

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS

Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

NOTA TÉCNICA Nº 469/2024/SEI-CEMADEN

Nº do Processo: 01242.000339/2024-10

Documento de Referência:

Interessado: Casa Civil da Presidência da República, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

Nº de Referência:

Assunto: MAPEAMENTO DAS MANCHAS DE INUNDAÇÕES E ENXURRADAS RELACIONADAS AO DESASTRE OCORRIDO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL EM ABRIL-MAIO DE 2024

SUMÁRIO EXECUTIVO

No presente documento apresentam-se os mapeamentos das manchas (polígonos) de inundações e enxurradas para grande parte do estado do Rio Grande do Sul, com vistas a subsidiar o levantamento da população e infraestruturas impactadas em decorrência do desastre ocorrido em abril e maio de 2024. Ressalta-se que os mapeamentos das áreas inundadas foram feitos considerando-se dados das Estações Fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), e tendo como referência para o mapeamento o nível máximo da água em estações fluviométricas que registraram o pico da inundaçāo. Os mapeamentos foram realizados através de modelagem numérica.

1. INTRODUÇÃO

O Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, é a instituição do Governo Federal com a missão e responsabilidade de monitorar e emitir alertas, em nível nacional, de riscos de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra. Neste contexto, o mapeamento das áreas impactadas por desastres são essenciais para o monitoramento e a emissão de alertas (probabilidade de ocorrência de desastre versus impacto potencial), bem como para a atualização dos limiares críticos de chuvas que deflagram os desastres de origem geo-hidro-meteorológico.

Desde o início do processo de monitoramento e previsão do evento hidrometeorológico, e da emissão de alertas para os municípios do estado do Rio Grande do Sul, as equipes do CEMADEN/MCTI trabalharam para a elaboração dos mapeamentos da extensão das inundações para os níveis máximos observados nas estações fluviométricas da ANA.

2. METODOLOGIA DOS MAPEAMENTOS DAS MANCHAS DE INUNDAÇÃO

As manchas de inundações foram geradas através de simulações computacionais utilizando o modelo hidrodinâmico HEC-RAS 2D versão 6.5 (HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 2021) e o modelo normalizado de terrenos HAND (Nobre et al., 2016). A metodologia aplicada para mapear a extensão das inundações em cada bacia hidrográfica foi composta pelo mapeamento da inundação com o modelo hidrodinâmico para os trechos das áreas médias e baixas dos rios principais, e o mapeamento da inundação com o modelo HAND para os trechos nas porções altas dos rios principais e drenagens menores.

Os dados utilizados para o mapeamento foram:

- (i) Modelo Digital de Terreno COP-DEM, resolução espacial de 30 metros (European Space Agency, 2021);
- (ii) Dados de cota e vazão das estações fluviométricas telemétricas da ANA;
- (iii) Vazões máximas estimadas através do modelo hidrológico LisFlood disponibilizado pelo sistema Glofas. <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cems-glofas-forecast>;
- (iv) Imagens dos satélites Planet com resolução espacial de 3 metros.

3. RESULTADOS DOS MAPEAMENTOS

A Figura 1 apresenta a localização das estações fluviométricas utilizadas como referência em relação aos municípios com declaração de estado de calamidade pública e situação de emergência. Os dados da cota máxima observada em cada estação fluviométrica de referência foram considerados para calibração e validação do modelo hidrodinâmico e para o mapeamento da área inundada estimada pelo modelo HAND (Tabela 1). A topografia base para a modelagem hidrodinâmica e para obter o modelo HAND foi o modelo digital de terreno COP-DEM na resolução horizontal de 30 metros. Especificamente, para a modelagem hidrodinâmica utilizaram-se as cotas/vazões máximas observadas nas 46 estações fluviométricas de referência como dado de entrada do modelo, e, para os pontos de entrada onde não havia informação de vazão, foram consideradas as previsões do Modelo Hidrológico Global LisFlood (Alfieri, et al., 2013; Grimaldi et al., 2024), disponibilizado pelo sistema Glofas, para simular o pico da inundaçāo em cada bacia hidrológica simulada. Para o mapeamento da extensão da inundaçāo através do Modelo HAND utilizou-se a altura do modelo de terreno a partir da drenagem mais próxima para mapear a extensão da inundaçāo com base nas cotas do rio, considerando o nível/cota máxima observada na estação fluviométrica mais próxima de cada área mapeada. A validação da extensão das manchas de inundaçāo geradas através de simulações computacionais foi realizada através das imagens dos Satélites Planet (Planet Labs PBC, 2018), com resolução espacial de 3 metros, obtidas no dia mais próximo do pico da inundaçāo em cada região mapeada.

Tabela 1- Estações fluviométricas de referência, as cotas máximas utilizadas no mapeamento das manchas de inundaçāo, e o dia em que atingiu a cota máxima.

Rio	Nome Estação	Código	Cota (m)	Dia cota máxima	Latitude	Longitude
Piratini	Pedro Osório	88641000	9,02	1-mai	-31.8633	-52.8161
Camaquā	Passo do Mendonça	87905000	7,48	2-mai	-31.0119	-52.0525
Taquari	Bom Retiro do Sul	86881000	21,74	2-mai	-29.6081	-51.9511
Taquari	Muçum	86510000	25,57	2-mai	-29.1672	-51.8686
Taquari	Estrela	86879300	33,66	2-mai	-29.4733	-51.9622

Cai	Barca do Caí	87170000	17,45	2-mai	-29.5900	-51.3833
Sinos	São Leopoldo	87382000	8,11	4-mai	-29.7589	-51.1483
Gravataí	Passo da Canoas	87399000	6,23	6-mai	-29.9644	-50.9778
Jacuí	Dona Francisca	85400000	11,13	30-abr	-29.6269	-53.3528
Jacuí	Rio Pardo	85900000	20,04	5-mai	-29.9950	-52.3756
Maquiné	Maquiné	87317030	4,79	2-mai	-29.6519	-50.2092
Lago Guaiba	Terminal Cat sul	87242000	4,05	5-mai	-30.1075	-51.3111
Lago Guaiba	Ilha Pintada	87450005	5,15	5-jun	-30.0211	-51.2211
Lago Guaiba	Cais do Mauá	87450004	5,35	6-mai	-30.0211	-51.2211
Laguna Patos	Arambaré	87540000	2,60	9-mai	-30.9067	-51.4928
Laguna Patos	São Lourenço	87921000	2,80	16-mai	-31.3778	-51.9589
Laguna Patos	Laranjal	87955000	2,79	16-mai	-31.7725	-52.2253
Laguna Patos	Rio Grande	87980000	2,76	15-mai	-32.0292	-52.0792
Laguna Patos	FURG/CCMAR	87991100	2,62	16-mai	-31.0272	-52.1017
Canal São Gonçalo	Porto de Pelotas	88810100	3,00	16-mai	-31.7822	-52.3333
Butuí	Passo Butuí	75831000	5,74	6-mai	-28.8531	-56.0861
Ijuizinho	Rincão Jusante	75881900	20,69	4-mai	-28.4228	-54.3006
Icamaquã	Prop. Rural Itacurubi	75650010	12,4	3-mai	-28.7425	-55.1625
Santa Maria	Passo da Ferrari	76220900	4,01	25-mai	-31.1417	-54.3806
Santa Maria	Dom Pedrito	76251000	11,18	25-mai	-30.9703	-54.6933
Santa Maria	Rosário do Sul	76310000	6,59	4-mai	-30.2428	-54.9169
Ibicuí Armada	Ponte Ibicuí da Armada	76300000	6,14	4-mai	-30.2808	-54.9031
Ibirapuitã	Alegrete	76750000	12,8	3-mai	-29.7683	-55.7875
Ibicuí	Manoel Viana	76560000	14,8	6-mai	-29.5958	-55.4814
Arroio Caverá	Passo do Osório	76742000	6,39	6-mai	-29.9511	-55.6003
Ibicuí	Passo Mariano Pinto	76800000	11,73	8-mai	-29.3092	-56.0553
Negro	Estância do Espantoso	79400000	6,03	2-mai	-31.5339	-54.2944
Ijuí	Santo Ângelo	75230000	7,61	5-mai	-28.3553	-54.2675
Jaguari	Furna do Segredo	76431000	10,38	2-mai	-29.3803	-54.5103
Bernardo José	Moinho Montante	70841500	5,60	4-mai	-28.0819	-51.2583
Apuáê Mirim	Itá Rio Apuáê	72870900	10,30	3-mai	-27.5619	-51.8578
Uruguai	Iraí	74100000	12,70	3-mai	-27.1756	-53.2297
Uruguai	Itapiranga	74329000	11,86	3-mai	-27.1717	-53.7097
Uruguai	Alto Uruguai	74500000	18,76	4-mai	-27.3019	-54.1397
Uruguai	Porto Mauá	74720000	15,00	5-mai	-27.5781	-54.6831
Uruguai	Uruguaiana	77150000	12,18	12-mai	-29.7486	-57.0886
Uruguai	Garruchos	75550000	17,47	6-mai	-28.1822	-55.6433
Uruguai	Passo São Borja	75780000	13,89	8-mai	-28.6244	-56.0369
Rio Uruguai	Itaqui	75900000	12,42	10-mai	-29.1175	-56.5544
Quaraí	Barra do Quaraí	77590000	9,8	15-mai	-30.2133	-57.5533
Quaraí	Quaraí	77500000	10,61	29-abr	-30.3844	-56.4656

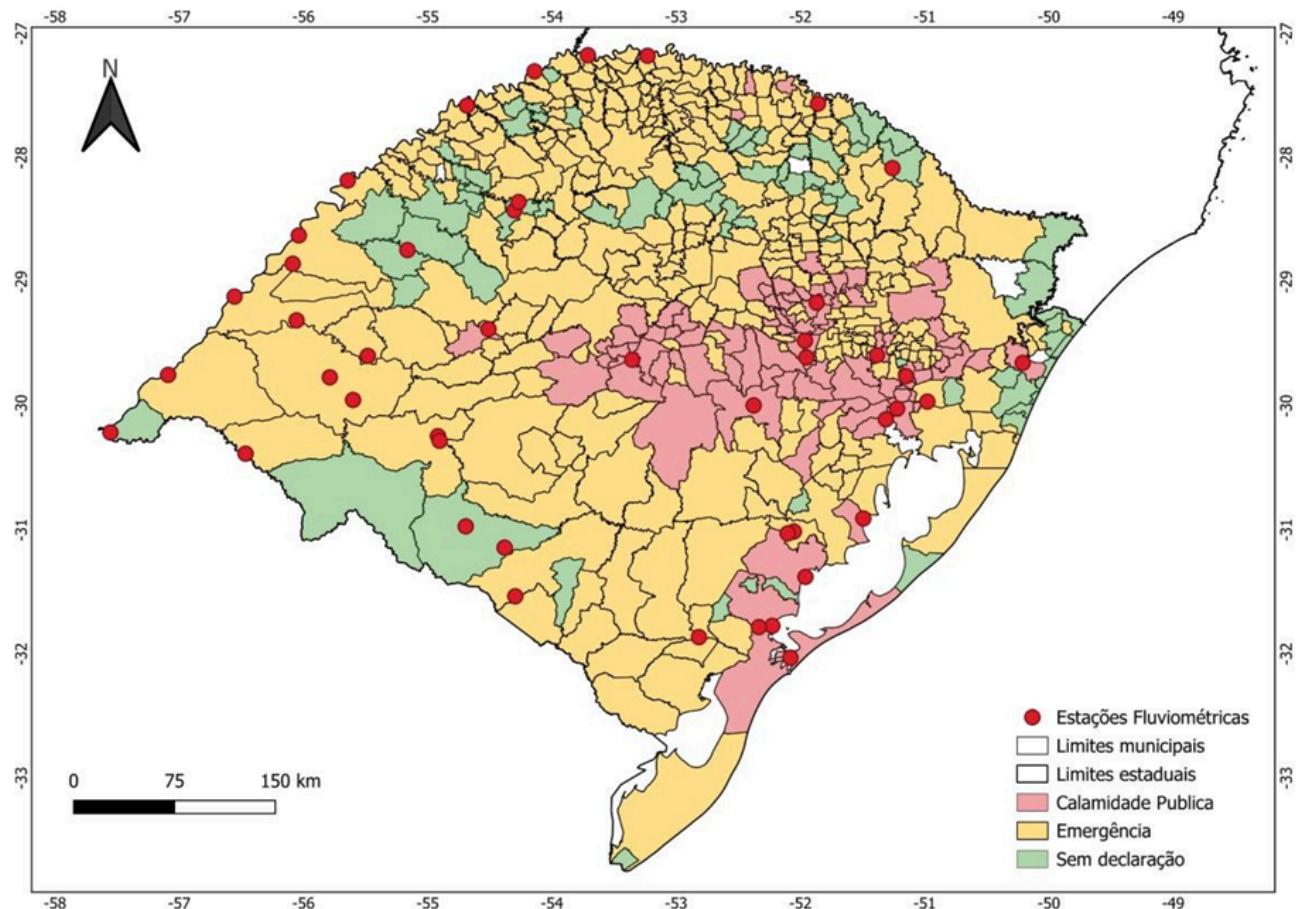


Figura 1 - Estações fluviométricas utilizadas como referência para o mapeamento das inundações e localização dos municípios com declaração de calamidade pública e emergência.

Na Figura 2 apresenta-se a extensão final da mancha de inundação para todo o estado do Rio Grande do Sul considerando os níveis/cotas máximas das inundações observadas entre abril e maio de 2024 em cada estação fluviométrica de referência. As Figuras 3 a 9 mostram a validação da mancha de inundação obtida através de modelagem numérica e a imagem de satélite Planet.

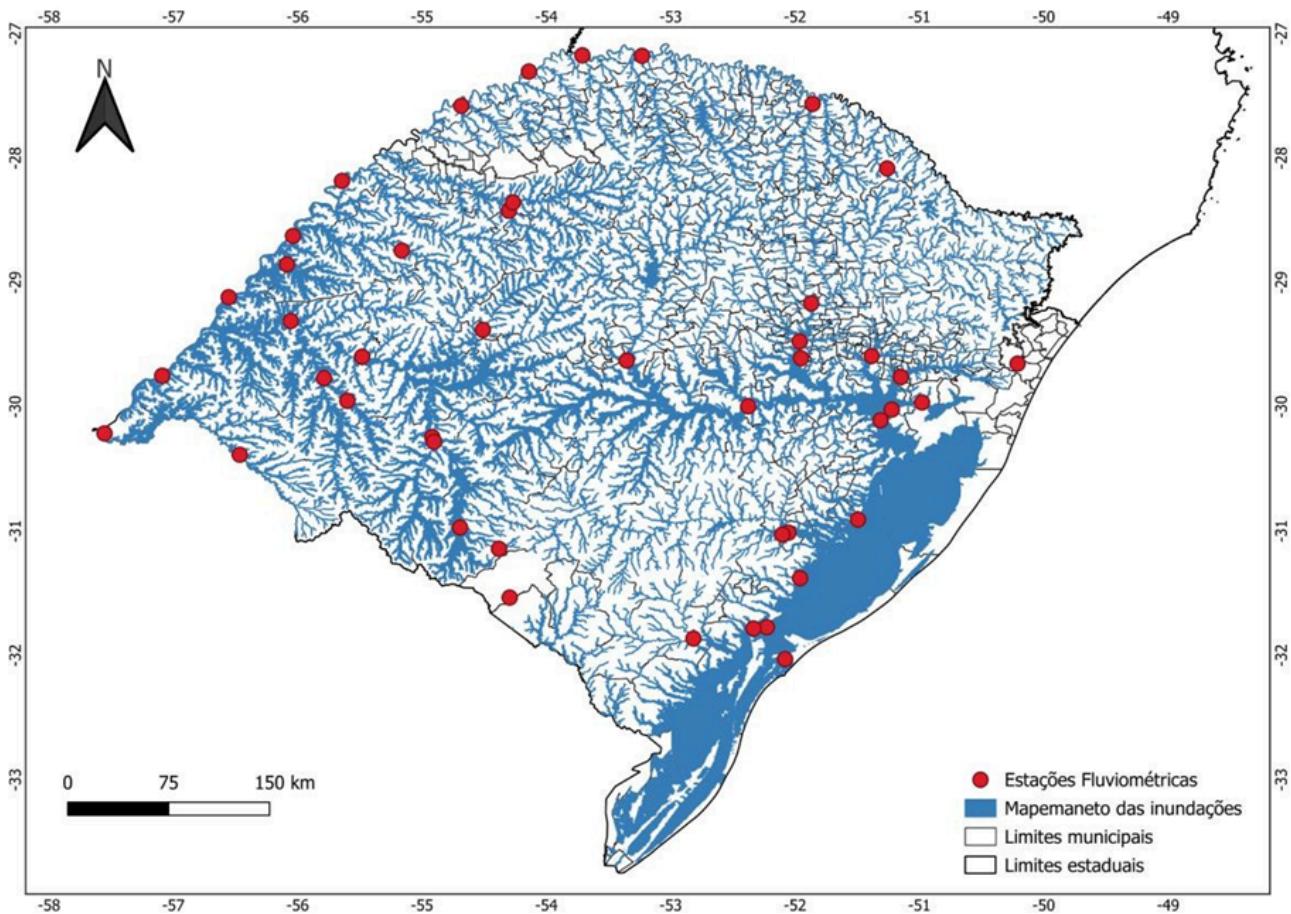


Figura 2- Extensão da mancha de inundação considerando o pico da inundação entre abril e maio de 2024 para o estado do Rio Grande do Sul.

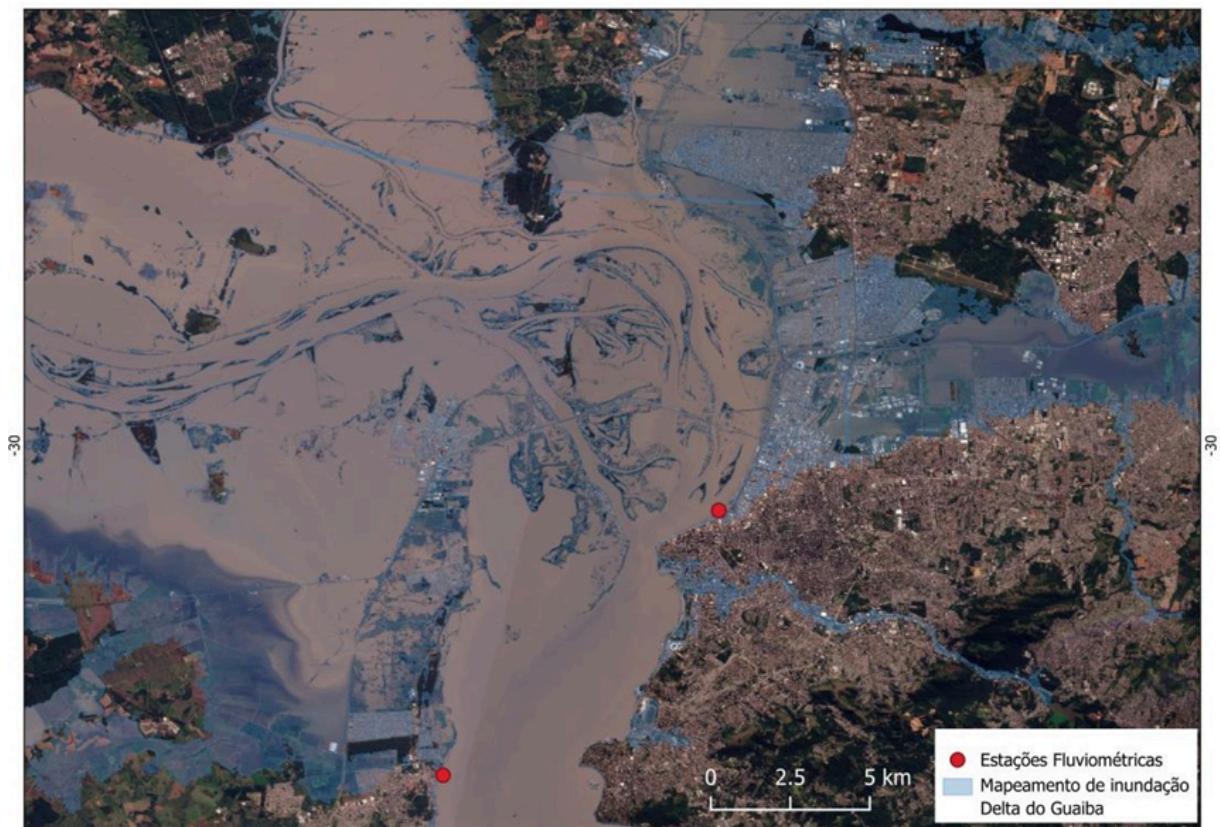


Figura 3 - Mapeamento da inundação na região do Delta do Guaíba, imagem de fundo Planet Obtida no dia 06 de maio de 2024, dia do pico da inundação (5,30 metros).

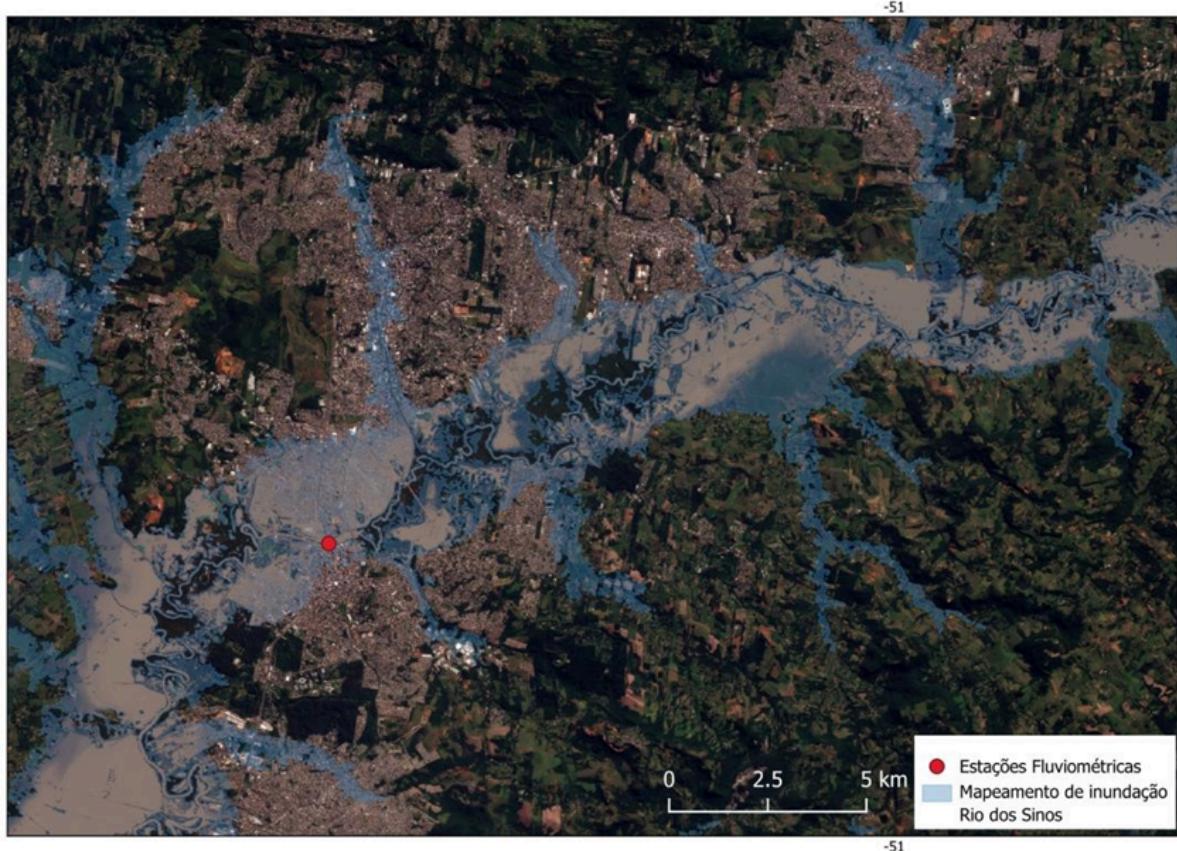


Figura 4 - Mapeamento da inundações no Rio dos Sinos, imagem de fundo Planet obtida no dia 06 de maio de 2024, dois dias após o pico da inundações (8,10 metros).

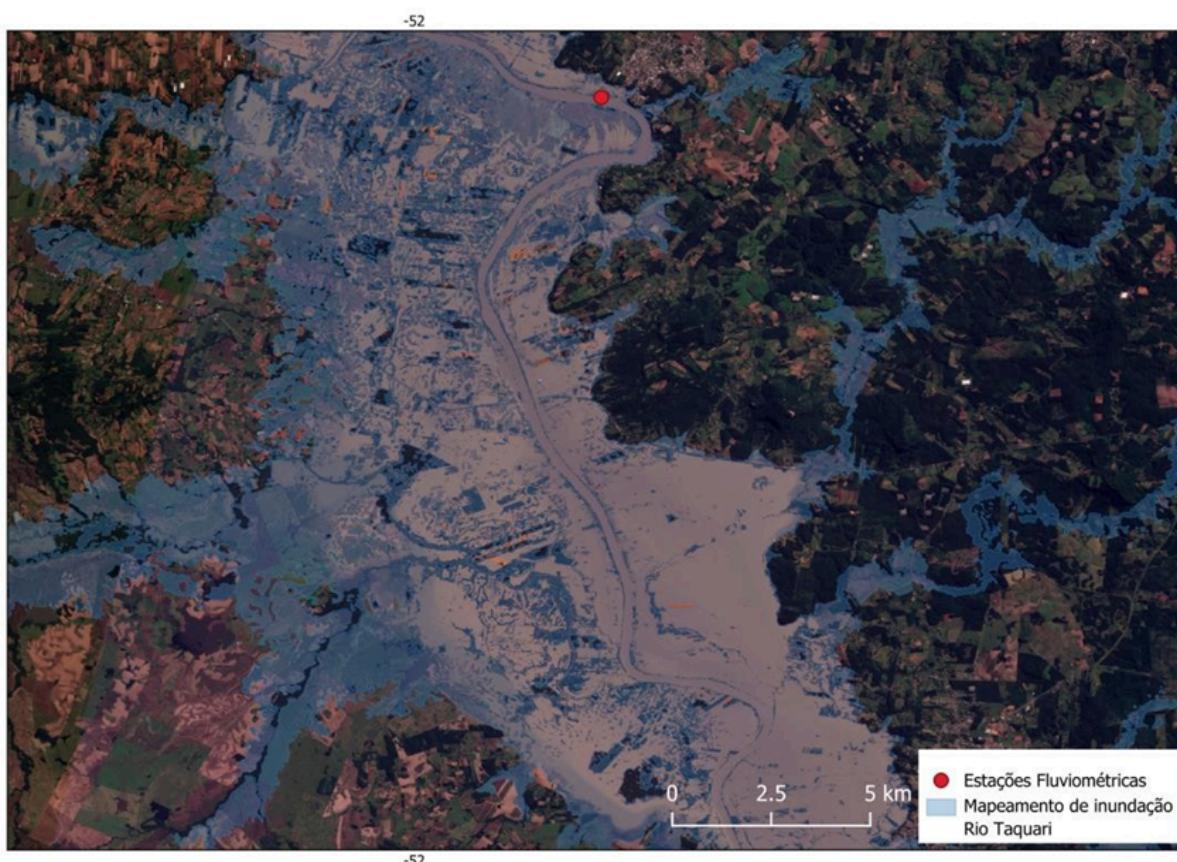


Figura 5 - Mapeamento da inundações no Rio dos Taquari, imagem de fundo Planet obtida no dia 06 de maio de 2024 no trecho da estação de Bom Retiro do Sul, quatro dias após o pico da inundações (21,74 metros).

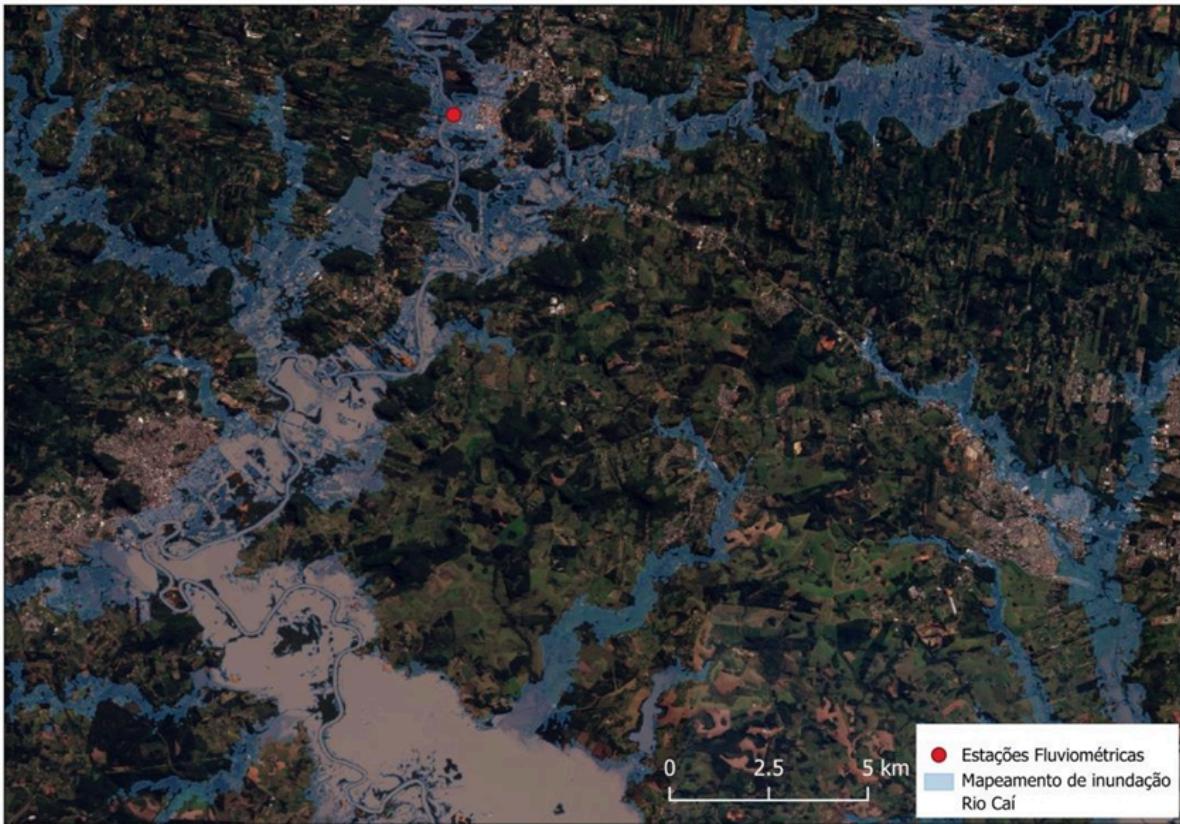


Figura 6 - Mapeamento da inundação no Rio Caí, imagem de fundo Planet obtida no dia 06 de maio de 2024, quatro dias após o pico da inundação (17,45 metros).

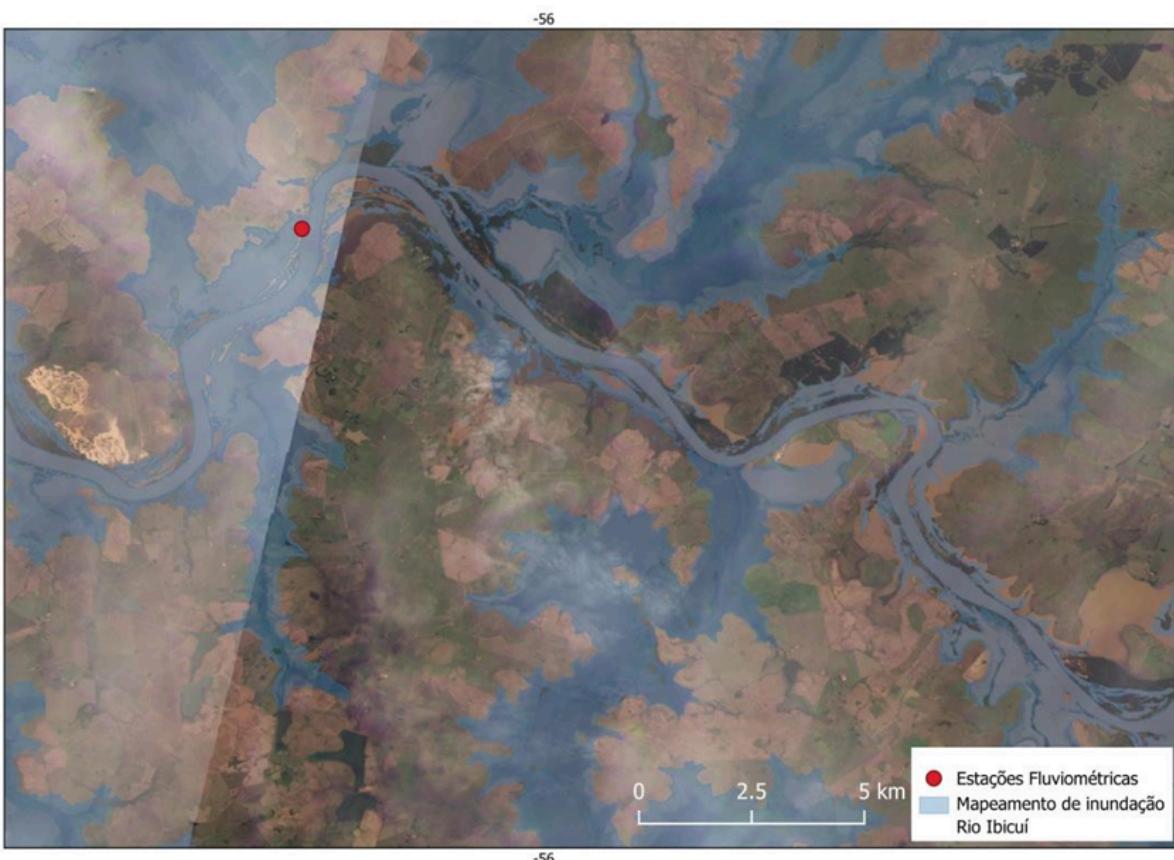


Figura 7 - Mapeamento da inundação no Rio Ibicuí no trecho de Itaqui, imagem de fundo Planet obtida no dia 09 de maio de 2024, um dia após o pico da inundação (11,73 metros).

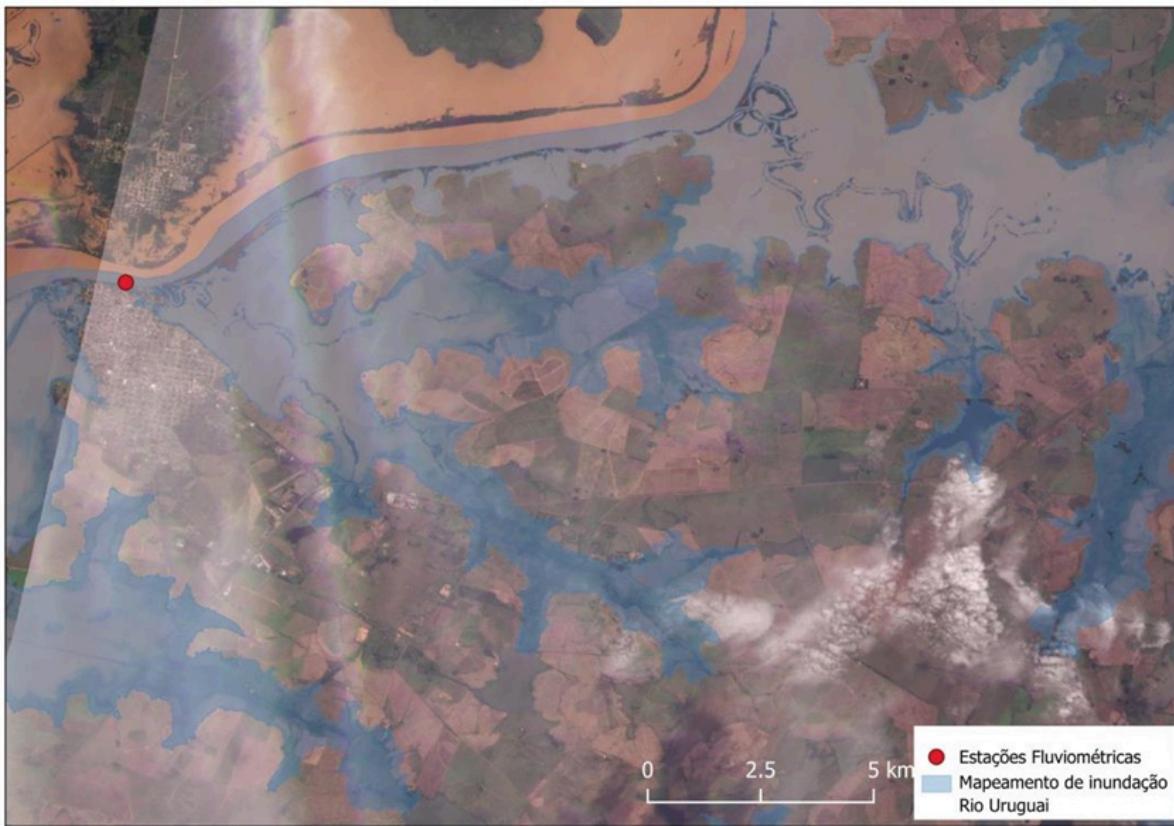


Figura 8 - Mapeamento da inundação no Rio Uruguai no trecho de Itaqui, imagem de fundo Planet obtida no dia 09 de maio de 2024, um dia após do pico da inundação (12,42 metros).

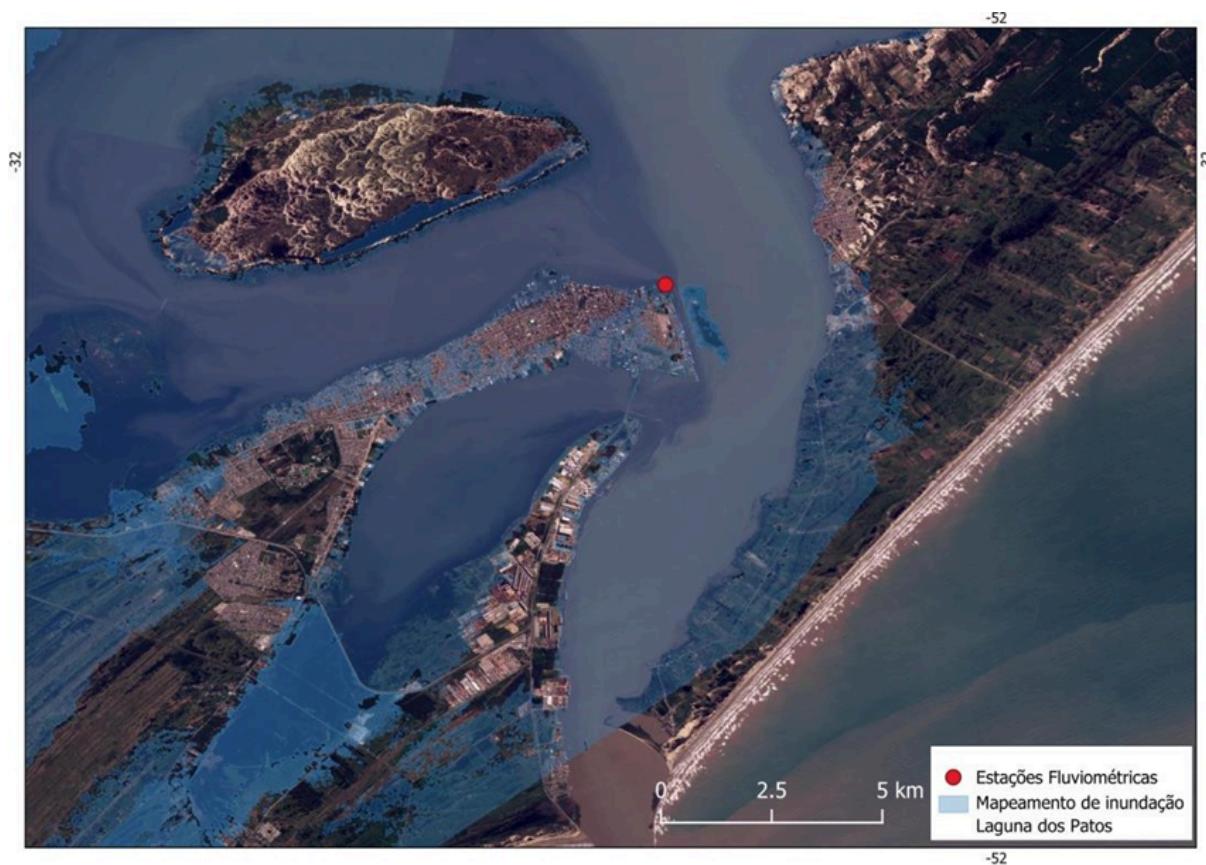


Figura 9 - Mapeamento da inundação na Laguna dos Patos no trecho de Rio Grande, imagem de fundo Planet obtida no dia 15 de maio de 2024, no mesmo dia do pico da inundação (2,76 metros).

O dado base utilizado na modelagem para o mapeamento das manchas de inundação foi o modelo digital de terreno COP-DEM na resolução horizontal de 30 metros, resolução que pode ser considerada média para o mapeamento da extensão de manchas de inundação em áreas com relevo complexo e, portanto, podem ser encontradas algumas superestimativas ou subestimativas em algumas áreas. Contudo, a validação da extensão da mancha de inundação nas regiões em que se contou com as imagens de satélite Planet mostrou que a metodologia aplicada foi eficiente para mapear a extensão da inundação e, consequentemente, para avaliar as áreas que foram impactadas pelas inundações, como residências e prédios comerciais.

REFERÊNCIAS:

- ALFIERI, L., BUREK, P., DUTRA, E., KRZEMINSKI, B., MURARO, D., THIELEN, J. AND
PAPPENBERGER, F.: GloFAS – global ensemble streamflow forecasting and flood forecasting, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17(3), 1161–1175, doi:10.5194/hess-17-1161-2013, 2013.
- COPERNICUS SENTINEL-2 (processed by ESA), 2021, MSI Level-2H/F Harmonized/Fused Reflectance Product. Collection 1. European Space Agency. <https://doi.org/10.57780/esa-4862e7e>
- EUROPEAN SPACE AGENCY, SINERGISE (2021). Copernicus Global Digital Elevation Model. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>. Accessed: 2024-07-04
- GRIMALDI, S., SALAMON, P., DISPERATI, J., ZSOTER, E., RUSSO, C., RAMOS, A., CARTON DE WIART, C., BARNARD, C., HANSFORD, E., GOMES, G., PRUDHOMME, C. (2023): River discharge and related forecasted data from the Global Flood Awareness System. v4.0. European Commission, Joint Research Centre (JRC). URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cems-glofas-forecast> (Accessed on 07-05-2024)
- HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 2021. HEC-RAS 2D Modeling User's Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Davis CA., April 2021.
- NOBRE, A. D., CUARTAS, L. A., MOMO, M. R., SEVERO, D. L., PINHEIRO, A., & NOBRE, C. A. (2016). HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. *Hydrological Processes*, 30(2), 320-333.
- PLANET LABS PBC, Planet (2018). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. Image © 2024 Planet Labs PBC: <https://api.planet.com>

Elaborado por:

Larissa Antunes da Silva
Luz Adriana Cuartas

Revisado por:

Regina Célia dos Santos Alvalá



Documento assinado eletronicamente por Luz Adriana Cuartas Pineda, Pesquisador, em 21/08/2024, às 08:56 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Regina Célia dos Santos Alvalá, Diretor do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais substituto, em 21/08/2024, às 10:23 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.mcti.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **12176523** e o código CRC **6FA3DAA5**.