmente, há residências adaptadas para suportarem os processos de inundações atuantes sem maiores danos (Figura 15).



Figura 12- Imagem de drone após o evento de abril/maio de 2024 da destruição na Comunidade Barra do Zeferino. Setor RS_DOUTORR_SR_013_SGB.



Figura 13- Imagem de drone após o evento de abril/maio de 2024 da destruição da ponte no arroio Zeferino e da Comunidade Barra do Zeferino. Setor RS_DOUTORR_SR_013_SGB.



Figura 14- Evidências antigas e recentes (marcas d'água na ocupação) em escola antiga da comunidade Barra do Zeferino. Setor RS_DOUTORR_SR_013_SGB.



Figura 15- Ocupação atingida no evento de 2024, de dois pavimentos devido a recorrência antiga de eventos de inundações. Setor RS_DOUTORR_SR_016_SGB.

6.3. ÁREAS A SEREM MONITORADAS

Neste município ainda se observam áreas com risco médio e baixo a movimentos de massa e processos hidrológicos. As características geomorfológicas da região apresentam desde áreas elevadas, características do planalto da Serra Geral e áreas de várzeas do rio Guaporé. Com isso, e outras características naturais deste município, a ocupação desordenada e sem estudos técnicos adequados ocasiona áreas de risco médio e baixo.

Algumas áreas de risco médio verificadas situam-se em regiões de baixas a médias declividades do município distantes dos leitos principais dos maiores rios, como o rio Putinga ou o Guaporé, mas que estão sendo ocupadas através da utilização do método construtivo de cortes íngremes e aterros lançados, e em muitos casos sem responsabilidade técnica. Outros exemplos, são ocupações situadas nas áreas rurais nos vales encaixados, também em encostas de moderadas declividades, mas próximas a vertentes de alta suscetibilidade a movimentos de massa, as quais não demonstraram indícios ou cicatrizes de deslizamento no último evento de grandes pluviosidades de abril/maio de 2024.

Embora estas áreas não representem uma ameaça imediata, exigem atenção constante para não evoluírem para níveis de risco alto ou muito alto. Por meio do monitoramento sistemático e da implementação de ações corretivas, é possível prevenir a ocorrência de eventos adversos significativos e garantir um ambiente controlado e seguro.

7. SUGESTÕES

Neste capítulo são apresentadas sugestões baseadas nas situações verificadas durante a realização do presente trabalho. É de suma importância esclarecer que as recomendações listadas a seguir têm caráter exclusivamente orientativo e, no caso das intervenções estruturais, não dispensam, em nenhuma hipótese, a realização de estudos e projetos de engenharia específicos, a serem desenvolvidos sob a inteira responsabilidade dos gestores municipais,

devidamente amparados por profissionais habilitados para tal, e com a devida Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), nos termos das Leis 5.194/1966 e 6.496/1977.

1. Constituição de quadro permanente da Defesa Civil Municipal, preferencialmente embasado por legislação municipal e por meio da promoção de concurso público, evitando a substituição dos integrantes por motivação exclusivamente política, especialmente durante as transições de governo;
2. Avaliar possibilidade de remover e realocar temporariamente em locais seguros os moradores que se encontram nas áreas de risco durante o período de chuvas;
3. Desenvolver estudos de adequação do sistema de drenagem pluvial e esgoto a fim de evitar que o fluxo seja direcionado sobre a face dos taludes ou encostas;
4. Fiscalizar e proibir a construção em áreas protegidas pela legislação vigente;
5. Instalar sistema de alerta para as áreas de risco, através de meios de veiculação pública (mídia, sirenes, celulares), permitindo a remoção eficaz dos moradores em caso de alertas de chuvas intensas ou contínuas;
6. Realizar programas de educação ambiental voltados para as crianças em idade escolar e para os adultos em seus centros comunitários, ensinando-os a evitar a ocupação de áreas impróprias para construção;
7. Elaborar plano de contingência que envolva a zona rural e urbana, para aumentar a capacidade de resposta e prevenção a desastres no município;
8. Fiscalizar e exigir que novos loteamentos apresentem projetos urbanísticos respaldados por profissionais habilitados para tal;
9. Executar manutenção das drenagens pluviais e canais de córregos, a fim de evitar que o acúmulo de resíduos impeça o perfeito escoamento das águas durante a estação chuvosa;
10. Agir de modo preventivo nos períodos de seca, aproveitando a baixa no número de ocorrências para percorrer e vistoriar todas as áreas de risco conhecidas e adotar as medidas preventivas cabíveis;
11. Adequar os projetos de engenharia às condições geológicas e topográficas locais, evitando realizar escavações e aterros de grande porte.

8. CONCLUSÕES

No município de Doutor Ricardo, foram identificados 16 setores de alto risco (R3) e muito alto risco (R4) a processos hidrológicos e de movimentos de massa, conforme Tabela 4. Distribuídos principalmente nos vales dos rios Putinga, Zeferino e Guaporé, principalmente nas áreas rurais. Ressaltamos que a maioria dos setores neste município ocorreu devido às características naturais do relevo acidentado, principalmente nas regiões rurais, mas também devido às chuvas elevadas no desastre meteorológico ocorrido de abril a maio de 2024 no estado do Rio Grande do Sul.

Dentre os movimentos de massa, Dr. Ricardo apresentou indícios de deslizamentos planares e queda de lascas/blocos, e potencial para corridas de massa associadas, o que provavelmente poderá ocorrer novamente em determinados eventos de chuva. Quanto aos processos

hidrológicos, apresentou histórico de inundações e enxurradas, principalmente no rio Guaporé ou na desembocadura do arroio Zeferino.

Neste município ainda se observam áreas com risco médio e baixo a movimentos de massa e processos hidrológicos. As características geomorfológicas da região apresentam desde áreas elevadas com suscetibilidade a movimentos de massa até áreas de várzeas dos rios afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Com isso, e outras características naturais deste município, a ocupação desordenada e sem estudos técnicos adequados ocasiona áreas de risco médio e baixo.

A ordenação do território e a adoção de técnicas seguras de ocupação são fundamentais para conter o adensamento e o desenvolvimento de novas áreas de risco. Alguns produtos de cartografia geológica ao nível municipal são importantes instrumentos na área de prevenção de desastres, como exemplo as cartas de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações desenvolvidas pelo SGB. Outro recurso é o aplicativo Prevenção SGB, disponível gratuitamente para iOS e Android, que permite aos cidadãos terem informações sobre áreas de risco no país e cadastrar novos pontos de ocorrência de risco geológico e hidrológico, servindo de subsídio para a atualização frequente deste tema nos municípios.

Cabe ressaltar que o presente relatório é de caráter informativo e representa as condições atuais observadas no período da visita de campo. Dessa forma, tendo em vista a dinâmica do crescimento urbano e, conseqüentemente, das áreas de risco geológico, é fundamental que o trabalho seja periodicamente atualizado.

CONTATO MUNICIPAL

Prefeito: Alvaro José Giacobbo

e-mail: administracao@doutorricardo.rs.gov.br

Coordenador Municipal de Proteção e Defesa Civil: Diego Ceolan

e-mail: defesacivil@doutorricardo.rs.gov.br

REFERÊNCIAS

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 [...]. [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, 11 abr. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 17 mar. 2023.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Treinamento de técnicos municipais para o mapeamento e gerenciamento de áreas urbanas com risco de escorregamentos, enchentes e inundações**. Apostila de treinamento. Brasília, 2004, 73p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margem dos rios**. Brasília, 2007. 176 p.

COLLISCHONN, W.; CABELEIRA, R.; RAMALHO, N.; RUHOFF, A.; PAIVA, R.; FAN, F.; WONGCHUIG, S.; BREDÁ, J. Chuvas sem precedentes de abril a maio de 2024 no Sul do Brasil definem novo recorde. **SciELO Preprints**, São Paulo: Scielo, 2024a. DOI: 10.1590/SciELOPreprints.9773. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/9773>. Acesso em: 21 nov. 2024.

COLLISCHONN, W.; RUHOFF, A.; CABELEIRA FILHO, R.; PAIVA, R.; FAN, F.; POSSA, T.; PICKBRENNER, K. **Nota técnica**: Chuva da cheia de 2024 foi mais volumosa e intensa que a da cheia de na bacia hidrográfica do Guaíba. Porto Alegre: UFRGS-IPH; Serviço Geológico do Brasil, 2024b. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2024/06/Comparacao-2024-e-1941-final.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2024.

DANTAS, M. E. Biblioteca de relevo do território brasileiro. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. da. (org). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. Apêndice 2. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16774>. Acesso em: 29 abr. 2024.

DANTAS, M. E.; VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. da. Origem das paisagens. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. da. (org). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2010. p. 37-86. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/16774>. Acesso em: 29 abr. 2024.

GERMANO, A. de O.; LAMBERTY, D.; SILVA, E. D.; BUFFON, F. T.; PEDROLLO, M. C. R. **Avaliação indireta do nível máximo das águas do delta do Rio Jacuí na região central de Porto Alegre, entre as estações Cais Mauá C6 e Usina do Gasômetro, na grande cheia de maio de 2024**. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24911>. Acesso em: 21 nov. 2024.

HUFFMAN, G. J.; STOCKER, E. F.; BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J.; TAN, J. **GPM IMERG Late Precipitation L3 Half Hourly 0.1 degree x 0.1 degree V06 (GPM_3IMERGHH) at GES DISC**. Greenbelt, MD: Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center, 2019. (GES DISC). Disponível em: [10.5067/GPM/IMERG/3B-HH-L/06](https://doi.org/10.5067/GPM/IMERG/3B-HH-L/06). Acesso em: 21 nov. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (Brasil). **Normais climatológicas do Brasil**. Brasília, DF: INMET, [2024]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 21 nov. 2024.

LANA, Julio Cesar; JESUS, Denilson de; ANTONELLI, Tiago. **Guia de procedimentos técnicos do Departamento de Gestão Territorial**: setorização de áreas de risco geológico. Brasília: CPRM, 2021. v. 3. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/22262>. Acesso em: 10 set. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; KENUP, R. E.; ZANETTI, H. P.; BENVENUTTI, L.; OLIVEIRA, M. P. de; WILSON, E. da S.; ACOSTA, C. C.; BAO, R. **Nota Técnica**: aferição direta e avaliação indireta do nível máximo de rios em estações fluviométricas e marcas de inundação no Rio Grande do Sul na grande cheia de maio de 2024. 9ª versão. Porto Alegre: Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 2024. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/24939.10>. Acesso em: 21 nov. 2024.

REBOITA, M. S.; MATTOS, E. V.; CAPUCIN, B. C.; SOUZA, D. O. de; FERREIRA, W. de S. **A multi-scale analysis of the extreme precipitation in southern Brazil in april/may 2024**. Atmosphere, v. 15, n. 9, p. 1123, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos15091123>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/9/1123>. Acesso em: 10 dez. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento Governança e Gestão. Departamento de Economia e Estatística. Departamento de Planejamento Governamental. **Mapa Único Plano Rio Grande**. [Porto Alegre]: SPGG; DEE; DEPLAN, 2024. Disponível em: <https://mup.rs.gov.br/>. Acesso em: 21 nov. 2024b.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Dados Gerais das bacias hidrográficas**. Porto Alegre: SEMA, [2024]. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 21 nov. 2024a.

SILVEIRA, A. L. L. **Chuvas e vazões da grande enchente de 1941 em Porto Alegre/RS**. Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, n. 35, p. 69-90, 2020.

