



Artigos

Estrabão
Vol. (5): 287 - 297
© Autores
DOI: 10.53455/re.v5i1.259



Recebido em: 08/05/2024
Publicado em: 09/05/2024

Mapeamento da área alagada/inundada nos municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, Rio Grande do Sul: potencialidades de dados geográficos livres

Mapping of flooded areas in the municipalities of Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul, and Restinga Sêca, Rio Grande do Sul: potential of free geographic data

Maurício Rizzatti ^{1A}, Natália Lampert Batista

Resumo:

Contexto: O fenômeno extremo ocorrido no Rio Grande do Sul no final de abril e início de maio de 2024 traz a emergência da necessidade de produções cartográficas para compreensão do processo e planejamento de ações de redução de danos e auxílio às populações afetadas. Por isso, o objetivo deste trabalho é realizar uma contribuição metodológica a partir do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) e das coordenadas dos endereços do Censo Demográfico de 2022, para os municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, na produção cartográfica com fins de redução de danos usando dados gratuitos e softwares livres. **Metodologia:** Para a produção do NDWI, foram utilizadas imagens Sentinel 2A para a área de estudo em diferentes datas (antes e depois do período chuvoso). Para estimar as residências afetadas pelo evento extremo, utilizou-se as Coordenadas Geográficas dos Endereços, do Censo Demográfico de 2022. Os mapas foram confeccionados no software QGIS. Como **resultado**, apresentou-se um mapa comparando as áreas com presença de água para as duas datas e outro contendo a localização das residências nas áreas de alagamento/inundação. Conclui-se que as produções cartográficas e a metodologia descrita podem colaborar com a gestão de desastres no contexto descrito ao longo do texto.

Palavras-Chave: NDWI, Sentinel 2A, Chuva, Evento Extremo, Coordenada Geográfica dos Endereços

Abstract:

Context: The extreme phenomenon that occurred in Rio Grande do Sul at the end of April and beginning of May 2024 brings the emergence of the need for cartographic productions to understand the process and plan actions to reduce damage and help affected populations. Therefore, the objective of this work is to make a methodological contribution based on the Normalized Difference Water Index (NDWI) and the address coordinates of the 2022 Demographic Census, for the municipalities of Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul and Restinga Sêca, in cartographic production for damage reduction purposes using free data and free software. **Methodology:** To produce the NDWI, Sentinel 2A images were used for the study area on different dates (before and after the rainy season). To estimate the residences affected by the extreme event, the Geographic Coordinates of Addresses from the 2022 Demographic Census were used. The maps were created using the QGIS software. As a **result**, a map was presented comparing the areas with the presence of water for the two dates and another containing the location of residences in the flooding/flooding areas. It is concluded that cartographic productions and the methodology described can collaborate with disaster management in the context described throughout the text

Keywords: DWI, Sentinel 2A, Rain, Extreme Event, Geographic Coordinates of Addresses.

1 - Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Geografia - PROFGEO

A - Contato principal: geo.mauricio.rizzatti@gmail.com

Introdução

A Geografia, enquanto ciência, preocupa-se com a discussão sobre a relação sociedade e natureza. Desta forma, pensar as consequências e os impactos das chuvas e das enchentes nos cotidianos e a correlação disso com outros dados físico-naturais e antrópicos têm emergência dentro desse debate. Há inúmeras e diversas correntes de pesquisa que se dedicam a entender os fenômenos relacionados aos eventos extremos que afetam o planeta Terra, dentre elas, a Cartografia, o Geoprocessamento e o Sensoriamento Remoto podem contribuir, na medida em que, possibilitam a identificação dos impactos dos processos e, associados a políticas públicas eficientes, no planejamento de ações de prevenção e mitigação de danos.

As técnicas cartográficas, de geoprocessamento e sensoriamento do ambiente, como apresentam Aguilar, Flain & Coelho (2018), são aplicadas em várias fases da reflexão sobre o espaço e os fenômenos que nele ocorrem, abrangendo o planejamento, a supervisão e a gestão de iniciativas ou projetos em andamento. Essa aplicação possibilita a detecção de discrepâncias e a revisão contínua das ações relacionadas ao aspecto espacial. “[...] A pergunta-chave ‘onde?’ é central no que tange a análise territorial. Uma proposta de intervenção possui menor consistência se a sua localização não for adequada [...]” (Aguilar, Flain & Coelho, 2018, p. 19-20).

Desse modo, reconhecer, localizar e compreender fenômenos climáticos extremos, por meio destas ferramentas geotecnológicas, potencializa a atuação no planejamento de ações decorrentes desses fenômenos. Obviamente que atuar apenas após os eventos é paliativo, todavia, em face aos processos verificados no Rio Grande do Sul, nos meses de abril e maio de 2024, torna-se imprescindível o trabalho de mapeamento e a consolidação de bases de dados eficazes para a busca de soluções possíveis no contexto atual.

Os mapas e os seus produtos derivados são fundamentais tanto no cenário apresentado como em outros, conforme argumenta Laudares (2014):

A representação gráfica da Terra com desenhos (vetores), fotos (raster) e informações (banco de dados) com aplicativos de fácil acesso via web, tornou-se popular e pública, e até necessária a muitos profissionais, desde gestores públicos, organizações privadas, até o mais simples cidadão para funções simples como fazer seu roteiro de viagens ou confeccionar o convite de aniversário do seu filho (Laudares, 2014, p. 21).

Ao pensar enchentes, alagamentos e inundações, em cenário de desastre, esses produtos cartográficos tornam-se fundamentais e emergentes para a compreensão dos processos e para o planejamento de estratégias de mitigação dos danos. Neste sentido, as demandas apresentadas no presente trabalho vêm a este encontro, pois visam colaborar metodologicamente para o entendimento das consequências da crise climática do RS, bem como com o planejamento de ações de redução dos impactos no cotidiano. A estratégia metodológica também busca reforçar a importância da valorização da ciência, dos alertas meteorológicos, das Universidades e Instituições de Pesquisa, como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e dos(as) pesquisadores(as) na produção de dados confiáveis e que podem salvar vidas.

Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma contribuição metodológica a partir do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) e das coordenadas dos endereços do Censo Demográfico de 2022, na produção cartográfica com fins de redução de danos usando dados gratuitos e *softwares* livres.

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a arte e a ciência de obter informações sobre objetos, sem que haja contato físico direto com o objeto (Jensen, 2009), desde nível orbital, por meio de satélites sensores e radares, como por nível suborbital, com aerolevantamentos por aviões e aeronaves remotamente pilotadas. Assim, o Sensoriamento Remoto possibilita o imageamento do planeta Terra, sobretudo para fins de mapeamento e monitoramento, o que subsidia o planejamento e gestão territorial para diferentes fenômenos. Junto às técnicas de Sensoriamento Remoto, a Cartografia e o Geoprocessamento tornam-se poderosas ferramentas neste contexto.

Uma das aplicações principais do Sensoriamento Remoto é para monitoramento de desastres naturais, pois

[...] oferece informações sobre grandes áreas em curtos intervalos de tempo. Ele possibilita também a coleta de informações em áreas inacessíveis, com dificuldade de acesso por causa do colapso da infraestrutura, ou restritas

por problemas sociopolíticos, onde não existem ou são esparsas as estações de coleta de dados no campo” (Sausen & Lacruz, 2015, p. 49).

O Sensoriamento Remoto, quando aplicado em desastres ambientais, embora seja útil em todas as etapas do gerenciamento (prevenção, alerta, resposta, mitigação e reconstrução), na prática, tem sido utilizado, principalmente, na fase de resposta (Sausen & Lacruz, 2015). As autoras apresentam uma exemplificação dos usos específicos do Sensoriamento Remoto para o gerenciamento de desastres, em diferentes etapas, como na preparação, prevenção, mitigação, resposta e recuperação para as inundações (Quadro 1), ponto de discussão central desta comunicação de pesquisa.

Quadro 1 – Uso do Sensoriamento Remoto para gerenciamento de eventos de inundação.

ETAPAS	ATIVIDADES
Preparação, prevenção e mitigação	Zoneamento da planície de inundação Monitoramento e avaliação do risco e/ou de ocorrências de transbordamento de cursos de água Caracterização e mapeamento de áreas com potencial de inundação, como planícies fluviais
Resposta	Monitoramento da evolução do evento (data da ocorrência do evento, período estimado do pico de inundação, extensão e localização do evento)
Recuperação	Mapeamento da extensão da inundação para ter uma rápida avaliação dos danos causados (áreas agrícolas e cidades afetadas, rodovias e estruturas viárias afetadas) e iniciar as ações de recuperação Recuperação das áreas afetadas (residenciais, comerciais e instalações críticas, como hidroelétricas, termoeletricas, usinas nucleares, pontes, estradas, barragens, gasodutos e oleodutos)

Fonte: Sausen & Lacruz (2015, p. 77).

Para eventos de inundação, o satélite Sentinel 2A, lançado em 23 de junho de 2015, pode ser utilizado em todas as etapas. Ele se configura como o primeiro satélite óptico de observação da Terra do programa europeu *Copernicus*, sendo desenvolvido e construído com a liderança da *Airbus Defence and Space* para a Agência Espacial Europeia (ESA) (*Satellite Imaging Corporation*, 2024). Trata-se de um satélite multiespectral, com 13 bandas, podendo ser aplicado para diversos fins, como vegetação, solos, hidrografia, áreas costeiras, aplicações agrícolas, entre outros, com dados para correção atmosférica, capacidade de revisita de 5 dias e alta resolução espacial (10 metros) para as bandas do visível e infravermelho próximo (Figura 1).

Figura 1 – Satélite Sentinel 2: bandas, comprimento de onda central e resolução espacial.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Fonte: *Satellite Imaging Corporation* (2024)

Procedimentos metodológicos

Foram adquiridas dois imageamentos do satélite Sentinel 2A, do *Copernicus Browser* (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>, acesso em: 08 mai. 2024), para a área de estudo em diferentes datas, a saber, 21 de abril e 06 de maio de 2024, para comparar os municípios antes e depois das chuvas. Criou-se uma composição em cor verdadeira (RGB432) para utilizar como base nas representações.

Como o objetivo é delimitar as áreas alagadas e inundadas pela enchente com as imagens mencionadas, aplicou-se o NDWI, proposto por McFeeters (1996), para separar, remotamente, o uso relacionado à água com os demais usos do território. Para isso, utilizou-se as bandas 3 (Verde) e 8 (Infravermelho), do Sentinel 2A, e aplicou-se a Equação 1:

$$(1) \text{NDWI} = \frac{((\text{Banda do Verde} - \text{Banda do Infravermelho}))}{((\text{Banda do Verde} + \text{Banda do Infravermelho}))}$$

Além de possibilitar a detecção de corpos de água, o NDWI também pode, de acordo com Almeida, et al. (2021, p. 126), “[...] subsidiar a avaliação e a análise de recursos hídricos, incluindo inventários e mapeamentos de áreas úmidas e enchentes, dando suporte assim ao gerenciamento de águas superficiais”. Por ser um índice normalizado, seus valores variam entre -1 e 1. Para este trabalho, considerou-se os pixels com valor 0 ou superiores como superfícies com água, incluindo áreas alagadas, inundadas e úmidas, bem como as áreas com acúmulo de água. Os rasters do NDWI, para as duas datas, foram reclassificados para extrair apenas os pixels com os valores mencionados através da ferramenta *r.recode*, do GRASS, presente no *software* QGIS, versão 3.32.2.

Com isso, transformou-se o produto da reclassificação para camada vetorial poligonal com o intuito de quantificar a área de água para as duas datas, através da calculadora de campo do QGIS. Os arquivos vetoriais dos municípios, drenagens e rodovias foram adquiridos da Base Vetorial Contínua do IBGE na Escala de 1:100.000 (IBGE, 2021). Para o mapa de altitude, utilizou-se a imagem de radar do TOPODATA (INPE, 2008), com o objetivo de sobrepor a hipsometria com o vetor das áreas com água (de 06 de maio). Todos estes dados deram origem ao “Mapa da Área Alagada/Inundada nos municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, Rio Grande do Sul, em 06 de maio de 2024”, organizado no QGIS.

Para estimar a quantidade de residências¹ impactadas pela enchente, foi utilizado a publicação do IBGE sobre as “Coordenadas Geográficas dos Endereços”, do Censo Demográfico de 2022, a fim de sobrepor as residências com o polígono das águas do dia 06 de maio. De acordo com a Nota metodológica n. 01, do IBGE (2024a, p. 8), “As coordenadas geográficas do Censo 2022 são, portanto, o objeto central desta publicação, oferecendo à sociedade um importante dado para suporte ao planejamento de ações públicas e privadas”.

Assim, foi realizado o *download* das tabelas com as coordenadas dos endereços para os municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, identificados, respectivamente, pelos códigos² 4300109, 4306700, 4314027 e 4315503. As tabelas foram padronizadas no formato .CSV, separadas por tabulação e inseridas no QGIS pela função “Adicionar Camada de Texto Delimitado”, identificando a coluna referente a Latitude e a Longitude, bem como ao Sistema Geodésico de Referência³.

Depois que a camada pontual resultante das Coordenadas Geográficas foi inserida, realizou-se uma seleção de pontos pela localização, ou seja, foram selecionados os pontos de cada um dos municípios que estavam contidos na camada poligonal das águas em 06 de maio. Além disso, visualmente, também foram

1 Para cada coordenada geográfica do endereço (latitude e longitude), não há disponibilidade de quantas pessoas compõem a residência. Por isso, optou-se chamar de “quantidade de residências” que sofreram com a enchente nos municípios em estudo.

2 As tabelas referentes às Coordenadas Geográficas dos Endereços, em nível municipal, são intituladas pelo código dos municípios de acordo com a metodologia do IBGE, a saber: UFMMMM, em que o UF corresponde ao código do Estado e o MMMMM ao município.

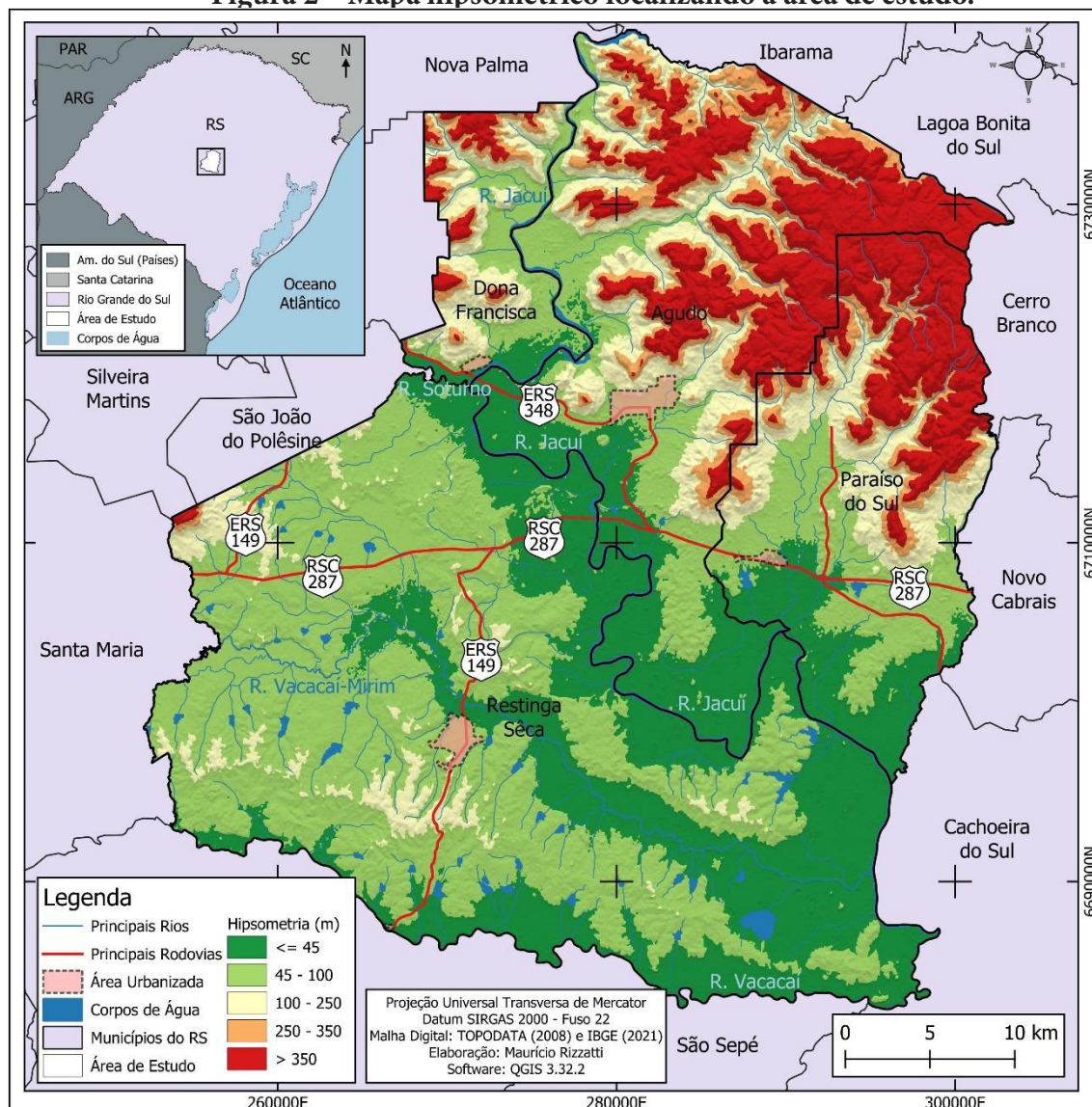
3 As coordenadas são expressas em graus decimais e referenciadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Caso seja necessário, em virtude do modo de escrita das coordenadas, deve-se multiplicar as coordenadas por 0,000001 para que, por exemplo, a latitude seja transformada de -29.732.240 para -29,73224 (graus decimais). Esse valor corrigido, tanto para latitude como longitude, são os campos a serem inseridos no “Adicionar Camada de Texto Delimitado”.

selecionadas as residências que se encontravam ilhadas.

Resultados

Os municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca estão localizados na Região Central do Rio Grande do Sul (Figura 2), em uma área de transição entre duas unidades de relevo, o rebordo do Planalto da Bacia do Paraná e a Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense (Ross, 2008). Selecionou-se tais municípios para a testagem metodológica por estarem situados no leito de várzea de rios importantes, como o Jacuí, que sofre periodicamente com enchentes de diferentes proporções.

Figura 2 – Mapa hipsométrico localizando a área de estudo.



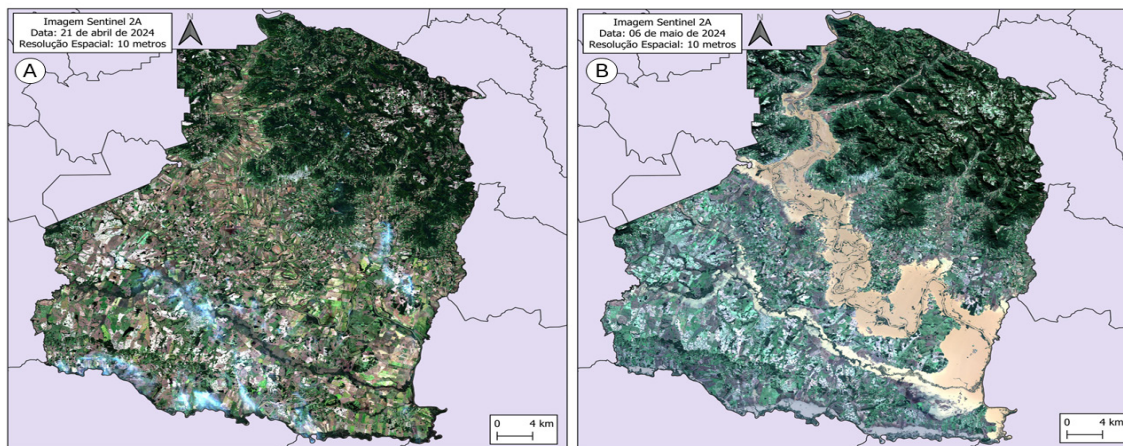
Elaboração: Maurício Rizzatti (2024).

Os municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, de acordo com o Censo Demográfico de 2022, apresentavam uma população residente de 16.041, 3.079, 6.519 e 14.939, respectivamente. Suas sedes urbanas são consideradas “pequenas cidades”, pois suas funções estão atreladas a dinâmica entre as atividades urbanas e rurais (Corrêa, 2011).

Com base nas imagens de satélite Sentinel 2A utilizadas, ilustradas na Figura 3, pode-se observar as diferenças entre o imageamento realizado antes do período chuvoso (21 de abril) e após (06 de maio). Para se ter uma ideia da dimensão do acumulado de chuva, utilizando a Estação Meteorológica de Santa Maria (Estação Automática), que está distante aproximadamente 35 km da área de estudo, entre os dias 29 de abril e

06 de maio de 2024, ocorreu uma precipitação total de 465,6 mm. Destacando-se que, em apenas três horas, no dia 30 de abril (entre às 10 e 13 horas) precipitou 94,2 mm e ao longo do dia 01 de maio, ocorreu uma precipitação de 146 mm (INMET, 2024).

Figura 3 – Composição em cor verdadeira da imagem Sentinel 2A: 21 de abril (A) e 06 de maio de 2024 (B).

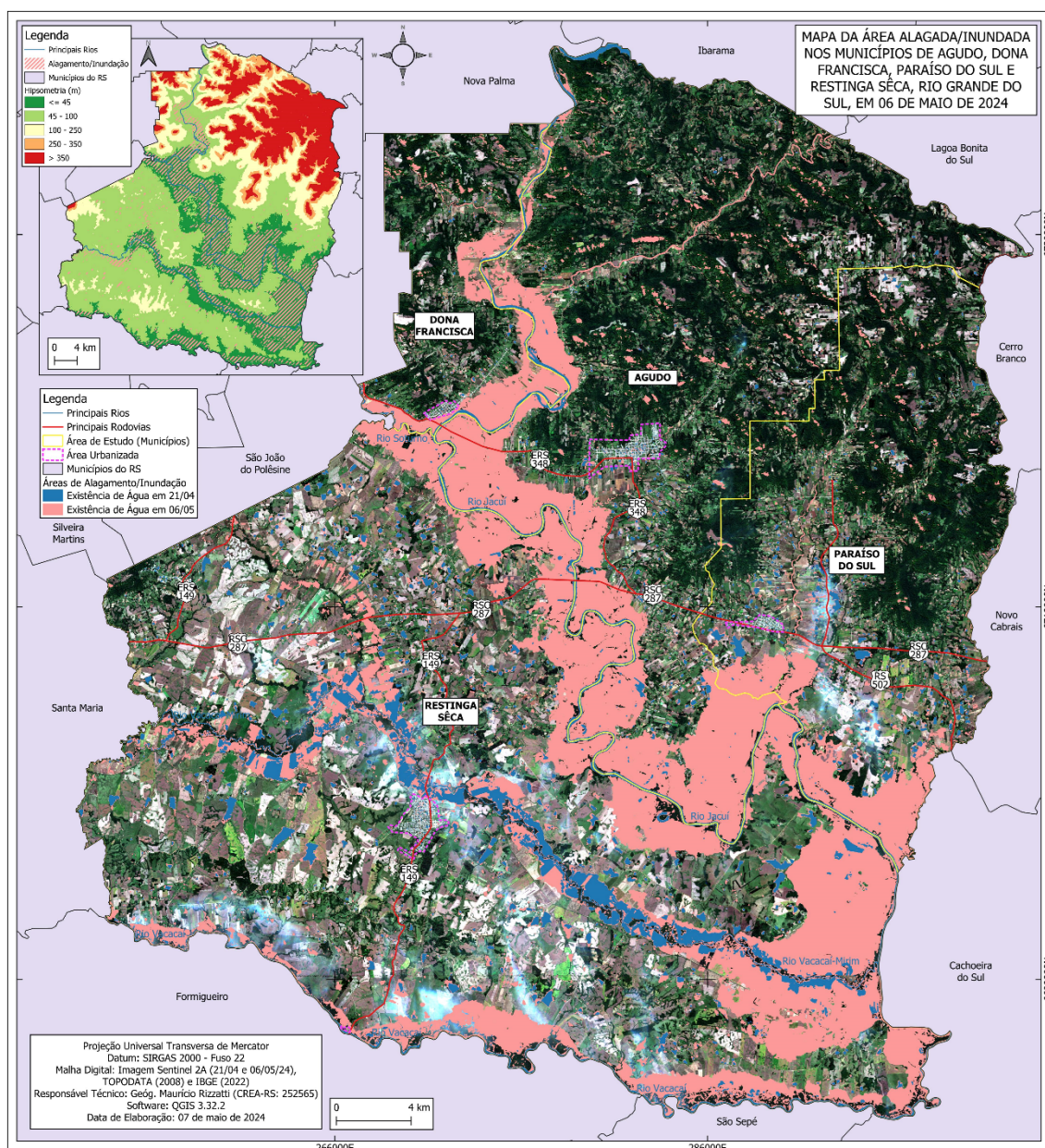


Elaboração: Maurício Rizzatti (2024).

Conforme apresentado nos procedimentos metodológicos, com as imagens apresentadas na Figura 3, calculou-se o NDWI para a área de estudo. De posse do índice, organizou-se o mapa apresentado na Figura 4, que destaca a diferença no nível da água anterior e posterior ao episódio extremo de chuva. O mapeamento evidencia que o maior acúmulo de água acontece na planície de inundação do rio Jacuí, embora seja perceptível o extravasamento do canal do rio Soturno, Vacacaí-Mirim e Vacacaí.

Ao observar o mapa hipsométrico (Figura 4), percebe-se que o polígono da área alagada/inundada coincide, majoritariamente, com a altitude inferior aos 45 metros. Além disso, muitas áreas altamente impactadas pela velocidade da água e por movimentos de massa estão associadas às grandes amplitudes altimétricas, cujas nascentes dos afluentes do Jacuí se localizam sobre o planalto.

Figura 4 – Mapa da área alagada/inundada nos municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, Rio Grande do Sul, em 06 de maio de 2024.



Fonte: Rizzatti (2024).

A quantificação dos pixels do NDWI, com valores superiores a zero, possibilitou o cálculo de área (km²) para os dias 21 de abril e 06 de maio de 2024, conforme a Tabela 1, bem como a diferença de área entre as duas datas. Ao comparar com a área territorial de cada um dos municípios, percebeu-se que Restinga Sêca e Agudo possuem mais de 20% de seu território recobertos com água, o que tem grande impacto no contexto local e no número de pessoas atingidas diretamente pelo processo.

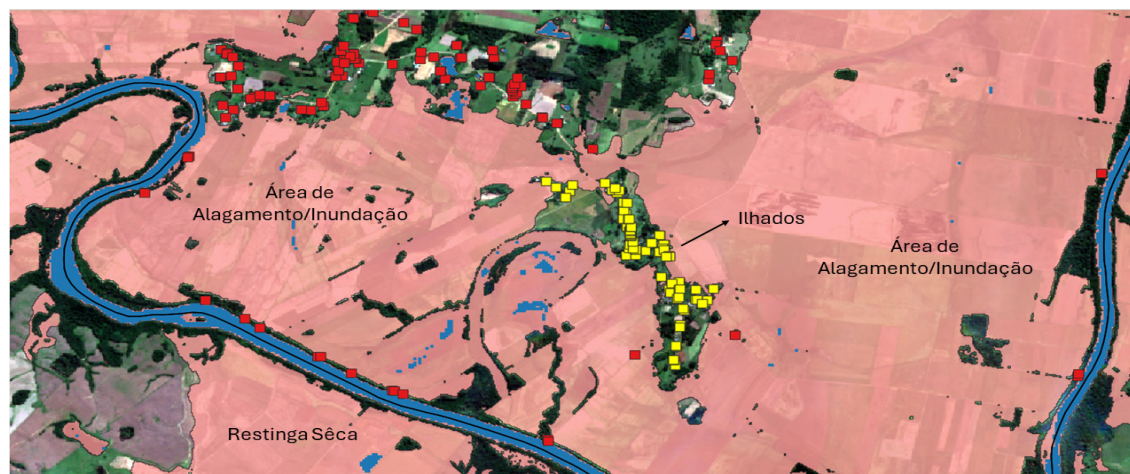
Tabela 1 – Síntese das áreas alagadas/inundadas nos municípios em estudo em comparação com o tamanho territorial.

Município	Área Territorial (km ²)	Área com Água em 21/04 (km ²)	Área com Água em 06/05 (km ²)	Diferença entre 21/04 e 06/05 (km ²)	Percentual (%) da área com Água do Município
Agudo	534,624	7,777	116,426	108,649	21,78
Dona Francisca	114,149	1,631	18,889	17,258	16,55
Paraíso do Sul	337,534	4,570	38,737	34,167	11,48
Restinga Sêca	968,620	36,137	228,568	192,431	23,60

Organização: os autores (2024).

Com posse do polígono denominado “Existência de Água em 06/05” (Figura 4), atrelados aos pontos advindos da planilha de “Coordenadas Geográfica dos Endereços”, do Censo Demográfico de 2022, possibilitou-se estimar a quantidade de residências afetadas pela enchente, ou seja, em áreas alagadas/inundadas e ilhadas (Figura 5).

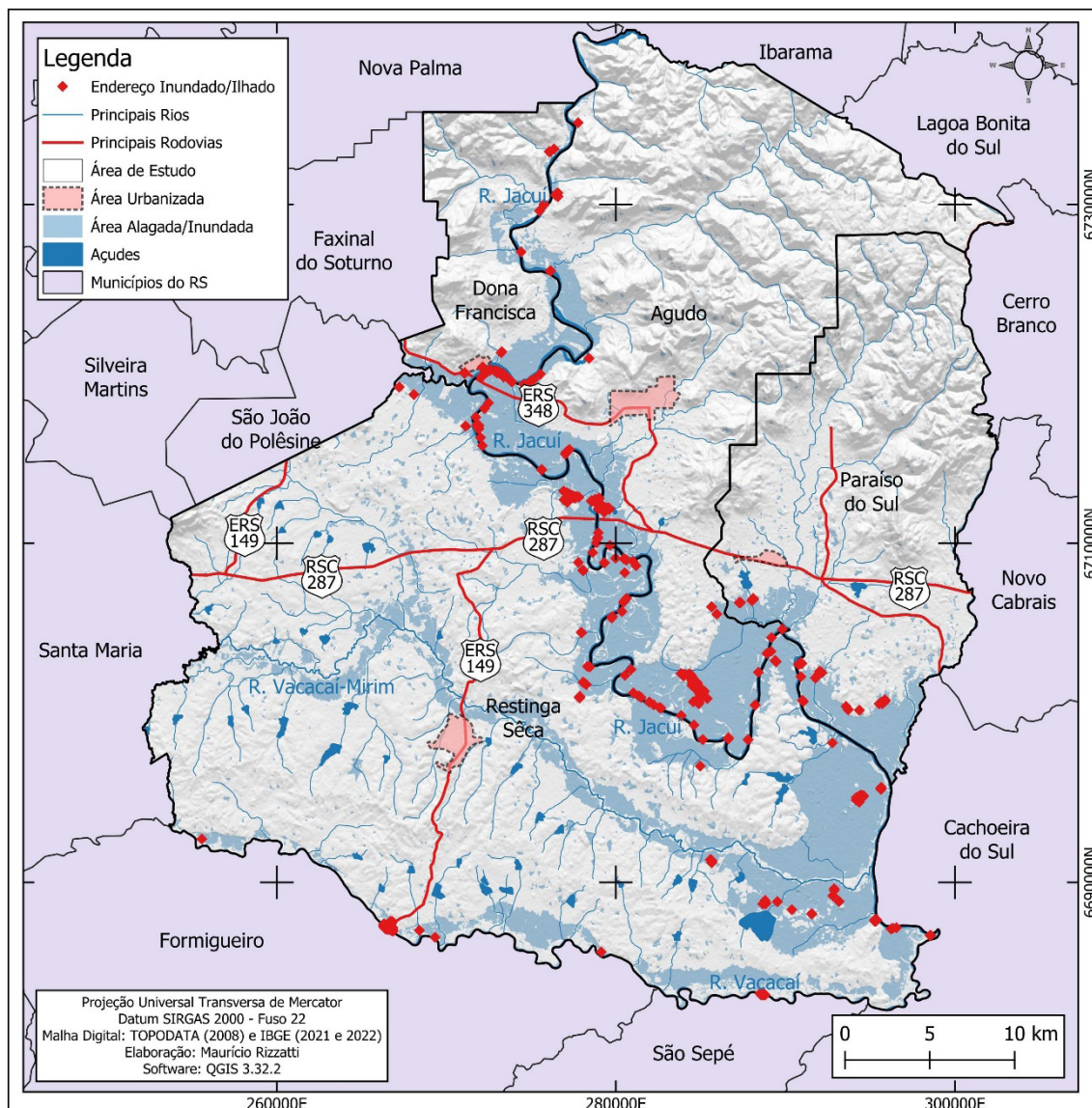
Figura 5 – Exemplificação da sobreposição da área alagada/inundada com a localização das residências levantadas no Censo Demográfico de 2022, em Agudo: residências ilhadas (pontos amarelos), sendo selecionados para construção da contagem, juntamente com os pontos contidos na Área de Alagamento/Inundação.



Organização: os autores (2024).

O procedimento metodológico descrito e ilustrado na Figura 5, proporcionou a elaboração do mapa da Figura 6 e da Tabela 2, quantificando o número absoluto e percentual de residências estimadas que sofreram impacto direto do evento climático.

Figura 6 – Localização das residências em área de inundação/alagamento e ilhadas.



Fonte: Rizzatti (2024).

Tabela 2 – Quantidade de residências em número absoluto e percentual em áreas de alagamento e/ou ilhadas em 06 de maio de 2024.

Município	Quantidade de Residências em áreas de Alagamento e/ou Ilhada (em 06/05)	Quantidade de Residências no Município (Total)	Percentual (%) das Residências em áreas de Alagamento e/ou Ilhada
Agudo	307	10118	3,03
Dona Francisca	29	2007	1,44
Paraiso do Sul	57	5449	1,05
Restinga Sêca	505	10349	4,88

Organização: os autores (2024).

Os dados geográficos livres, como as imagens de satélite e os dados do Censo Demográfico, demonstram a importância de investimentos na produção de bases de dados e na análise espacial para a tomada de decisões. As planilhas com as coordenadas das residências, do Censo Demográfico de 2022, são essenciais para conhecer a distribuição da população nos territórios, como já demonstrado nesta comunicação de pesquisa. Estes dados podem, também, ser aplicados em monitoramento de movimentos de massa, rompimento de barragens, planejamento de assistência à saúde, entre outros.

Palavras finais

Os produtos cartográficos e alfanuméricos apresentados ao longo desta comunicação reforçam a importância de investimentos qualificados em pesquisa e na produção de conhecimentos que subsidiem o planejamento territorial e o enfrentamento de desastres. O conhecimento das dinâmicas físico-naturais e sócio-históricas, que potencializam e/ou condicionam o acontecimento de desastres, se bem utilizados, podem reduzir ou mitigar processos que resultam em perdas materiais e/ou humanas.

Vale ressaltar que a cartografia apresentada traz os elementos visíveis e quantificáveis do fenômeno climático extremo observado em abril e maio de 2024, nos municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, no Rio Grande do Sul. Todavia, há interfaces condicionadas pelas enchentes que não podem ser dimensionadas como os fatores psicológicos, emocionais e atrelados a destruição da memória e dos espaços afetivos das populações. O desafio frente aos processos de reconstrução e superação advindos do desastre passarão por reconhecer a emergência da discussão climática e a necessidade de pensar políticas públicas eficientes na conservação da vida e do planejamento territorial adequado.

Agradecimento

Destacamos que a ideia deste trabalho tem influência da postagem realizada pelo Professor Dr. João Henrique Quoos, em sua página no Instagram (@granitoide, disponível em: <https://www.instagram.com/reel/C6rBDZpOzRH>, acesso em: 09 mai. 2024), que ressalta a importância do uso das Coordenadas Geográficas dos Endereços do Censo Demográfico de 2022 para identificação potenciais residências em risco. Agradecemos a sempre pronta disponibilidade do Professor em divulgar conhecimentos geográficos e cartográficos em suas redes sociais, *site* e publicações.

Créditos

Mauricio Rizzatti: Concepção e curadoria dos dados e manuscrito final

Natalia Lampert Bastista: Concepção e curadoria dos dados e manuscrito final

Referências

Aguilar, C. B. D., Flain, E. P. & Coelho, E. C. R. (2018). *O mundo das Geotecnologias: ferramentas de análise e representação territorial*. São Paulo: Ed. Mackenzie.

Almeida, D. N. O. de, Salgueiro, C. O. de B., Chaves, J. V. B., Santos, S. M. dos & Oliveira, L. M. M. de. (2021). Índices espectrais na detecção de corpo hídrico utilizando imagens do sensor MSI -Sentinel 2. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 11(2), 125-135. <https://doi.org/10.29150/2237-2202.2021.252362>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Corrêa, R. L. (2011). As pequenas cidades na confluência do urbano e do rural. *GEOUSP Espaço e Tempo* (Online), 30, p. 5-12.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Base Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul*, Escala 1:100.000. https://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc100/rio_grande_do_sul/. Acesso em: 09 mai. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024a). Censo Demográfico 2022. *Coordenadas Geográficas dos Endereços*. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102063.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2024b). Censo Demográfico 2022. *Coordenadas Geográficas dos Endereços por municípios*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas>.

[html?caminho=Cadastro Nacional de Enderecos para Fins Estatisticos/Censo Demografico 2022/Coordenadas enderecos/Municipio](html?caminho=Cadastro+Nacional+de+Enderecos+para+Fins+Estatisticos/Censo+Demografico+2022/Coordenadas+enderecos/Municipio). Acesso em: 09 mai. 2024.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. (2024). Dados Meteorológicos da Estação Automática de Santa Maria (A803).

<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A803>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Jensen, J. R. (2009). *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres*. 2. Ed. São José dos Campos, SP: Parêntese.

Laudares, S. (2014). *Geotecnologias ao alcance de todos*. Curitiba: Appris.

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Rizzatti, M. (2024). Mapa da Área Alagada/Inundada nos municípios de Agudo, Dona Francisca, Paraíso do Sul e Restinga Sêca, Rio Grande do Sul, em 06 de maio de 2024 (1.0.1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11151528>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Satellite Imaging Corporation. (2024). *Sentinel-2A Satellite Sensor (10m)*. <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/sentinel-2a/>. Acesso em: 09 mai. 2024.

Sausen, T. M. & Lacruz, M. S. P. (2015). Sistemas Sensores e Desastres. In: Sausen, T. M. & Lacruz, M. S. P. (Orgs). *Sensoriamento Remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos.

Ross, J. L. S. (Org). (2008). Os Fundamentos da Geografia da Natureza. In: Ross, J. L. S. *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp.