

Mapeamento da variação hídrica do Canal de São Gonçalo através do Índice de Diferença Normalizada da Água empregando imagens do satélite Sentinel-2

Camila Sena
Instituto de Matemática, Estatística e Física
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande-RS, Brasil
Email: camila19sena@gmail.com

Dinalva A. Sales
Instituto de Matemática, Estatística e Física
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande-RS, Brasil
Email: dinalvaires@gmail.com

Juliana Flores
Centro de Ciências Computacionais
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande-RS, Brasil
Email: floresjuliana@live.com

Jean M. A. Espinoza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Caçador-SC, Brasil
Email: jean.espinoza@ifsc.edu.br

Deivid C. Leal-Alves
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Jardim-MS, Brasil
Email: dclealalves@gmail.com

Paulo V. A. B. Lisboa
Instituto de Matemática, Estatística e Física
Universidade Federal do Rio Grande
Rio Grande-RS, Brasil
Email: paulovictor.oceano@gmail.com

Resumo— Os dados provenientes de sensoriamento remoto, representam fontes alternativas e muitas vezes mais acessíveis para coletas de dados. Considerando então este fator, a procura por técnicas de sensoriamento remoto no auxílio de estudos hídricos tornou-se maior e a partir desta demanda, que o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI), fora desenvolvido para realçar e delinear automaticamente corpos d'água a partir de imagens de satélite. Neste trabalho, foi modelado dados do satélite Sentinel-2 para analisar o NDWI aplicado para a delimitação da área de inundação em dois períodos do estado da planície do canal São Gonçalo, produziu resultados abrangentes e demonstrativos do impacto causado pelos diferentes períodos. A partir modelagem do NDWI de períodos de seca e cheia do canal São Gonçalo, foi obtido perspectivas dos impactos causados por períodos de altos níveis de chuvas de 48.069 hectares dia 15/10/2018 a períodos de escassez de 18.195 hectares dia 07/04/2020, assim como a área total da planície de 137.294 hectares, nos dois períodos observados.

Palavras-chaves— *Sensoriamento remoto, NDWI, canal São Gonçalo*

I. INTRODUÇÃO

Um dos vários objetivos do sensoriamento remoto consiste em mapear a variabilidade espacial de alguns parâmetros na qualidade da água, assim como determinar a concentração desta mesma variabilidade espacial. Estes parâmetros são úteis para determinar as condições biofísicas e o estado trófico de sistemas aquáticos. Imagens orbitais são utilizadas corriqueiramente, com base em seus valores de reflectância da água, para mapear e delimitar corpos d'água. A utilização de imagens orbitais permite realizações de estudos com alto grau de complexidade e com baixos custos operacionais [5].

Dentre as técnicas de processamento de sensoriamento remoto, temos o método desenvolvido por McFeeters (1996), o Índice de Diferença Normalizada da Água (*Normalized Difference Water Index* - NDWI), destaca-se pelo intuito de delinear feições presentes no ambiente aquático, realçando a presença das mesmas nas imagens [5], calculado usando as respostas espectrais do canal infravermelho próximo e da luz verde [9].

As bandas que o compõem o NDWI, são altamente correlacionados com o conteúdo da água do dossel vegetal e

do solo, conseguindo acompanhar melhor as mudanças da biomassa e o estresses de umidade das plantas, do que o Índice da Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI) por exemplo [1]. NDVI é um indicador sensível a vegetação, calculado através da reflectância do infravermelho próximo e do visível. [15].

O NDWI é um método de variação do NDVI, é bastante conhecido por suas aplicações em geoprocessamento e estudos hídricos [2], principalmente utilizando as imagens da série de satélites LANDSAT e mais recentemente, dos satélites Sentinel-2. NDWI também está entre os índices radiométricos mais aplicados em estudos ambientais [3].

Com as técnicas de sensoriamento remoto disponíveis, é possível analisar os aspectos da área de inundação do canal São Gonçalo, ao qual refere-se ao objetivo deste trabalho que é comparar dois períodos, seca e cheia, dos meses de outubro de 2018 e abril de 2020 e demonstrar a diferença em relação a ambos os períodos, marcados por um aumento acima da média do esperado de chuvas, para um período abaixo da média de chuvas.

I.I. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é a planície de inundação do canal São Gonçalo, localizada entre os municípios de Arroio Grande, Capão do Leão, Pelotas e Rio Grande, no estado do Rio Grande do Sul, apresentando uma extensão de 70 km, aproximadamente 250 m de largura e 5 m de profundidade. O canal realiza a ligação hidrográfica entre a Lagoa Mirim e a Lagoa dos Patos, compondo o sistema lagunar Patos-Mirim. As águas do canal apresentam sentido bimodal, pois seu fluxo depende do regime de cheia-vazante entre as águas da Lagoa Mirim e da Lagoa dos Patos [4], o que gera uma variação no nível da água do canal, determinando assim o sentido no qual o fluxo irá percorrer.



Fig. 1. Mapa de localização da área de estudo – Fonte: Autores

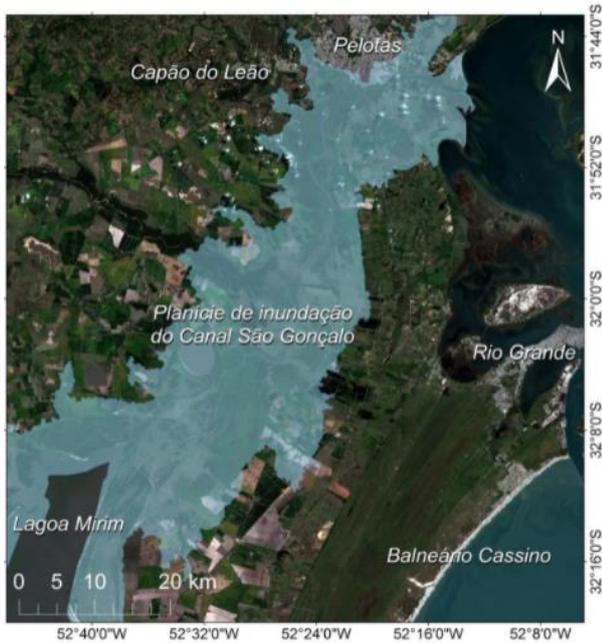


Fig. 2. Planície de inundação do Canal São Gonçalo – Fonte: Autores.

Referente ao mapeamento da área de estudo, foi utilizado um conjunto de imagens obtidas pelos sensores a bordo da série de satélites Sentinel-2 (A e B), em dois períodos, primeiro período no ano de 2018, ao qual a situação da planície estava em regime de cheia e um segundo período no ano de 2020, onde a planície estava em regime de seca.



Fig. 3. Canal São Gonçalo - Fonte: OngCea, 2011

II. METODOLOGIA

A metodologia utilizada constitui-se na aplicação do NDWI, em imagens coletadas pelos sensores do satélite Sentinel-2, ao qual é um satélite direcionado ao monitoramento da vegetação, solos e áreas costeiras, dotado com sensor óptico de alta resolução espacial [6]. As imagens foram obtidas através do repositório de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* - USGS)¹, nas datas de 15 de outubro de 2018 e 07 de abril de 2020, figura 4 e 5.

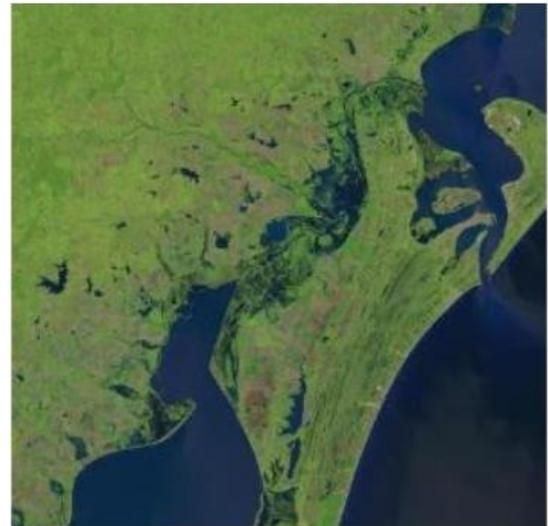


Fig. 4. Imagem bruta, 15 de outubro de 2018.



Fig. 5 Imagem bruta, 07 de abril de 2020.

Foram realizadas coletas de imagens de dois períodos, cheia e seca, correspondentes a 15 de outubro e 07 de abril respectivamente, observados na figura 4 (A e B). A partir da coleta das imagens no USGS, realizou-se o processamento de cada imagem separado.

Primeira parte do processo consiste na realização combinação cor natural de cada imagem, que significa exibir imagens da mesma forma que nossos olhos veem, demonstrado na figura 6 e 7.

A vegetação saudável é representada em verde, características urbanas geralmente em cinza e branco, e

¹ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

finalmente em tom azul, representando a água, variando o tom dependendo de quão limpa ela é [7]. Essas operações foram realizadas utilizando-se o *plugin Semi-Automatic Classification do software QGIS*.



Fig. 6. Combinação cor natural, 15/10/2018.



Fig. 7. Combinação cor natural, 07/04/2018.

Calculou-se a partir do pacote de imagens disponibilizado pelo USGS, o NDWI que permite ressaltar feições de água e minimizar o restante dos alvos [8]. Para cálculo do NDWI consiste na utilização da calculadora raster do software QGIS, seguindo a partir da equação (1), obtemos os resultados da combinação NDWI e cor natural, demonstrado nas figuras 8 e 9.

A composição base do NDWI, dá-se pela utilização das bandas verde e infravermelho, que correspondem às bandas B3 e B8 respectivamente no satélite Sentinel-2. Tendo como finalidade, realçar e delinear automaticamente as águas abertas ou a detecção dos limites de ambientes úmidos através da operação de bandas multiespectrais.

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{pvd} - \text{pivp})}{(\text{pvd} + \text{pivp})} \quad (1)$$

Onde: pvd é a reflectância na faixa da luz verde e pivp é a reflectância na faixa do infravermelho próximo [9].

A partir da equação (1), o valor do resultado dela gera uma nova imagem, cujo valor dos pixels varia de -1 a 1, sendo 0 o limiar entre os alvos que são água e o que não são água.

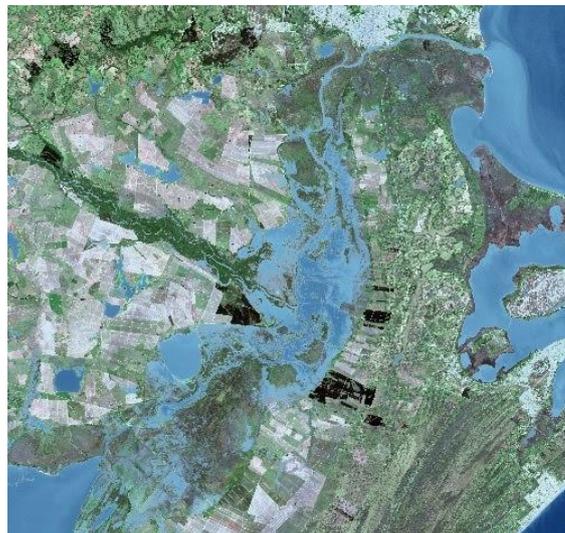


Fig. 8. Período de cheia, 15 de out de 2018.

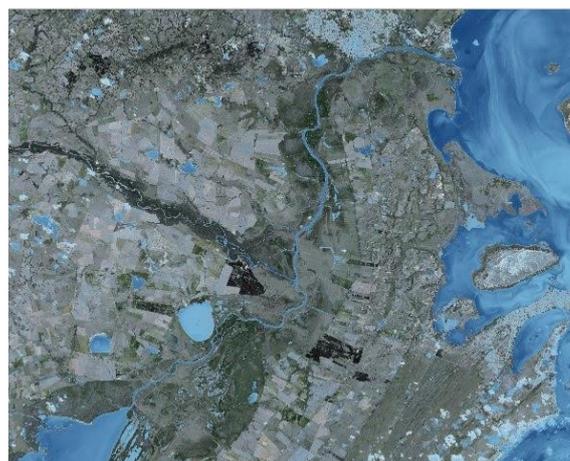


Fig. 9. Período de seca, 07 de abril de 2020.

A partir do NDWI obtido, realizou-se o processamento de conversão de raster para vetor (*shapefile*), que é um formato de armazenamento de dados de vetor, para armazenar a posição, forma e atributos de feições geográficas [14], de ambas as datas solicitadas com foque na região do canal São Gonçalo, como visto na figura 10. Após o processamento, realizou-se o cálculo da área da planície de ambas as datas respectivamente, obtendo então o resultado de áreas inundadas de cada período. Tem-se então que a metodologia aplicada neste trabalho, podendo ser observada de acordo com o fluxograma que está disposto na figura 11.

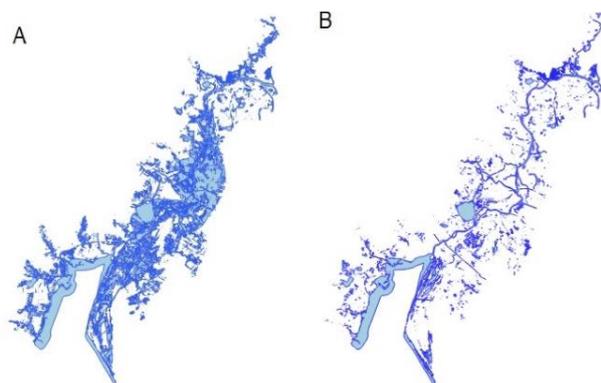


Fig. 10. Shapefile de A) NDWI de 15 de out e B) NDWI de 7 de abril

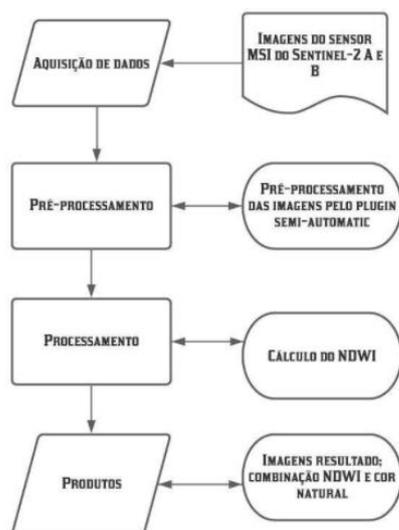


Fig. 11. Fluxograma metodológico

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas figuras 8 e 9, observamos o contraste citado anteriormente entre os dois períodos, seca e cheia. A partir da combinação do NDWI com a imagem de cor natural torna-se visível, que durante o período de cheia a uma proporção maior de áreas inundadas nas margens do canal São Gonçalo, com o aumento das chuvas diferindo do período de seca, com as áreas da planície de inundação do canal demonstrando o resultado da escassez de chuvas, com uma maior proporção de terras emersas.

Em julho de 2018, ocorreu o anúncio que o acúmulo de chuvas no Rio Grande do Sul, havia passado de 60% a média total projetada para o referido mês. Isto é, anunciado pela Defesa Civil de Pelotas, 200 milímetros de chuva nos primeiros 18 dias do mês, acima da média anunciada de 125 milímetros [10]. Em setembro do mesmo ano, ocorreram chuvas e fortes rajadas de ventos por todo o estado, causando fortes estragos e inundações nas regiões de Pelotas e Rio Grande [10][11].

Como observado na figura 8, o aumento das chuvas decorrentes do ano, ocasionou num aumento do nível da água da Lagoa Mirim e da Lagoa dos Patos, proporcionando um aumento significativo nas áreas de inundação nas margens do canal São Gonçalo. Tonalizando para aquele ano, a área da planície do canal, em torno de 18.195 hectares para o período de cheia.

Diferindo de 2018, que foi um ano de cheias, 2020 caracterizou-se por um período de déficit na planície São Gonçalo. Em abril tivemos um registro de 64,2 milímetros de chuvas, dados fornecidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas da Universidade Federal de Pelotas (Cpmet/UFPel). Porém, apesar do registro fornecido pelo Cpmet, 2020 caracterizou-se por um ano de longos períodos de secas no RS [12][13].

Na figura 9, observamos com mais clareza os impactos causados pela estiagem mais grave vivida pela região sul, que atingiu o nível histórico de -4,4 metros para a barragem de Pelotas em junho, impactos estes que também atingiram a lagoa e a laguna, ao qual o canal é responsável pela ligação de ambas [13]. Para o período de seca, obtivemos o resultado de 48.069 hectares para a área da planície.

Considerando-se então a importância do NDWI para análise e coleta de dados de períodos seca e cheia do canal, obtendo-se perspectivas dos impactos causados por períodos de altos níveis de chuvas a períodos de escassez, assim como a área total da planície de 137.294 hectares, nos dois períodos observados. Apesar das dificuldades apresentadas na delimitação da planície de inundação, de detector seus limites, observou-se a importância do sensoriamento remoto e das aplicações envolvendo o NDWI, pesquisas vêm sendo realizadas com o intuito de uma maior análise sobre índices de vegetação e do monitoramento de recursos hídricos, como o NDWI para benefício tanto da comunidade científica como para a população em geral.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos através da modelagem NDWI demonstraram a acentuada variação hídrica no canal São Gonçalo ao longo de 2 anos, períodos estes com diferentes condições na relação precipitação-volume ao longo da planície de inundação. Nesse sentido, os resultados apontam para eventuais impactos negativos causados pela variabilidade hídrica do canal nos municípios que margeiam seu leito, seja através dos períodos de maior volume de precipitação, onde a maior parte da planície é inundada, ou de déficit hídrico, com a redução drástica das águas e a plena delimitação de seu leito menor.

O trabalho nos mostra que a aplicação de tecnologias de sensoriamento remoto constituem uma importante ferramenta de análise para o monitoramento hidrológico. Como para detecção das terras agrícolas inundadas, alocação de inundação no campo, detecção de terra cultivada irrigadas, identificação de áreas suscetíveis ou mesmo atingidas por cheias; levantamentos geomorfológicos, detecção de sistemas de maior retenção hídrica. Porém, ressalta-se que uma das limitações do NDWI é a ineficiência em suprimir o ruído de terra acumulada, vegetação e do solo proveniente das características das áreas construídas [15].

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte fornecido pelas entidades Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

REFERÊNCIAS

- [1] JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. 2ª Edição. Parêntese Editora, 2011.

- [2] ALMEIDA, Fabiano C.; FERREIRA, Daniel A.C. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicado a Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/98>>. Acesso em: Abril de 2021.
- [3] BARBOSA, Claudio C.F.; NOVO, Evelyn M.L.M.; MARTINS, Vitor S. Introdução ao Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos: Princípios e Aplicações. 1ª Edição. São José dos Campos: INEP, 2019.
- [4] Canal São Gonçalo, Praia do Laranjal. Pelotas, Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://www.praiadolaranjal.tur.br/canal-saogoncalo/>>. Acesso em: 15 maio. 2021.
- [5] BORGES, Raphael; CAMARGO, Flavio; CAMAPAGNOLI, Fernando; BAYER, Maximiliano. Aplicação do índice da diferença normalizada da água (NDWI) na delimitação de fluxos de sedimentos em suspensão no Rio Araguaia: avaliação das imagens Landsat 8 para o monitoramento hidroviário. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE, João Pessoa, Paraíba. 25 á 29 de abril de 2015.
- [6] SENTINEL - Portal Embrapa. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/sentinel>>. Acesso em: maio. 2021.
- [7] GSGEOGRAPHY. Sentinel 2 Bands and Combinations - GIS Geography. Disponível em: <[https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/#:~:text=Sentinel%2D2%20carries%20the%20Multispectral,have%20a%2010%20meter%20resolution.&text=Finally%2C%20its%20coastal%20aerosol%20\(B1,a%2060%20meter%20pixel%20size.>](https://gisgeography.com/sentinel-2-bands-combinations/#:~:text=Sentinel%2D2%20carries%20the%20Multispectral,have%20a%2010%20meter%20resolution.&text=Finally%2C%20its%20coastal%20aerosol%20(B1,a%2060%20meter%20pixel%20size.>)>. Acesso em: maio. 2021.
- [8] BRENEER, Viviane C.; GUASSELLI, Laurindo A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE, João Pessoa, Paraíba. 25 a 29 de abril de 2015.
- [9] PERREIRA, Luciana; AMORIM, Gustavo; GRIGIO, Alfredo; PARANHOS, Antonio. Análise Comparativa entre Métodos de Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) em Área Úmida Continental. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ, Vol. 41. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo>>. Acesso em: maio. 2021.
- [10] MAGALHÃES, Tânia. Acumulado de chuva ultrapassa em 60% a média do mês, 2018. Disponível em: <<https://www.pelotas.com.br/noticia/acumulado-de-chuva-ultrapassa-em-60-a-media-do-mes>>. Acesso em: maio. 2021.
- [11] Chuva e fortes rajadas de vento atingem o Rio Grande do Sul. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2018/09/29/chuva-e-fortes-rajadas-de-vento-atingem-o-rio-grande-do-sul.ghtml>>. Acesso em: maio. 2021.
- [12] Pelotas registra 64 milímetros de chuva. 2020. Disponível em: <<https://www.diariopopular.com.br/geral/pelotas-registra-64-milimetros-de-chuva-150092/>>. Acesso em: maio. 2021.
- [13] ASSEMAE - Barragem de Pelotas recupera nível de água. 2021. Disponível em: <<http://www.assemae.org.br/noticias/item/6086-barragem-de-pelotas-recupera-nivel-de-agua>>. Acesso em: maio. 2021.
- [14] Shapefiles, Portal for ArcGIS. Disponível em: <<https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>>. Acesso em: maio. 2021.
- [15] GONZAGA, Elba P.; SANTOS, Valter V.; NICÁCIO, Rosilene M.; Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. INPE, Curitiba, Paraná. 30 abril a 05 de maio de 2011.