Elaboração do Mapa Único do Plano Rio Grande (MUPRS)

Mariana Pessoa[*]
Tomás Fiori[**]
Bruno Paim[***]
Pedro Zuanazzi[****]
Fernando Cruz[*****]

1 Introdução

Nas últimas décadas, o Rio Grande do Sul tem enfrentado recorrentes desastres naturais relacionados a eventos climáticos extremos, especialmente os associados à falta e ao excesso de precipitação. Um evento extremo só é considerado desastre natural quando ocorre em uma área habitada (ou ocupada com alguma intervenção antrópica) e causa danos materiais ou humanos à comunidade atingida. Assim, é importante notar que o desastre não é, por si só, natural, mas ele resulta da interação entre um fenômeno natural intenso — como as tempestades ou as estiagens — e a população ou o ambiente construído (ou ocupado) em uma determinada área. No caso dos eventos de excesso de precipitação, o desastre configura-se quando os grandes volumes de chuva desencadeiam situações como alagamentos, inundações, deslizamentos ou enxurradas. Essas situações decorrem, de maneira geral, da ocupação desordenada de áreas suscetíveis ou vulneráveis ao risco (como áreas de relevo acidentado ou marginais), da retirada de vegetação em áreas sensíveis à erosão, da falta de infraestrutura (como redes de drenagem e sistemas de contenção eficientes), e da escassez ou ineficiência de políticas efetivas de monitoramento e prevenção de desastres.

O Estado do Rio Grande do Sul é naturalmente suscetível à ocorrência de eventos extremos de precipitação devido à sua localização geográfica em uma área de transição climática, que proporciona choques frequentes entre massas de ar frio e quente, além de estar em uma faixa latitudinal (em torno dos 30° sul) onde é comum a formação de sistemas de baixa pressão e ciclones extratropicais. Outro elemento fundamental que compõe essa articulação de fatores de risco é a atuação dos fenômenos climáticos cíclicos La Niña e El Niño, que modificam naturalmente a distribuição e o volume de precipitação. No Rio Grande do Sul, os principais efeitos do El Niño são o aumento da temperatura média e dos volumes de precipitação, enquanto o La Niña provoca queda nas temperaturas e diminuição das chuvas

[*] Analista Pesquisadora em Geografia no Departamento de Economia e Estatística da Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (DEE-SPGG).
E-mail: mariana-pessoa@spgg.rs.gov.br

[**] Analista Pesquisador em Economia no DEE-SPGG.
E-mail: tomas-fiori@spgg.rs.gov.br

[***] Analista Pesquisador em Economia no DEE-SPGG.
E-mail: bruno-paim@spgg.rs.gov.br

[****] Analista Pesquisador em Estatística no DEE-SPGG.
E-mail: pedro-zuanazzi@spgg.rs.gov.br

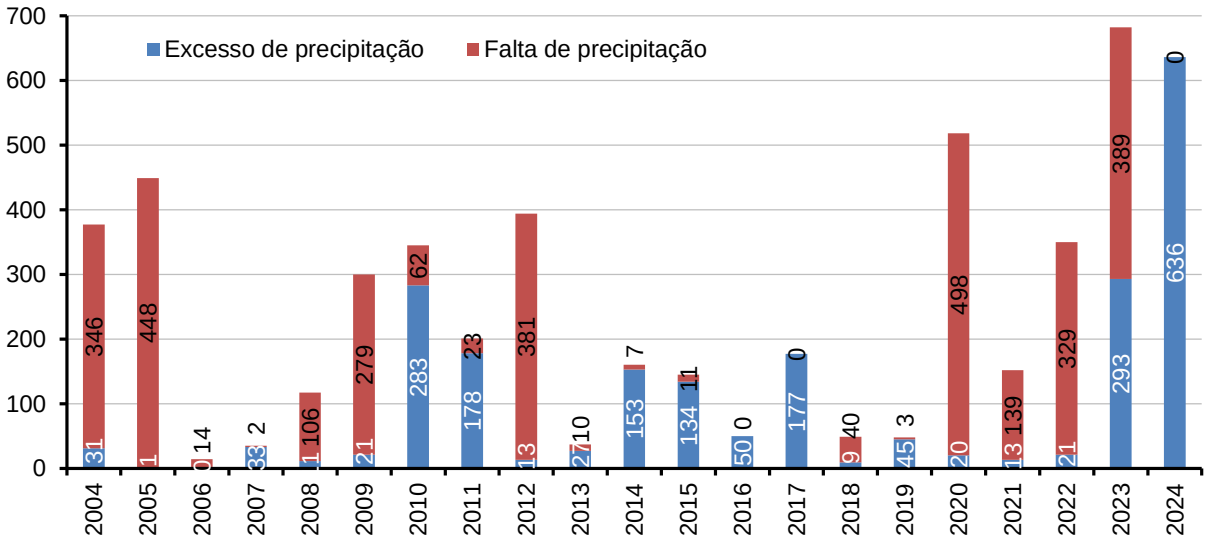
[*****] Analista Pesquisador em Economia no DEE-SPGG.
E-mail: fernando-cruz@spgg.rs.gov.br

(Mcphaden; Santoso; Cai, 2020). A ação desses fenômenos é potencializada pelo aumento da temperatura média do planeta que decorre do aquecimento global, intensificando, assim, a ocorrência de eventos climáticos extremos.

De acordo com dados do Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID) (Brasil, 2024), entre janeiro de 2004 e junho de 2024, o Rio Grande do Sul registrou 5.236 ocorrências de eventos climáticos extremos relacionados ao excesso ou à falta de precipitação[1]. Desses, 2.149 (ou 41% do total) foram relacionados ao excesso de precipitação, e 3.087 (59%) à falta de chuvas (Gráfico 1). Considerando-se apenas o período de janeiro de 2020 até junho de 2024, a influência de um prolongado La Niña de 2020 a 2023 foi responsável por estiagens recorrentes, especialmente nos meses de verão, que resultaram em importantes prejuízos para as atividades agropecuárias no Estado. O ano de 2023 destaca-se por ter registrado um grande número de ocorrências tanto de falta como de excesso de precipitação, devido à transição do La Niña para o El Niño. No início desse ano, ainda sob influência do La Niña, o Estado registrou 389 ocorrências de estiagem, ao passo que, a partir do mês de junho, foram registradas 293 ocorrências de excesso de precipitação devido à atuação do El Niño, que iniciou com intensidade moderada e foi ganhando força, atingindo seu pico em dezembro e configurando-se entre os cinco mais fortes já registrados.

Gráfico 1

Número de ocorrências de eventos climáticos extremos de excesso e de falta de precipitação registrado no Rio Grande do Sul — jan./2004-jun./2024



Fonte: Sistema Integrado de Informações de Desastres (Brasil, 2024).

Conforme já dito anteriormente, depois de três anos sob influência do fenômeno La Niña (2020-21, 2021-22 e 2022-23), que foi responsável pela ocorrência de períodos significativos de precipitação abaixo da média e, consequentemente, de estiagens, especialmente nos meses de verão, o Rio Grande do Sul passou a sofrer, ainda em 2023, influência do fenômeno El Niño, que

[1] Foram considerados como eventos de excesso de precipitação: deslizamentos, corridas de massa (rocha ou detrito), inundações, enxurradas, alagamentos, frentes frias/zonas de convergência, tempestade local/convectiva - chuvas intensas; e de falta de precipitação: estiagem e seca.

atuou com intensidade de moderada a forte e, embora não tenha sido o mais intenso já registrado, causou uma série de eventos extremos de precipitação, resultando em inúmeros prejuízos nas regiões mais afetadas. Os meses de junho, setembro e novembro de 2023 foram especialmente chuvosos — sendo setembro o mês mais chuvoso até então. Em Porto Alegre, o acumulado de chuva foi de 447,3mm, mais de três vezes superior à média histórica para o mês, que é de 147,8mm, o que transformou esse mês no mais chuvoso da série histórica, na capital, até então (Inmet, 2024).

No final de abril de 2024, iniciou-se um novo período de precipitação extrema em grande parte do Estado, que prosseguiu ao longo do mês de maio, ocasionando, em poucos dias, acumulados de chuvas em volumes extraordinários, o que veio a configurar um desastre de grandes proporções, com impactos sem precedentes em diversas porções do território gaúcho. As áreas mais atingidas foram a Região Central, a Serra, os vales, especialmente na bacia do Taquari-Antas, e a Região Metropolitana de Porto Alegre (bacia do Guaíba).

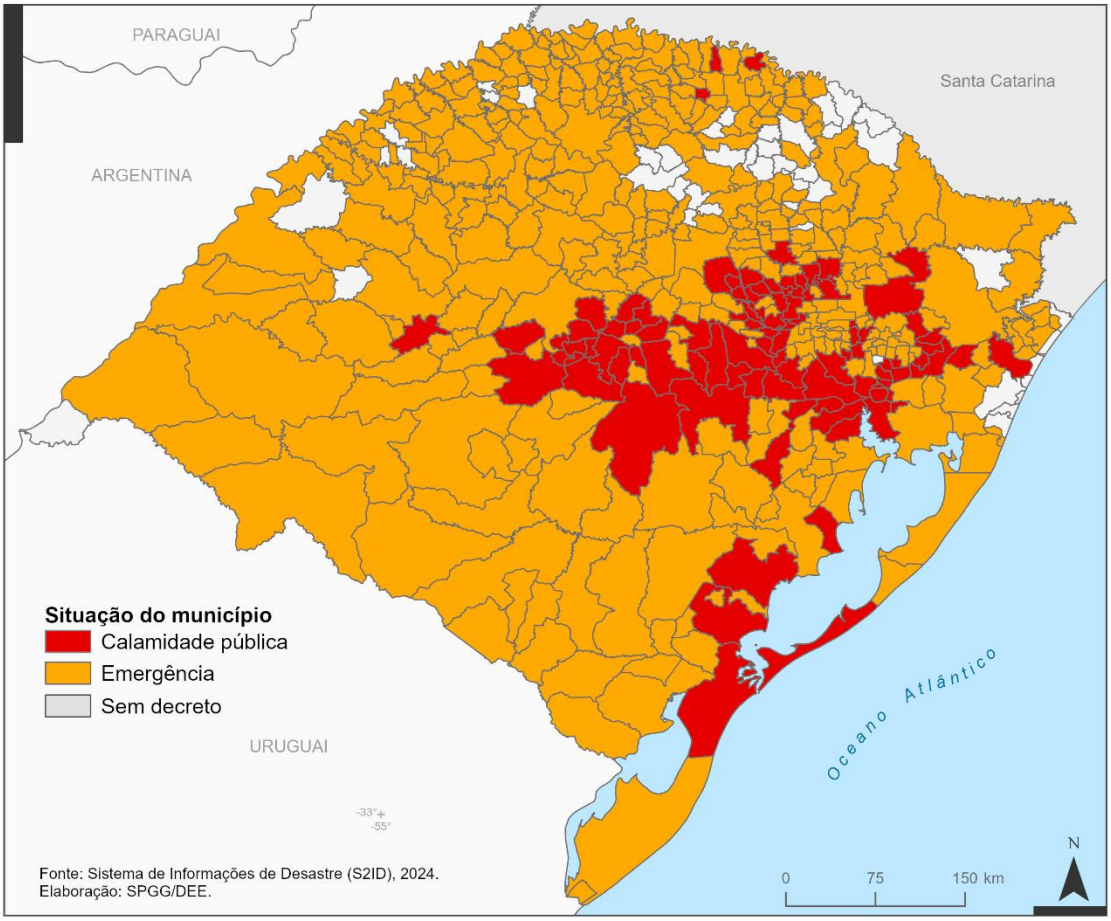
Em Santa Maria, na Região Central, por exemplo, o acumulado de chuva entre 27 de abril e 31 de maio foi de 782,3mm, quase a metade do volume esperado para o ano todo, que é de 1.780,3mm. Em Caxias do Sul, na Serra, no mesmo período, o acumulado foi de 1.023mm, o que equivale a mais da metade na média histórica anual, que é de 1.829,6mm (Inmet, 2020, 2024). Os altos acumulados de precipitação na região da Serra foram os principais responsáveis pelas enxurradas e inundações nas bacias dos rios Taquari e Caí, uma vez que essas áreas abrigam as principais nascentes desses rios e seus tributários, refletindo, ainda, nas inundações das bacias do Rio dos Sinos e do Guaíba. Em Porto Alegre, o mês de maio registrou um acúmulo de 524,4mm[2] de chuvas, resultado quase cinco vezes superior à média do mês, que é de 112,7mm, e quase um terço da média anual, de 1.494,5mm, superando, desse modo, o recorde alcançado poucos meses antes, em setembro de 2023.

Os eventos de precipitação extrema ocorridos nesse período resultaram no maior desastre natural registrado no Estado e um dos maiores já ocorridos no País, tendo atingido mais de 95% dos municípios — 478 dos 498 — (Figura 1) e deixado 183 mortos e 27 desaparecidos.

[2] Segundo dados da estação automática A801 - Jardim Botânico do Instituto Nacional de Meteorolgia (Inmet).

Figura 1

Municípios atingidos pelo evento extremos de precipitação no Rio Grande do Sul — abril e maio de 2024



Fonte: Sistema Integrado de Informações de Desastres (Brasil, 2024).
Nota: Situação dos municípios com base no Decreto n.° 57.626, de 21 de maio de 2024.

Diante da recorrência desses eventos, em especial os registrados em abril e maio de 2024, inúmeras políticas públicas vêm sendo implementadas nas esferas estadual e federal, para possibilitar o auxílio às populações atingidas, com foco naquelas em vulnerabilidade social e econômica, e a reconstrução dos municípios atingidos.

No âmbito estadual, a primeira iniciativa socioassistencial de emergência criada, ainda nos eventos de junho a setembro de 2023, foi a instituição de um programa de transferência direta de renda para as famílias desabrigadas ou desalojadas. O auxílio para situações de calamidade ou emergência foi oficialmente criado pela Lei n.° 15.977, de 12 de julho de 2023 (Rio Grande do Sul, 2023), viabilizando a sua reedição por decreto, sempre que necessário, para o pagamento de valores para pessoas residentes nos municípios afetados e que tivessem sido vitimadas, nos termos de cada regulamentação. Assim surgiu o Programa Volta Por Cima (VPC).

Embora as regras se alterem marginalmente entre as diferentes edições, o princípio do VPC busca alcançar necessidades imediatas de reconstrução das famílias em situação de pobreza, identificadas no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico),

por meio do Cartão Cidadão, instrumento que já atende esse público em outros programas estaduais, como o Devolve ICMS e o Programa Todo Jovem na Escola, por exemplo. Uma das principais dificuldades encontradas na implementação da assistência emergencial foi a qualificação dos atingidos para o VPC. O RS não possuía, naquele momento, as ferramentas necessárias para fazer o mapeamento e a identificação das populações atingidas em grande escala, tendo sido necessário recorrer ao cadastramento de campo, o que mobilizou grande parte da rede de assistência social para essa finalidade.

Embora o VPC tenha nascido como uma iniciativa socioassistencial de emergência, a sua estruturação, em articulação com o levantamento e análise das condições ambientais e estruturais dos locais impactados, deu início a um processo sistemático de diagnóstico, inicialmente voltado para a melhor focalização da política. Um primeiro esforço procurou articular o zoneamento feito a partir da combinação dos relatórios da Defesa Civil estadual com os endereços das vítimas coletados em campo, particularmente daquelas que relataram haver perdido tudo ou ter sofrido danos significativos em suas residências. A trajetória de aprendizagem ao longo desse ano somou-se aos novos instrumentos que o Estado adquiriu para promover a agilidade de operação em grande escala nos eventos de abril e maio de 2024. Atualmente, o mapeamento produzido pode subsidiar tanto as respostas emergenciais quanto o planejamento para a reconstrução e a resiliência climática de longo prazo do Rio Grande do Sul, do ponto de vista econômico, infraestrutural e sociodemográfico.

Diante da magnitude dos eventos ocorridos em abril e maio de 2024, da necessidade de direcionar eficientemente as políticas e ações de resposta e de simplificar processos para acelerar a chegada dos recursos à população atingida, o Departamento de Economia e Estatística desenvolveu um sistema único e integrado de mapeamento da Área Diretamente Atingida: o Mapa Único do Plano Rio Grande (MUPRS). Esse sistema permite o cruzamento de qualquer base de dados georreferenciada com a Área Diretamente Atingida (ADA), que foi delimitada de maneira criteriosa e se configura como a base espacial oficial do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, a partir da qual todas as políticas de enfrentamento e reconstrução no âmbito estadual estão sendo desenhadas. A descrição da metodologia empregada na construção do MUP será detalhada a seguir.

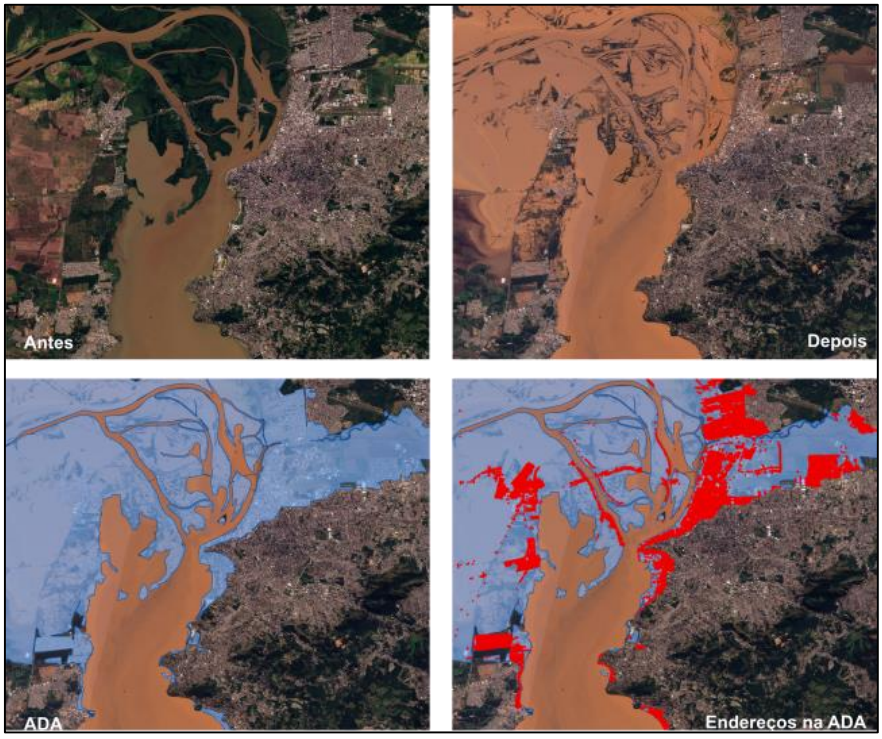
2 Metodologia

Devido ao fato de o Centro Administrativo Fernando Ferrari (CAFF), onde estão localizados a Secretaria do Planejamento, Governança e Gestão (SPGG) e seu Departamento de Economia e Estatística (DEE), ter sido diretamente atingido pelo evento, impossibilitando o acesso aos computadores da equipe técnica responsável, a elaboração do MUPRS apresentou gargalos importantes de infraestrutura, relacionados com a falta de capacidade de processamento das robustas bases de dados que o compõe, licenças de *softwares*, etc. Inicialmente, todo o processamento, tanto das bases geográficas quanto das tabulares, foi feito utilizando *softwares* livres: para a delimitação da ADA e das bases georreferenciadas, o *software* QGIS Desktop 3.28.5, e, para bases de dados tabulares, o *software* R Studio. Após algumas semanas, o processamento

das bases geográficas passou a ser feito com o auxílio do ArcPRO 3.0.3[3], cuja licença foi cedida pela empresa Codex Remote, devido à melhor capacidade de processamento, o que permitiu uma maior celeridade no cumprimento das etapas.

Em linhas gerais, o processo de construção do MUPRS baseou-se em três etapas: (a) delimitação da Área Diretamente Atingida; (b) cruzamento dos dados; e (c) disponibilização dos resultados na ferramenta de Business Intelligence (BI). A Figura 2 ilustra as duas primeiras etapas do processo: a classificação das imagens de satélite e a delimitação da ADA, e o cruzamento dos dados.

Figura 2
Ilustração do processo de delimitação da Área Diretamente Atingida (ADA) e do cruzamento dos dados no Rio Grande do Sul — abril e maio de 2024



2.1 Delimitação da Área Diretamente Atingida

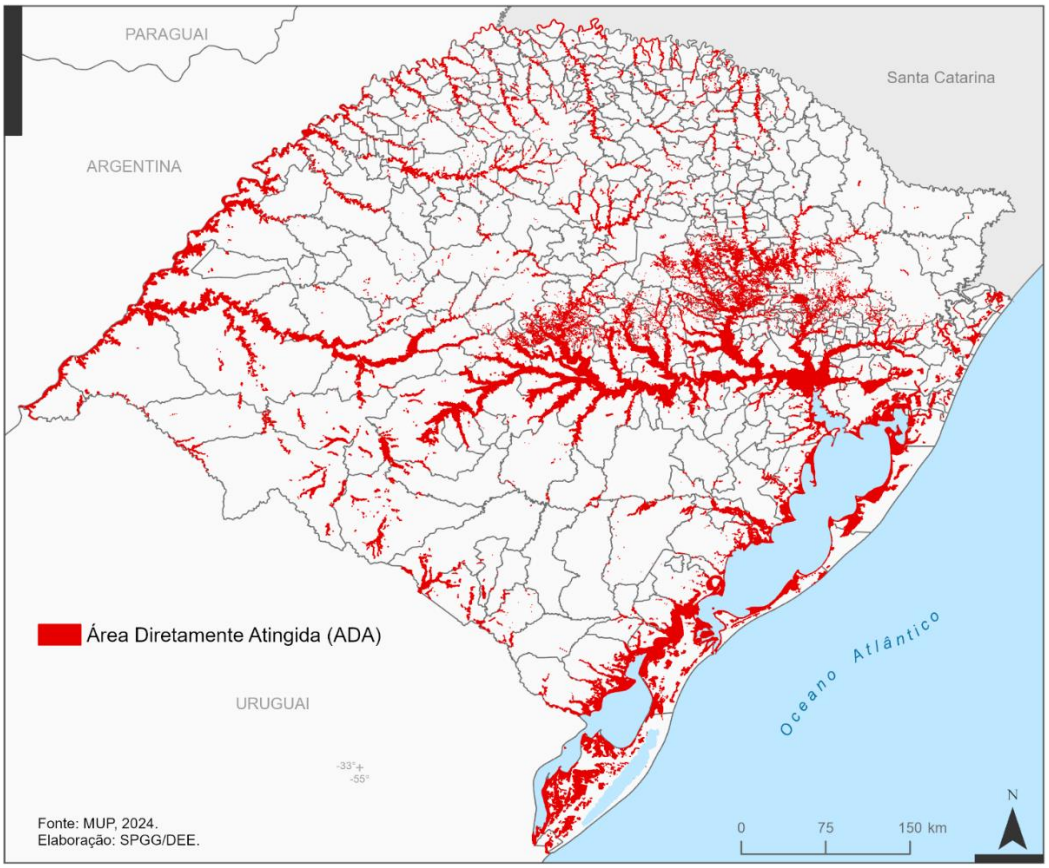
A primeira etapa desenvolvida foi a delimitação da ADA, a partir da qual foram feitos os cruzamentos de todas as bases de dados componentes do MUPRS. A presente nota faz apenas um resumo da metodologia empregada, para fins de contextualização das demais etapas, uma vez que sua descrição completa está publicada na Nota Técnica **Área Diretamente Atingida (ADA) pelos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em abril e maio de 2024** (Mieres *et al*., 2024).

[3] As ferramentas utilizadas para o processamento das bases espaciais são as mesmas no *software* QGIS e ArcGIS, portanto a descrição das etapas é uma só, independentemente do *software* utilizado.

Para a realização dessa etapa, foram utilizados, como principal insumo, os polígonos oriundos da classificação de imagens de satélite PlanetScope, com resolução espacial de 3 metros, disponíveis a partir do contrato firmado entre a SPGG e a empresa Santiago & Cintra Consultoria (SCCON). Os polígonos classificados correspondem à detecção de áreas com lâmina d'água, vestígios de lama, cicatrizes de movimentos de massa e de enxurrada. O processo de consolidação desses dados pela equipe técnica da SPGG deu-se através da validação e da qualificação dos insumos, com base na verificação visual das imagens Planet e Sentinel-2 (com resolução espacial de 10 metros), além de dados auxiliares como o Modelo Digital de Elevação (ANADEM), com resolução espacial de 30 metros, e a hidrografia de bases cartográficas vetoriais nas escalas 1:25.000 e 1:50.000. Para algumas áreas, foram incluídos dados obtidos através de modelagem hidrodinâmica e verificações em campo, feitas por instituições parceiras como Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Universidade Federal de Rio Grande (FURG) e Agência da Lagoa Mirim (ALM), que já foram compatibilizados e incorporados à ADA atual, além da verificação e inclusão dos dados utilizados pelo Governo Federal (validados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)).

Figura 3

Área Diretamente Atingida (ADA) pelos eventos extremos de precipitação ocorridos no Rio Grande do Sul — abril e maio de 2024



Fonte: Mapa Único do Plano Rio Grande (Rio Grande do Sul, 2024).
Nota: Versão da ADA de 03.09.2024.

Apesar de configurar um método bastante eficaz para o mapeamento das áreas atingidas, a utilização de imagens de satélite como insumo impõe algumas limitações técnicas que restringem a identificação dos eventos ocorridos, o que se deve, principalmente, a fatores como a limitação de visualização devido à resolução espacial e o intervalo entre a data da ocorrência do evento e a disponibilidade de imagens com visibilidade adequada. Como o mês de maio foi extremamente nebuloso, em algumas áreas do Estado houve um intervalo de até 10 dias entre a ocorrência do evento e a disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens que garantissem uma visibilidade adequada, o que fez com que parte dos eventos não pudesse ser identificada e delimitada, em especial nas áreas em que houve enxurrada ou alagamento por extravasamento dos sistemas de drenagem, ou seja, nos casos em que a elevação do nível da água, assim como seu retorno aos níveis normais, ocorreu rapidamente, deixando poucas cicatrizes visíveis nos registros visuais, dadas as suas resoluções, sobretudo nas áreas urbanas.

Diante dessas limitações, foi facultado aos municípios que indicassem diretamente ao Estado suas áreas atingidas, a partir da delimitação de polígonos autodeclarados, os quais foram validados pela equipe técnica da SPGG. A validação deu-se a partir da verificação de compatibilidade entre áreas delimitadas pelos municípios como diretamente atingidas e a possibilidade de ocorrência dos eventos informados, com base nos mesmos insumos utilizados para a validação da ADA (imagens de satélite, ANADEM e hidrografia), além da verificação dos Formulários de Informação de Desastre (FIDE). As áreas que foram aprovadas passaram a incorporar a ADA; para as demais, foram solicitados os ajustes necessários, visando a que todos os municípios que tivessem enviado dados pudessem ser incluídos na área oficialmente considerada pelo poder público estadual como diretamente atingida. Vale ressaltar que as áreas autodeclaradas são de total responsabilidade dos municípios e que a equipe técnica da SPGG tem somente a possibilidade de verificar a plausibilidade do que foi informado, tendo como referência os eventos possíveis de ocorrer nessas áreas, de acordo com as características geográficas de cada local.

2.2 Georreferenciamento e cruzamento das bases de dados

Para permitir o cruzamento das bases de dados com a ADA é necessário que elas estejam georreferenciadas, ou seja, que os elementos que as compõem estejam localizados espacialmente, com coordenadas geográficas identificadas[4]. Entre as fontes utilizadas, com exceção do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE), que já disponibiliza todas as coordenadas geográficas necessárias, as bases compostas por pontos (como o CadÚnico e os registros da Receita Federal) precisaram ser geocodificadas a partir dos endereços cadastrados nos sistemas de origem. As bases do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), por sua vez, não necessitaram de nenhum tipo de preparação, uma vez que são compostas por polígonos georreferenciados, tendo sido cruzadas diretamente com a ADA.

[4] Todas as bases de dados espaciais foram trabalhadas no Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum horizontal SIRGAS 2000.

Quadro 1

Bases de dados cruzadas com a Área Diretamente Atingida

NOME	REFERÊNCIA GEOGRÁFICA	PERÍODO DE REFERÊNCIA
Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE)	Logradouros (pontos **com** coordenadas)	1.° de agosto de 2022 a 5 de maio de 2023
Agregados por Setores Censitários preliminares: População e Domicílios	Setores censitários (polígonos)	1.° de agosto de 2021 a 31 de julho de 2022
Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico)	Logradouros (pontos sem coordenadas)	Abril, maio e junho de 2024
Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan)	Unidades consumidoras (pontos **com** coordenadas)	Junho de 2024
Receita Estadual (através do cruzamento de dados da Receita Federal do Brasil)	Logradouros (pontos sem coordenadas)	12 de junho
Cadastro Ambiental Rural (CAR)	Imóvel (polígonos)	8 de maio de 2024
Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)	Área Plantada (polígonos)	Safra 2022/2023

O processo de geocodificação de logradouros é bastante complexo e passível de erros, uma vez que depende da qualidade da informação cadastrada na origem, da atualização dos cadastros e da capacidade da ferramenta utilizada de identificar corretamente as coordenadas em uma base de arruamento que não possui cobertura territorial completa. Dessa maneira, são esperados alguns erros ou imprecisões, que o método adotado procurou identificar e excluir. Em todas as bases de endereços utilizadas, o primeiro tratamento foi a exclusão de preenchimentos incompletos e a padronização para o formato mais próximo ao retornado pelo sistema do Google Maps, na seguinte ordem: abreviação do tipo de logradouro, nome do logradouro, número do logradouro, bairro, município, abreviação da unidade da Federação e CEP, conforme o exemplo abaixo:

R. DA POESIA, 115 - MARIO QUINTANA, PORTO ALEGRE - RS, 91250-385.

A geocodificação dos endereços tratados foi realizada com a versão livre do ambiente de desenvolvimento integrado RStudio, com requisições pelo *A*pplication Programming Interface (API) Geocoding, do Google, um serviço pago[5]. Entre as diversas aplicações da API Geocoding está a conversão de endereços em coordenadas de latitude e longitude, retornando os resultados em formato JSON (JavaScript Object Notation) ou XML (Extensible Markup Language), informando também o método empregado na conversão, sendo quatro os tipos: (a) *rooftop*, quando o endereço exato é localizado na base de arruamentos; (b) *range interpolated*, quando a localização é interpolada entre dois pontos, normalmente quando a numeração não existe na base do Google; (c) *geometric center*, quando o Google identifica três ou mais pontos de referência próximos, a exemplo de um CEP localizado de endereço não reconhecido; ou (d) *approximate*, quando outras formas de aproximação são empregadas. A categorização dos procedimentos é

[5] Apesar de ser um serviço pago, no período entre maio e setembro de 2024, as empresas Google Cloud e Calriz Group forneceram créditos e suporte técnico gratuito ao Governo do Estado do Rio Grande do Sul para essa e outras aplicações de resposta emergencial.

crucial para a crítica posterior dos resultados que foram efetivamente aproveitados como parâmetro para a focalização das ações.

Parte da crítica dos resultados passou pela verificação e eventual exclusão de grandes quantidades de endereços em coordenadas sobrepostas por algum dos métodos de aproximação — indício de que o sistema retornou o centroide de um bairro inteiro ou de uma cidade com pouca cobertura de endereços. Além disso, foi testada a coerência entre as coordenadas e os municípios de registro, dentro de uma margem de divergência transfronteiriça, descrita a seguir. Por fim, a versão final adotada para os endereços do CadÚnico integrou coordenadas de unidades consumidores fornecidas pela Corsan, consideradas mais consistentes por serem coletadas em campo.

O resultado da geocodificação foi exportado em formato csv (Comma Separated Values) para posterior georreferenciamento e validação das coordenadas no software QGIS Desktop 3.28.5. Para o georreferenciamento, o arquivo csv era adicionado no gerenciador de fonte de dados, como texto delimitado. Após a visualização dos pontos, o arquivo era exportado para *shapefile*, para iniciar o processo de validação das coordenadas. Tal validação foi feita a partir da verificação de compatibilidade entre o município informado na base de dados e o georreferenciado, utilizando também um *buffer* de 1km a partir dos limites municipais (para englobar os endereços localizados próximos às fronteiras municipais). Os registros em que não houve coincidência dos municípios (ou do *buffer*) foram invalidados para as análises e desenho de respostas emergenciais. Vale salientar que, mesmo após a validação, que é feita em grande escala, é possível que alguns registros não estejam precisamente localizados, situação que pode ser avaliada caso a caso, havendo necessidade. As bases de dados resultantes desse processo geraram quase 10 milhões de registros de pontos, que foram cruzados sistematicamente com a ADA[6].

A título de ilustração dos resultados, considerando a base do Cadastro Único do Rio Grande do Sul de junho de 2024, última referência utilizada no Mapa Único, 1.430.553 famílias tiveram as coordenadas geográficas de seus endereços validadas, sobre um total de 1.612.761 (88,7%). Além das coordenadas oriundas da integração dos registros da Corsan, correspondente a uma parcela de 22,8% das famílias validadas nessa base, outros 37,6% de endereços foram identificados exatamente (*rooftop*), 25,8% por interpolação entre dois pontos, 8% pelo centro geométrico e apenas 5,8% por outras formas de aproximação. Embora os números gerais de aproveitamento sejam bons, é importante observar que, enquanto 149 municípios com estado de calamidade ou emergência decretados tiveram mais de 90% dos seus endereços validados, outros 34 municípios na mesma situação tiveram menos de 20% de coordenadas aproveitadas pelos endereços registrados no CadÚnico ou Corsan. Esse viés de cobertura limitou a ação sobre regiões com informações imprecisas de localização.

Inicialmente, todos os cruzamentos de base de dados com a ADA foram feitos no *software* QGIS Desktop 3.28.5, através da ferramenta *intersect* (que permite a manutenção integral da

[6] De 16 de maio (primeira versão de ADA) até 24 de julho, a ADA era atualizada semanalmente, bem como o cruzamento de todas as bases de dados. Após essa data, a atualização passou a ser mensal. Ainda não há previsão de finalização, uma vez que alguns insumos ainda seguem sendo validados e inseridos na ADA.

tabela de atributos tanto da ADA quanto da base de dados cruzada). Devido ao grande volume de registros, foram criados códigos identificadores para as bases com coordenadas geográficas válidas, acelerando o processo, sendo os atributos associados novamente no RStudio.

No caso das bases poligonais (municípios, CAR e Conab), após o cruzamento foi necessário fazer a conversão do sistema de coordenadas geográficas para o sistema métrico, de forma a permitir o cálculo das áreas totais e atingidas com maior precisão. O sistema utilizado foi a projeção cônica equivalente de Albers (recomendado pelo IBGE), *datum* horizontal SIRGAS 2000.

2.3 Criação de *clusters* dentro das áreas atingidas

Algumas áreas impactadas pelas enchentes apresentam alta concentração de domicílios, afetando um elevado número de famílias, comércios e estruturas públicas. A busca por soluções para essas comunidades, que reúnem um elevado número de moradores em regiões suscetíveis, expostos de maneira particularmente sensível às enchentes, possibilita ao Estado atuar de forma mais eficaz para atender o maior número possível de pessoas.

A identificação de *clusters* proporciona um recurso valioso para o planejamento de intervenções, ajudando a priorizar áreas críticas e a distribuir recursos de maneira mais eficiente. Esses dados servirão como base para políticas de mitigação de enchentes e para o desenvolvimento de planos de resposta rápida em futuras emergências.

Com o objetivo de delinear essas áreas, fez-se uso da técnica de estatística espacial Density-Based Clustering[7] para agrupar domicílios concentrados dentro da ADA, adotando os critérios e parâmetros abaixo.

- Número mínimo de endereços: 150 (considerando apenas os endereços únicos, assim, um prédio é contabilizado como um único domicílio);
- população mínima: 250 habitantes;
- parâmetro de distância entre pontos: 225 metros;
- ajustes semiautomáticos: poligonização, fusões e divisões de *clusters* adjacentes, quando necessário.

Assim, foram criados 152 *clusters* com as seguintes medianas: 1.023 habitantes, área de 31 hectares, densidade populacional de 43 habitantes/hectare. Posteriormente, os *clusters* foram ranqueados com base em uma pontuação cuja escala varia de 0 a 8, baseada nas seguintes variáveis:

(A) razão entre o percentual da população do município inserida no *cluster* e a área do *cluster*;

[7] Foi utilizado o *software* Arcgis, pelo método da distância definida. Mais informações em: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/densitybasedclustering.htm.

(B) indicador de recorrência, identificando se a área do *cluster* também foi impactada pelas enchentes de setembro de 2023;

(C) indicador de incidência de domicílios destruídos, apontando os *clusters* em que foram identificados ao menos cinco domicílios georreferenciados no Cadastro Único com destruições, totais ou parciais.

De maneira intuitiva, verifica-se que, quanto maior for a parcela do município inserida no *cluster*, e quanto menor for a sua área, indicando concentração, maior será o valor de (A). Por sua vez, a variável (B) busca priorizar áreas impactadas por dois desastres seguidos (setembro de 2023 e maio de 2024), e a variável (C) busca captar algum grau de intensidade do desastre.

Para o cálculo do escore final de cada *cluster* (z_i), a variável (A) foi então padronizada, limitando seu intervalo em [-3;3] desvios-padrão e somando o valor 3 para eliminar valores negativos, enquanto, para as variáveis (B) e (C), cada *cluster* recebeu o atributo 1, quando, respectivamente, a recorrência e a incidência de destruição foram verdadeiras, e 0, caso contrário. Assim, a pontuação final resultou em uma amplitude variando entre 0 a 8, como mostra a equação abaixo:

$$z_i = \left[\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right]_{L_{inf}=-3}^{L_{sup}=3} + 3 + I_{Recorrência} + I_{Dom_Destruídos}$$

Em que:

z_i é o escore final de cada *cluster* (i);

x_i é o valor obtido por cada *cluster* na variável (A);

μ é a média de todos os *clusters* na variável (A);

σ é o desvio-padrão de todos os clusters na variável (A);

$I_{Recorrência}$ é uma função indicadora que recebe o valor 1 quando há recorrência entre os desastres de 2023 e 2024;

$I_{Dom_Destruídos}$ é uma função indicadora que recebe o valor 1 quando foram identificados cinco ou mais domicílios destruídos com cadastro no Cadúnico identificado dentro do município.

3 Disponibilização dos resultados

Para viabilizar a disponibilização dos resultados, tanto para a utilização interna ao Governo para subsidiar a elaboração e a execução das políticas públicas, como para o público externo, incluindo as prefeituras, foi criado o BI do MUPRS. Por definição, Business Intelligence é um local que reúne um conjunto de dados, permitindo a análise estratégica com o intuito de embasar de forma concreta decisões de gestão. No caso do MUPRS, foram desenvolvidos dois módulos de visualização e consulta: o **gestor**, em que estão disponibilizados dados mais detalhados, incluindo sensíveis, para acesso de secretários e técnicos das secretarias; e o módulo

público, com dados mais agregados, para o público em geral. A ferramenta foi construída no *software* PowerBI da Microsoft.

O BI disponibiliza dados tabulares e especializados, contendo as principais informações decorrentes do cruzamento da Área Diretamente Atingida com as bases utilizadas para mensuração de impacto. Na elaboração, optou-se tanto por acomodar o interesse de usuários que pretendem apenas fazer consultas gerais sobre resultados, como também permitir aprofundamento por meio da utilização de filtros e segmentação de dados. A ferramenta permite o *download* de todos os dados selecionados e visualizados, garantindo transparência e facilitando a manipulação pelo público amplo. Quanto à apresentação dos dados espacializados utilizados, sempre que possível, optou-se pelo visual dos Mapas do Azure, que viabiliza incluir uma camada de referência — no caso o arquivo vetorial da ADA — e, sobre ela, adicionar pontos georreferenciados (com latitude e longitude), para indicar se estão ou não dentro da ADA, portanto se foram ou não diretamente atingidos. No módulo público, esse recurso está disponível para visualização dos dados do Censo e de equipamentos públicos. No módulo de gestor, essa consulta também está disponível para dados do CadÚnico e do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ). Nas bases de dados em que não foi possível disponibilizar a geolocalização dos endereços, foi utilizado um Mapa Coroplético, com a totalização das informações por município.

Prevendo a utilização por gestores locais do Rio Grande do Sul, manteve-se, em todas as páginas, a possibilidade de filtros regionais por municípios e Conselhos Regionais de Desenvolviemento (Coredes), sendo possível navegar por todo o BI visualizando apenas os dados do local de interesse.

A versão pública do BI foi estruturada com as seguintes seções:

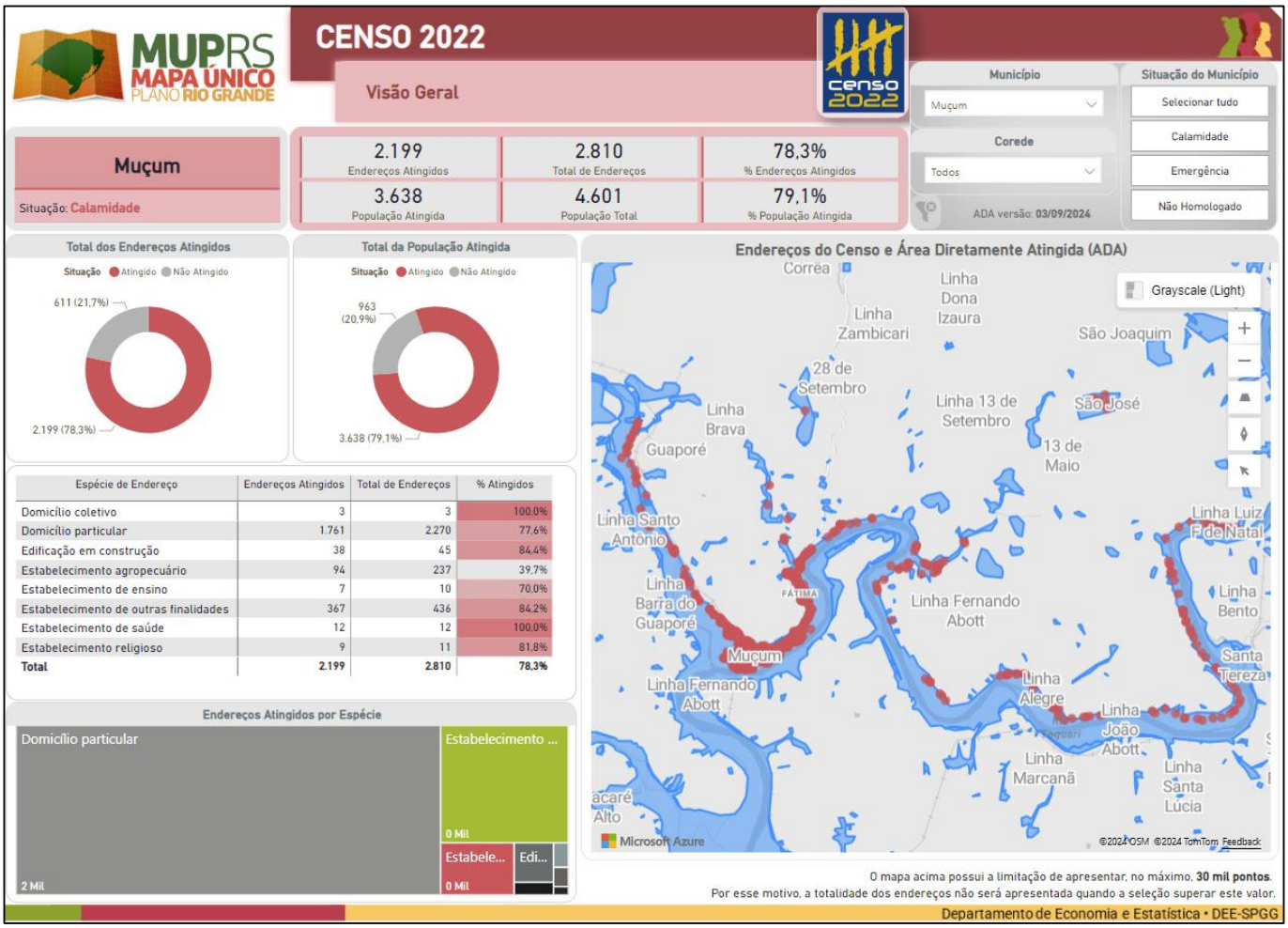
- introdução - encontra-se uma visão geral dos principais resultados decorrentes do cruzamento da ADA com as bases utilizadas para mensuração do impacto. Também há uma página exclusiva da ADA, em que se pode tanto navegar no mapa para visualizar as áreas atingidas, quanto fazer o *download* do arquivo vetorial da ADA (no formato kml) utilizado oficialmente nos programas do Governo do Estado. Foi incluída também uma área de consulta a endereços, que guia o usuário para uma página do MyMaps específico do Corede ao qual pertence o município selecionado. Nessa página, o usuário pode inserir um endereço e consultar se ele está dentro ou fora da ADA;
- Censo - encontram-se dados resultantes do cruzamento da ADA com os endereços do CNEFE, cuja fonte primária é o IBGE, conforme abordado em seções anteriores. Em uma primeira aba, há as informações totalizadas por espécie de endereço, além da geolocalização daqueles atingidos, como pode ser visto na Figura 4. A segunda aba apresenta tabela com a totalização de endereços e pessoas por município e Corede, também contando com a geolocalização dos atingidos;
- Cadastro Único - nesta seção, pode-se navegar pelos dados da população vulnerável do Estado, com totalizações por família e por pessoas registradas no Cadastro Único. Há filtros para segmentação dos quantitativos atingidos nos seguintes recortes: faixa de

renda *per capita*, faixa de renda total familiar, cor ou raça, sexo, faixa etária, frequência escolar e grau de instrução. A segunda aba dessa seção conta com a tabela de totalizações, permitindo também a aplicação de outros filtros, como tempo desde a última atualização do cadastro e seleção de grupo populacionais específicos. Ressalta-se que os dados, apresentados por municípios, podem ser exportados para csv ou xls*;*

- programas de auxílio - nesta seção, encontram-se os dados de dois programas de auxílio às vítimas do desastre natural, englobados no Plano Rio Grande — Volta por Cima, que, como observado anteriormente, utiliza recursos públicos como fonte, e SOS RS, que utilizou recursos oriundos de doações para o PIX RS. Na página de cada programa, é possível consultar o total de auxílios, o número de pessoas atendidas, o valor total e proporcional por habitantes dos municípios. As mesmas informações podem ser visualizadas em formato de tabela e de mapa;
- equipamentos públicos - esta seção acomoda as informações de equipamentos públicos fornecidas pela Infraestrutura Estadual de Dados Espaciais (IEDE). Nela, constam bibliotecas públicas, museus, centros de desenvolvimento social, escolas (estaduais, federais, municipais e de nível superior), estabelecimentos de saúde (hospitais, unidades básicas de saúde (UBSs) e unidades de pronto atendimento (UPAs) e de segurança. Além de consultar a totalização de atingidos, é possível recuperar informações específicas para cada equipamento público, com a respectiva a geolocalização;
- CNPJ ativo - nesta seção, encontram-se dados relativos à base de dados disponibilizada pela Receita Estadual, com segmentação por categoria (microempreendedor individual (MEI), Simples Nacional, empresas de pequeno porte e demais). Apresenta-se por Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) principal, com seção e divisão. A segunda aba permite visualização de tabela por município, permitindo também exportação em formato csv e xlsx;
- agropecuária - a última seção adicionada traz informações da área atingida dos imóveis registrados no Cadastro Ambiental Rural, do número de estabelecimentos agropecuários (base do CNEFE) e de estimativa de área atingida destinada à produção de arroz e soja, estimada a partir de dados da Conab da safra 2022-2023, conforme metodologia apresentada anteriormente;
- informações - na aba de informações, apresenta-se brevemente a ferramenta de BI, relacionando todas as bases utilizadas, bem como todas as parcerias estabelecidas ao longo da elaboração do Mapa Único do Plano Rio Grande. Ademais, em cada aba, adicionou-se um dicionário de dados específico para a terminologia adotada em cada base. A relação completa pode ser consultada em aba geral do dicionário de dados. Embora, conforme ressaltado, todas as informações possam ser exportadas pelo usuário, adicionou-se na aba de informações a possibilidade de *download*, em csv ou xlsx, dos principais dados tabulares por município, além do arquivo vetorial da ADA, em formato kml.

Figura 4

Exemplo de consulta para visualização dos dados disponibilizados no Mapa Único do Plano Rio Grande (MUPRS)



Fonte: Mapa Único do Plano Rio Grande (Rio Grande do Sul, 2024).
Nota: Versão da ADA de 03.09.2024.

O módulo de gestor ainda conta com abas de estudos específicos elaborados para suprir demandas de outros órgãos. Além disso, adicionaram-se abas para consulta de Cadastro de Pessoas Físicas (CPF) e CNPJ, fornecendo subsídios para facilitar a gestão de políticas públicas pelas áreas fins. Como apresentam dados sensíveis, essas informações não são disponibilizadas ao público amplo.

Abordando brevemente termos técnicos gerais sobre a ferramenta, após processamento, as bases reúnem cerca de 3 Gb de dados, com cerca de 15 milhões de linhas. Em sua estruturação, o BI conta com mais de 350 itens, entre variáveis, colunas e medidas. Para permitir recursos como a utilização de mapas com geolocalização e camada de referência, bem como o *download* de dados pelo público amplo, foi utilizado o formato de publicação Embedded no PowerBI, via auxílio da Subsecretaria de Governança e Estratégia de TIC e Digital (STI) e do Centro de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Rio Grande do Sul S.A. (Procergs) para hospedagem do *site*.

O BI pode ser acessado em https://mup.rs.gov.br/ e mantém-se atualizado com as informações mais recentes de posse da SPGG.

Referências

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD)**. Brasília, DF: MDR, 2024. Disponível em: https://s2id.mi.gov.br/. Acesso em: 6 ago. 2024.

INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. **Sistema Tempo**. Tabelas de dados das estações. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2024. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001. Acesso em: 24 jul. 2024.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil. Período 1991-2020**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 2020. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 22 jul. 2024.

MCPHADEN, Michael J.; SANTOSO, Agus; CAI, Wenju. Introduction to El Niño Southern Oscillation in a Changing Climate. In: **El Niño Southern Oscillation in a Changing Climate**. NJ : Wiley-American Geophysical Union, 2020. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/chapter-epub/10.1002/9781119548164.fmatter. Acesso em: 20 jul. 2024.

MIERES, Luciana da Silva; PESSOA, Mariana Lisboa; SILVA, Luana de Lima e; MORAES, Fernando Dreissig de; CUNHA, Laurie Fofonka. **Área Diretamente Atingida (ADA) pelos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em abril e maio de 2024**. Porto Alegre: SPGG, 2024. (Nota Técnica). Disponível em: https://mup.rs.gov.br/. Acesso em: 15 set. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei n.° 15.977, de 12 de julho de 2023. Institui auxílio para situações de calamidade ou emergência destinado à população do Estado do Rio Grande do Sul vítima das contingências decorrentes de eventos climáticos**. Rio Grande do Sul, 2023. Disponível em: https://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2057.114.pdf. Acesso em: 25 jul. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Planejamento Governança e Gestão. **MUPRS — Mapa Único do Plano Rio Grande**. Porto Alegre: SPGG/DEE, 2024. Disponível em: https://mup.rs.gov.br/. Acesso em: 15 ago. 2024.