

NOTA TÉCNICA

Os impactos do evento climático de maio de 2024 sobre a cobertura e o uso da terra no Rio Grande do Sul

Eliana Lima da Fonseca¹
Eliseu José Weber¹
Heinrich Hasenack¹
Wallace Silva²
Vinícius Mesquita³
Eduardo Vélez Martín⁴
Juliano Schirmbeck⁴
João Siqueira⁵
Bruno Ferreira⁶
Paulo Teixeira Jr.⁷
Tasso Azevedo⁸
Julia Shimbo²



Foto: Aurio Zanatta

RESUMO	3
1.INTRODUÇÃO	4
2.OBJETIVO	7
3.MÉTODO	8
3.1. Fonte de dados	8
3.2. Tratamento dos dados e análises	10
3.3 Limitações do mapeamento gerado	15
4.RESULTADOS	16
4.1.Toolkit para visualização e download dos resultados	16
4.2. Identificação e quantificação das áreas atingidas.....	19
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
6.LINKS CITADOS NO TEXTO	24
CONTATO	25
..	

Precipitações extremas ocorridas no **Rio Grande do Sul**, em abril-maio de 2024, tiveram consequências graves de **deslizamentos de terra, enxurradas, inundações e alagamentos** em várias regiões, atingindo grande parte dos municípios do Estado.

Esta nota técnica apresenta um conjunto de **dados geospaciais relativos ao mapeamento das áreas atingidas no Rio Grande do Sul** por um ou mais desses processos, e estimativas da sua extensão por tipo de cobertura e uso da terra.

O mapeamento da área atingida foi elaborado a partir do **processamento e análise de imagens de satélites**, obtidas por sensores óticos e de radar, **em um período anterior e imediatamente após os eventos de precipitação severa**. O **mapa da área atingida foi depois sobreposto ao mapa de cobertura e uso da terra** da coleção Beta MapBiomas 10 metros, do ano de 2022, para identificar e calcular a **extensão das classes de cobertura e uso na área atingida**.

Essa análise foi realizada para **vários recortes espaciais (estado, bacia hidrográfica, bioma e município)**, buscando fornecer informações úteis para avaliação e tomada de decisão com relação às áreas atingidas, e para a definição de ações em vários horizontes de prazo.

A **área atingida** mapeada com a metodologia descrita nesta nota técnica corresponde a **5,6%** do território do estado do **Rio Grande do Sul**. Os **resultados são disponibilizados em um toolkit para visualização, consulta e download** dos dados de interesse por parte de qualquer usuário -

<https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit>

Com esse produto o MapBiomas espera contribuir para a obtenção de um retrato mais fidedigno da extensão e tipificação das áreas atingidas, somando-se a outras iniciativas.

1. Introdução

Mudanças climáticas no Rio Grande do Sul

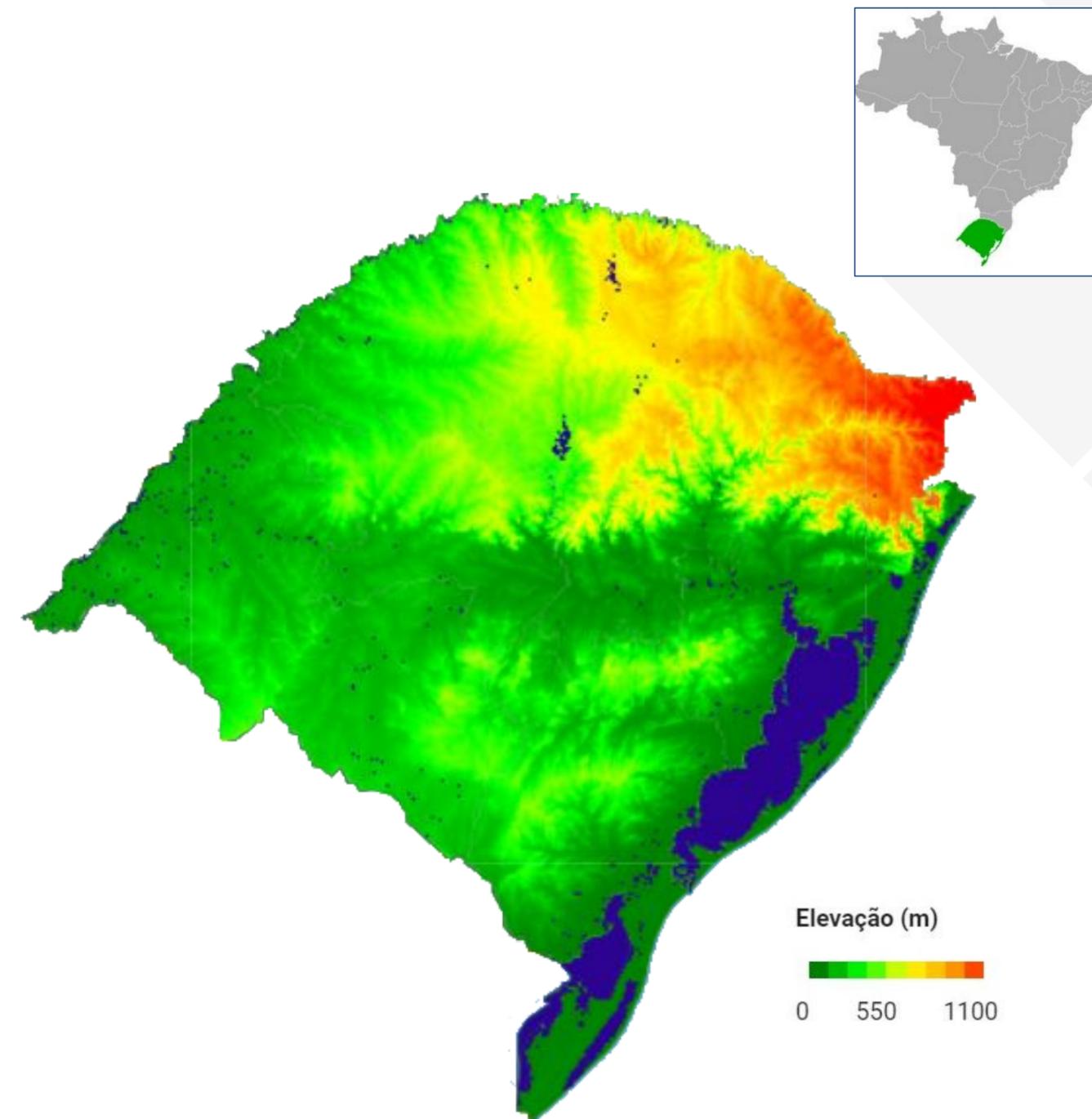
○ **Rio Grande do Sul** (RS) possui superfície de 281.748 km², 5% do território nacional, onde vivem 10,9 milhões de habitantes (Censo 2022) distribuídos em 497 municípios. Em 2023, o estado contribuiu com 5,9% do PIB nacional, o quinto PIB do país.

Estado mais meridional do Brasil, situa-se em uma zona subtropical na costa leste do oceano Atlântico caracterizada pelo encontro de massas de ar tropicais, vindas do Atlântico e da Amazônia, na primavera e verão, e de massas de ar polares, oriundas do sul da América, no outono e inverno. A alternância na atuação dessas massas resulta em chuvas distribuídas ao longo do ano, sem estação seca. **Os eventos extremos, como vendavais e precipitações intensas, são mais frequentes nas estações de transição, primavera e outono.**

No cenário de mudanças climáticas, as projeções do IPCC indicam tendência de aumento na precipitação e na frequência de eventos severos (1). **As normais climatológicas do INMET dos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020 confirmam que praticamente todas as regiões do estado já apresentaram mudanças nessa direção, algumas delas com até 300mm de aumento na precipitação anual entre os dois períodos (2).**

(1) <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

(2) <https://portal.inmet.gov.br/normais>



Mapa hipsométrico (altitudes) do estado do Rio Grande do Sul

1. Introdução

O clima do Rio Grande do Sul também sofre influência dos fenômenos El Niño e La Niña, que provocam variabilidade interanual acentuada, principalmente na precipitação.

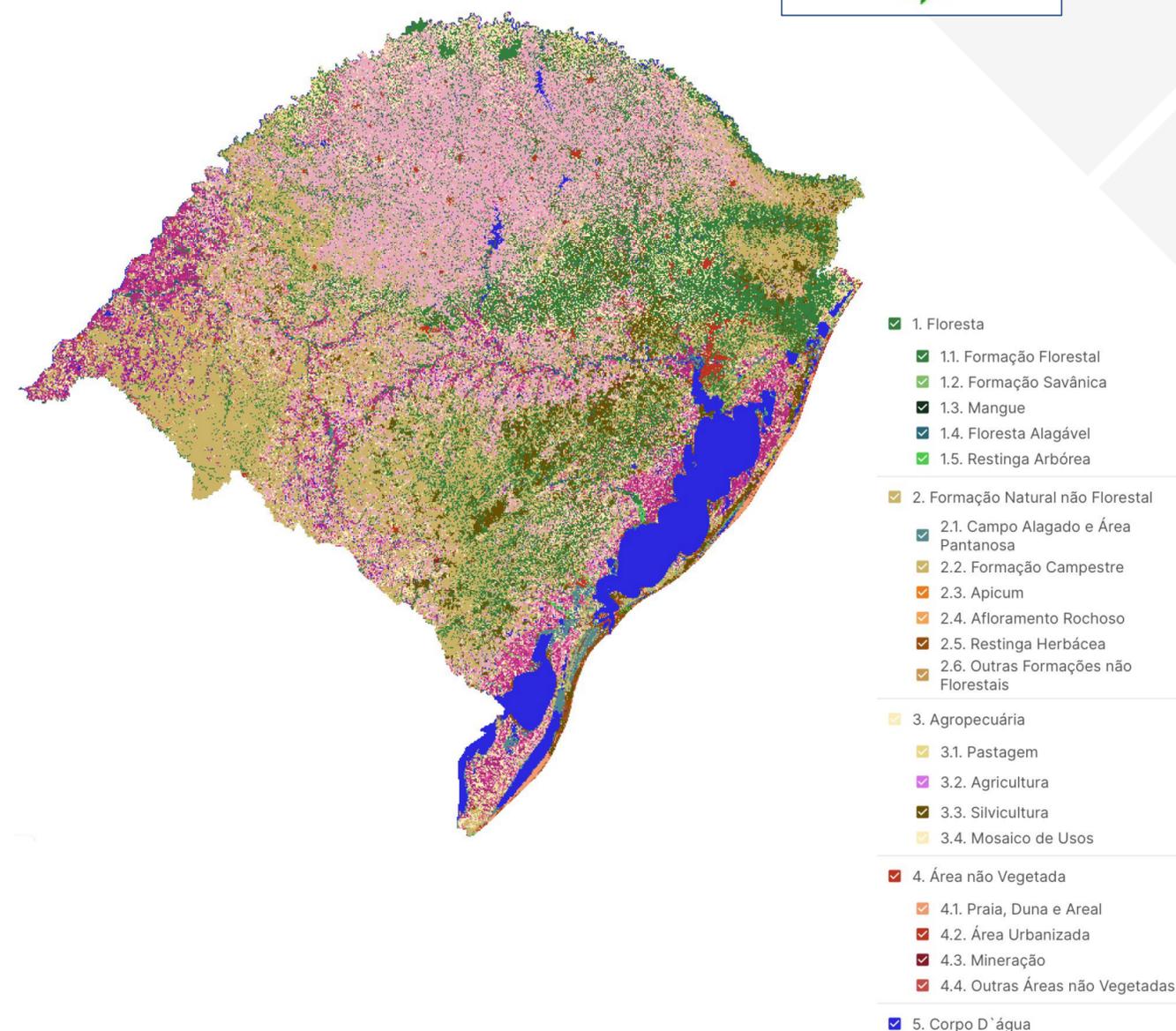
Em anos sob influência de La Niña tende a haver redução na precipitação e ocorrência de estiagens, e em anos de El Niño as precipitações tendem a ocorrer em maior volume e intensidade, podendo chover em um único dia o equivalente à média mensal.

Durante o **El Niño mais recente, ocorreram quatro eventos de precipitações severas no Rio Grande do Sul**: junho de 2023, no Vale do Rio dos Sinos e no Litoral Norte; setembro de 2023, no Vale do Rio Taquari-Antas; novembro de 2023, nos vales dos rios Taquari-Antas e Caí, na Serra Gaúcha e na Região Metropolitana; e abril-maio de 2024, abrangendo praticamente todo o estado.

As chuvas do último evento foram extremas tanto em volume quanto em intensidade. **Registros de pluviômetros da ANA, CEMADEN e INMET superaram 500 mm em duas semanas em boa parte do Rio Grande do Sul, e totalizaram mais de 1.000 mm em alguns locais.** O enorme volume precipitado em curto período de tempo provocou movimentos de massa e cheias rápidas e com grande subida do nível dos rios nas regiões de serra, e inundações prolongadas e de grande extensão nas regiões mais baixas.

Mapa de Cobertura e Uso da Terra do Rio Grande do Sul (2022)

Fonte: MapBiomas Coleção 8



1. Introdução

As **precipitações extremas em abril-maio de 2024 resultaram no maior desastre climático já registrado no Rio Grande do Sul**, com consequências graves de deslizamentos de terra, enxurradas, inundações e alagamentos em diferentes regiões do estado.

Até o momento da elaboração desta nota técnica, contavam-se mais de 170 óbitos confirmados e mais de 40 pessoas desaparecidas, além de danos ambientais e sociais e prejuízos econômicos de magnitude sem precedentes, e que ainda precisam ser dimensionados.

As imagens de satélite podem fornecer informações valiosas para avaliação e tomada de decisão com relação às áreas atingidas, e definição de ações em vários horizontes de prazo. Elas captam informações sobre as características dos alvos na superfície da Terra, possibilitando identificar e delimitar áreas ou feições de interesse, como as áreas de ocorrência dos processos acima mencionados.

Esta nota técnica apresenta resultados obtidos a partir de imagens de vários satélites acessíveis ao MapBiomas e dados de outras fontes, visando contribuir para a obtenção de um retrato mais fidedigno da extensão e tipificação das áreas atingidas, somando-se a iniciativas de universidades e instituições que também estão empenhadas na tarefa.

TIPOS DE DESASTRES OBSERVADOS NA ÁREA ATINGIDA NO RIO GRANDE DO SUL



Deslizamento: Fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados de encostas, pendentes ou escarpas.



Enxurrada: A enxurrada é provocada por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzir súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.



Inundação: Na enchente as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam gradualmente.



Alagamento: é a água acumulada no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes.

Fonte:

BRASIL.Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Manual de desastres*. Brasília: MIR, 2003, vol 1 (Desastres Naturais) (modificado)

BRASIL.Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Simbologia dos desastres*. Brasília: MIN. 2004. (modificado)

2. Objetivo

O **objetivo** desta nota técnica é **apresentar dados geoespaciais e estimativas das áreas atingidas por processos desencadeados pelos eventos de extrema precipitação pluvial de abril-maio de 2024 no estado do Rio Grande do Sul**, com abrangência espacial de todo o estado, contemplando:

- **Identificação e delimitação da área diretamente atingida (ADA)** por deslizamento, enxurrada, inundação ou alagamento, em uma mancha contínua aqui denominada área atingida, a partir do processamento e análise de imagens de satélite.
- **Quantificação atingida em diferentes tipos de cobertura e uso da terra em cada bacia hidrográfica (SEMA-RS) e em cada município** do estado do Rio Grande do Sul.

Seleção das imagens de satélite

Foram utilizadas tanto imagens de satélite de acesso gratuito (ex Sentinel), disponibilizadas por agências governamentais, quanto comerciais (ex. Planet), acessíveis ao MapBiomas por meio de contrato específico.

As imagens foram produzidas por **sensores ópticos**, que não conseguem captar informações de alvos encobertos por nuvens, e por **sensores de radar**, que conseguem captar informações com ou sem a presença de nuvens. Elas foram usadas de forma complementar, considerando as limitações de escala espacial (tamanho do pixel), temporal (datas de aquisição) e do sensor (faixa de comprimento de onda), buscando-se gerar a melhor cobertura possível para todo o estado do Rio Grande do Sul.

A partir de uma análise visual das imagens foram definidos **períodos correspondentes à situação anterior e à situação posterior aos eventos** de precipitações extremas, para os quais foram utilizadas todas as cenas disponíveis.

Imagens de satélite utilizadas, sensores, resolução e cobertura.

Satélite	Sensor	Resolução	Cobertura
Sentinel-1	Radar	10 m	Não possui cobertura regular
Sentinel-2	Óptico	10 m	5 dias
Planet (SCCON)	Óptico	3 a 4 m	Diária

Recorte de imagem Planet sobre Roca Sales (Abril 2024)



Recorte de imagem Planet sobre Roca Sales (Maio 2024)



As imagens de satélite e demais fontes de dados utilizadas para a elaboração desta nota técnica são as seguintes:

- Imagens de radar adquiridas pelo satélite Sentinel-1 (ESA) - período anterior: 01/09/2023 a 30/04/24, período posterior: 01 a 14/05/2024;
- Imagens ópticas adquiridas pelo satélite Sentinel-2 (ESA) - período anterior : 01 a 25/04/2024, período posterior: 01 a 16/05/2024;
- Imagens ópticas adquiridas pela constelação de satélites Planet (SCCON) - período anterior: 01/03 a 30/04/2024, período posterior: 05 a 30/05/2024;
- Modelo Digital de Elevação (NASA SRTM Digital Elevation);
- Limite vetorial da mancha de inundação na região metropolitana de Porto Alegre em 6 de maio de 2024 (Possanti et al., 2024);
- Mapa de cobertura e uso da terra do Brasil do ano de 2022, da Coleção Beta do MapBiomas 10 metros, elaborada com imagens do satélite Sentinel-2 (MapBiomas, 2022);
- Limite vetorial dos municípios do Rio Grande do Sul (IBGE, 2021);
- Limite das Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul (SEMA, 2018).

Identificação e mapeamento da área atingida

A identificação e mapeamento da área atingida foi realizada com uma combinação de metodologias consolidadas, de aplicação rápida e relativamente simples, buscando-se minimizar os erros no produto final. Basicamente foram empregados dois métodos diferentes de **detecção de mudanças**: por **limiar** e por “**clustering**”.

O método de detecção de mudanças por **limiar** envolve a comparação algébrica dos valores dos pixels de imagens de satélite adquiridas por um mesmo sensor em dois momentos diferentes. A partir da aplicação de um limiar a essa diferença é possível identificar os pixels cuja variação temporal está acima ou abaixo do limiar.

No método de “**clustering**” ou “agrupamento”, os dados adquiridos em dois momentos diferentes são agregados por similaridade a partir de um algoritmo escolhido, possibilitando separar de forma automática as áreas onde houve uma grande variação no sinal detectado pelos satélites entre em um momento e outro.

As **imagens de radar** do **Sentinel-1** no formato “Ground Range Detected” foram **submetidas à detecção de mudanças por limiar**, a partir do método pré-definido pela UN-SPIDER (United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response) (link 1)).

As **imagens ópticas** do **Sentinel-2** foram submetidas a dois métodos:

- A detecção de mudanças por **limiar** foi aplicada à diferença de imagens padronizadas do **Índice de Água** dos dois períodos (link 2).
- A detecção de mudanças por “**clustering**” foi aplicada a uma transformação **PCA** (PCA - Análise de Componentes Principais) com um mosaico de mediana dos dois períodos e o algoritmo “K-Means” para agrupar os pixels com padrão similar.

Os três resultados foram combinados em uma única camada. Posteriormente foram excluídos pixels isolados, situados em encostas e em áreas elevadas aplicando-se um limiar de altitude em relação ao curso d'água mais próximo (HAND - Height Above the Nearest Drainage).

Por último, foi acrescida a mancha de inundação na região metropolitana de Porto Alegre (Possanti et al., 2024) para compensar as limitações das imagens utilizadas em identificar inundações e alagamentos em áreas urbanas densamente ocupadas. O **resultado** corresponde a **locais atingidos por inundações e alagamentos**.

Identificação e mapeamento da área atingida por deslizamentos e enxurrada

As imagens dos satélites Planet foram submetidas ao método de detecção de mudanças por **limiar**, com base na diferença de **NDVI** (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) de mosaicos de medianas dos dois períodos.

O resultado corresponde a locais que perderam a cobertura vegetal por terem sido atingidos por **deslizamentos e enxurradas**. Uma inspeção visual com consulta às declividades derivadas do SRTM possibilitou verificar que os deslizamentos podem ser separados das enxurradas por um limiar de declividade de 7%.

Por último, a camada com áreas de deslizamentos e enxurradas foi combinada com a camada anterior, correspondente a locais de inundações e alagamentos, para gerar uma única camada representando a **área atingida** por algum dos processos em uma cobertura contínua para todo o Rio Grande do Sul.

Exemplo da visualização de deslizamentos nas imagens Planet em áreas de florestas. Em azul, o leito do rio.



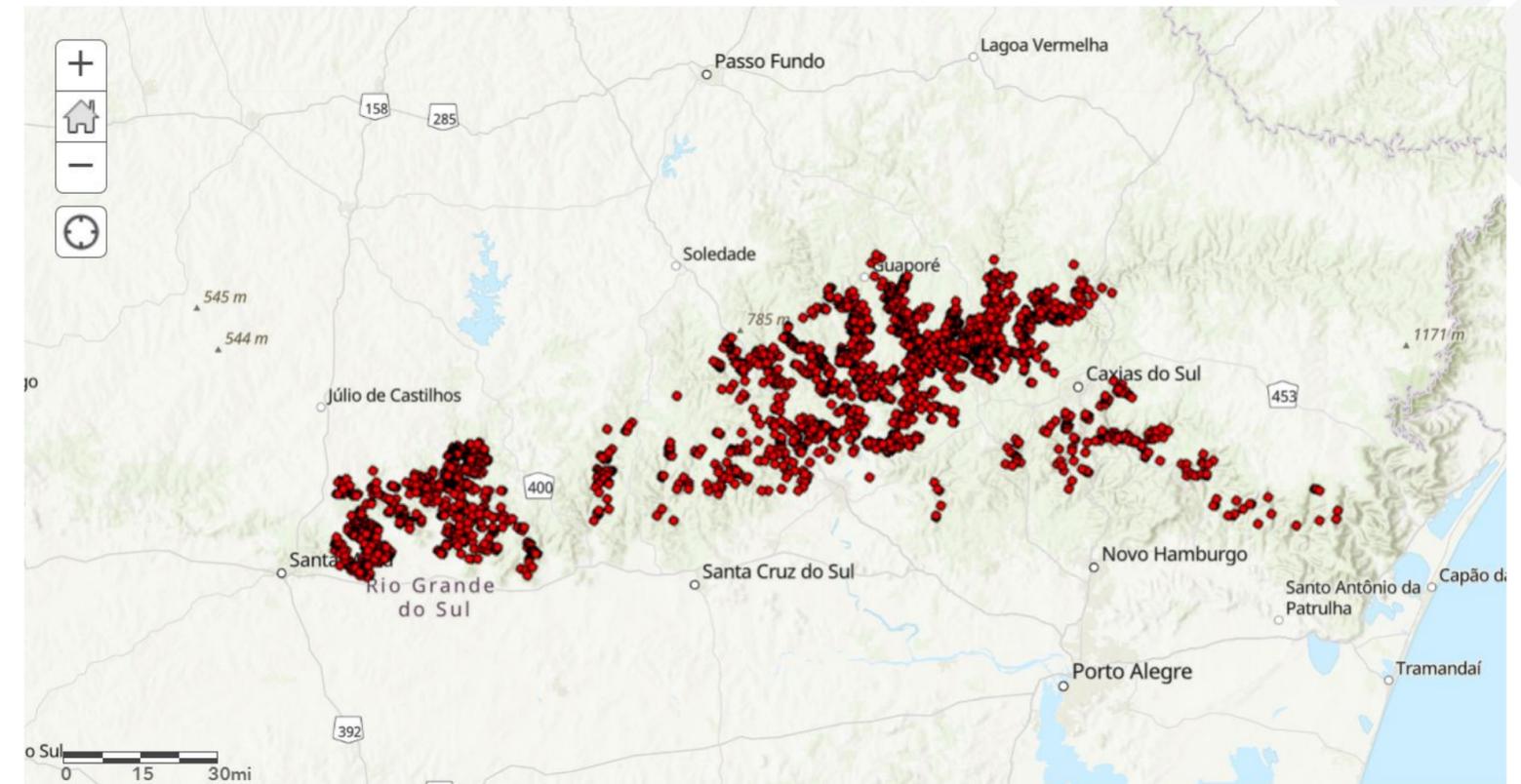
Validação do mapeamento da área atingida

A validação de mapeamentos derivados de imagens de satélite requer um conjunto representativo de pontos de validação, com dados de referência coletados em campo ou obtidos de uma fonte de maior qualidade, e técnicas estatísticas para o cálculo de métricas de qualidade apropriadas.

No presente caso, a validação do mapeamento de áreas atingidas foi realizada de forma simplificada e qualitativa, utilizando dados de referência disponíveis, cuja cobertura espacial e temática é parcial. O objetivo foi possibilitar a disponibilização das informações em tempo hábil para a tomada de decisão no âmbito da crise climática em curso.

A validação da área atingida por deslizamentos foi realizada por inspeção visual utilizando-se como referência os pontos de início de ocorrência de deslizamentos disponibilizados pela NASA (link 4). As áreas de deslizamentos identificadas com base nas imagens de satélite Planet foram comparadas visualmente com os pontos disponibilizados pela NASA, constatando-se concordância satisfatória entre ambos.

Ocorrência de deslizamentos identificados nas imagens de satélite e disponibilizados pela NASA



3.2 Tratamento dos dados e análises

Validação do mapeamento da área atingida

A validação do mapeamento das áreas atingidas por **inundação, alagamento e enxurrada** também foi realizada por inspeção visual, comparando-se a área mapeada com a interpretação visual de composições coloridas das imagens de satélite utilizadas.

Também foi realizada uma validação parcial de forma colaborativa, com informações enviadas por pessoas que estavam em campo acompanhando o desastre. As informações enviadas incluem descrição, fotos e coordenadas de diversos locais, possibilitando relacionar o observado nas imagens de satélite e o mapeamento gerado.

Em ambos os dados avaliados constatou-se concordância satisfatória entre o mapeamento e os dados de referência, mas em virtude destes não terem sido adquiridos segundo um protocolo de amostragem e terem cobertura parcial, não foram computadas métricas de acurácia. Eventualmente, após uma revisão para uma próxima versão, poderá ser calculada alguma métrica de concordância.

Exemplo de foto enviada no contexto da validação em campo com as informações anotadas na própria foto



3.2 Tratamento dos dados e análises

Identificação e quantificação de áreas atingidas por tipo de uso da terra

A quantificação da superfície atingida por tipo de uso foi realizada a partir da **sobreposição** das camadas com o mapeamento da **área atingida** e o mapeamento de **cobertura e uso da terra** referente ao ano de 2022, com resolução espacial de 10 metros (link 3).

Para o cálculo da área de cada tipo de uso na área atingida foi considerado o nível 2 da legenda de cobertura e uso, que identifica classes de áreas naturais (florestas, áreas úmidas e vegetação campestre) e de diferentes usos antrópicos (áreas urbanizadas, área agrícolas).

O cálculo das áreas atingidas por tipo de cobertura e uso da terra foi efetuado para diferentes recortes espaciais, que podem ser selecionados no momento da consulta pelo usuário final.

Exemplo do mapeamento da área atingida na região de Roca Sales, bacia hidrográfica do Taquari-Antas, sobre recorte de imagem Sentinel 2 de maio 2024. Em azul claro a área atingida (reunindo deslizamentos, enxurradas, inundações e alagamentos), em azul escuro o leito do rio.



3.3 Limitações do mapeamento

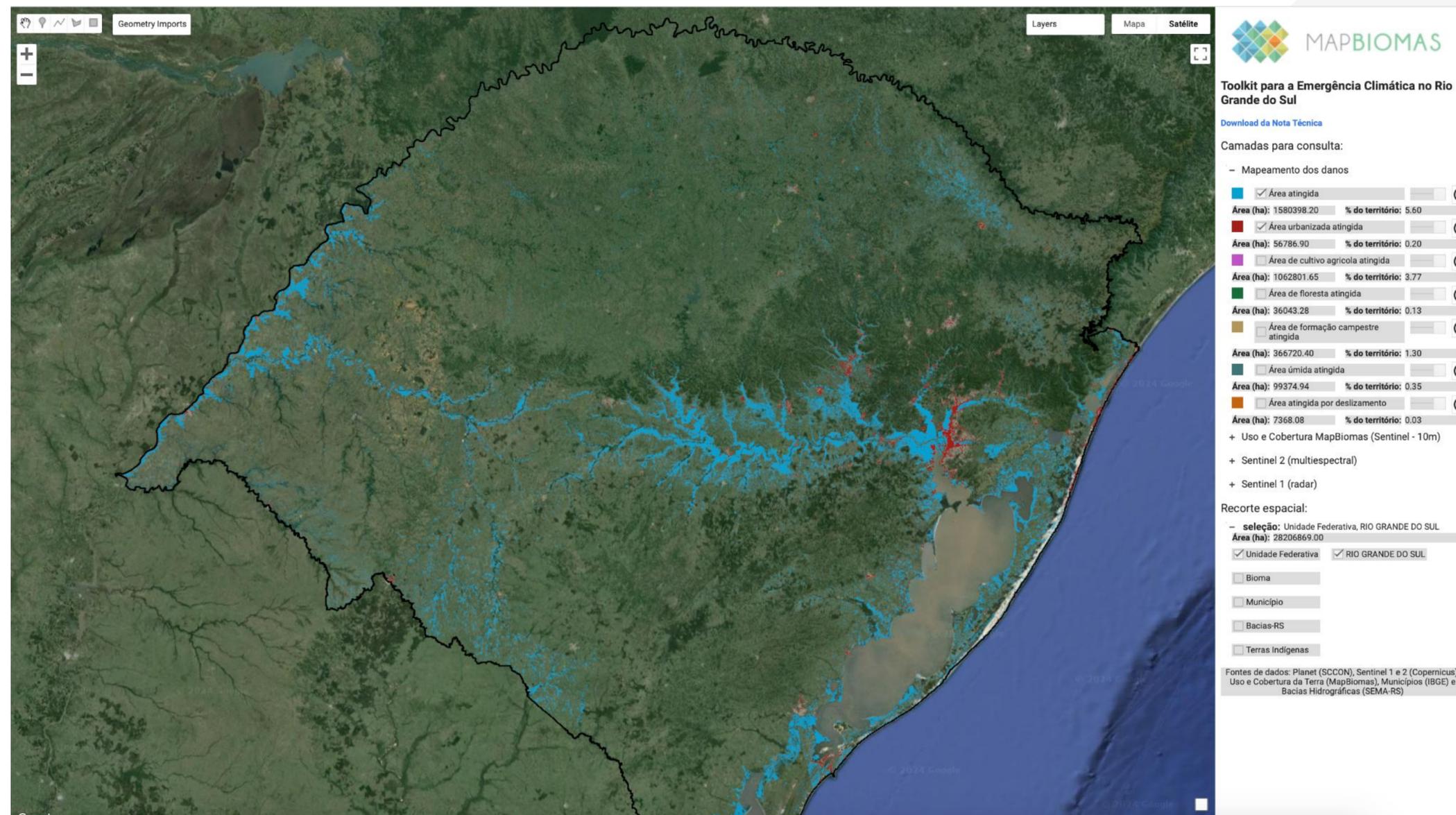
O **mapeamento** a partir de imagens de satélite possibilita obter informações de forma direta e rápida em grandes áreas, mas **apresenta limitações decorrentes do método e das características das fontes de dados utilizadas**, no presente caso, imagens de satélite com diferente resolução espacial (tamanho do pixel), temporal (datas de aquisição) e do sensor (óptico ou radar). Algumas **limitações conhecidas são listadas abaixo** para consideração ao usar ou comparar os resultados com outros dados, pois os resultados aqui obtidos podem divergir daqueles produzidos em outras iniciativas, principalmente em recortes espaciais menores e em locais específicos.

- **Área atingida:** pode estar superestimada em alguns locais, especialmente em algumas áreas rurais mais altas, onde solos temporariamente saturados foram incluídos devido à resposta similar à de uma lâmina d'água; em áreas urbanas ela pode estar subestimada devido à dificuldade de detecção da presença de lâmina d'água em meio às edificações. Além disso, as áreas inundadas no sul do estado podem estar subestimadas porque o maior nível ocorreu após o período de coleta das imagens aqui utilizadas.
- **Áreas de deslizamentos e enxurradas:** não contemplam deslizamentos ocorridos dentro de áreas urbanas, pela dificuldade da sua identificação com as imagens de satélite utilizadas. Para refinar o mapeamento de deslizamentos nessas áreas é recomendável usar imagens de maior resolução espacial, de outros satélites, ou aéreas, de datas mais recentes, já que as cicatrizes permanecem visíveis por certo período de tempo.
- **Área urbanizada atingida:** em decorrência das limitações no mapeamento da área atingida, tende a estar subestimada em vários locais. O refinamento do mapeamento dessas áreas requer complementação com trabalho de campo e imagens de maior resolução espacial.
- **Áreas agrícolas na área atingida:** representa apenas o uso, sem especificar o tipo de cultivo ou se as áreas já haviam sido colhidas ou não.

Os **resultados obtidos com as análises descritas foram organizados em um toolkit** para facilitar a visualização, **consulta e download** dos dados de interesse por parte de qualquer usuário.

Para acessar o toolkit é necessário apenas um browser de Internet e conexão à rede.

O toolkit possui dois menus, um para selecionar as **camadas de dados** a serem exibidas e consultadas, e outro para selecionar o **recorte espacial** de interesse: **estado, município, bacia hidrográfica ou bioma**.



Link do toolkit: <https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit>

4.1 Toolkit para visualização e download dos resultados

Como usar o toolkit?

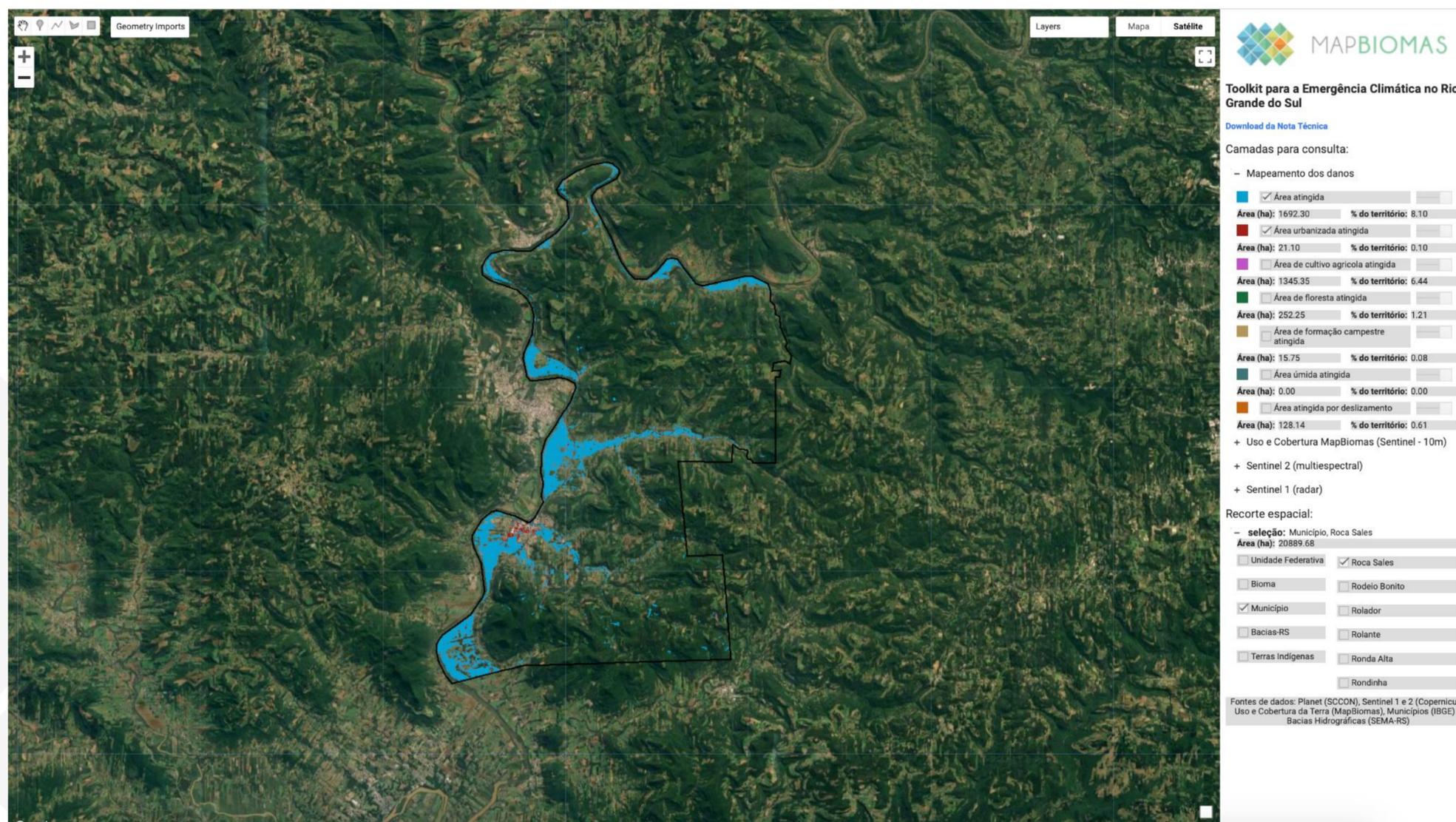
Passos para criar uma visualização:

- Escolher a(s) camada(s) para visualizar
- Selecionar o recorte espacial
- A seleção será exibida na tela

Passos para download e acesso aos dados:

- Escolher o recorte espacial
- Escolher uma única camada
- Clicar no ícone ⓘ
- As opções para acesso e download serão exibidas na tela
- Para fechar as opções, clicar novamente no ícone ⓘ

Área atingida
em Roca Sales



4.2 Identificação e quantificação das áreas atingidas

A **área atingida** mapeada com a metodologia descrita nesta nota técnica corresponde a **5,6%** do território do estado do **Rio Grande do Sul**.

A partir dos resultados do cálculo da **área atingida** por **município**, constatou-se que dos 497 municípios do Rio Grande do Sul:

298 foram atingidos em 1% ou mais de seu território

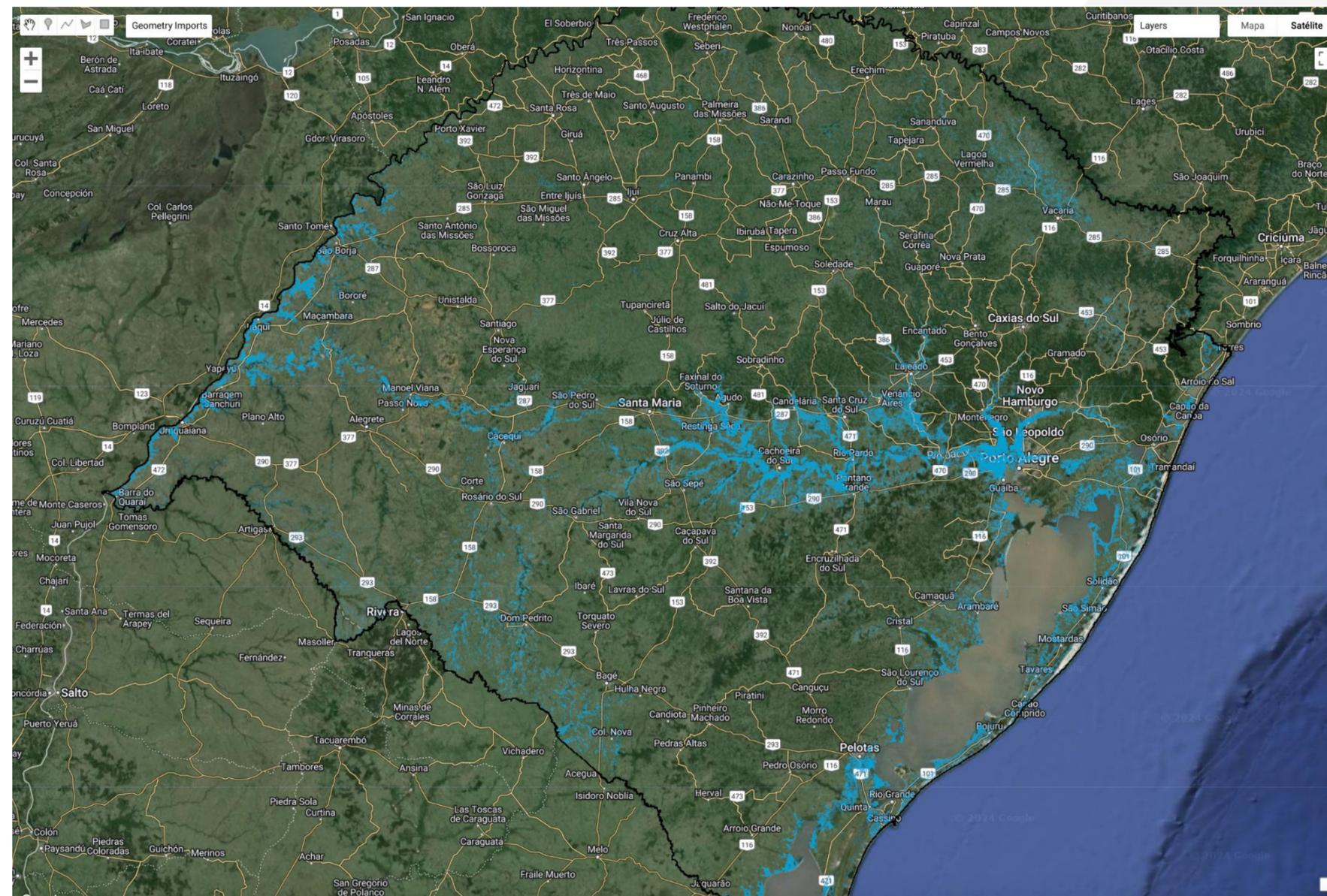
119 foram atingidos em 5% ou mais de seu território

73 foram atingidos em 10% ou mais de seu território

34 foram atingidos em 20% ou mais de seu território

2 foram atingidos em 50% ou mais de seu território

Area atingida pelos eventos extremos de abril-maio 2024 no Rio Grande do Sul



4.2 Identificação e quantificação das áreas atingidas

100 municípios mais atingidos em proporção do território

Município	Área Atingida (ha)	Área do Município (ha)	% Atingido
Nova Santa Rita	11.457	21.786	52,6%
Esteio	1.386	2.768	50,1%
Charqueadas	10.651	21.736	49,0%
Canoas	6.408	13.079	49,0%
Eldorado do Sul	19.441	50.962	38,1%
Restinga Sêca	28.897	96.862	29,8%
São Leopoldo	3.002	10.301	29,1%
Passo do Sobrado	7.660	26.513	28,9%
São José do Norte	29.738	106.303	28,0%
Vale Verde	9.112	32.973	27,6%
General Câmara	13.887	51.001	27,2%
Cruzeiro do Sul	4.163	15.496	26,9%
Formigueiro	15.458	57.887	26,7%
Campo Bom	1.552	6.081	25,5%
Triunfo	20.662	81.763	25,3%
Palmares do Sul	23.760	94.819	25,1%
Tavares	14.881	60.666	24,5%
Mostardas	48.188	197.100	24,4%
Capão da Canoa	2.305	9.608	24,0%
Taquari	8.388	34.998	24,0%
Capivari do Sul	9.865	41.290	23,9%
Barra do Ribeiro	17.223	72.931	23,6%
Xangri-lá	1.368	5.997	22,8%
Minas do Leão	9.634	42.433	22,7%
Porto Alegre	11.193	49.539	22,6%
Capela de Santana	4.099	18.312	22,4%
Arambaré	11.501	51.819	22,2%
Rio Pardo	45.346	205.111	22,1%
Vera Cruz	6.826	30.962	22,0%
Rio Grande	58.433	270.533	21,6%
Candelária	19.937	94.406	21,1%
Cachoeira do Sul	78.591	373.616	21,0%
Colinas	1.216	5.803	20,9%
Dona Francisca	2.329	11.415	20,4%

Município	Area Atingida (ha)	Área do Município (ha)	% Atingido
Cidreira	4.791	24.201	19,8%
Agudo	10.554	53.462	19,7%
Viamão	29.077	149.650	19,4%
Torres	2.910	15.964	18,2%
Santa Vitória do Palmar	93.723	518.910	18,1%
Venâncio Aires	13.685	77.180	17,7%
Bom Retiro do Sul	1.809	10.232	17,7%
Novo Cabrais	3.343	19.300	17,3%
Estrela	3.138	18.426	17,0%
Arroio do Meio	2.655	15.758	16,8%
Chuí	3.286	20.230	16,2%
Paraíso do Sul	5.482	33.754	16,2%
Itaqui	53.679	338.045	15,9%
Guaíba	5.910	37.616	15,7%
São João do Polêsine	1.213	7.832	15,5%
Pantano Grande	12.724	84.122	15,1%
Pareci Novo	865	5.737	15,1%
Alvorada	1.041	7.165	14,5%
Terra de Areia	2.008	14.195	14,1%
Tramandaí	1.992	14.251	14,0%
Balneário Pinhal	1.380	10.169	13,6%
São Sebastião do Caí	1.469	11.258	13,1%
Santo Antônio da Patrulha	13.400	104.977	12,8%
Parobé	1.352	10.867	12,4%
Glorinha	3.990	32.379	12,3%
Tapes	9.894	80.548	12,3%
Novo Hamburgo	2.747	22.368	12,3%
São Borja	42.039	361.205	11,6%
Bom Princípio	1.007	8.877	11,3%
Dom Pedro de Alcântara	877	7.822	11,2%
São Vicente do Sul	13.120	117.265	11,2%
Camaquã	18.558	168.016	11,0%
Esmeralda	9.105	82.959	11,0%
Montenegro	4.612	42.484	10,9%

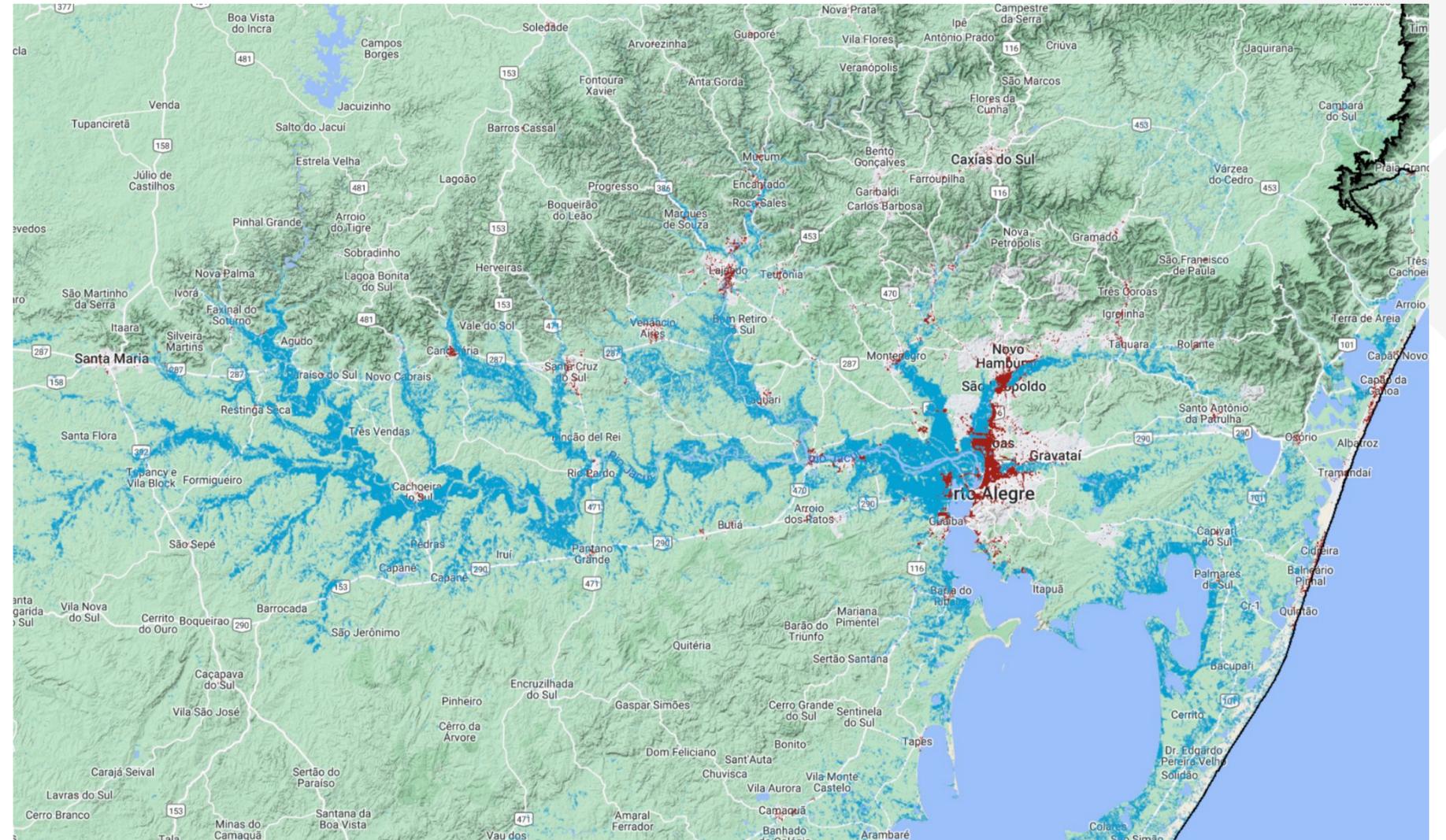
Município	Area Atingida (ha)	Área do Município (ha)	% Atingido
São Sepé	23.833	220.477	10,8%
Lajeado	977	9.131	10,7%
Aceguá	15.913	154.944	10,3%
Osório	6.805	66.343	10,3%
Barra do Quaraí	10.764	105.010	10,3%
Sapucaia do Sul	575	5.831	9,9%
Muitos Capões	11.762	119.373	9,9%
Harmonia	453	4.856	9,3%
Dom Pedrito	47.102	519.328	9,1%
Capão Bonito do Sul	4.763	52.684	9,0%
Travesseiro	727	8.068	9,0%
Mato Leitão	413	4.680	8,8%
Portão	1.381	16.039	8,6%
Santa Cruz do Sul	6.268	73.392	8,5%
Vacaria	17.890	212.439	8,4%
Vale do Sol	2.725	32.826	8,3%
Taquara	3.751	45.760	8,2%
Cachoeirinha	358	4.378	8,2%
Roca Sales	1.692	20.863	8,1%
Marques de Souza	1.016	12.542	8,1%
Mampituba	1.239	15.637	7,9%
Santa Maria	14.006	178.080	7,9%
Arroio do Sal	894	11.617	7,7%
Arroio Grande	19.046	250.856	7,6%
Faxinal do Soturno	1.282	16.952	7,6%
Capão do Leão	5.909	78.363	7,5%
Encantado	1.027	14.001	7,3%
Forquetinha	678	9.348	7,3%
Feliz	683	9.483	7,2%
Butiá	5.353	75.220	7,1%
Cacequi	16.881	237.316	7,1%
Sant'Ana do Livramento	48.239	694.419	6,9%
São Jerônimo	6.471	93.558	6,9%
Cristal	4.660	68.215	6,8%

4.2 Identificação e quantificação das áreas atingidas

A partir dos resultados do cálculo da área urbanizada atingida, constatou-se que **5% da área urbanizada** do Rio Grande do Sul foi atingida.

Dos 497 municípios do Rio Grande do Sul:

- 158 tiveram 1% ou mais da área urbanizada atingida
- 47 tiveram 5% ou mais da área urbanizada atingida
- 22 tiveram 10% ou mais da área urbanizada atingida
- 6 tiveram 20% ou mais da área urbanizada atingida
- 1 teve mais de 50% da área urbanizada atingida



Áreas atingidas em áreas urbanas (vermelho) e demais areas atingidas (azul) na bacia do Guaíba.

4.2 Identificação e quantificação das áreas atingidas

100 municípios com maior parcela da área urbanizada atingida

Município	Área Área Urbana Atingida (ha)	Total de Área Urbana (ha)	% Atingido
Eldorado do Sul	710	1.064	66,7%
Mampituba	20	41	49,5%
Canoas	2.895	6.828	42,4%
São Leopoldo	1.249	4.326	28,9%
Esteio	374	1.545	24,2%
Vale Verde	3	15	22,6%
Nova Santa Rita	192	991	19,4%
Guaíba	375	1.973	19,0%
Triunfo	171	995	17,1%
Candelária	76	464	16,3%
Marques de Souza	8	54	15,4%
Cruzeiro do Sul	40	271	14,7%
Travesseiro	4	30	14,6%
Porto Alegre	2.631	18.149	14,5%
Muçum	22	155	14,2%
São Sebastião do Caí	104	732	14,2%
Charqueadas	131	1.139	11,5%
São Jerônimo	59	528	11,3%
Arroio do Meio	79	744	10,7%
Roca Sales	21	201	10,5%
Montenegro	155	1.485	10,4%
Estrela	85	909	9,3%
Dona Francisca	7	70	9,3%
Barros Cassal	8	94	9,0%
São José do Norte	45	540	8,3%
Vale do Sol	2	25	8,2%
Colinas	4	54	8,0%
Chuí	15	213	7,1%
Novo Hamburgo	325	4.633	7,0%
Cambará do Sul	10	156	6,7%
Encantado	44	660	6,7%
Rio Pardo	38	589	6,5%
Barra do Ribeiro	19	298	6,5%

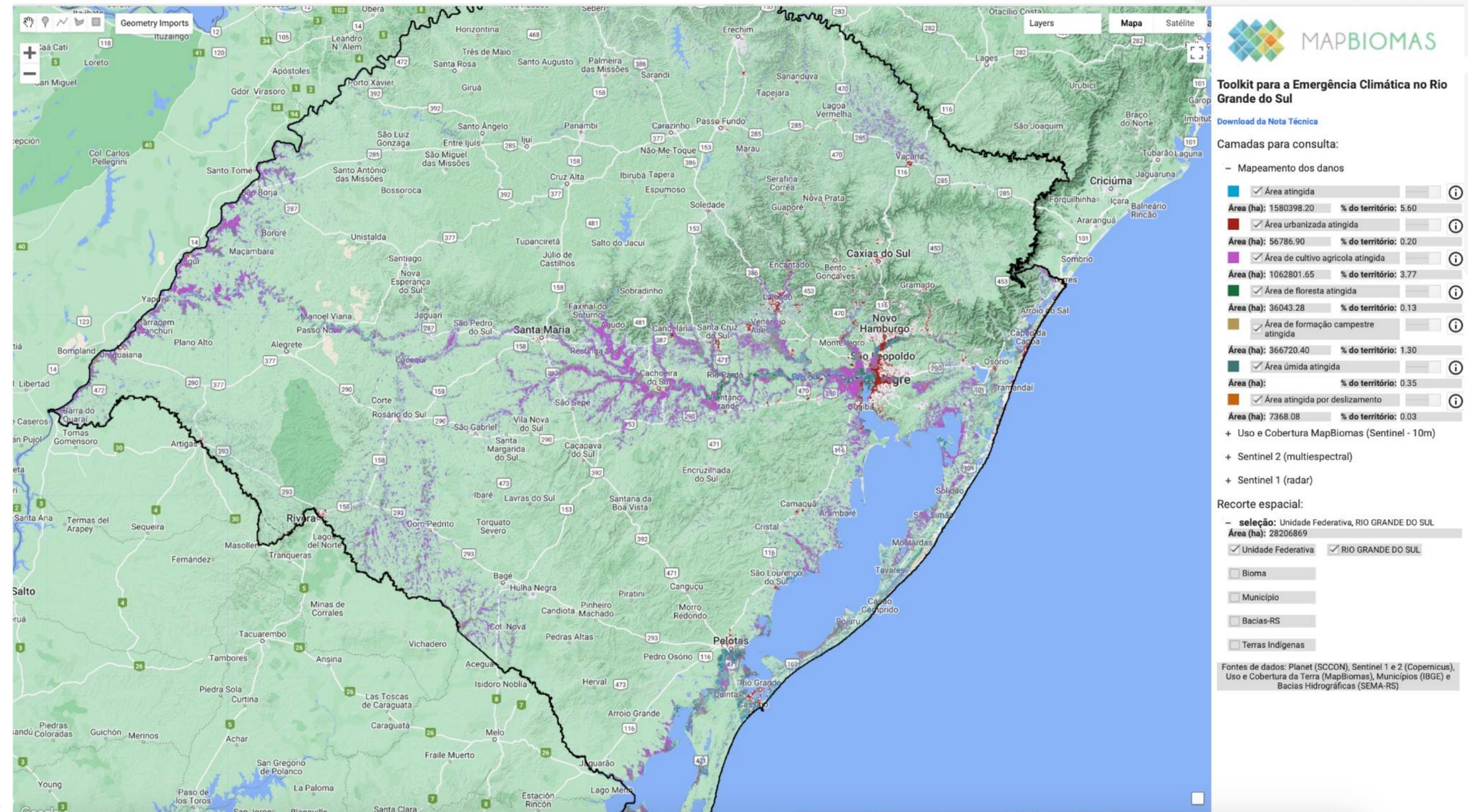
Município	Área Área Urbana Atingida (ha)	Total de Área Urbana (ha)	% Atingido
Sapucaia do Sul	149	2.309	6,5%
Tabaí	3	51	6,5%
Sinimbu	1	24	6,4%
Cidreira	61	959	6,3%
Capivari do Sul	10	172	6,0%
Cerro Branco	2	31	5,7%
Rio Grande	270	5.129	5,3%
Pareci Novo	6	106	5,2%
Pantano Grande	16	316	5,2%
Paraíso do Sul	6	118	5,1%
Getúlio Vargas	30	583	5,1%
Mariana Pimentel	1	28	5,0%
Taquari	36	718	5,0%
Venâncio Aires	67	1.488	4,5%
Campo Bom	75	1.681	4,4%
General Câmara	7	154	4,4%
Guabiju	2	45	4,3%
Minas do Leão	9	213	4,2%
Passo do Sobrado	3	82	4,1%
Vacaria	68	1.636	4,1%
Gramado Xavier	1	16	4,1%
Xangri-lá	74	1.816	4,1%
Quatro Irmãos	2	46	4,0%
Feliz	14	359	4,0%
Westfália	4	109	4,0%
Barra do Rio Azul	1	22	3,9%
Turuçu	3	66	3,8%
Mostardas	18	467	3,8%
Putinga	2	44	3,7%
Mato Leitão	3	82	3,6%
Relvado	1	16	3,6%
Caseiros	3	88	3,4%
Brochier	3	89	3,4%
Cachoeirinha	87	2.542	3,4%

Município	Área Área Urbana Atingida (ha)	Total de Área Urbana (ha)	% Atingido
Fazenda Vilanova	5	151	3,4%
São Lourenço do Sul	23	678	3,4%
Bom Princípio	15	453	3,3%
Camargo	3	81	3,3%
Lajeado	91	2.856	3,2%
Camaquã	44	1.378	3,2%
Torres	62	2.029	3,1%
São Francisco de Paula	17	562	3,0%
Palmares do Sul	25	837	3,0%
Quaraí	13	451	3,0%
Santa Clara do Sul	6	203	2,9%
São Vendelino	2	82	2,8%
União da Serra	0	6	2,8%
Santa Cruz do Sul	99	3.550	2,8%
Itaqui	26	941	2,8%
Novo Cabrais	1	31	2,7%
Igrejinha	23	855	2,7%
Vale Real	5	188	2,6%
Sant'Ana do Livramento	42	1.630	2,6%
Morrinhos do Sul	1	55	2,5%
Três Coroas	14	574	2,5%
Araricá	7	293	2,4%
Imigrante	2	86	2,2%
Picada Café	4	174	2,2%
Capão da Canoa	49	2.247	2,2%
Alvorada	61	2.882	2,1%
Osório	40	1.893	2,1%
Santo Antônio da Patrulha	22	1.073	2,1%
Nova Palma	2	109	2,1%
Herveiras	0	7	2,1%
Ibarama	1	27	2,0%
São João do Polêsine	2	89	2,0%
Caraá	1	30	2,0%
Forquetinha	0	21	2,0%

4.2 Identificação e quantificação das áreas atingidas

Área atingida por classe de cobertura e uso da terra

Classe de Cobertura e Uso/	Area Atingida (ha)	% da Área Atingida
Agropecuária	1.011.652	64,2%
Agricultura	616.339	39,1%
Mosaico de Usos	380.691	24,2%
Pastagem	5.159	0,3%
Silvicultura	9.462	0,6%
Área não vegetada	37.272	2,4%
Área Urbanizada	12.451	0,8%
Mineração	138	0,0%
Outras Áreas não Vegetadas	8.674	0,6%
Praia e Duna	16.010	1,0%
Floresta	126.208	8,0%
Formação Florestal	108.065	6,9%
Restinga Arbórea	18.143	1,2%
Formação Natural não Florestal	400.417	25,4%
Afloramento Rochoso	14	0,0%
Campo Alagado e Área Pantanosa	66.133	4,2%
Formação Campestre	300.699	19,1%
Restinga herbácea	33.571	2,1%
Total Geral	1.575.548	100,0%



5. Considerações Finais

A **coleta sistemática de dados** de satélite e a **rápida disponibilização** dos mesmos para análise dos efeitos de um evento classificado como catástrofe ambiental, a exemplo da ocorrência de precipitações pluviiais extremas no estado do Rio Grande do Sul, são essenciais para entender as suas consequências e direcionar ações para atender a população atingida e estimar os danos ambientais e sociais e os prejuízos econômicos.

O emprego de metodologias já desenvolvidas pela ciência para processar e analisar os dados e gerar as informações em tempo hábil para atender as necessidades também é essencial e já está consolidada nessa etapa do processo.

Como parte do processo do evento climático ainda estavam ocorrendo no momento da geração dos resultados contidos nesta Nota Técnica, notadamente nas inundações no entorno da Laguna dos Patos e da Lagoa Mirim, no sul do estado do Rio Grande do Sul, uma nova rodada de análises com imagens mais recentes será necessária para uma delimitação mais atualizada da área atingida nesta região, e conseqüentemente dos tipos de cobertura e uso afetados.

Os **resultados são disponibilizados em um toolkit para visualização, consulta e download** dos dados de interesse por parte de qualquer usuário -

<https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit>

Com esse produto o MapBiomas espera contribuir para a obtenção de um retrato mais fidedigno da extensão e tipificação das áreas atingidas, somando-se a outras iniciativas.

6. Links citados no texto

Os links citados nos textos estão aqui acessíveis para consulta.

1. UN-SPIDER - United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response:
<https://www.un-spider.org/news-and-events/events/intermediate-webinar-earth-observations-humanitarian-applications>
2. Sumário do método de mapeamento da superfície de água (Water Surface Mapping: Method Summary):
<https://amazonia.mapbiomas.org/en/method-mapbiomas-water>
3. Mapbiomas - mapas de uso e cobertura da terra: <https://brasil.mapbiomas.org>
4. Landslides mapped for the May 2024 Brasil Floods (Planet):
<https://maps.disasters.nasa.gov/arcgis/home/item.html?id=a442900ab36549ffb50cd722307ffa43>
5. Script das análises: <https://code.earthengine.google.com/b54ed1aefa42bc7cbe889b1da80d073f>
6. Toolkit: <https://mapbiomas-workspace.earthengine.app/view/rio-grande-do-sul-climate-emergency-toolkit>

