

## XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### USO COMBINADO DE DADOS DE CIÊNCIA CIDADÃ E IMAGENS DE SATÉLITES PARA OBTENÇÃO DE DADOS PARA RECONSTRUÇÃO DE EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDAÇÃO

*Pedro Ramos Galvão<sup>1</sup>; Gabriela Gonçalves Cilto<sup>1</sup>; Anaí Floriano Vasconcelos<sup>1</sup>; Maria Clara Fava<sup>2</sup>; Frederico Carlos Martins de Menezes Filho<sup>2</sup>; Hélio Rodrigues Bassanelli<sup>3</sup>; Jaqueline Carolino Santos<sup>3</sup> & Javier Tomasella<sup>4</sup>*

**Abstract:** Over the last decades, a significant growth in the number of natural disasters recorded worldwide has been observed. Whether at the global or national level, most of these disasters are related to floods. This situation is further aggravated by the occupation of risk areas, which directly affects the necessity for flood risk management. However, in Brazil, there is a large deficit of systematized data, making exploring alternative data sources, such as citizen science, necessary to carry out these studies. As a result, this paper sought to carry out a comparison between data available in interviews with the population and satellite images, in order to discuss the joint use of these sources of information for the basis of studies aimed at preparing flood models. In general, citizen science proved the capacity of identifying floods and presenting water levels for these events. However, the necessity for a methodology capable of validating this information became evident. The assemblage data from interviews and satellite images, in turn to prove to have the potential to be used as a basis for managing flood risks and land use and occupation.

**Resumo:** Nas últimas décadas, é possível observar um crescimento significativo no número de desastres naturais registrados mundialmente. Seja no âmbito global ou nacional, a maior parte desses desastres estão relacionados às inundações. Essa situação ainda é agravada pela ocupação de áreas de risco, o que incide diretamente sobre a necessidade do gerenciamento destes eventos. Entretanto, no Brasil, existe um grande déficit de dados sistematizados, sendo necessária a exploração de fontes de dados alternativas, como a ciência cidadã, para a realização desses estudos. Diante disso, este trabalho buscou realizar uma comparação entre dados disponibilizados em entrevistas com a população e imagens de satélites, a fim de discutir a utilização conjunta dessas fontes de informações para o embasamento de estudos que visam a calibração de modelos de inundação. Em geral, a ciência cidadã mostrou-se capaz de identificar inundações e apresentar o nível de água para estes eventos. Entretanto, evidenciou-se a exigência de uma metodologia capaz de validar essas informações. O uso conjunto dos dados das entrevistas e imagens de satélites, por sua vez, revelou-se com potencial para ser utilizado como base para gerenciar riscos de inundações e uso e ocupação do solo.

**Palavras-Chave** – Ciência cidadã; Sensoriamento remoto; Histórico de inundações

<sup>1</sup> Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Lauri Simões de Barros, km 12, SP-189, Bairro Aracaçú, Buri/SP, [pedrorg@estudante.ufscar.br](mailto:pedrorg@estudante.ufscar.br), [gabrielacilto@estudante.ufscar.br](mailto:gabrielacilto@estudante.ufscar.br), [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Rodovia MG-230, km 7, Rio Paranaíba/MG, [maria.fava@ufv.br](mailto:maria.fava@ufv.br), [frederico.menezes@ufv.br](mailto:frederico.menezes@ufv.br)

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Avenida Engenheiro Francisco José Longo, 777, São José dos Campos/SP, [helio.bassanelli@unesp.br](mailto:helio.bassanelli@unesp.br), [jaqueline.carolino@unesp.br](mailto:jaqueline.carolino@unesp.br)

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Rodovia Presidente Dutra, km 39, Cachoeira Paulista/SP, [javier.tomasella@inpe.br](mailto:javier.tomasella@inpe.br)

## INTRODUÇÃO

Desastres naturais são eventos provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, que incidem sobre um ecossistema, causando danos aos seres humanos, ao meio ambiente e aos bens materiais, além de impactar negativamente a economia e a sociedade (Castro, 1998). Ao longo das últimas décadas, o registro global de desastres naturais vem crescendo significativamente. Tal fato está majoritariamente relacionado ao aumento da população, à ocupação desordenada e ao processo de urbanização e industrialização (Kobiyama *et al.*, 2006). Essa problemática ainda é agravada pela ocupação de áreas de risco, muito influenciada por essa expansão acelerada (Tucci, 2001).

Nas áreas urbanas, a impermeabilização do solo, a concentração das construções, a conservação de calor e a poluição do ar, são os principais fatores que colaboram para a ocorrência de desastres. Nas áreas rurais, por sua vez, o desmatamento, a compactação dos solos, o assoreamento dos rios e as queimadas, são os motivos que se sobressaem como desencadeadores de desastres (Kobiyama *et al.*, 2006). Segundo a *World Meteorological Organization – WMO* (2021), os eventos extremos e as mudanças climáticas quintuplicaram o número de desastres em 50 anos. Foram 11 mil desastres no período de 1970 a 2019, 2 milhões de mortes e cerca de 3,64 trilhões de dólares em danos.

Mundialmente, 44% desses desastres estão relacionados a inundações (WMO, 2021). Considerando os dados do EM-DAT (2020), o Brasil segue a mesma tendência, e as inundações representam a maioria dos desastres naturais do país. De acordo com Tucci (2001), a inundação de áreas ribeirinhas é um resultado da sobressalência da capacidade de drenagem de um corpo d'água. Segundo o mesmo autor, o grau de ocupação da várzea (seja para habitação, recreação, uso agrícola, comercial ou industrial) e a frequência das inundações estão associados às suas consequências.

Sendo assim, verifica-se a necessidade do gerenciamento de riscos de inundações. Nesse sentido, a integração entre modelagens hidráulica-hidrológicas e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com base em uma rede de observações de campo, dados digitais e imagens de satélites, permite desenvolver modelos de inundação capazes de nortear o planejamento urbano e sistemas de previsão e alerta de inundações (Cabral *et al.*, 2016). No entanto, no Brasil, há um grande déficit de dados sistematizados para mapeamento. Como resultado deste fato, torna-se imprescindível explorar metodologias, ferramentas e fontes de dados alternativas. A ciência cidadã (do inglês *citizen science*) se destaca neste contexto, e se baseia na participação dos cientistas cidadãos (do inglês *citizen scientist*) na investigação científica e geração de dados e conhecimento (Silvertown, 2009).

Dentro dos estudos hidrológicos, a participação da sociedade apresenta alto potencial para complementar dados e calibrar modelos, contribuindo para melhorias nas previsões quando combinadas com dados de monitoramento tradicionais. Entretanto, a área ainda é bastante recente no país e existem muitas aplicações e desafios nas suas implementações que necessitam ser exploradas e debatidas (Oliveira *et al.*, 2019). Diante desse cenário, buscou-se realizar uma comparação entre os dados de nível de água das inundações levantados em entrevistas com a população e as imagens de satélites que registraram os eventos de cheia, com o objetivo de discutir a utilidade de ambas as fontes de informações para o embasamento de estudos sobre o gerenciamento de riscos de inundações.

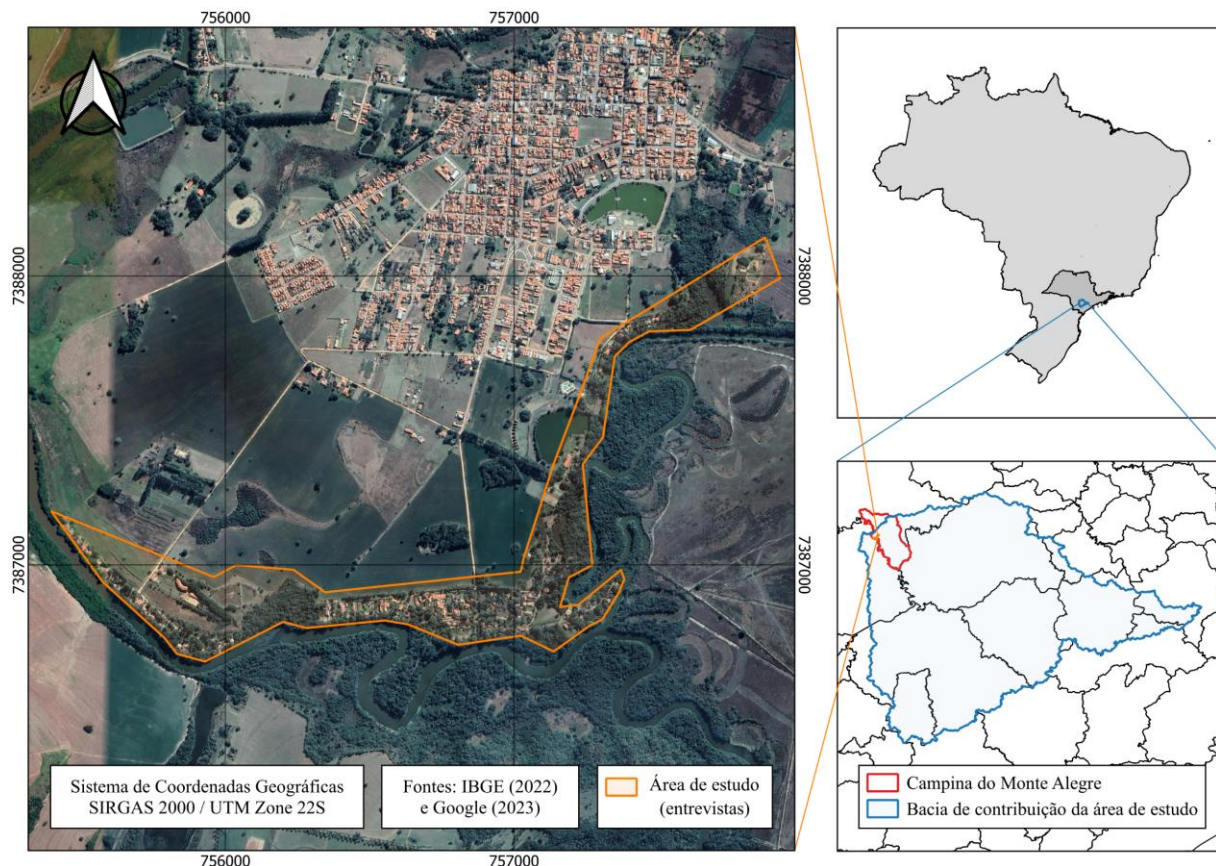
## METODOLOGIA

### Área de Estudo

Este trabalho foi desenvolvido no município de Campina do Monte Alegre, localizado na região sudoeste do Estado de São Paulo, sob as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 23°35'31" Sul e Longitude 48°28'38" Oeste. É uma cidade integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos N° 14 – UGRHI 14, correspondente à Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema. Em seu território, estão presentes importantes cursos d'água da bacia, como o Rio Paranapanema e o Rio

Itapetininga. A área de interesse deste estudo está próxima ao perímetro urbano, junto à confluência destes rios e onde há maior concentração de população exposta ao risco de inundação (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo no município de Campina do Monte Alegre (SP)



## Entrevistas com a População

Esta etapa do trabalho foi previamente submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP, que possui a responsabilidade de assegurar e supervisionar que as pesquisas científicas envolvendo seres humanos obedeçam às normas éticas do país, além de garantir que seus participantes tenham todos os seus direitos preservados. O projeto de pesquisa pode ser identificado através do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética – CAAE (61253522.3.0000.5504), e sua aprovação se deu mediante Parecer Consubstanciado do CEP (5.805.036).

As entrevistas com a população foram realizadas nas residências abrangidas pela área de estudo, com seus respectivos moradores ou trabalhadores. No entanto, nem todas as propriedades possuíam residentes presentes no momento da aplicação das entrevistas ou que estavam dispostos a participar deste estudo. Estas entrevistas foram guiadas por um roteiro, que buscava lembranças dos cidadãos referentes às inundações que tenham atingido o imóvel ou que ocorreram na região. As perguntas incluíam: nome; endereço; contato; relação com a casa; tempo de vivência na região; tempo de vivência no imóvel; data e altura da água de inundações que tenham atingido a casa; data e altura da água de inundações que ocorreram na região, e; outros relatos ou experiências.

Ao todo, foram realizadas 32 entrevistas. Desse número, 16 moradores ou trabalhadores das residências forneceram alguma indicação de altura da água. Em sua maioria, os entrevistados forneciam algum ponto de referência (parede e portão, por exemplo) e indicavam a altura máxima



que a água atingiu. Em alguns casos, onde era possível e/ou visualmente notável, os participantes indicavam marcas d'água nas edificações da propriedade. Os níveis d'água foram medidos com uma trena, e indicaram a altura relativa ao solo no local das medições.

## Imagens de Satélites

Landsat é uma série de satélites de observação da Terra que capturam imagens e dados, sendo uma missão conjunta entre *United States Geological Survey* – USGS e *National Aeronautics and Space Administration* – NASA. Iniciada em 1972, fornece o mais extenso registro de dados sobre a superfície terrestre. As cenas Landsat estão disponíveis na plataforma *Earth Explorer*, da USGS. As informações coletadas nas entrevistas serviram de base para determinar um período de busca das imagens de satélites, sendo estas possivelmente coincidentes com manchas de inundação.

Para uma melhor visualização das imagens de satélites, foram feitas composições coloridas destas cenas, a fim de que se aproximassem o máximo possível das cores verdadeiras. Utilizou-se, para esta etapa, o *software QGIS* (versão 3.30.0) e a ferramenta *Merge* disponibilizada no programa. Na série de satélites Landsat, as bandas vermelha, verde e azul correspondem às bandas 3, 2 e 1, respectivamente, o que permitiu alterar a simbologia da camada *raster* após o processamento.

## Análise dos Dados

As informações coletadas nas entrevistas foram analisadas no intuito de identificar as datas das inundações e suas respectivas alturas da água. Além disso, verificou-se os relatos para entender a percepção da população sobre a magnitude das inundações e definir os maiores eventos que atingiram a região. Os dados foram separados por entrevista, para que nos casos em que o entrevistado fornecesse o nível de água máximo atingido para mais de um evento de inundação, estas informações pudessem ser comparadas entre si. Ainda, nos casos em que o entrevistado não soube afirmar com certeza o ano da inundação, ou então, quando indicava algum ano próximo a uma inundação conhecida, adotou-se a data deste fenômeno conhecido.

A partir disso, comparou-se os dados disponibilizados pelas entrevistas e as informações das imagens de satélites, com o propósito de avaliar as vantagens e limitações da utilização isolada de cada uma destas fontes de informação. Esse material também foi analisado conjuntamente, com o intuito de avaliar se há vantagens no emprego combinado dessas fontes de informação em modelagens hidráulica-hidrológicas e estudos sobre gerenciamento de riscos de inundações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 traz os dados obtidos através das entrevistas com os moradores da área de risco sistematizados por ano e com as respectivas alturas da água registradas/relatadas, além do tempo que o entrevistado frequenta a região ou mora e/ou trabalha na residência.

Observa-se, inicialmente, uma clara diferença na quantidade de dados coletados por ano. Os anos de 2004 e 2016 lideram a lista, com onze e sete registros de altura da água, respectivamente. Enquanto isso, o ano de 1983 aparece com apenas uma citação. Essa disparidade está provavelmente relacionada a dois principais fatores: a magnitude do evento (quanto maior a inundação, mais marcante e mais provável da população se recordar) e a data do acontecimento (inundações antigas podem não ter sido vivenciadas pelos entrevistados, ao mesmo tempo que inundações recentes certamente estão mais frescas e detalhadas nas lembranças dos cidadãos).

Para o entrevistado ter presenciado a inundação de 1983, ele precisa frequentar a região e/ou morar na residência há pelo menos 40 anos. Dos 16 entrevistados, 11 atendem a este requisito. No

entanto, nenhum deles fez menção a esse evento. A única menção foi realizada pela entrevista 8, que não atende ao requisito, mas a residência ainda possuía marcas desta inundação e o ano do evento era de conhecimento do entrevistado. Percebe-se, então, que a memória da população pode ser mais precisa quando apegada a instrumentos reais, principalmente em casos de acontecimentos distantes no tempo. Isto posto, a altura da água da inundação de 1983 só pôde ser registrada porque o entrevistado possuía algo real (a marca da água na parede da sua casa) para se basear.

Tabela 1 – Anos, alturas da água das inundações e anos frequentando a região ou casa

Nº da entrevista	Ano(s)	Altura(s) da água (m)	Ano(s) na região	Ano(s) na casa
1	2004	1,80	40	33
2	2004	5,00	48	24
3	2004; 2016	4,50; 0,70	50	15
4	2004	0,30	50	50
5	2004	1,00	16	10
6	2016	2,00	45	5
7	2004; 2016	2,00; 1,40	45	3
8	1983; 2016	2,25; 0,30	30	14
9	2004	7,00	40	20
10	2016	1,70	61	16
11	2004	5,00	53	53
12	2004	1,10	4	1
13	2004	0,50	42	42
14	2016	1,40	30	6
15	2004	1,70	55	55
16	2016	0,50	25	12

Outro ponto interessante a ser analisado é a percepção da população sobre a magnitude de cada um destes eventos. Considerando apenas os anos de 2004 e 2016, é possível inferir que, na memória coletiva, a inundação de 2004 atingiu uma altura de água maior que a de 2016. Isso porque, enquanto o evento hidrológico mais antigo obteve, entre as respostas das entrevistas, uma altura de água média de 2,72 metros, a inundação mais recente alcançou um nível de 1,15 metros. Entretanto, é importante reiterar que isso não significa necessariamente que a cota máxima de inundação em 2016 foi de fato inferior à de 2004, visto que as alturas da água são valores relativos e, portanto, devem ser somadas às cotas do solo local para que se obtenham os valores reais das cotas de inundação. Todavia, as entrevistas 3 e 7 indicam alturas de água no mesmo local e maiores para a inundação de 2004 comparada com a de 2016, o que reforça a percepção obtida com base na memória coletiva.

Nesse sentido, é bastante útil compararmos esses dados com um produto muito relevante do comportamento comunitário em resposta às inundações no local de estudo. Durante as entrevistas, algumas pessoas fizeram menção às marcações de nível de água que existem em postes de uma rua

frequentemente inundada. Basicamente, moradores da região, durante inundações, possuem o costume de marcar a data e a altura máxima da água em postes de luz, vide Figura 2.

Figura 2 – Postes de luz com marcações de altura da água das inundações



De imediato, é possível perceber a validade e a riqueza dos dados fornecidos nas entrevistas. Evidencia-se que o ano de 2004 foi marcado por uma inundação de grande magnitude. Tal circunstância corrobora a hipótese de que quanto maior a inundação, mais marcante e mais provável da população se recordar. Por outro lado, verifica-se o quanto a memória coletiva também pode estar sujeita ao erro em determinadas situações. Isso porque algumas inundações não tiveram suas alturas da água recordadas ou referenciadas nas entrevistas, como nos anos de 1990, 1991, 1997 e 1998. Este fato, porém, pode estar relacionado com o tempo decorrido desde esses eventos, a magnitude deles ou até mesmo com a falta de vivência dos entrevistados com estes acontecimentos específicos.

Entre os entrevistados, considerando aqueles que frequentam a região há mais de 25 anos, 14 poderiam ter vivenciado uma ou mais dessas inundações não recordadas nas entrevistas, e conseqüentemente fornecer dados de altura da água para elas. Sob outra perspectiva, levando em conta o tempo no imóvel, 5 pessoas possuíam a mesma capacidade. Contudo, isso não aconteceu. Nessa lógica, confirma-se uma certa tendência da memória coletiva de se redirecionar e ser capaz de se recordar apenas de eventos com magnitudes maiores (2004) e/ou mais recentes (2016).

Além disso, os registros de datas das inundações marcados nos postes possibilitam uma melhor delimitação do período de busca das imagens de satélites. As marcas de cheias históricas, quando complementadas e comparadas com os dados adquiridos nas entrevistas, podem prover evidências estatísticas de extremos hidrológicos, informação de maior relevância em estudos de tendência ou no ajuste de distribuições estatísticas de extremos. Sendo assim, as alturas relativas das marcações do

nível de água também foram coletadas. Neste caso, as cotas da base dos postes foram obtidas, o que possibilitou o cálculo de valores reais de cota de inundação, vide Tabela 2.

Tabela 2 – Cotas das inundações com marcações nos postes

Ano	Cota do Poste (m)	Altura da Água (m)	Cota de Inundação (m)
1983	582,03	1,80	583,83
1990	582,03	0,82	582,85
1991	582,03	0,59	582,62
1997	582,03	1,72	583,75
1998	582,03	1,46	583,49
2004	582,03	2,38	584,41
2016	582,00	1,38	583,38

Com essas informações, é possível inferir as maiores inundações que atingiram a região, em ordem decrescente: 2004 (584,41m), 1983 (583,83m), 1997 (583,75m), 1998 (583,49m), 2016 (583,38m), 1990 (582,85) e 1991 (582,62). Tais dados confirmam o que vem sendo discutido sobre a memória coletiva, pois, mesmo nos anos de 1983, 1997 e 1998 terem sido registradas inundações maiores do que a ocorrida no ano de 2016, essas informações se perderam nas recordações da população. Nas entrevistas, esses anos tiveram uma citação (1983) ou, então, não foram referidos (1997 e 1998). Isto reforça a relevância da cultura local de marcação dos níveis de água das inundações nos postes para registro histórico.

O levantamento geodésico das cotas de inundação dos postes consistiu no uso de um par de receptores GNSS RTK, marca Geomax, modelo Zenith 35 PRO. Utilizou-se o método de posicionamento relativo, que consiste na utilização de uma estação base para correção das informações coletadas pela estação rover. Os dados ainda foram pós-processados através do Posicionamento por Ponto Preciso – PPP, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Esse levantamento foi realizado no Datum SIRGAS 2000.4, projeção UTM, fuso 22, MC 51°. Aplicou-se a altitude normal como coordenada altimétrica.

As imagens de satélites, apesar de serem ricas fontes de dados, também estão sujeitas a complicadores para a sua adoção como fonte de informação sobre inundações. Inundações são mais frequentes no período chuvoso, o que aumenta a probabilidade das imagens de satélites estarem cobertas de nuvens, impedindo a visualização da área inundada. Ainda, devido a periodicidade das cenas, ou seja, como elas são registradas apenas de tempos em tempos em razão da órbita dos satélites, há o agravamento da imagem não necessariamente representar o pico da inundação. Para avaliar a aplicabilidade deste material nos estudos de inundações, foram coletadas imagens de satélites das inundações referidas nas marcações dos postes, organizadas na Figura 3.

As imagens representam as inundações de 1983, 1991, 1997, 1998, 2004 e 2016. Nenhuma cena do período da inundação de 1990 estava disponível. Inicialmente, observa-se a alta cobertura de nuvens nas imagens de 1983, 1991 e 1997, o que impossibilita qualquer visão detalhada da área inundada. Nas imagens de 1998 e 2004, apesar de uma boa visibilidade, a baixa resolução espacial do satélite poderia ocasionar diversos erros na delimitação da mancha de inundação. A imagem de 2016, por sua vez, possui uma resolução espacial maior, mas ainda poderia ser suscetível a algumas falhas. Um exemplo da problemática relacionada às resoluções pode ser vista na Figura 4.



Figura 3 – Imagens de satélites das inundações de 1983, 1991, 1997, 1998, 2004 e 2016

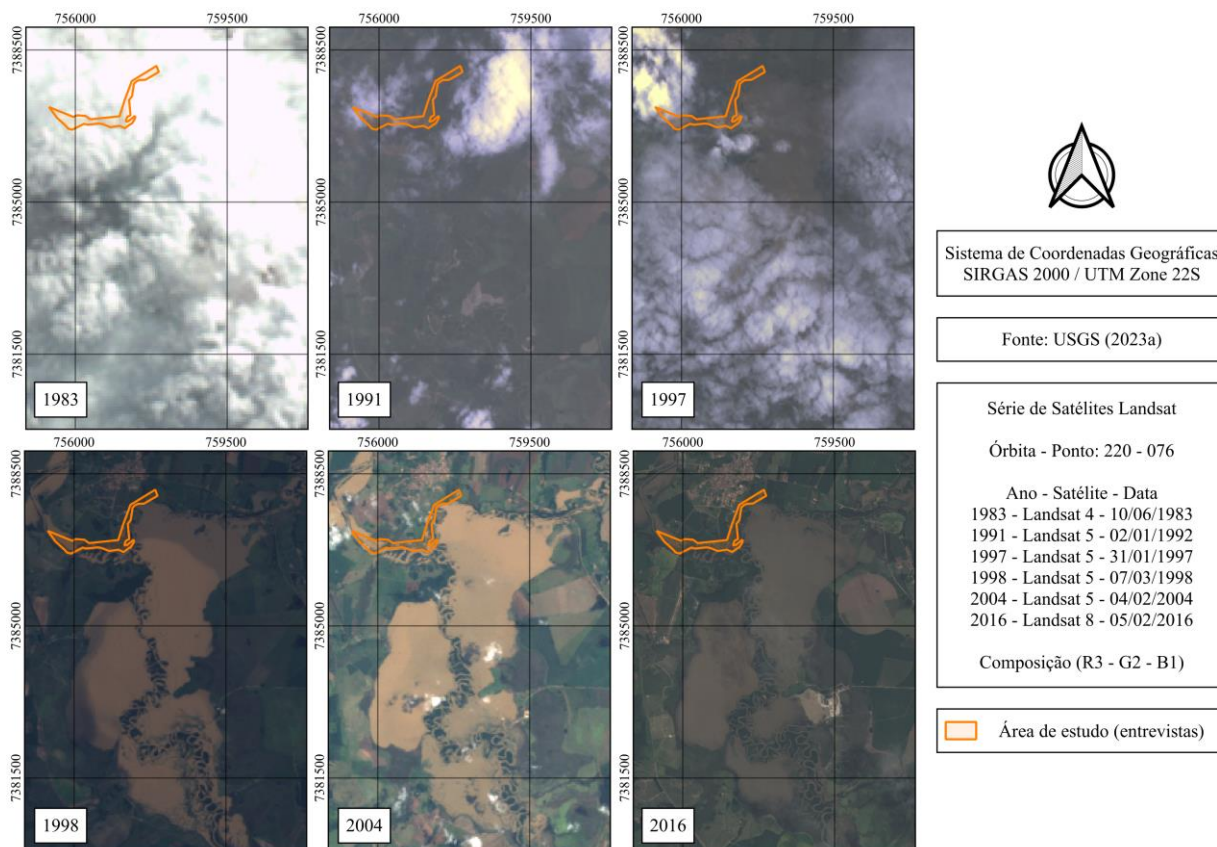
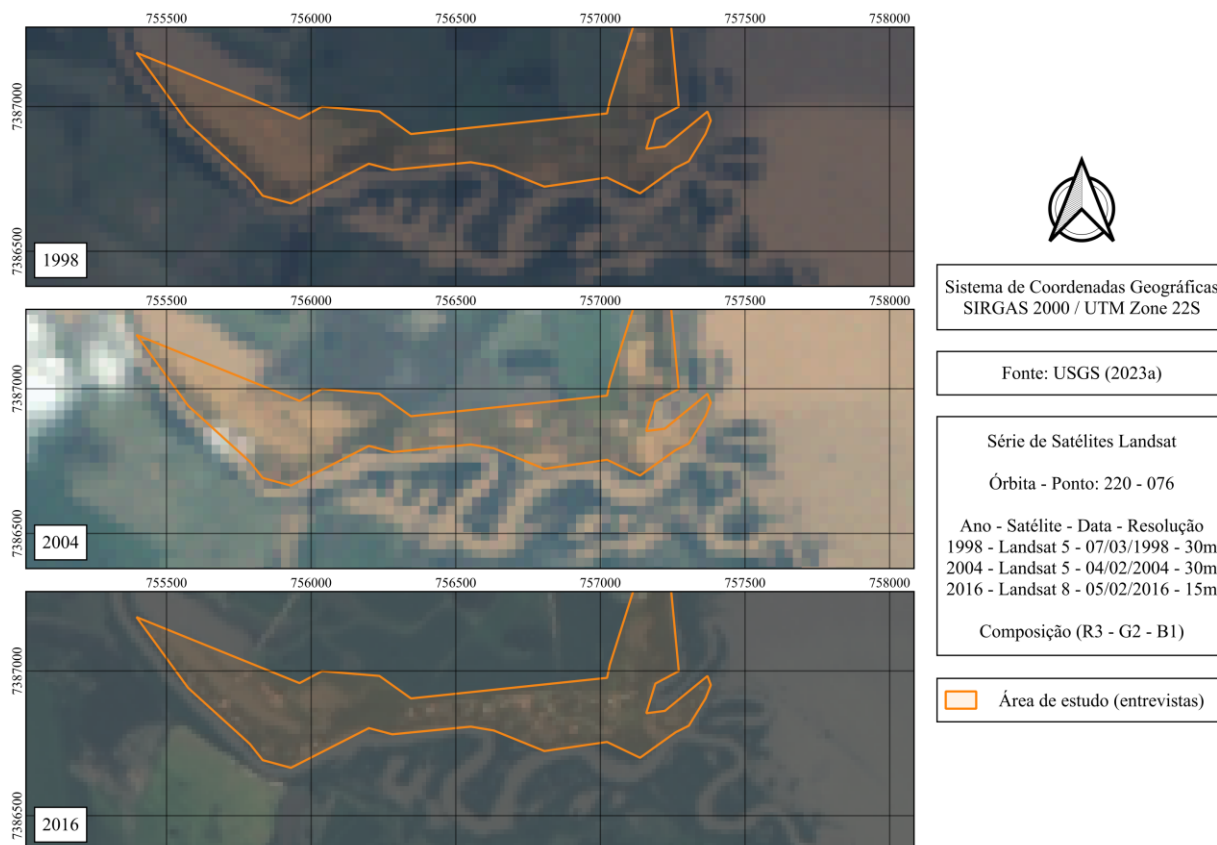


Figura 4 – Resolução das imagens de satélites das inundações de 1998, 2004 e 2016





A resolução de uma imagem de satélite está diretamente relacionada ao satélite que a registrou. Neste trabalho, as cenas de 1998 e 2004 foram capturadas pelo Landsat 5 (1984 – 2013), que possui uma resolução espacial de até 30 metros. Enquanto isso, a imagem de 2016 foi registrada pelo Landsat 8 (2013 – atualmente), com uma resolução de até 15 metros (USGS, 2023b). É perceptível a evolução da resolução nos diferentes satélites, resultante do avanço da tecnologia no decorrer dos anos. Neste caso, porém, a inundação de maior magnitude (2004) está sujeita às falhas e dificuldades apresentadas por uma resolução menor. Pode-se dizer, então, que apesar de satélites mais recentes possuírem melhores tecnologias e, conseqüentemente, melhores resoluções, acabam por não beneficiar registros históricos, pois estes ainda dependem de tecnologias mais antigas.

É exatamente nesse sentido que surge a importância do uso de mais de uma fonte de informação. Acompanhando este fato, a ciência cidadã comprova seu papel como uma importante fonte alternativa de dados, sobretudo em estudos com insuficiência de informações para o seu desenvolvimento. Neste trabalho, a ciência cidadã se mostrou como uma importante ferramenta para a calibração e validação de dados, já que foi capaz de identificar três inundações, e apresentou dados significativos de altura da água para duas delas. Quando apresentou erros ou falhas, ao não conseguir datar e trazer informações sobre outras inundações, um outro produto desta ciência disponibilizou esses dados.

No caso de modelagens hidráulica-hidrológicas e estudos sobre gerenciamento de riscos de inundações, especificamente, a ciência cidadã é capaz de fornecer dados complementares para calibrar modelos de previsão de manchas de inundação. E como visto, pode se sobressair a possíveis dificuldades encontradas no uso de imagens de satélites, que incluem a indisponibilidade de cenas, alta cobertura de nuvens, baixa periodicidade dos satélites e a reduzida resolução espacial das imagens. Destaca-se, porém, que a utilização desses níveis de água e as manchas de inundação dos satélites só é possível com o conhecimento da topografia do terreno. Portanto, um levantamento topográfico da planície de inundação e um ajuste das alturas da água obtidas faz-se necessário.

## CONCLUSÃO

A utilização combinada dos dados das entrevistas e as imagens de satélites se mostrou promissora como fonte de informações para a calibração de modelos de inundação, que podem servir como base para estudos sobre gerenciamento de riscos de inundações e uso e ocupação do solo. Conjuntamente, estas duas fontes complementaram dados e conseguiram superar falhas ou dificuldades que o uso isolado de uma delas poderia apresentar. A ciência cidadã obteve êxito na identificação de datas e alturas da água de inundações históricas, mas mostrou-se como um dado bastante sensível, sendo necessário alguma metodologia capaz de validar essas informações. No entanto, sua utilidade como uma fonte alternativa de dados é perceptível, sobretudo em bacias com dados escassos, podendo também ser utilizada para a construção de conhecimento comunitário, aumentando o seu preparo e proteção, por meio da consciência do problema. Recomenda-se, em trabalhos futuros, realizar a verificação das cotas do terreno para maior robustez na comparação dos níveis de água atingidos e relatados em diferentes localidades.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica e pelo financiamento do projeto CNPq Processo nº 409527/2021-1.

## REFERÊNCIAS

- CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N. B.; SILVEIRA, C. S.; TEIXEIRA, F. A. A. (2016). *Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/RAS no mapeamento de área de inundação urbana: aplicação à bacia do Rio Granjeiro – CE*. Geociências, v. 35, n. 1, pp. 90 – 101.
- CASTRO, A. L. C. (1998). *Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres*. Ministério do Planejamento e Orçamento, 173 p.
- EM-DAT. (2020). *The EM-DAT Atlas: Brazil*. CRED/UCLouvain, [www.emdat.be/emdat\\_atlas/](http://www.emdat.be/emdat_atlas/).
- GOOGLE. (2023). *Google Satellite*. Complemento QuickMapServices do QGIS.
- IBGE. (2022). *Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira*. [www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html](http://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html).
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. (2006). *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Ed. Organic Trading, 109 p.
- OLIVEIRA, T. H.; FAVA, M. C.; SOUZA, F. A. A.; SOUSA, B. J. O.; BUARQUE, A. C. S.; MENDIONDO, E. M. (2019). *Análise de estudos hidrológicos com a participação da sociedade para previsão de enchentes*. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- SILVERTOWN, J. (2009). *A new dawn for citizen science*. Trends in Ecology and Evolution, v. 24, n. 9, pp. 467 – 471.
- TUCCI, C. E. M. (2001). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Ed. Universidade/UFRGS, 943 p.
- USGS. (2023a). *Earth Explorer*. [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov).
- USGS. (2023b). *What are the band designations for the Landsat satellites?*. [www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites](http://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites).
- WMO. (2021). *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019)*. WMO – No. 1267, 90 p.