

Eixo: Gestão de bacia hidrográfica para melhoria da qualidade da água.

USO DA FERRAMENTA NDWI PARA MODELO DE ANÁLISE DE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

Luiz Henrique Cardia

Engenheiro Ambiental e Engenheiro de Segurança do Trabalho, LH Cardia Engenharia Ltda EPP, Rua Conceição 233, 9º Andar, Sala 16, Campinas - SP, luizhenrique.cardia@gmail.com.

André Luis Sotero Salustiano Martim

Professor Doutor, FECFAU Unicamp, R. Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-889, sotero@fec.unicamp.br.

Laura Maria Canno Ferreira Fais

Professora Doutora, FT Unicamp, R. Paschoal Marmo, 1888 - Jardim Nova Itália, Limeira - SP, 13484-332, laura@ft.unicamp.br

ABSTRACT

Environmental problems related to water resources and soil degradation are increasingly frequent, resulting in changes in the hydrological cycle and in the fluvial characteristics of hydrographic basins. The presence of small dams along the hydrographic network can contribute to the guarantee of ecological flow, even in periods of drought. However, the identification and location of these structures is difficult, as they often do not have the proper authorization. Thus, this work aims to evaluate the availability of water in the Pirai River Basin, using the Normalized Difference Water Index (NDWI) tool, based on satellite images. The Ribeirão Pirai sub-basin is located in the region of the Piracicaba-Capivari-Jundiá River Basin (PCJ), and has accelerated urban growth, which together with the increase in other human activities in recent decades, contributes to a significant change in several natural cycles. From the results, it is observed that the tool proved to be adequate to perform the temporal analysis of the formation of water mirrors (through the sequential analysis of successive satellite images) to understand the regional dynamics, as well as the general water availability of the basin.

KEY-WORDS: NDWI (Normalized Difference Water Index), Pirai River Basin, Small Dams

1. INTRODUÇÃO

A região do PCJ no estado de São Paulo apresenta acelerado crescimento urbano, que em conjunto com o aumento acelerado das demais atividades humanas nas últimas décadas, implica em alteração significativa de diversos ciclos naturais. Assim, os problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos e à degradação do solo são cada vez mais frequentes, resultando em alterações no ciclo hidrológico local e das características fluviais (DISCROLL et al., 2010; STEFFEN et al., 2015).

Neste sentido, abordagens em bacias hidrográficas, consideradas como a unidade de análise e planejamento, vêm sendo empregadas cada vez mais para a avaliação dos processos hidrológicos levando em consideração não só as variáveis biofísicas, como também as variáveis sociais e econômicas, possibilitando uma avaliação em escalas temporais e espaciais apropriadas, uma vez que dentro da bacia acontece uma interação dinâmica do meio físico, biótico e antrópico. (TUNDISI, 2008; TUNDISI E MATSUMURA, 2011; BACK, 2014).

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a evolução da reserva de água da Bacia do Rio Pirai, utilizando a ferramenta do NDWI, com base em imagens de satélite.

2. METODOLOGIA

Os modelos podem ser classificados conforme os processos físicos (que desejamos simular), conforme o conjunto de equações (algoritmo) que selecionamos para descrever os processos, e conforme os dados requeridos, e podem ser "de base física", "conceituais" e "empíricos". (Merritt et al., 2003; Poletto, 2019). Independente da classificação, os modelos de previsão devem ser capazes de promover simulações do meio, contemplando características, hidráulicas e hidrológicas, com objetivo de produzir resultados que permitam conclusões a respeito de hipóteses testadas. O modelo apresentado neste trabalho utiliza o processamento de imagens de satélite com conceito de NDWI para acrescentar informações quantitativas relacionadas ao uso e ocupação do solo e quantidade de água armazenada, com objetivo de modelar de forma físico-conceitual a bacia estudada.

2.1. CONCEITO DO NDVI E APLICAÇÕES

O NDWI (*Normalized Difference Water Index*) ou Índice de Água de Diferença Normalizada é um índice calculado através da combinação das bandas do Infravermelho Próximo e do Verde. De acordo com Brenner (2015), a partir do NDWI é possível ressaltar as feições de água e minimizar as outras respostas, como vegetação densa ou esparsa e solo exposto, por exemplo. As imagens foram feitas usando o Software QGis 3.22.6 sobre as imagens do CBERS 4A do dia 22 de julho de 2022, mais especificamente as imagens da câmera WPM, cujas especificações estão na Tabela 1.

Tabela 1. Sumário das características das Câmeras do CBERS 04A (Adaptado de INPE)

Característica	WPM
Bandas Espectrais para NDWI	0,52-0,59 μ m (G) 0,77-0,89 μ m (NIR)
Resolução Espacial	8 m
Largura da Faixa Imageada	92 km
Revisita	31 dias
Quantização	10 bits

Fonte: elaborado pelo autor

Definidas as frequências de radiação a serem observadas, define-se o NDWI conforme Equação 1.

$$NDWI = \frac{(\rho_{Verde} - \rho_{IVP})}{(\rho_{Verde} + \rho_{IVP})} \quad (1)$$

sendo:

ρ_{Verde} = o intervalo entre 0,52-0,59 μ m (G)

ρ_{IVP} = o intervalo entre 0,77-0,89 μ m (NIR)

Usando a Equação 1, foi gerado um arquivo raster, onde os pixels variam entre 1 e -1. Sobre essa variação foram determinadas faixas de interesse, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação das Faixas de NDWI

Cobertura	Faixa
-1,00 a -0,40	Vegetação densa
-0,40 a -0,13	Vegetação esparsa
-0,13 a 0,13	Solo exposto
0,13 a 1,00	Corpos hídricos

Fonte: elaborado pelo autor

Em seguida, a camada raster foi vetorizada e, a seguir, contados cada um dos potenciais corpos hídricos, conforme se observa na Figura 1.

Depois de contabilizados, foi feito um mapa de calor kernel, considerando a área de influência de cada corpo hídrico com 1500m de raio.

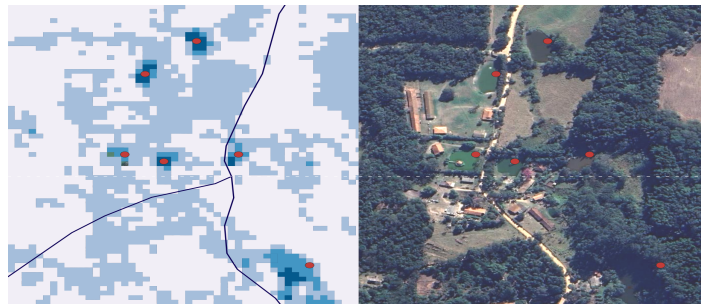


Figura 1. Imagem gerada pelo NDWI (esq) e imagem do Google Earth confirmando a existência de espelho d'água na posição.

Fonte: elaborado pelo autor

2.2. BACIA DO RIBEIRÃO PIRAI

A bacia hidrográfica do Ribeirão Pirai ocupa uma área de 209 km², entre os municípios de Cabreúva, Itu, Indaiatuba e Salto. Se encontra dentro da unidade de gerenciamento de Recursos Hídricos N^o5 do estado de São Paulo, conformada pelas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), sendo o Ribeirão Pirai um afluente do Rio Jundiaí na margem direita.

Segundo Bermúdez et. al (2022), a bacia hidrográfica tem seu rio principal com 42.200m de extensão, e densidade de drenagem de 1,36 (km/km²). A localização e

distribuição da área de drenagem da bacia nos municípios estão apresentados na Figura 2.

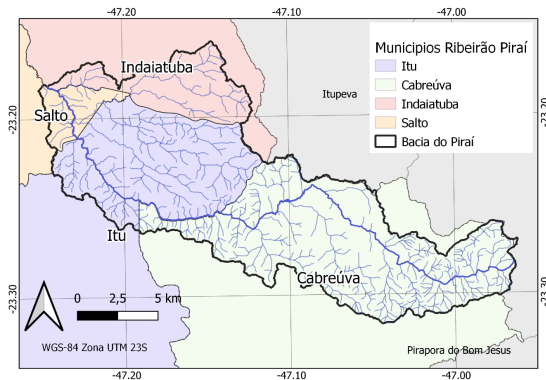


Figura 2. Delimitação do Ribeirão Pirai
Fonte: elaborado pelo autor

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resultado obtido através da vetorização do NDWI, foram localizados 42 espelhos d'água, potencialmente formados por pequenas barragens ao longo da rede hidrográfica do rio Pirai, conforme mostram-se na Figuras 3.

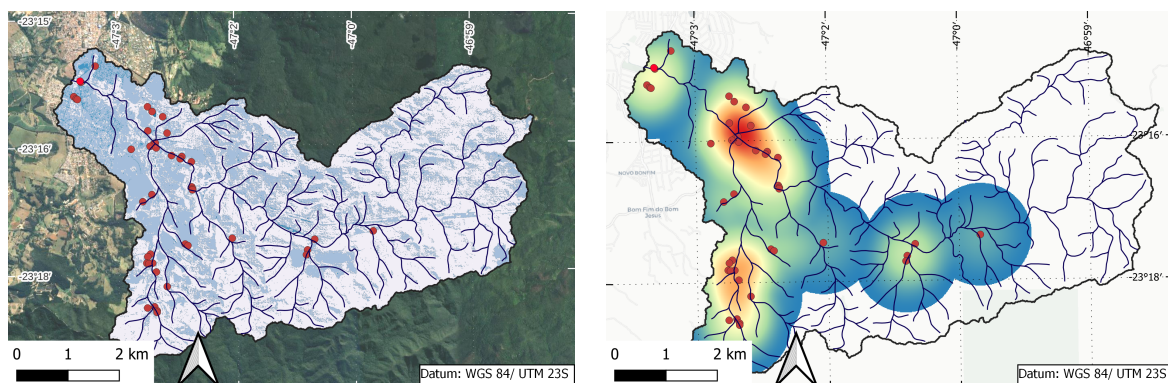


Figura 3. NDWI e identificação dos espelhos d'água, mancha de calor kernel.
Fonte: elaborado pelo autor

Observa-se que a maioria dos espelhos encontram-se margeando ou dentro da rede hidrográfica, evidenciando que a água armazenada é proveniente das nascentes que alimentam o Ribeirão Pirai.

A partir da localização dos espelhos d'água e do mapa de calor apresentado na Figura 3 à direita, é possível observar que a maioria dos pontos de acumulação de água está próximo das áreas de maior concentração urbana e no entorno da Estrada do Pé do Morro, sendo identificados apenas quatro espelhos d'água na região montanhosa.

A elaboração de um inventário de espelhos d'água feito nestes moldes permite a identificação de pequenas barragens existentes e permite que o gestor de recursos hídricos monitore os reservatórios, com o intuito de garantir a vazão ecológica em períodos de estiagem, e, conseqüentemente, o abastecimento de água para a população mesmo nos períodos de estiagem.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O método utilizado pode, através de imagens e programas de acesso livre, possibilitar a gestão hídrica através do monitoramento espacial de espelhos d'água (tanto escavados quanto pequenas barragens) que pode ter o intuito de garantir o fornecimento de água regularizado em períodos de estiagem, bem como avaliar se os responsáveis pelos barramentos estão reservando mais água do que o permitido de forma a não disponibilizar a vazão ecológica quando necessário.

Com o uso da metodologia é possível também realizar a análise temporal da construção de espelhos d'água (através da análise sequencial de imagens satelitais sucessivas) para entender a dinâmica regional, bem como a disponibilidade hídrica geral da bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, Á. J. Bacias hidrográficas: Classificação e caracterização física. Florianópolis: EPAGRI, 2014. 162p.

BRENNER, V. C.; GUASSELLI, Laurindo Antônio. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS–Brasil. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, João Pessoa-PB, Brasil**, v. 25, 2015.

POLETO, C. Bacias Hidrográficas, Modelos e Ferramentas, GFM, Brasil, 2019, 216p.

MERRIT, W.S.,R.A. LETCHER, A.J. JAKEMAN, A review of erosion and sediment transport models, *Environmental Modelling & Software*, Volume 18, Issues 8–9, 2003, Pages 761-799, ISSN 1364-8152, [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00078-1](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00078-1).

MURILLO-BERMUDEZ, L. F., SALUSTIANO MARTIM, A.L.S., SILVA de ABREU, A.E., FAIS, L.M.C.F., DALFRE FILHO, J.G., *Ci. e Nat.*, Santa Maria, v. 44, Ed. Esp. VI SSS, e24, 2022 DOI: 10.5902/2179460X68805, ISSN 2179-460X

5. CÂMERAS IMAGEADORAS CBERS 04A. <http://www.cbears.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em 04 de outubro de 2022.

STEFFEN, W. *et al.* The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. **The Anthropocene Review**. v. 2, n. 1, p. 81-98, 2015. DOI:10.1177/2053019614564785. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2053019614564785>. Acesso em: 30 jul. 2021.

DRISCOLL M, CLINTON S, JEFFERSON A, MANDA A, MCMILLAN S. Urbanization Effects on Watershed Hydrology and In-Stream Processes in the Southern United States. *Water*. 2(3):605-648, 2010. DOI: 10.3390/w2030605.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, (70), 24-35, 2006. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i70p24-35>.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI T. Recursos Hídricos no Século 21. Oficina de textos. 328 pp. 2011.