



# APLICAÇÃO DE RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA (SENTINEL 1) NO MAPEAMENTO DE ÁREAS INUNDADAS DA BACIA DO RIO MAMANGUAPE (PB)

Emanuel Gonçalo de Araújo<sup>1</sup>  
Carlos Junior da Silva Barbosa<sup>2</sup>  
Jonas Otaviano Praça de Souza<sup>3</sup>

## RESUMO

As inundações são processos naturais inerentes à dinâmica fluvial, responsáveis pela fertilização do solo e pela deposição de sedimentos. Historicamente, as civilizações aproveitaram esses eventos ao se instalarem às margens dos cursos d'água, explorando seus recursos para o desenvolvimento socioeconômico. Contudo, o crescimento urbano sem planejamento adequado pode transformar inundações em desastres hidrológicos que afetam severamente as populações locais. Diante desse cenário, é imprescindível mapear os corpos hídricos e sua dinâmica de inundação para orientar o ordenamento territorial e mitigar riscos às comunidades. As imagens de sensoriamento remoto oferecem amplo potencial para identificar áreas alagadas, mas sensores ópticos são limitados pela cobertura de nuvens. Como alternativa, o Radar de Abertura Sintética (SAR), cuja energia de micro-ondas penetra nuvens sem interferência, permite a aquisição contínua de dados hidrológicos. O objetivo desta pesquisa visa mapear e quantificar as áreas inundadas no baixo e médio curso da bacia do rio Mamanguape (PB) a partir de imagens SAR do Sentinel-1. Para tanto, selecionaram-se duas datas: o período de estiagem em 10 de novembro de 2021 (pré-evento) e o pico de cheia em 8 de julho de 2022 (pós-evento). No Google Earth Engine, aplicou-se filtragem de ruído com os filtros Lee, para melhorar os pixels e retirar os anômalos, em seguida foi realizada a amostragem e classificação para detecção de água no pré-evento e no pós-evento. Em seguida, os produtos foram carregados para o QGIS, onde produziram-se mapas temáticos e os cálculos estatísticos no intuito de comparar especialmente as áreas alagadas. A partir dos resultados obteve-se duas classificações, uma do ambiente fluvial de regime padrão e a outra de inundação do pós-evento, a área alagada obteve um aumento de 81% na extensão do espelho d'água no pós-evento em relação ao período seco. E as maiores expansões de água ocorreram nas áreas de planície de inundação localizado próximo a foz do rio Mamanguape, afetando diretamente as cidades de Mamanguape e Rio Tinto, que possuem comunidades situadas nos trechos de planícies de inundação, evidenciando que essas populações são mais suscetíveis aos riscos ambientais. Esses achados demonstram a eficácia das imagens SAR do Sentinel-1 para mapear corpos hídricos e monitorar sua dinâmica de inundação, fornecendo subsídios valiosos ao planejamento territorial e à gestão de riscos.

**Palavras-chave:** Inundação, Sensoriamento Remoto, Radar de Abertura Sintética, Sentinel 1.

## ABSTRACT

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [emanuel.goncalo@academico.ufpb.br](mailto:emanuel.goncalo@academico.ufpb.br);

<sup>2</sup> Graduado pelo Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [carlosjuniorsilva.cjsbt17@gmail.com](mailto:carlosjuniorsilva.cjsbt17@gmail.com);

<sup>3</sup> Professor adjunto do Curso de Geografia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, [jonas.souza@academico.ufpb.br](mailto:jonas.souza@academico.ufpb.br);



Floods are natural processes inherent to fluvial dynamics, responsible for soil fertilization and sediment deposition. Historically, civilizations have taken advantage of these events by settling along riverbanks and exploiting water resources for socioeconomic development. However, unplanned urban growth can transform floods into hydrological disasters that severely impact local populations. In this context, mapping water bodies and their flood dynamics is essential to guide land-use planning and mitigate risks to vulnerable communities. Remote sensing imagery offers significant potential for identifying flooded areas, although optical sensors are often limited by cloud cover. As an alternative, Synthetic Aperture Radar (SAR)—which uses microwave energy capable of penetrating cloud cover—enables continuous acquisition of hydrological data without atmospheric interference. This study aims to map and quantify flooded areas in the middle and lower courses of the Mamanguape River Basin (Paraíba, Brazil) using SAR imagery from the Sentinel-1 satellite. Two reference dates were selected: the dry season on November 10, 2021 (pre-event) and the flood peak on July 8, 2022 (post-event). Using Google Earth Engine, speckle noise filtering was applied using the Lee filter to enhance pixel quality and remove anomalies. Subsequently, water detection sampling and classification were performed for both pre- and post-event conditions. The resulting classified products were exported to QGIS, where thematic maps and spatial statistics were generated to compare flood extent. The classification revealed two scenarios: a baseline river regime and a post-event flood scenario, with an 81% increase in water surface area during the flood event compared to the dry period. The most significant water expansions occurred in floodplain areas near the river mouth, directly affecting the cities of Mamanguape and Rio Tinto, where communities are located within the inundation zones—highlighting their heightened vulnerability to environmental risks. These findings demonstrate the effectiveness of Sentinel-1 SAR imagery for mapping water bodies and monitoring flood dynamics, providing valuable support for territorial planning and risk management. **Keywords:** Flood, Remote Sensing, Synthetic Aperture Radar, Sentinel-1.

## INTRODUÇÃO

A inundação é o desastre natural mais recorrente e aquele que mais gera prejuízos à população. Devido à dinâmica superficial e aos episódios de chuvas extremas, ocorrem transbordamentos nos leitos dos rios, afetando extensas áreas com relativa frequência. Segundo Castro (2007), a recorrência média desses eventos é de 2,33 anos.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto apresenta-se como uma importante ferramenta para a análise de eventos extremos, possibilitando a compreensão dos processos hidrológicos e fluviais relacionados às inundações. Essa tecnologia permite a delimitação precisa das áreas afetadas, por meio da comparação de imagens antes e após o evento, sendo, portanto, fundamental para o ordenamento territorial e para a mitigação de desastres que afetam a população.



No entanto, como as inundações geralmente ocorrem em conjunto com eventos extremos de precipitação, a presença de nuvens pode comprometer a captação de imagens por sensores ópticos, dificultando o monitoramento adequado das áreas alagadas. Nesse sentido, as imagens de radar tornam-se uma alternativa eficaz, uma vez que operam em comprimentos de onda capazes de penetrar a cobertura de nuvens (Graosque, 2018; Sausen & Lacruz, 2015).

Os Radares de Abertura Sintética (SAR) têm se destacado como instrumentos eficazes no monitoramento de áreas inundadas durante e após os eventos, fornecendo uma visão geral precisa das regiões afetadas e subsidiando estudos de planejamento e ações preventivas. Entre esses sistemas, destaca-se o satélite Sentinel-1, que opera na banda C e permite a aquisição de dados mesmo em condições meteorológicas adversas.

No estado da Paraíba, a bacia hidrográfica do rio Mamanguape, especialmente em seu médio e baixo curso, tem registrado episódios recorrentes de inundações, agravados pela ocupação de áreas de várzea e por deficiências na infraestrutura urbana. Essa realidade evidencia a necessidade de estudos voltados à identificação das áreas vulneráveis, com vistas à adoção de estratégias de prevenção e ordenamento do território.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo mapear e quantificar as áreas inundadas na bacia do rio Mamanguape, no estado da Paraíba, a partir da utilização de imagens de radar SAR do satélite Sentinel-1, contribuindo para o planejamento territorial e a gestão dos riscos hidrológicos na região.

## **METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)**

A bacia do Rio Mamanguape apresenta cerca de 2999 km<sup>2</sup> (Figura 01), está inserida nas mesorregiões da Mata e do Agreste Paraibano, abrangendo área de 42 municípios. Devido sua extensão a bacia possui uma alta variação climática, tendo a bacia áreas semiáridas e subúmidas próximas a sua nascente, e úmidas próximas a sua foz (SANTOS, et al, 2015).

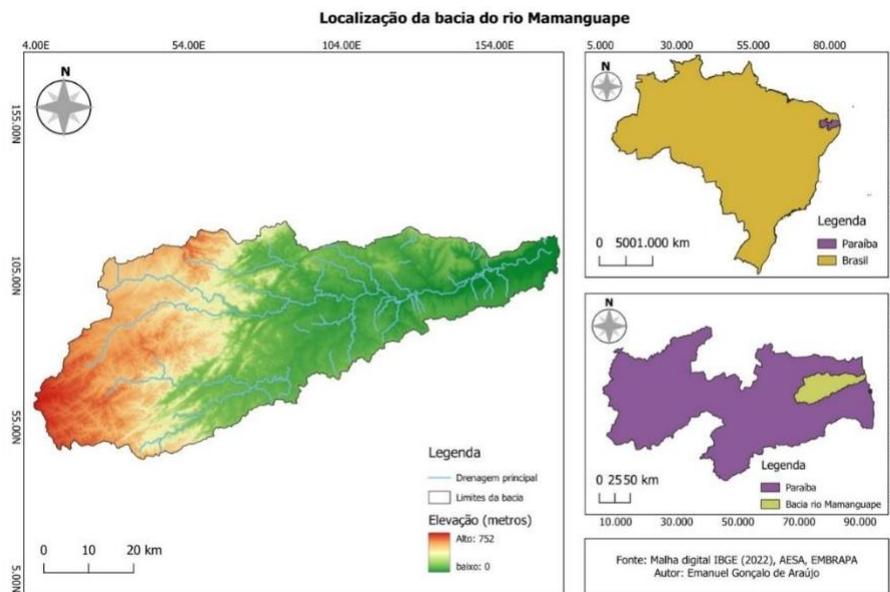


Figura 01 – Mapa de localização da bacia do rio Mamanguape

Para a realização do mapeamento das áreas de inundação, foi selecionada a data de 08 de julho de 2022, por corresponder a um evento de precipitação extrema ocorrido na bacia do rio Mamanguape, que resultou no transbordamento do leito do rio, impactando diretamente a infraestrutura urbana e afetando diversas comunidades locais. De acordo com o G1 Paraíba (2022), cerca de 100 pessoas precisaram ser retiradas de suas residências devido à inundação.

A classificação das áreas inundadas foi realizada por meio da plataforma Google Earth Engine (GEE), que permite o processamento de imagens de satélite por meio de scripts de programação, possibilitando a geração de produtos cartográficos de forma rápida e gratuita, com armazenamento e processamento em nuvem.

Foram desenvolvidos dois scripts de classificação, sendo o primeiro, referente ao período pré-evento (10 de novembro de 2021), considerado uma fase de estiagem, com o objetivo de registrar o fluxo normal do rio e servir como base comparativa. O segundo, correspondente à data pós-evento (08 de julho de 2022), para identificação da extensão das áreas alagadas após a precipitação extrema.

As imagens utilizadas foram obtidas do sensor Sentinel-1, que fornece dados de radar com diferentes configurações instrumentais, resoluções e combinações de polarizações. Para garantir consistência e adequação na análise, foi realizada a filtragem das imagens da coleção Sentinel-1 GRD (Ground Range Detected), com os seguintes



parâmetros, modo de aquisição: Interferometric Wide Swath (IW); órbitas: Descendente e Ascendente, resolução espacial: 10 metros; Polarizações selecionadas: VH e VV.

Uma das principais limitações das imagens de radar é a presença do ruído Speckle, um tipo de distorção radiométrica que confere aspecto granulado à imagem, dificultando a interpretação visual e a extração precisa de feições. Para mitigar esse problema, foi aplicado o filtro estatístico de Lee (Velho, 2011), que suaviza o ruído preservando os contornos das feições relevantes. No GEE, o filtro foi configurado com uma janela de 3x3 pixels, o que significa que cada pixel analisado foi comparado com seus vizinhos imediatos para atenuação do ruído.

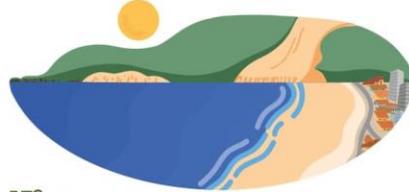
Após o processamento e a classificação das imagens, foram realizadas análises espaciais no software QGIS, com o objetivo de extrair informações estatísticas e avaliar a acurácia da classificação. Para isso, foi utilizado o plugin AcATaMa, uma ferramenta específica para validação de imagens classificadas.

O processo de validação foi conduzido por meio de uma amostragem aleatória estratificada, com a geração de 100 pontos de controle, sendo 50 para a classe "água" e 50 para a classe "não água". O plugin AcATaMa permite comparar os pontos amostrados com a classificação da imagem, gerando automaticamente a matriz de confusão, a acurácia global, os erros de omissão e comissão e o índice Kappa, indicadores essenciais para avaliar a confiabilidade do mapeamento realizado.

A imagem utilizada para a validação foi a do *Google Earth Pro* disponível no mês de julho de 2025, devido a impossibilidade de adquirir uma imagem sem cobertura de nuvens do satélite óptico do Sentinel 2.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos por meio da classificação das imagens Sentinel-1 revelaram a distribuição espacial das áreas inundadas na bacia do rio Mamanguape, permitindo identificar o crescimento e o surgimento de espelhos d'água em diferentes setores da bacia (Figura 02). Observou-se uma maior concentração das áreas alagadas nos trechos médio e baixo curso do rio, evidenciando a influência direta da morfologia fluvial e das características geomorfológicas da região.



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

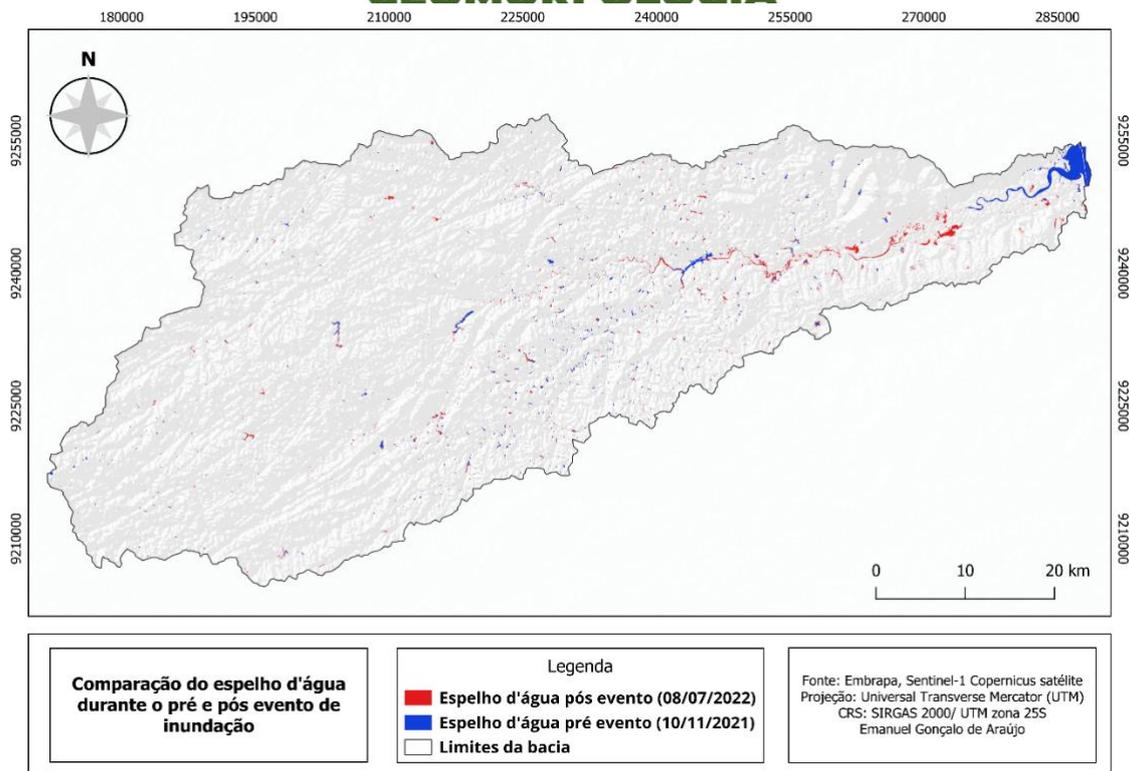
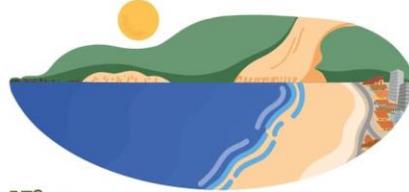


Figura 02 – Distribuição espacial dos espelhos d'água antes e depois do evento

Essa concentração está associada à presença de planícies fluviais próximas à drenagem principal, especialmente no baixo curso, que oferecem maior suscetibilidade à inundação em função da baixa declividade e da facilidade de extravasamento das águas durante eventos de cheia.

Do ponto de vista quantitativo, os dados do período pré-evento, correspondente ao dia 10 de novembro de 2021 (período seco), indicaram a existência de 26,34 km<sup>2</sup> de espelho d'água distribuídos ao longo da bacia, representando o cenário de normalidade hidrológica. Já no período pós-evento, referente ao dia 08 de julho de 2022, foi registrada uma expansão de 21,35 km<sup>2</sup>, totalizando 47,69 km<sup>2</sup> de área alagada. Esse acréscimo representa um aumento de 81,1% na área dos espelhos d'água, confirmando o impacto significativo da precipitação extrema sobre a dinâmica hidrológica da bacia (Gráfico 01).



## 15º SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA



Gráfico 01 – Comparativo da superfície de água na bacia do rio Mamanguape

Destaca-se a região do médio e baixo curso da bacia, especialmente o trecho situado após a barragem de Araçagi até a área estuarina do rio Mamanguape, como a zona mais impactada pela inundação (Figura 03). Nessa área, predominam planícies fluviais, que naturalmente acumulam água durante os períodos de cheia e favorecem a deposição de sedimentos nas margens do leito, contribuindo para a fertilidade dos solos — condição que justifica o uso predominante da terra para o cultivo de cana-de-açúcar.

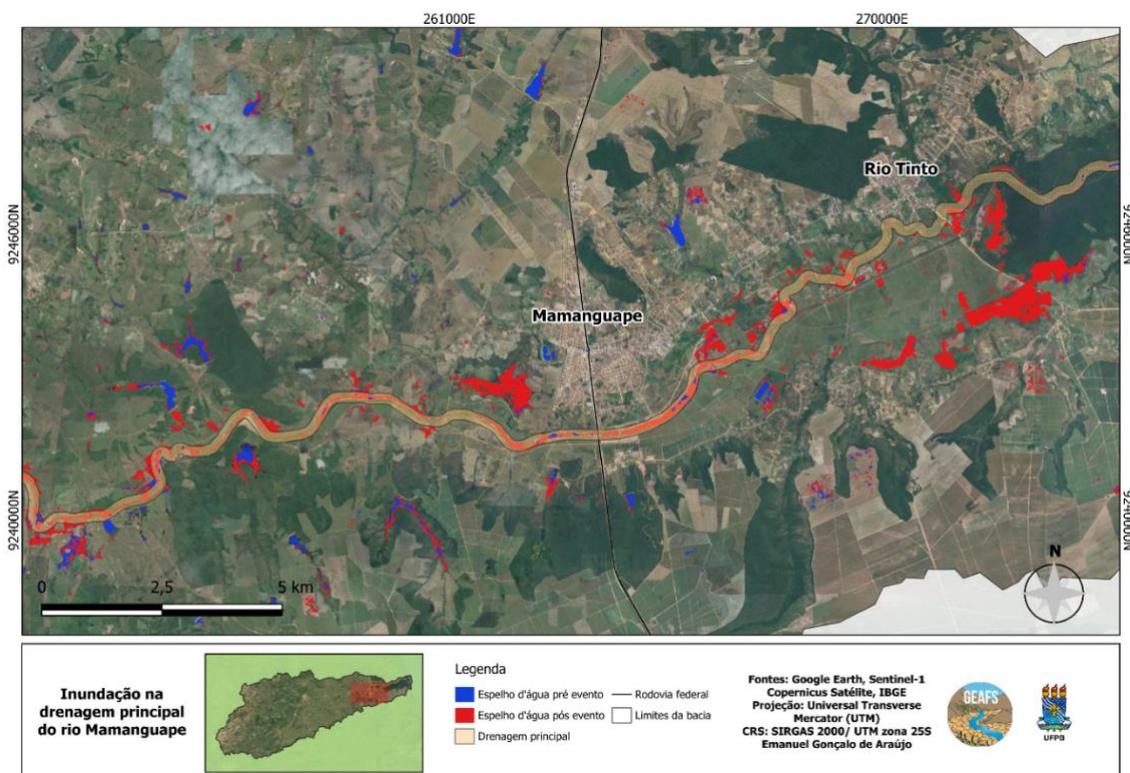


Figura 03 – Mapeamento das áreas inundadas no baixo curso do rio Mamanguape

No recorte espacial que abrange os municípios de Mamanguape e Rio Tinto, verificou-se que, em condições normais, a área de espelho d'água era de aproximadamente 3,2 km<sup>2</sup>. No entanto, após o evento extremo, essa área passou a 9,7 km<sup>2</sup>, o que representa um aumento de 303,1%. Essa variação aponta para um impacto direto sobre os usos do solo e as comunidades ribeirinhas, especialmente aquelas situadas próximas ao canal principal do rio (Gráfico 02).

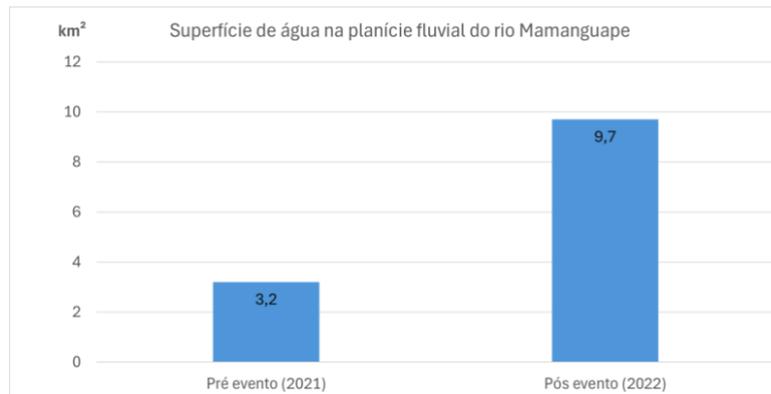


Gráfico 02 – Superfície de água na planície fluvial do rio Mamanguape

A qualidade da classificação foi avaliada com base em 50 pontos de validação para cada classe (água e não água). A matriz de confusão resultante demonstrou um desempenho satisfatório da classificação, com exatidão total de 0,93, ou seja, 93 das 100 amostras foram corretamente classificadas em relação aos dados de referência (Tabela 01). Esse resultado indica uma alta confiabilidade na delimitação das áreas inundadas, reforçando a eficácia da metodologia adotada.

Pré evento	Classificação			Exatidão total
	Não água	água	total	
Não água	50	0	50	93% (0,93)
água	7	43	50	
total	57	43	100	
Erro de comissão		1	0,86	
Erro de omissão	0,87		1	

Tabela 01 – Validação da acurácia e matriz de confusão

Além disso, o índice Kappa calculado foi de 0,86, valor que, segundo a escala de Landis e Koch (1977), representa um alto nível de concordância entre os dados classificados e os dados de validação. Isso demonstra a eficiência do uso de dados SAR do Sentinel-1 para o monitoramento de inundações, especialmente em condições de alta nebulosidade, onde sensores ópticos seriam limitados. As discussões (análises) geradas a partir dos resultados deverão ser criativas, inovadoras e éticas, de maneira a corroborar



com as instruções de pesquisa científicas do país. Levando em consideração a referência a autores e teorias, bem como referenciando os resultados encontrados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação das áreas inundadas realizada neste estudo apresentou resultados satisfatórios, permitindo identificar com clareza as regiões mais impactadas pelo evento extremo de precipitação ocorrido em julho de 2022. Os dados revelaram que o baixo curso da bacia do rio Mamanguape foi a região mais afetada, especialmente nos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, onde se observou um aumento superior a 300% na extensão dos espelhos d'água, em comparação com o período de normalidade hidrológica.

A validação da classificação, com índices elevados de exatidão total (93%) e índice Kappa (0,86), confirmou a eficácia da metodologia aplicada. Esses resultados evidenciam o potencial da plataforma Google Earth Engine (GEE) associada a dados do sensor SAR Sentinel-1 para o mapeamento de áreas inundadas, mesmo sob condições atmosféricas.

Os resultados demonstram a importância do sensoriamento remoto aplicado ao planejamento territorial, fornecendo subsídios técnicos que podem contribuir para a mitigação de desastres ambientais, principalmente em áreas vulneráveis à ocupação desordenada e à precariedade da infraestrutura urbana.

Dessa forma, este estudo reforça a necessidade de ampliar pesquisas que utilizem sensores de radar, em razão de sua capacidade de captação em quaisquer condições atmosféricas e de sua eficácia para a realização de análises temporais, voltadas à compreensão da dinâmica dos recursos hídricos e das transformações no uso e ocupação do solo. A adoção dessas ferramentas é estratégica para promover políticas públicas mais eficazes de prevenção de riscos, gestão ambiental e ordenamento do território.

**Palavras-chave:** Inundação, Sensoriamento Remoto, Radar de Abertura Sintética, Sentinel 1.

## REFERÊNCIAS

CASTRO, A. L. C.; CALHEIROS, L. B.; CUNHA, M. I. R.; BRINGEL, M. L. N. C. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília, 2007. P. 182.

G1 PARAÍBA. Cheia do rio Mamanguape deixa cidade de Rio Tinto (PB) alagada e provoca transtornos para moradores. G1, 8 jul. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2022/07/08/cheia-do-rio-mamanguape-deixa->



15º SIMPÓSIO NACIONAL DE  
**GEOMORFOLOGIA**

[cidade-de-rio-tinto-pb-alagada-e-provoca-transtornos-para-moradores.ghtml](#). Acesso em: 26 jul. 2025.

GRAOSQUE, Jones Zamboni. Mapeamento das áreas de inundação utilizando imagens C–SAR e SRTM, nas províncias de Santa Fé e Entre Ríos, Argentina. 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/179578>. Acesso em: 26 de Julho de 2025.

LANDIS, R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p.159-174, Mar. 1977.

SANTOS, E. C. A.; ARAÚJO, L. E.; MARCELINO, A. S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.19, n.1, p.9–14, 2015.

SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi (orgs.). *Sensoriamento remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. ISBN 978-85-7975-175-2.

SIMÕES, P. S. M.; COSTA, E. C. P. **Uso de imagens de radar para a classificação de áreas inundadas no rio grande do sul**. Anais do XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente... Campina Grande: Realize Editora, 2024. Disponível em: <https://mail.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118101>. Acesso em: 26/07/2025 21:26