



ANÁLISE TEMPORAL DE RECORRÊNCIA DE ÁREAS INUNDADAS EM PORTO ALEGRE UTILIZANDO IMAGENS LANDSAT E SENTINEL-1

1Vinícius de Azevedo Silva, 2Francisco Lledo dos Santos, 3André Luis Sotero Salustiano Martim, 4Cristiano Poletto, 5Hugo de Oliveira Fagundes

1 Universidade Estadual de Campinas, e-mail: vinicius@azevedoambiental.com; 2 Universidade do Estado de Mato Grosso, e-mail: franciscolledo@unemat.br; 3 Universidade Estadual de Campinas, e-mail: asmartim@unicamp.br; 4 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e-mail: cristiano.poletto@ufrgs.br; 5 Universidade Estadual de Campinas, e-mail: hugoo@unicamp.br

Palavras-chave: Áreas inundadas; MNDWI; Porto Alegre.

Resumo

Este estudo utiliza a coleção de imagens Landsat para analisar a recorrência de áreas inundadas na região de Porto Alegre, destacando sua vasta escala temporal entre o ano de 1984 até o momento atual. Adicionalmente, o uso de dados Sentinel-1, apesar de sua menor escala temporal, é explorado para complementar a análise de áreas inundadas.

Introdução

Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul, tem enfrentado eventos de inundação decorrentes de chuvas intensas na região. Tais inundações causam impactos significativos tanto na infraestrutura urbana, quanto na qualidade de vida de seus habitantes, visto que acarretam o transbordamento dos rios e à consequente submersão de áreas ribeirinhas. Esses eventos não apenas causam danos econômicos substanciais, mas também representam um risco à saúde pública e ao meio ambiente.

A análise e o monitoramento das áreas inundadas são essenciais para o planejamento urbano e para a implementação de estratégias de mitigação de desastres. Nos últimos anos, o avanço das tecnologias de sensoriamento remoto e o acesso a grandes volumes de dados satelitais têm proporcionado novas oportunidades para o estudo de fenômenos hidrológicos. Dentre as diversas ferramentas disponíveis, o Google Earth Engine (GEE) se destaca por sua capacidade de processar e analisar vastas coleções de dados geoespaciais de maneira eficiente. O uso de imagens satelitais, como as da série Landsat e do Sentinel-1, permite a identificação e o mapeamento de áreas inundadas com alta precisão.

O Landsat é um satélite óptico multiespectral, o que significa que capta informações em várias bandas do espectro eletromagnético e, assim, permite a detecção de diferentes características da superfície terrestre. A resolução espacial de 30 metros das imagens Landsat oferece um equilíbrio adequado entre detalhamento espacial e cobertura geográfica, tornando-o ideal para estudos em larga escala. Logo, a série Landsat, com uma cobertura temporal que se estende desde o ano de 1984, fornece uma base de dados robusta para análises históricas.

Para a detecção de áreas inundadas, utiliza-se o índice modificado de diferença normalizada de água (MNDWI), que é calculado a partir das bandas Green e SWIR das imagens Landsat. Este índice é eficaz na identificação de corpos d'água, diferenciando-os de outras superfícies como solo e vegetação. Estudos anteriores, como o de Mehmood, Conway e Perera (2021), demonstraram a eficácia do MNDWI na detecção de áreas alagadas utilizando a plataforma GEE, o que corrobora a metodologia adotada neste trabalho.

Além das imagens Landsat, este estudo incorpora dados do Sentinel-1, um satélite equipado com um sensor SAR (Radar de Abertura Sintética). O SAR é um tipo de sensor ativo que emite sinais de radar que penetram nas nuvens, permitindo a aquisição de imagens em qualquer condição meteorológica, dia ou noite. A resolução espacial das imagens SAR é de aproximadamente 10 metros, proporcionando maior detalhamento espacial em comparação com o Landsat. A utilização do Sentinel-1 é particularmente vantajosa para a detecção de inundações recentes, uma vez que o radar é menos suscetível a interferências meteorológicas.

Por conseguinte, este estudo combina dados de duas importantes missões satelitais, Landsat e Sentinel-1, para fornecer uma análise abrangente das recorrências de áreas inundadas na região de Porto Alegre. O uso combinado de índices como o MNDWI e de técnicas de detecção de radar permite uma abordagem robusta e detalhada, essencial para o planejamento urbano e a mitigação de desastres naturais. Esta metodologia avançada oferece uma contribuição significativa para o entendimento dos padrões de inundação e para a formulação de estratégias eficazes de gestão de riscos na área urbana.

Adicionalmente, a plataforma GEE facilita a integração e análise dos dados satelitais, permitindo o processamento de grandes volumes de imagens de forma eficiente. Essa combinação de dados multiespectrais e radar oferece uma perspectiva abrangente, cobrindo tanto os aspectos históricos das inundações quanto a detecção precisa em condições meteorológicas adversas; este estudo, portanto, pretende fornecer dados valiosos para o planejamento e gestão de desastres em áreas urbanas vulneráveis a inundações.



Metodologia

Utilização do Google Earth Engine (GEE) e Python

Para realizar a análise temporal das recorrências de áreas inundadas, utilizamos a plataforma Google Earth Engine (GEE) em conjunto com Python. O GEE permite o processamento eficiente de grandes volumes de dados geoespaciais, enquanto o Python facilita a automação e personalização das análises.

Coleção Landsat e MNDWI

A coleção Landsat é escolhida pela sua ampla disponibilidade desde o ano de 1984. O Landsat é um satélite óptico multiespectral, o que significa que ele capta informações em várias bandas espectrais do espectro eletromagnético, permitindo a análise de diferentes características da superfície terrestre. A resolução espacial das imagens Landsat é de 30 metros, o que oferece um equilíbrio entre detalhamento espacial e cobertura geográfica.

O MNDWI (Índice Modificado de Diferença Normalizada de Água) é utilizado para detectar áreas inundadas (Figura 1), sendo calculado com as bandas Green e SWIR das imagens Landsat. Para garantir a qualidade das imagens, aplicamos um filtro para cobertura de nuvens de até 20%. O limiar adotado para a detecção de água foi de 0.4 – valor ajustado para minimizar a inclusão de áreas de solo encharcado. Variações acima desse limiar indicam a presença de água, enquanto valores abaixo podem incluir solo úmido e vegetação.

Dados Sentinel-1 e Índice de Detecção de Água

O Sentinel-1 é um satélite equipado com um sensor SAR (Radar de Abertura Sintética), que é um tipo de sensor ativo. Diferente dos sensores ópticos, o SAR emite sinais de radar que penetram nas nuvens e podem adquirir imagens em qualquer condição meteorológica, dia ou noite. A resolução espacial das imagens SAR é de aproximadamente 10 metros, proporcionando maior detalhamento espacial em comparação com o Landsat.

Para a detecção de água nas imagens Sentinel-1, utilizamos a intensidade do retorno do radar na banda VV. A água reflete menos o sinal de radar, resultando em valores de intensidade mais baixos. O limiar utilizado para a detecção de água foi de -17 dB. Valores abaixo deste limiar indicam a presença de água, enquanto valores acima indicam superfícies secas ou vegetação.

Resultados

A análise dos resultados, obtidos a partir das imagens Landsat (Figura 1), mostra uma recorrência significativa de áreas inundadas na região de Porto Alegre ao longo do tempo. O uso do MNDWI permitiu identificar extensas áreas urbanas que foram inundadas, demonstrando a eficácia desse índice na detecção de locais com presença de água. No entanto, a detecção pode ser afetada pela cobertura de nuvens, o que justifica o uso de um filtro para imagens com até 20% de cobertura de nuvens.

Em contraste, os dados do Sentinel-1, embora com menor disponibilidade temporal, proporcionam uma detecção contínua de áreas inundadas devido à capacidade do SAR de ultrapassar a cobertura de nuvens. Os resultados mostraram que o Sentinel-1 conseguiu detectar áreas inundadas (Figura 2) recentes com alta precisão, mas a menor quantidade de imagens disponíveis nos anos mais recentes, pode ter influenciado a identificação de áreas inundadas na região urbana.

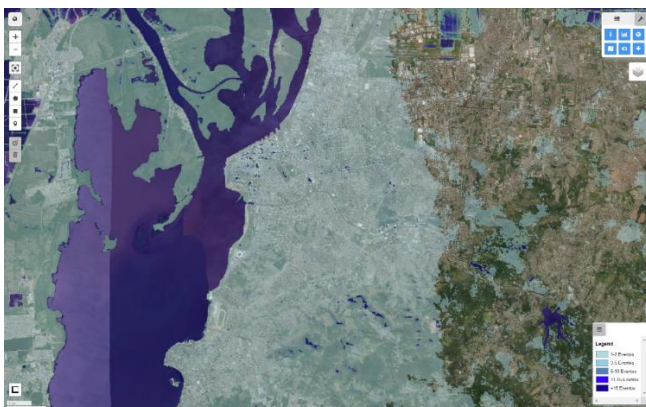


Figura 2: Recorrência de Áreas Inundadas com Landsat
Fonte: Próprios autores (2024).

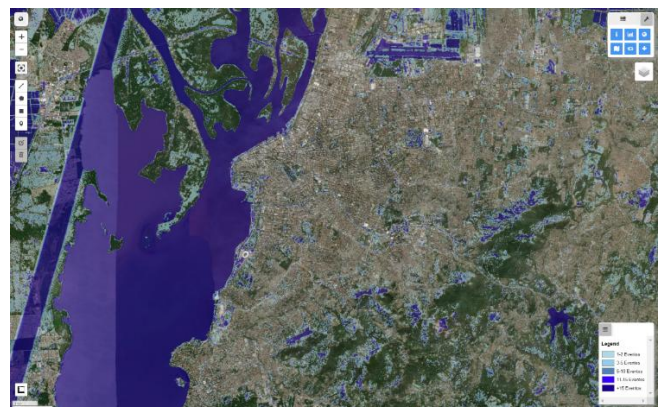
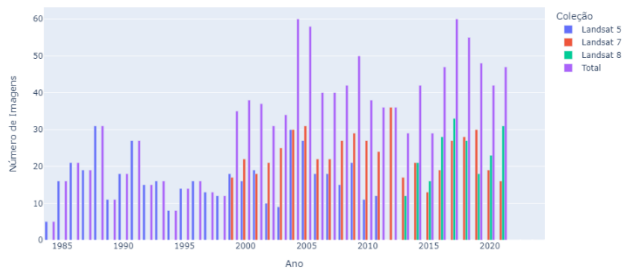


Figura 3: Recorrência de Áreas Inundadas com Sentinel-1
Fonte: Próprios autores (2024).



Os gráficos (Gráfico 1) que mostram o número de imagens analisadas por ano para Landsat e Sentinel-1 evidenciam a disponibilidade variável de dados ao longo do tempo. A série temporal mais extensa do Landsat desde o ano de 1984 oferece uma base de dados robusta para análises históricas, enquanto a série mais curta do Sentinel-1, desde 2014, ainda oferece dados valiosos para a detecção de áreas inundadas em condições meteorológicas adversas.

Número de Imagens Landsat Analisadas por Ano



Número de Imagens SAR Sentinel-1 Analisadas por Ano

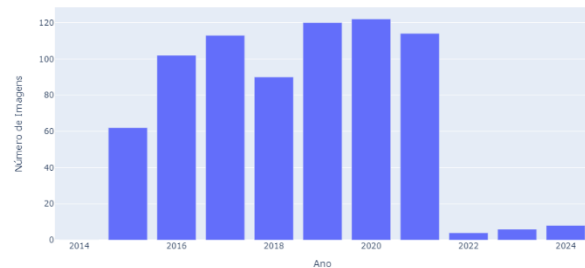


Gráfico 1: Landsat e Sentinel - disponibilidade variável de dados ao longo do tempo
Fonte: Próprios autores (2024).

Discussão

Vantagens do Uso de Landsat

- Extensa cobertura temporal desde o ano de 1984.
- Regularidade nas aquisições de imagens, permitindo análises históricas detalhadas.
- Resolução espacial de 30 metros, proporcionando um bom equilíbrio entre detalhamento e cobertura.

Limitações do Uso de Landsat

- Sensibilidade a condições meteorológicas, necessitando filtragem por cobertura de nuvens.

Vantagens do Uso de Sentinel-1

- Capacidade de aquisição de dados em qualquer condição meteorológica.
- Alta precisão na detecção de áreas inundadas recentes.
- Resolução espacial de 10 metros, oferecendo maior detalhamento espacial.

Limitações do Uso de Sentinel-1

- Cobertura temporal mais limitada, disponível apenas desde o ano de 2014.
- Menor disponibilidade de imagens em alguns períodos pode influenciar a detecção de áreas inundadas.

Comentários Finais

A combinação de dados Landsat e Sentinel-1 oferece uma análise abrangente das recorrências de áreas inundadas na região de Porto Alegre. O uso do MNDWI ajustado e a incorporação de dados SAR permite uma detecção precisa e detalhada de áreas inundadas, contribuindo significativamente para o planejamento e gestão de riscos.

Agradecimentos

Os Autores gostariam de agradecer à Universidade Estadual de Campinas pelo apoio recebido.

Referências Bibliográficas

Mehmood, H.; Conway, C.; Perera, D.; 2021. Mapping of Flood Areas Using Landsat with Google Earth Engine Cloud Platform. *ATMOSPHERE* 2021, 12, 866. <https://doi.org/10.3390/atmos12070866> Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/7/866> Acesso em: 23 jun. 2024.