

**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**

## **Arroio do Padre, RS**

**REALIZAÇÃO**

**DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL**

**DIVISÃO DE GEOLOGIA APLICADA**

**2025**

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**Ministro de Estado**

Alexandre Silveira de Oliveira

**Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**

Vitor Eduardo de Almeida Saback

**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**

Cassiano de Souza Alves

**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 SALVADOR**

**Superintendente**

Erison Soares Lima

**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

Amilton de Castro Cardoso

**Supervisor de Hidrogeologia e Gestão Territorial**

João Luiz Matta de Souza

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

Arroio do Padre, RS

AUTORES

Rubens Pereira Dias  
Cristovaldo Bispo dos Santos



---

Salvador  
2025

**CARTOGRAFIA DE RISCO GEOLÓGICO – ARROIO DO PADRE, RS**

**REALIZAÇÃO**

**Departamento de Gestão Territorial (DEGET)**

**Divisão de Geologia Aplicada (DIGEAP)**

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

Júlio César Lana

**AUTORES**

Rubens Pereira Dias

Cristovaldo Bispo dos Santos

**CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA**

Adriano Souza Schorr

Camila Dalla Porta Mattiuzzi

Karine Pickbrenner

Francisco Marcuzzo

Márcia Conceição Pedrollo

# 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

---

**E**ste trabalho apresenta os resultados do mapeamento de áreas de risco geológico executado no município de Arroio do Padre/RS. Os trabalhos se iniciaram com uma reunião de apresentação, realizada no dia 24/01/2025 e tiveram sequência no dia 30/01/2025, quando foram feitos os levantamentos de campo. Não foram identificadas no município áreas de risco alto ou muito alto, objeto central deste trabalho. Todavia, constatou-se a existência de 02 áreas de risco médio, associadas aos processos de deslizamentos e inundações, as quais recomenda-se que sejam monitoradas, a fim de evitar o agravamento do grau de risco.

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 .....	15
8. CONCLUSÕES.....	16
9. CONTATO MUNICIPAL .....	16
REFERÊNCIAS .....	17

## 1. INTRODUÇÃO

---

De acordo com as informações disponibilizadas pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)<sup>1</sup>, 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, o efeito desses desastres poderia ser mitigado 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 práticas de 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 Arroio do Padre/RS, nos dias 24/01/2025 e 30/01/2025.

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
Rubens Pereira Dias	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Cristovaldo Bispo dos Santos	Pesquisador em Geociências	Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
Otto Augusto Klug	Secretário de Obras	Prefeitura Municipal de Arroio do Padre

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

---

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



- 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 Sustentável<sup>2</sup> (Figura 1) e com o marco pós-2015 para a redução de riscos de desastres, também conhecido como Marco de Sendai<sup>3</sup>.

### 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;
- Direcionar as ações da Defesa Civil;

<sup>2</sup> 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/>

<sup>3</sup> 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>

- 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, conseqüentemente, 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]).

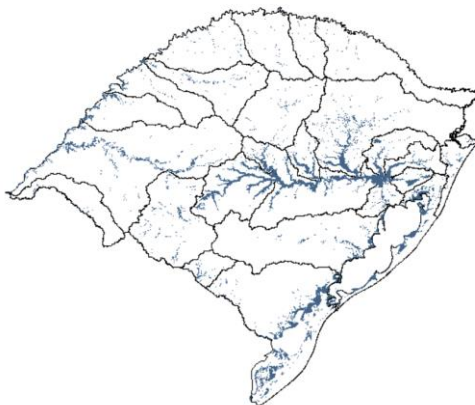


Figura 2- Extensão das áreas diretamente atingidas.

#### 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.

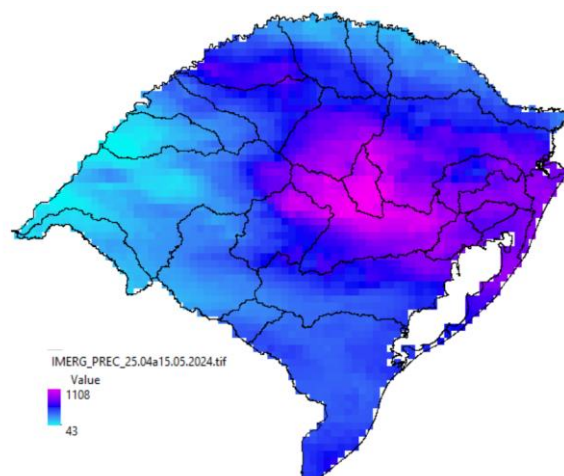


Figura 3- Estimativa de satélite de precipitação acumulada 25/04 a 15/05 Fonte: Huffman *et al.* (2019).

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.

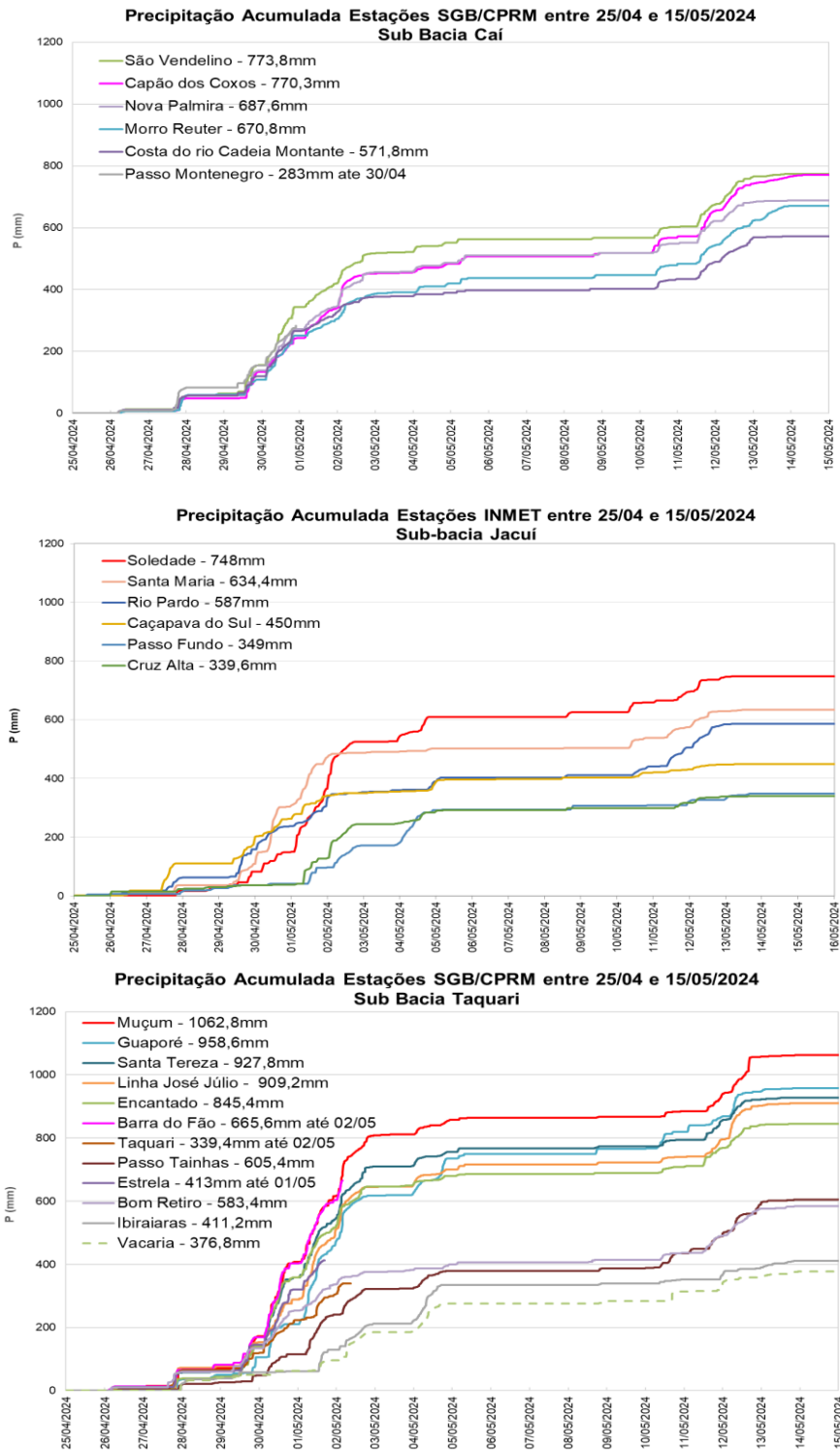


Figura 4- Evolução temporal da precipitação nas sub-bacias dos rios Jacuí, Taquari e Cai entre 25/04 e 15/05/2024.

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	Maior	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 4 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 km<sup>2</sup> 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 Secretária 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.

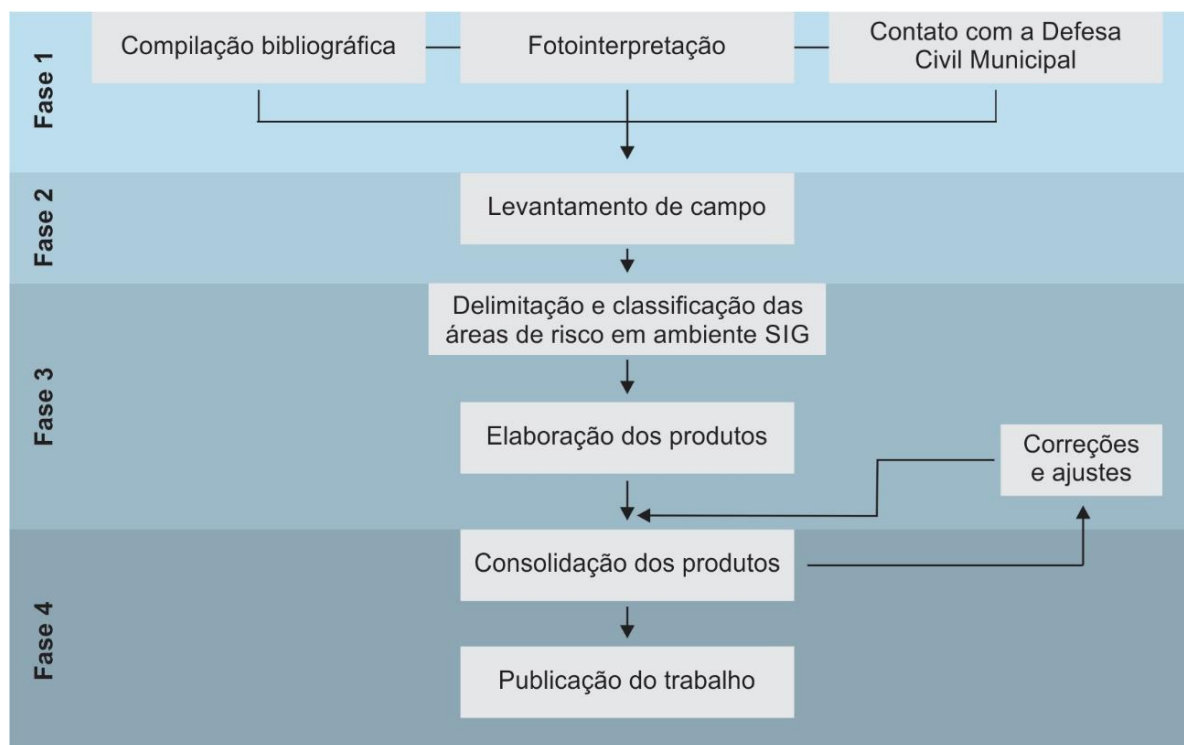


Figura 5- Fluxo de processos executados durante o trabalho.



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	<p>Inclui somente áreas urbanizadas.</p> <p>Escala de referência varia entre 1:1.000 e 1:2.000.</p> <p>É feito por caminhamento, em conjunto com a Defesa Civil Municipal.</p> <p>Avaliam-se condições e indícios de risco geológico nas áreas pré-selecionadas pela equipe do SGB-CPRM e naquelas indicadas pela Defesa Civil Municipal.</p> <p>Não avalia eficácia ou pertinência de obras de engenharia de qualquer natureza.</p> <p>Não são avaliadas condições que não têm qualquer relação com processos geológicos.</p> <p>Utilizam-se GPS, tablet e/ou máquina fotográfica para registro das estações de campo.</p>
3	Delimitação e classificação das áreas de risco	<p>É feita por meio da interpolação de estações de campo.</p> <p>Não são cartografadas áreas sem edificações de permanência humana.</p> <p>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.</p> <p>São delimitadas e classificadas apenas as áreas de risco alto ou muito alto.</p> <p>As áreas de risco médio ou baixo, eventualmente, são indicadas no relatório como áreas de monitoramento.</p>
	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.

## 5.2. 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
<b>R1</b> <b>Baixo</b>	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).
<b>R2</b> <b>Médio</b>	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).
<b>R3</b> <b>Alto</b>	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.
<b>R4</b> <b>Muito alto</b>	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
<p><b>R1</b> <b>Baixo</b></p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>3. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p>
<p><b>R2</b> <b>Médio</b></p>	<p>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.</p> <p>2. Observa-se a presença de algum (ns) sinal/feição/evidência (s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porem incipiente (s). Processo de desestabilização EM ESTÁGIO INICIAL de desenvolvimento.</p> <p>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.</p>
<p><b>R3</b> <b>Alto</b></p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
<p><b>R4</b> <b>Muito alto</b></p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

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

Durante a execução deste trabalho, não foram identificados no município setores de risco alto ou muito alto, os quais constituem o objeto de análise do presente estudo. Entretanto, verificou-se a existência de algumas áreas a serem monitoradas pelo poder público municipal, com o intuito de impedir que as condições de risco se agravem futuramente.

### 6.1. ÁREAS A SEREM MONITORADAS

O quadro 5 apresenta duas áreas consideradas de risco médio identificadas no município.

Quadro 5 - Relação de áreas a serem monitoradas pelo poder público municipal.

Logradouro	Tipologia
Antigo Quilombo Bairro Progresso	Deslizamento planar
Arroio Pimentas – Ponte Bairro Progresso	Enxurrada

Quilombo: No ano de 2011 ocorreu um deslizamento próximo ao Bairro Progresso e atingiu algumas casas. A municipalidade resolveu retirar os moradores e transferi-los para uma localidade mais segura.



Figura 6 – Moradias abandonadas e transferidas para outra localidade- Quilombolas.



Figura 7 – Localidade onde se encontra o novo quilombo – Rua dos Ipês, Bairro Progresso.

Ponte do Rio Pimenta – Bairro Progresso, próximo ao Moinho Dona Ana: Outra localidade que necessita da atenção do município na ocorrência de chuvas fortes e contínuas. A ponte

construída ao lado da antiga sem um estudo adequado, poderá reter detritos, provocando extravasamento das águas, obstrução do acesso, além da possibilidade de atingir uma fazenda.



Figura 8 – Localidade mais baixa da estrada, duplicação e construção de uma segunda ponte ao lado da antiga, sobre o rio Pimenta.



Figura 9 – Detritos e resíduos poderão sofrer retenção nas pontes, causar represamentos e transbordamento das águas do Arroio Pimentas.

## 7. SUGESTÕES

---

Neste capítulo são apresentadas sugestões baseadas nas situações verificadas durante a realização do presente trabalho.

É de suma importância esclarecer que as medidas de intervenção apresentadas constituem orientações gerais, não mandatárias, que objetivam nortear as administrações municipais a respeito de possíveis formas de atuação para mitigar ou erradicar o risco geológico.

Recomenda-se que qualquer intervenção estrutural seja embasada por estudos e projetos chancelados por profissionais legalmente habilitados para tal.

1. Fiscalizar e proibir a construção em áreas protegidas pela legislação vigente e exigir que novos empreendimentos apresentem projetos respaldados por profissional habilitado;
2. Executar manutenção das drenagens pluviais e dos canais de córregos, a fim de evitar que o acúmulo de resíduos impeça o perfeito escoamento das águas durante a estação chuvosa;
3. Realizar programas de educação ambiental para adultos e crianças em idade escolar em centros comunitários, escolas, etc, ensinando-os a evitar a ocupação de áreas impróprias para construção e acerca do descarte de lixo e esgoto diretamente em rios e cursos d'água;
4. Constituir um quadro efetivo da Defesa Civil Municipal, preferencialmente embasado em lei municipal e com concurso público, para se evitar a substituição de membros, principalmente nas transições de governo.

## **8. CONCLUSÕES**

---

Não foram identificadas áreas de risco alto ou muito alto no município de Arroio do Padre, quer seja de inundações ou de movimentos gravitacionais de massa. Isso se deve em grande parte à baixa densidade demográfica da região e distribuição regular das áreas urbanizadas.

De todo modo, foram identificadas 02 áreas onde recomenda-se proceder monitoramento e fiscalização sistemática, a fim de evitar o agravamento do grau de risco futuramente.

## **9. CONTATO MUNICIPAL**

---

Prefeito: Juliano Hobus Buchweitz

e-mail: gabinete@arroiodopadre.rs.gov.br

Secretário de Obras e Coordenador de Defesa Civil: Otto Augusto Klug

e-mail: obras@arroiodopadre.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 [...]. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm](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.
- 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\_3IMERGHHL) 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://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.





MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

