

ESTIMATIVA DE ESPELHOS D'ÁGUA COM GOOGLE ENGINE PARA AUXILIAR NA VALIDAÇÃO DE SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA

MATHEUS SCHROEDER DOS SANTOS¹; FELIPE DE LUCIA LOBO²; DANIELLE
BRESSIANI³

¹Universidade Federal de Pelotas – matheus_schroederdossantos@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – felipe.lobo@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, na área de drenagem urbana, empenha-se no aumento da assertividade em tomadas de decisão por parte de gestores municipais, regionais e federais. E, para isso, tem-se utilizado do avanço tecnológico para aprimorar ferramentas de análise em eventos de extremos hidrológicos. Dentre essas ferramentas, destaca-se a utilização de modelos hidrológicos para simulação de cenários distintos, visando compreender as dinâmicas no balanço hídrico, com base em mudanças climáticas e antrópicas no meio ambiente, possibilitando análises quanti-qualitativas (Santos, 2018).

Porém, a fim de assegurar credibilidade à estas análises, necessita-se da validação e calibração dos modelos hidrológicos (Caldeira, 2018). Logo, é de extrema importância a implementação e manutenção de amplas redes de monitoramento, que apresentem informações de tipos e usos do solo, pluviosidade, vazão, nível d'água, demais parâmetros meteorológicos, etc.

No Brasil, temos apenas 4.663 estações geridas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) – 2.722 pluviométricas e 1.941 fluviométricas (ANA, 2017), distribuídas em 8.510.345,538 km² (BRASIL, 2021), que demonstram o baixo investimento em redes de monitoramento, se comparados ao extenso território nacional. Consequentemente, existem muitas regiões com escassez de dados consistentes, dificultando uma boa aplicação de simulação hidrológica. Desta forma existe uma necessidade de inovação e pesquisa, e cabe também aos pesquisadores identificar e desenvolver diferentes metodologias que possam suprir esta carência em suas análises, de acordo com as particularidades de cada estudo.

Sendo assim, o presente trabalho, buscou identificar e aplicar uma metodologia capaz de suprir a ausência de dados observados de vazão e cota, para a validação da simulação hidrológica, principalmente focada na identificação de eventos de máximos hidrológicos, e seus consequentes alagamentos e inundações em área urbana. Para isso, primeiramente foi realizada a simulação hidrológica com o *Soil & Water Assessment Tool +* (SWAT+) (Santos e Bressiani, 2020) de uma bacia hidrográfica urbana em Pelotas (RS), com histórico de problemas com alagamentos e inundações. Na sequência, foi realizado o índice normalizado de água no solo (NDWI), através de processamento de imagens de sensoriamento remoto no *Google Engine*. Por fim foi feita uma comparação entre as vazões anuais simuladas no SWAT+ com as estimativas de NDWI anuais, a fim de avaliar o uso desse artifício em áreas deficitárias de dados hidrológicos.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Arroio Pepino (BHAP), localizada na cidade de Pelotas – RS (Figura 1), que contempla 18,26 km² de área

de drenagem em perímetro urbano, incluindo áreas de comércio, residenciais e históricas do município. A BHAP sofre, historicamente, com riscos de eventos de máximos hidrológicos, tornando-se essencial a realização de estudos e o aprimoramento de redes de monitoramento, a fim de aumentar a assertividade de decisões quanto a drenagem urbana, visando minimizar ou evitar problemas de saúde e financeiros à sociedade decorrentes desses eventos (Hansmann, 2013).

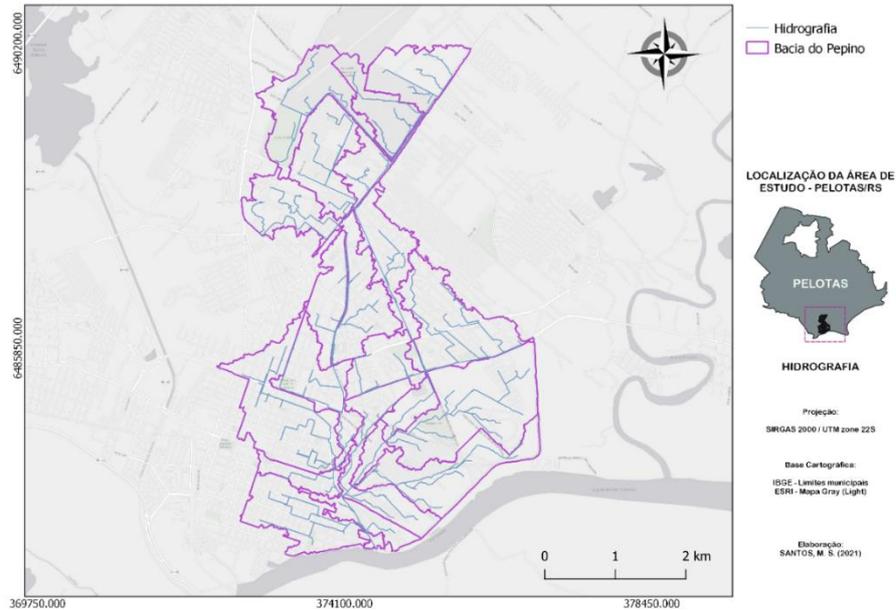


Figura 1. Bacia Hidrográfica do Arroio Pepino, subbacias e hidrografia delimitadas.

A alta incidência de eventos de extremos hidrológicos, associada a incapacidade do sistema de drenagem em suprir tal demanda hidrológica, acaba por resultar na geração de escoamento superficial; alagamentos e inundações (espelhos d'água). Desta forma estabelecemos nesse trabalho uma relação entre os espelhos d'água, e a vazão simulada no SWAT+. Primeiramente foi realizada a delimitação da BHAP e *set-up* do modelo SWAT+ (Santos e Bressiani, 2020).

Posteriormente foi realizada a quantificação dos espelhos d'água. Para tal foi elaborado o código de programação em *JavaScript* (Figura 3), onde utilizou-se imagens de satélite oriundas do Landsat 7 – período de 2000 a 2012, e Landsat 8 – período de 2013 a 2020, com 30m de resolução e período de revisita de 16 dias. Onde, a partir do upload da delimitação da BHAP no SWAT+ e a seleção das imagens a serem utilizadas, foi elaborada a função “function_one” para quantificar as áreas de espelho d'água, aplicando o índice NDWI, desenvolvido por McFeeters (1996), o qual suprime pixels identificados como solo e vegetação, e maximiza a reflectância da água, possibilitando a quantificação da área de espelhos d'água nas imagens analisadas (McFeeters, 1996; Xu, 2006). Além disso, na variável “with_ndwbi”, foram filtradas as imagens de acordo com o percentual permitido de pixels com nuvens (menores que 5% e menores 10%), a fim de minimizar possíveis erros na aplicação do índice NDWI.

A partir do código foi possível calcular as áreas de espelhos d'água. Estas foram comparadas com resultados oriundos de simulações hidrológicas previamente realizadas na BHAP. Logo, foi selecionado um ponto de observação, na BHAP, que permitisse a análise da série histórica de vazão total anual, entre os anos de 2000 e 2019, e esta comparação foi plotada através do software Power BI,

buscando maior compreensão e melhor representação das verificações realizadas nas variações entre picos de vazão e espelhos d'água.

```

1 var sb =
2   /* color: #d63000 */
3   /* propriedades de exibição: [
4     {
5       "tipo": "retângulo"
6     }
7   ] */
8   ee.Geometry.Polygon (
9     [[[ -52.3994868533244 , -31.697187845669486 ] ,
10      [ -52.3994868533244 , -31.736468544275983 ] ,
11      [ -52.35004837676994 , -31.736468544275983 ] ,
12      [ -52.35004837676994 , -31.697187845669486 ] ] ] , null , false ) ,
13   bacia_pepino = ee.FeatureCollection ( "users / matheuschroederdossantos / pepinosubbasins" ) ,
14   img = ee.ImageCollection ( "LANDSAT / L1COG / COG / T1_RT" ) ;
15   var function_one = function ( image ) {
16     var ndwb1 = ( image . normalizedDifference ( [ 'B3' , 'B5' ] ) . gt ( 0 ) ) . multiplique ( ee.Image.pixelArea ( ) . divide ( 1000000 ) ) . rename ( 'NDWB1' ) ;
17     return image . addBands ( ndwb1 ) ;
18   } ;
19
20   var with_ndwb1 = img . filterDate ( '2018-01-01' , '2019-01-01' ) . filterBounds ( bacia_pepino )
21     . map ( function_one ) . filterMetadata ( 'CLOUD_COVER' , 'less_than' , 5 ) . aparte ( imprimir ) ;
22
23   var waterTimeSeries = uf.Chart.image.seriesByRegion (
24     with_ndwb1 , bacia_pepino , ee.Reducer.sum ( ) , 'NDWB1' , 30 , 'system:time_start' , 'label' )
25     . setChartType ( 'ScatterChart' )
26     . setOptions ( {
27       título : 'Espelho de água na Bacia do Arroio Pepino' ,
28       vaxis : ( title : 'Área (km²)' ) ,
29       lineWidth : 1 ,
30       pointSize : 2 ,
31       série : {
32         sb : { color : '0000FF' } , // Área
33       } ;
34     } ) ;
35   // Exibição.
36   imprimir ( waterTimeSeries ) ;

```

Figura 3. Código executado no Google Engine para o Landsat 8 em 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a aplicação da metodologia supracitada, obtiveram-se os dados expostos na Figura 4, relacionando a área de espelhos d'água (com até 5 e 10% de cobertura de nuvens) com a vazão média anual em cada ano, verificou-se comportamentos e dinâmicas similares entre os anos de 2000 a 2003 e 2006 a 2012. Sendo que entre os anos de 2013 e 2018 não foram caracterizados valores de espelhos d'água significativos e em 2019 e 2020 houve uma superestimativa.

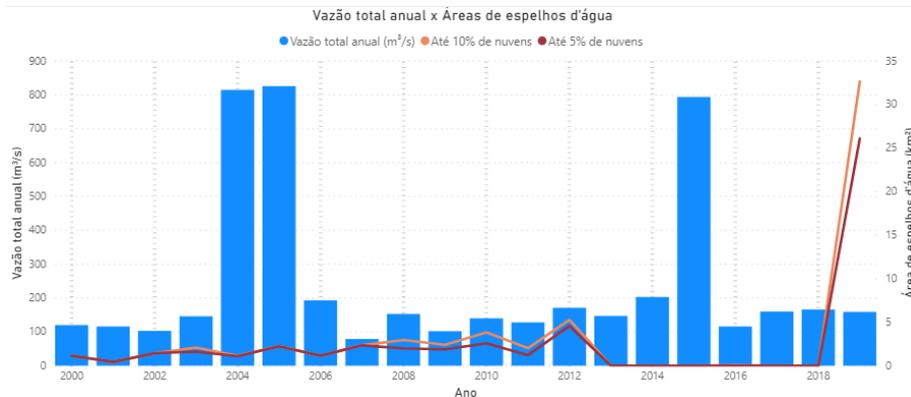


Figura 4. Vazão média anual (m³/s) x Áreas de espelhos d'água (km²).

Por outro lado, não se verificou similaridade na variação de magnitude entre os períodos analisados, além disso, em alguns períodos, apresentou-se discrepância entre os anos com vazões altas e as áreas de espelhos d'água, o que em parte, pode ser explicada pelo tempo de revisita dos satélites utilizados, pois em 16 dias perde-se o registro de diversos eventos de precipitação, visto que não é possível programar a captura de imagens conforme previsões meteorológicas, assim como parece haver uma diferença significativa no período das imagens do Landsat 8 (2013 a 2020).

Outro problema identificado foi a limitação do NDWI quanto a presença de nuvens, visto que, diferentes comportamentos na superfície (sombras, nuvens, materiais dissolvidos, etc) aumentam a probabilidade de erros, isto é, a caracterização de falsos positivos em áreas de espelhos d'água (Bochow et. al, 2012). E é comum que quando haja ocorrência de alagamentos e inundações tenhamos ocorrência de nuvens.

Cabe salientar que para este estudo, partiu-se da análise de vazões médias anuais, que não permitem diagnósticos pontuais em eventos extremos, porém, futuramente, serão realizados estudos mais aprofundados, com maior nível de detalhamento e variação espaço temporal. Além disso, visando seguir com a utilização de imagens de sensoriamento remoto e índices normalizados, para quantificação de espelhos d'água, pode-se optar por voos de veículos aéreos não tripulados (VANT's) programados para compreender e validar eventos de extremos hidrológicos. Sendo possível a caracterização efetiva destes alagamentos e inundações, em alta resolução e sem a obstrução de nuvens.

4. CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível identificar que a utilização de imagens de sensoriamento remoto é uma alternativa viável para auxiliar na validação de simulações hidrológicas, principalmente quando não possuímos dados observados de estações hidrológicas. Porém, as capturas de imagens via satélite dependem da órbita e revisita do satélite e não necessariamente haverão imagens disponíveis nos dias de extremos, para tal, deve-se optar, se possível, por imagens oriundas de voos com VANT's. Há incertezas no índice utilizado, assim como as inerentes à modelagem hidrológica. Sendo interessante a aplicação e teste de outros índices capazes de caracterizar espelhos d'água, que utilizem outros cálculos e bandas espectrais, assim como realizar avaliações dos resultados com diferentes resoluções espaço temporais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MCFEETERS, S.K., 1996, The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**, 17, pp.1425–1432
- Hanqiu Xu (2006): Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery, **International Journal of Remote Sensing**, 27:14, 3025-3033
- HANSMANN, H. Z. **Descrição e caracterização das principais enchentes e alagamentos de Pelotas-RS**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS, 2013.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Quantidade e Qualidade da Água**. Acessado em: 01/08/2021. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/quantidade_qualidade.01fc0121.pdf>
- BRASIL. Portaria n° 47, de 01 de março de 2021.2021.
- SANTOS, J. T. S. et al. **O Modelo SWAT como Ferramenta para a Gestão de Recursos Hídricos: Um exemplo aplicado no rio Apeú, Castanhal/PA**. 2018.
- CALDEIRA, T. L.; OLIVEIRA, V. A.; STEINMETZ, A. A.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S. Modelagem hidrológica determinística chuva-vazão em bacias hidrográficas: uma abordagem introdutória. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 5, p. 22, 2018.
- SANTOS, M. S.; BRESSIANI, D. A. **Elaboração de base de dados para simulação hidrológica em bacia hidrográfica urbana**. Anais eletrônicos 6ª Semana Integrada UFPEL (SIIPE), 2020. Disponível em: https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2020/EN_03443.pdf. Acesso em: 05/08/2021.