

Avaliação dos dados do sensor CubeSat para estimativas de áreas inundadas

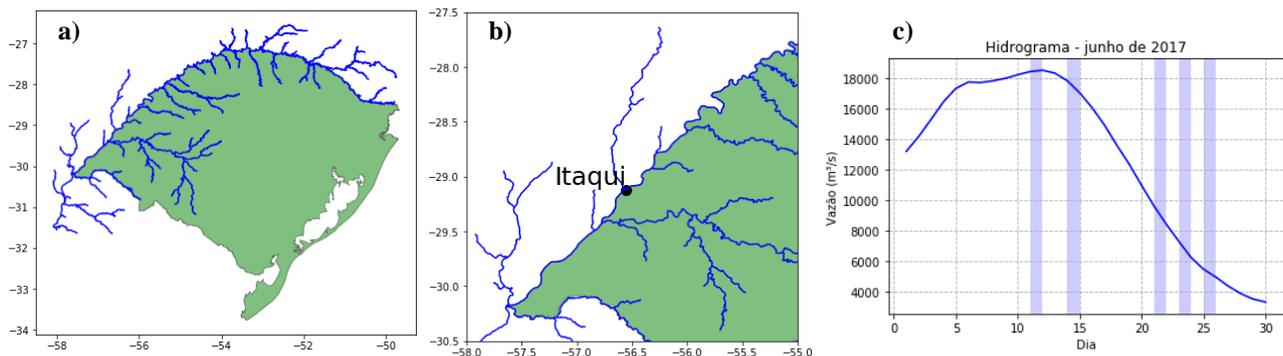
Gabriel Matte Rios Fernandez¹ & Rodrigo Cauduro Dias de Paiva²

Palavras-Chave – CubeSat, Inundações, Sensoriamento Remoto.

INTRODUÇÃO

Inundações causam graves impactos sociais e econômicos ao redor do mundo. Segundo dados do EM-DAT (UNESCO, 2020), apenas na América do Sul foram registrados 270 eventos de inundação entre 2001 e 2018, afetando 28,3 milhões de pessoas e causando a morte de outras 6,4 mil, além de um prejuízo financeiro estimado em 20,8 bilhões de dólares. Dados de sensoriamento remoto de resolução moderada como imagens dos sensores Landsat são amplamente utilizados em estudos de inundação. Nos últimos anos vem-se desenvolvendo sensores com maior resolução espacial e temporal, como o CubeSat que possui resolução espacial de três metros e resolução temporal de um dia e vem sendo utilizado em estudos de recursos hídricos, como estimativas de vazão (Feng et al., 2019) e delimitação de águas superficiais (Cooley et al., 2017). Essas características podem ser úteis também no gerenciamento de risco de inundações, pois permite uma análise mais precisa da extensão e evolução do evento. Portanto pretende-se nesse trabalho avaliar o uso dos dados do sensor CubeSat para estimativas de áreas inundadas através de uma comparação com a classificação de imagens do Landsat, adotada como método de referência. Essa metodologia já foi utilizada para a valiação de outros sensors como o Sentinel-1 (Neves, 2019). Além de realizar uma análise temporal do evento de inundação. A área de estudo selecionada foi no Rio Uruguai entre os municípios de Garruchos e Itaqui (figura 1) a) e b)) durante as inundações ocorridas em junho de 2017.

Figura 1 - Representação da área de estudo, (a) estado do Rio Grande do Sul com o rio Uruguai e seus principais afluentes; (b) sinalização do município de Itaqui; (c) vazões observadas no município de Itaqui pela rede de estações fluviais da Agência Nacional de Águas, as barras sinalizadas em azul no hidrograma representam os dias em que se obtiveram imagens do sensor CubeSat.



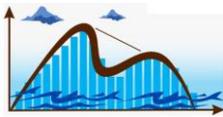
Fonte: Dados do hidrograma retirados do Portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas, em 10 de agosto de 2020

METODOLOGIA

Foram utilizados dados de reflectância na superfície de imagens dos sensores CubeSat e Landsat 8. Para a análise espacial do evento de inundação ocorrido no rio Uruguai em junho de 2017, foram obtidas quatro imagens do sensor CubeSat e uma do sensor Landsat. Nessas imagens, foram

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, matte.rios@ufrgs.br

2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rodrigo.paiva@ufrgs.br



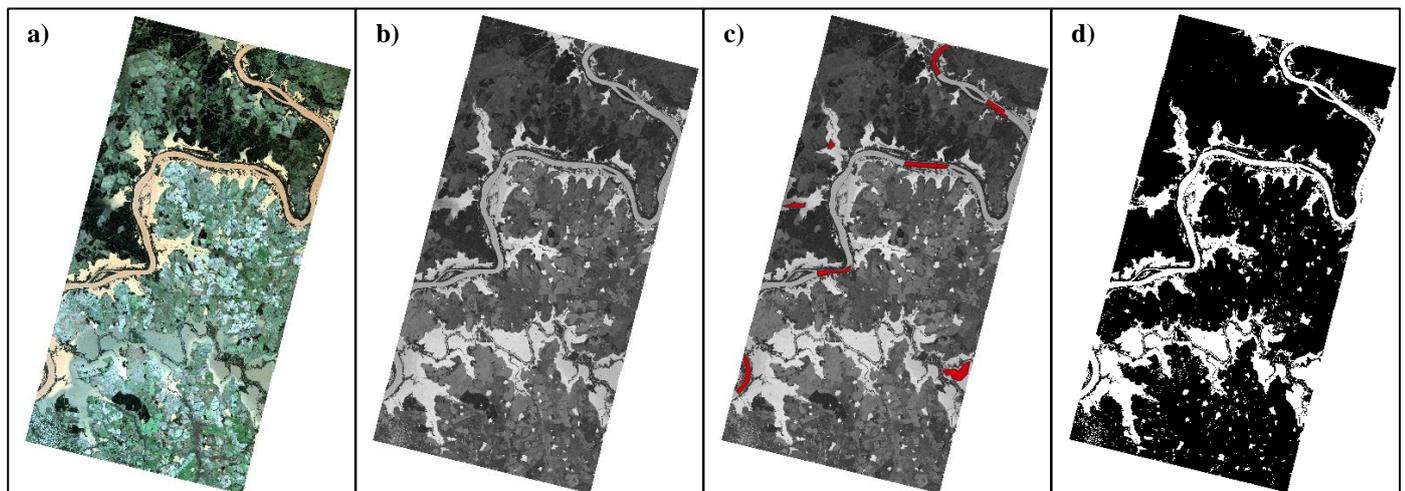
selecionadas quatro regiões onde houve sobreposição entre os dados de ambos os sensores no dia 11 de junho, para a classificação e comparação. A análise temporal foi realizada apenas para imagens do CubeSat obtidas entre os dias 11 e 25 de junho, período marcado pela regressão da mancha de inundação como é mostrado na figura 1) c) que apresenta dados de vazão registrados por estações fluviométricas da rede da Agência Nacional de Águas no mês de junho no município de Itaquí.

Para a extração das manchas de inundação das imagens dos dois sensores foi utilizado o índice de água NDWI (“Normalized Difference Water Index”) (McFeeters, 1996), devido a presença dos dados necessários para sua aplicação nos dois sensores e pela sua ampla utilização em análises espaciais de eventos de inundação. Esse índice é capaz de diferenciar pixels úmidos de pixels secos através de operações matemáticas utilizando dados de reflectância nas bandas do verde e infravermelho próximo, conforme mostrado na equação 1.

$$NDWI = \frac{\text{Verde} - \text{Infravermelho Próximo}}{\text{Verde} + \text{Infravermelho Próximo}} \quad (1)$$

Como resultado de sua aplicação o índice retorna valores entre -1 e 1, sendo os valores mais próximos de 1 referentes a classe água e os mais próximos de -1 referentes a classe não-água. Para estabelecer um limiar entre as classes foram elaborados polígonos sob regiões visivelmente inundadas nas imagens. Os valores do índice localizados dentro dos polígonos foram coletados e analisados por meio de um histograma. O limiar entre as classes foi definido como o 2º percentil do histograma dos dados recortados. A partir dos limiares estabelecidos para cada uma das cinco imagens foi construído um mapa binário do evento de inundação. O processo de classificação é esquematizado na figura 2.

Figura 2: Esquematização do processo de classificação das imagens para extração da mancha de inundação em um trecho do rio Uruguai com dados do sensor CubeSat: (a) imagem em composição cor verdadeira, (b) NDWI, (c) polígonos elaborados para seleção do limiar de classificação e (d) mapa binário do evento de inundação.



A comparação entre as classificações das imagens do CubeSat e Landsat foi realizada através da aplicação do índice Kappa que analisa o grau de concordância entre as duas classificações considerando a chance de concordância pelo acaso, sendo 1 o valor ótimo.

RESULTADOS

Após classificadas e comparadas, as imagens do dia 11 de junho apresentaram índices Kappa entre 0,88 e 0,92. Informações extraídas da classificação das imagens são apresentadas na tabela 1. A partir desses dados nota-se que as diferenças nas estimativas de área inundada foram pequenas em relação a área da imagem, sendo maiores na classificação das imagens do CubeSat, exceto na quarta região de sobreposição.

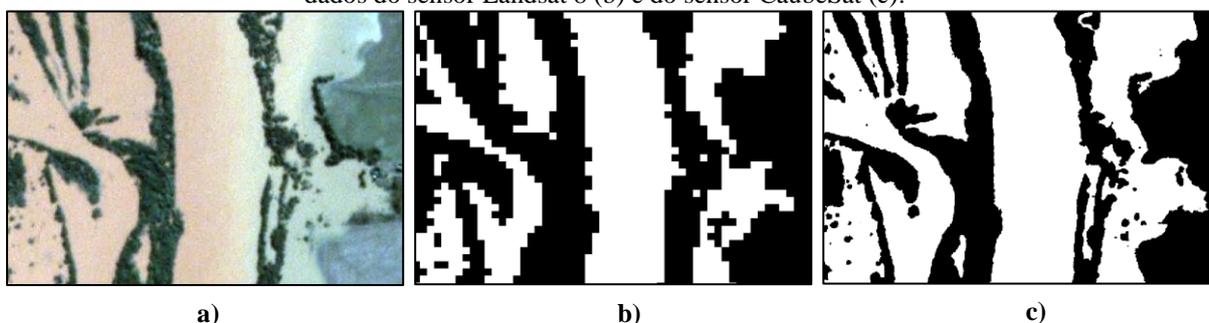


Tabela 1 – Estimativas para cada uma das quatro áreas em que houve sobreposição entre imagens dos sensores CubeSat e Landsat, incluindo: índices Kappa, área das imagens, áreas inundadas observadas com dados do Landsat 8 e CubeSat e as diferenças entre as duas observações.

Imagem	Kappa	Área da Imagem (km ²)	Área Inundada Landsat (km ²)	Área Inundada CubeSat (km ²)	Diferença (km ²)
1	0,92	2268,44	647,18	690,05	42,88
2	0,89	1299,60	256,76	300,93	44,17
3	0,88	737,60	80,70	96,76	16,06
4	0,92	1535,90	502,90	491,42	11,48

Foi observado um maior detalhamento na delimitação das manchas de inundação extraídas dos dados do sensor CubeSat, devido a sua maior resolução espacial. A figura 3 mostra imagens de um trecho inundado do rio Uruguai em composição cor verdadeira (a) e suas manchas de inundação extraídas do Landsat (b) e do CubeSat (c).

Figura 3 – Trecho do rio Uruguai em composição cor verdadeira (a), manchas de inundação extraídas de dados do sensor Landsat 8 (b) e do sensor CubeSat (c).

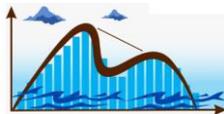


Também foi possível realizar uma análise temporal do evento com imagens do CubeSat obtidas entre os dias 11 e 25 de junho. Para isso uma área de 221,42 km² onde houve sobreposição das imagens nos dias 11, 12, 14, 20, 23 e 25 de junho foi selecionada e processada. O resultados das classificações podem ser visualizados na figura 4. O período analisado corresponde a regressão da mancha de inundação, passando de uma área inundada de 131,36 km² no dia 11 para 21,57 km² no dia 25. O período em que houve a maior diminuição na área inundada foi entre os dias 14 e 20 de junho, no entanto esse período não pôde ser analisado devido a elevada cobertura de nuvens.

Figura 4 – Análise temporal da regressão do evento de inundação ocorrido entre os dias 11 e 25 de junho de 2017 no rio Uruguai.

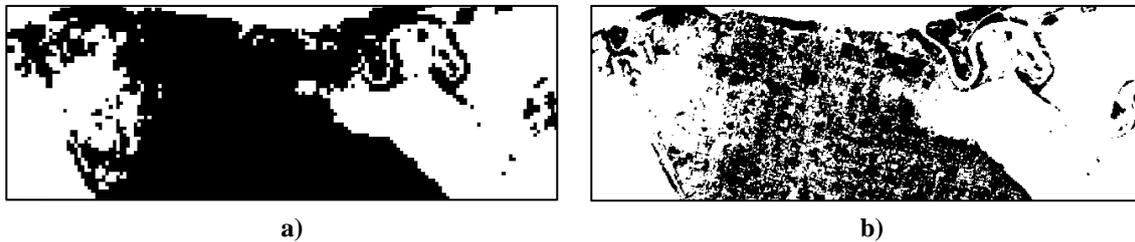


Apesar do CubeSat ter delineado com maior detalhamento a mancha de inundação, foram observadas interferências da mancha urbana na classificação das imagens, onde alvos urbanos foram



erroneamente classificados como pertencentes da classe água. Isso pode ser visualizado na figura 5 que mostra o resultado da classificação de ambos os sensors no município de Itaqui.

Figura 5 – Resultado da classificação da mancha de inundação no município de Itaqui, utilizando dados dos sensores Landsat 8 (a) e CubeSat (b).



CONCLUSÕES

O sensor CubeSat apresentou um bom desempenho no mapeamento da mancha de inundação no rio Uruguai em junho de 2017 em relação ao método de referência, apresentando índices Kappa entre 0,88 e 0,92. Isso permite concluir que os dados do sensor são confiáveis, vista a satisfatória concordância com um método amplamente utilizado em estudos de inundações. Também foi possível observar o processo de regressão da mancha de inundação para cinco dias entre 11 e 25 de junho de 2017, dada a maior resolução temporal do sensor. Essa análise não seria possível utilizando dados do sensor Landsat, devido a sua resolução temporal de 16 dias. Portanto registram-se vantagens relevantes do CubeSat no gerenciamento de risco de inundações, tanto na maior precisão espacial da extensão do evento de inundação quanto na análise do seu processo de regressão.

Uma limitação encontrada no presente trabalho, foi a interferência da mancha urbana na classificação de imagens do sensor CubeSat para estimativas de áreas inundadas, o que não foi observado na classificação dos dados do sensor Landsat. Essa interferência pode ser decorrente do método de classificação utilizado, portanto recomenda-se a avaliação de outras metodologias para o mapeamento de inundações em áreas urbanas utilizando dados do sensor CubeSat.

REFERÊNCIAS

Cooley, S.W.; Smith, L.C.; Stepan, L.; Mascaro, J. Tracking Dynamic Northern Surface Water Changes with High-Frequency Planet CubeSat Imagery. *Remote Sens.* 2017, 9, 1306.

Feng, D., Gleason, C. J., Yang, X., & Pavelsky, T. M. (2019). Comparing discharge estimates made via the BAM algorithm in high-order Arctic rivers derived solely from optical CubeSat, Landsat, and Sentinel-2 data. *Water Resources Research.*

McFEETERS, S. K. 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, 1996.

NEVES, L. H. Mapeamento de inundação por imagens de radar de abertura sintética do satélite Sentinel-1. Trabalho de conclusão de curso. 2019.

UNESCO, UM-Water, 2020; United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO.

AGRADECIMENTOS

Registro aqui meus sinceros agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, em especial ao laboratório de pesquisas Hidrologia de Grande Escala.