

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

GEOTECNOLOGIA APLICADA NO MONITORAMENTO DO RESERVATÓRIO BARRA DO JUÁ

Kleber José Pinheiro Lins, Samuel Jonas Andrade Moes, Danilo do Nascimento Bezerra, Mona Grimouth Bittar, Universidade Federal de Pernambuco, kleberlins@gmail.com

Resumo

As técnicas de sensoriamento remoto baseiam-se em expressivos indicadores na análise e monitoramento de áreas ambientais, podendo influenciar os recursos naturais. O objetivo deste trabalho consiste em analisar a área do reservatório Barra do Juá, no estado de Pernambuco para o ano de 2018. Foram utilizadas imagens da área, obtidas pelo satélite TM Landsat 8 para a data 28/10/2018 e o processamento das imagens no software Qgis 2.18.22. Evidenciou-se que o NDWI e NDBI do estudo comparado, constatou uma maior predominância de solo exposta e o NDVI e GNDVI uma cobertura vegetal mais predominante deste estudo.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, índices espectrais, índices biofísicos, recursos hídricos.

1. Introdução

O sensoriamento remoto é um instrumento que permite o monitoramento das formas terrestres, através de sensores acoplados nos satélites, proporcionando uma análise global de baixo custo de grandes áreas na superfície terrestre (LIMA et al., 2021). Desta maneira, as técnicas de sensoriamento remoto representam um papel relevante em diversas áreas de pesquisa (MALKOVICH, 2017; ANTUNES; ROSS, 2018). Nesta conjuntura, se enquadram os índices de vegetação, em que o mais difundido é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), segundo Cohen et al. (2013), podendo ser interpretado por meio de sensores remotos e diferentes datas, permitindo avaliar a variação de área verde em determinado período de tempo.

A importância na utilização do sensoriamento remoto é debatida por vários autores, entre eles, Pereira et al. (2020), Câmara e Medeiros (1998), Bandeira e Cruz (2021). Estes autores sustentam que os índices de vegetação e o Vegetação de Diferença Normalizada Verde (GNDVI), ajustado para um índice de atividade "verde" ou fotossintética da planta.

Outro índice importante na esfera do monitoramento é o Índice de água por Diferença Normalizada (NDWI) se caracteriza pelo monitoramento e análise da água presente na cobertura vegetal, proporcionando acompanhar as mudanças da biomassa e analisar o estresse hídricos da vegetação, conforme Pereira et al. (2020).

Pereira et al. (2019) informa que os estudos realizados no sertão, ainda precisam ser otimizadas, pois, o uso das Geotecnologias e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG)



caracterizam-se como importantes ferramentas para realização das análises de monitoramento. Diante do exposto, este estudo tem por objetivo analisar as variações ocorridas na cobertura vegetal, crescimento urbano e impactos da variação climática na área correspondente à bacia hidrográfica do Pajeú, reservatório Barra do Juá, a partir do processamento dos índices espectrais (NDWI, NDBI, NDVI, GNDVI).

2. Fundamentação teórica

O direito ao acesso à água surge em 2010, por meio da Resolução nº 64/292 da ONU, que legitima o direito a água limpa e potável, além do direito ao saneamento como essencial para o usufruto de todo ser humano (ONU 2010). Cavalcanti, (2015), reafirma que considera a água um bem econômico e social, devendo primeiramente satisfazer as necessidades básicas humanas.

Em se tratando de segurança hídrica segundo as políticas públicas, é necessário em primeiro lugar defini-la. A definição de segurança hídrica se deu início em meados de 1990, porém apenas em 2000 a temática passou a ser objeto de um maior número de estudos, principalmente a partir de 2009 (BACKER, 2010).

Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA), o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) integra o programa de gestão de recursos hídricos como instrumento básico dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), no qual estabelece a necessidade de garantir à atual e às futuras gerações a adequada disponibilidade de água e de atuar na prevenção contra eventos hidrológicos críticos, que são atribuições específicas ao sistema do PISF (ANA, 2019).

Os reservatórios são relevantes construções artificiais com diversos usos múltiplos (HENRY, 1999). São ecossistemas aquáticos de grande relevância estratégica, uma vez que são utilizados para diversos usos no qual interferem na qualidade da água, nos mecanismos de funcionamento e na sucessão das comunidades aquáticas nos rios e bacias hidrográficas (TUNDISI & MATSUMURATUNDISI, 2008). A gestão hídrica em Pernambuco iniciou-se em meados de 1900, ao longo da construção de reservatórios para atender os períodos de carência de água.

De acordo com o Comitê Brasileiro de Barragens (CBDB, 2019), as barragens são consideradas barreiras artificiais com intuito de reter água, com a finalidade de armazenar e controlar, podendo ser desde pequenos maciços de terra, a grandes estruturas de concreto. A construção dessas estruturas promove vários benefícios, dentre eles o abastecimento de água, irrigação, regularização de vazões, navegação interior, paisagismo e urbanismo, dessedentação, dentre outros.

A Lei 12.334 (2010) define uma barragem como qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água com a finalidade de contenção ou acumulação de água, incluindo o barramento e suas estruturas. Massad (2019), caracteriza um projeto de uma

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

barragem de terra devendo pautar-se em dois princípios básicos: a segurança e a economia. Tendo como principal princípio à economia. Enfatizando que a segurança de uma barragem deve ser garantida quanto ao transbordamento, piping, ruptura dos taludes, efeito das ondas e da erosão.

A cobertura vegetal da superfície da Terra tem suportado alterações consideráveis, devido as causas naturais, mas principalmente às atividades humanas. As alterações na cobertura vegetal podem perturbar o clima através de mudanças das propriedades físicas da superfície do continente com o albedo (razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente em uma superfície), e rugosidade aerodinâmica, transformando os balanços de energia e umidade através de variações na evaporação e/ou transpiração, nos fluxos de calor latente e sensível. Alterações nestes processos abalam a precipitação e a circulação atmosférica, como também a temperatura do ar próxima à superfície (SELLERS et al., 1995).

De acordo com Francisco et al. (2012a), diversas técnicas foram analisadas com o intuito de se definir qualitativamente e quantitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélites. O índice de vegetação foi então desenvolvida com a finalidade de diminuir o número de parâmetros presentes nas medidas multiespectrais. Esses índices têm sido usados na estimativa de diversos parâmetros da vegetação como, a quantidade de biomassa verde (ELVIDGE & LYON, 1985). Contudo, vários índices vegetativos existem, o mais utilizado e conhecido é o denominado índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) proposto por Rouse em 1973, permitindo o monitoramento da densidade e do estado da vegetação verde sobre a superfície terrestre (ELVIDGE & LYON, 1985).

Da mesma forma, a partir do NDVI, processaram o mapeamento de corpo hídrico e vegetação empregando imagens dos sensores OLI/Landsat-8. Para o processamento do NDVI utilizando o software livre, QGIS. Os resultados encontrados permitiram a caracterização da área em diferentes anos, evidenciando a necessidade do uso de geotecnologias para estudos de corpos hídricos, apresentando maior confiança para monitoramento à gestão de recursos hídricos.

O NDVI é expresso em uma escala que varia de -1 a +1. Os valores negativos representam os corpos de água em que as reflectâncias na região do infravermelho próximo são inferiores às da região do visível. Para outros alvos, o NDVI varia de 0 a 1. Os valores mais altos são vinculados a copa de vegetação devido a grande diferença nas reflectâncias das regiões espectrais. Em contraste, valores próximos de zero indicam a ausência de vegetação levando a menores valores de reflectância de diferença em ambos os espectros de infravermelho vermelho e próximo (ELVIDGE & LYON, 1985).

$$NDVI = \frac{\rho_{IVp} - \rho_V}{\rho_{IVp} + \rho_V} \quad (1)$$

Gao (1996) utilizou o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), manipulando as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, correlacionou assim, com o conteúdo de água nos vegetais e pode acompanhar as alterações na biomassa e nos estresses de umidade das plantas, permitindo revelar remotamente a presença de água

líquida na vegetação e, a localização do manancial hídrico na paisagem georreferenciada. Mcfeeters (1996) compreende o Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), tendo como objetivo realçar automaticamente as águas abertas através da operação de bandas multiespectrais. O método é uma variação do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), e combina as bandas verde e infravermelho próximo.

$$NDWI = \frac{(\rho_{IVp} - \rho_{IVm})}{(\rho_{IVp} + \rho_{IVm})} \quad (2)$$

A partir das diferentes bandas espectrais presentes nos sensores com média resolução espacial é possível criar diferentes imagens que representam os índices espectrais. Esses índices são combinações de reflectância de superfície em dois ou mais comprimentos de ondas que podem destacar a presença de alguns objetos de interesse. O NDBI, índice de área construída por diferença normalizada sinaliza áreas como sendo consideradas urbanas, ou solos expostos. desenvolvido por Zha et al. (2003).

$$NDBI = \frac{\rho_{IVm} - \rho_{IVp}}{\rho_{IVm} + \rho_{IVp}} \quad (3)$$

Após a aquisição das imagens, realiza-se a projeção e os arquivos vetoriais raster para o Sistema Geodésico de Referência - SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), UTM fuso 24 Sul. Em seguida, realiza-se o recorte das imagens na área referente ao entorno do reservatório e o processamento aplicando a ferramenta “Calculadora Raster” do software QGIS versão 2.18.16. para a obtenção dos parâmetros biofísicos NDWI, NDWI e NDBI.

Para o processamento dos índices, realiza-se o cálculo da radiância espectral e da reflectância das bandas 3, 4, 5 e 6 do TM Landsat8, com a finalidade de converter o número digital (ND) em radiância espectral de cada banda, verificando a calibração radiométrica, aplicando a equação de Markham e Baker (1987).

$$P_{\lambda i} = \frac{(A_{pi} + M_{pi} \cdot ND_i)}{\cos Z \cdot d_r} \quad (4)$$

$$d_r = \left(\frac{1}{d_{TS}}\right)^2 \quad (5)$$

Onde:

$P_{\lambda i}$ é a reflectância planetária no topo da atmosfera de cada banda i ;

A_{pi} é o fator aditivo de redimensionamento de cada banda;

M_{pi} é o fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda;

ND_i é o número digital correspondente a intensidade do pixel de cada banda;

Z é o ângulo zenital solar obtido com base no ângulo de elevação do sol – E , uma vez que $Z = 90 - E$;

d_{TS} é a distância Terra – Sol;

\cos é o cosseno em radianos.



Nesta fase deve-se definir os Índices de Água por Diferença Normalizada (NDWI), Índice de Construção por Diferença Normalizada (NDBI) e Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

A tabela 1 apresenta as bandas e os dados de comprimento de onda (μm) das imagens do satélite OLI Landsat 8.

Tabela 1. Bandas do OLI e TIRS Landsat 8

Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)
B3 (verde)	0,533 - 0,590
B4 (vermelho)	0,636 - 0,673
B5 (infravermelho próximo)	0,851 - 0,879
B6 (infravermelho médio)	1,566 - 1,651

Fonte: Adaptado de (USGS, 2019; EMBRAPA, 2019; INPE, 2019)

3. Metodologia

O rio Pajeú nasce no município de Brejinho e percorre uma extensão de aproximadamente 353 km. Inicialmente apresenta sentido nordeste-sudoeste, até desaguar no lago de Itaparica, no rio São Francisco. Seu regime fluvial é intermitente e, ao longo do seu curso, margeia as cidades de Itapetim, Tuparetama, Ingazeira, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Flores, Calumbi, Serra Talhada e Floresta.

A bacia do rio Pajeú é considerada a maior bacia do estado de Pernambuco, com uma área de 16.685,63 km², correspondendo a 16,97% da área do Estado e está localizada ao norte com os estados do Ceará e Paraíba, ao sul com o grupo de bacias de pequenos rios interiores e a bacia do rio Moxotó, a Leste com a bacia do rio Moxotó e o estado da Paraíba, e a oeste com a bacia do rio Terra Nova e o grupo de bacias de pequenos rios interiores. A área de drenagem da bacia envolve 27 municípios dos quais 7 possuem suas sedes inseridas na bacia (Carnaíba, Carnaubeira da Penha, Floresta, Igaraci, Itacuruba, Mirandiba e São José do Belmonte).

O reservatório Barra do Juá está localizado em Floresta - PE, 437 km distante da capital Pernambucana, com 1.928,40 km² de área de drenagem total, de localização da área de estudo do reservatório (Barra do Juá).

Processamento de Reflectância

Para obter os resultados deste estudo, foi utilizado o software QGIS 2.18.22, via satélite Landsat 8, sensor OLI e TIRS, órbita 216 e ponto 66, para a data 28 de outubro de 2018. O ângulo de elevação do sol (E) foi de 64.90305462 e distância Terra-Sol (dT_s) de 0.99956910. As imagens orbitais e os arquivos vetoriais foram reprojetoados para o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e o fuso 24 Sul UTM. Posteriormente, foi



recortada a imagem conforme a área de interesse da bacia hidrográfica, utilizando os parâmetros NDVI, NDWI, NDBI e GNDVI.

Para o cálculo dos índices foram utilizados a radiância espectral e a reflectância das bandas 3,4,5 e 6 do Landsat 8, no entanto, foi necessário corrigir a reflectância de acordo com o ângulo zenital solar Z e o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol d_{TS} , tendo a alegação em função do cosseno em radianos, conforme as equações 1 e 2 (SILVA et al., 2016; BEZERRA et al., 2018; LEONARDO et al., 2019):

$$P_{\lambda i} = \frac{(A_{pi} + M_{pi} \cdot ND_i)}{\cos Z \cdot d_r} \quad (1)$$

$$d_r = \left(\frac{1}{d_{TS}}\right)^2 \quad (2)$$

Onde: $P_{\lambda i}$ é a reflectância planetária no topo da atmosfera de cada banda i ;

A_{pi} é o fator aditivo de redimensionamento de cada banda;

M_{pi} é o fator multiplicativo de redimensionamento de cada banda;

ND_i é o número digital correspondente a intensidade do pixel de cada banda;

Z é o ângulo zenital solar obtido com base no ângulo de elevação do sol – E , uma vez que $Z = 90 - E$;

d_{TS} é a distância Terra – Sol;

\cos é o cosseno em radianos.

Processamento dos índices espectrais

Nesta fase foram definidos os Índices de Água por Diferença Normalizada (NDWI), Índice de Construção por Diferença Normalizada (NDBI), Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e Índice de verdura da planta ou atividade fotossintética (GNDVI). A tabela 1 apresenta as bandas e os dados de comprimento de onda (μm) das imagens do satélite OLI Landsat 8.

Tabela 1. Bandas do OLI e TIRS Landsat 8

Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)
B3 (verde)	0,533 - 0,590
B4 (vermelho)	0,636 - 0,673
B5 (infravermelho próximo)	0,851 - 0,879
B6 (infravermelho médio)	1,566 - 1,651

Fonte: Adaptado de (USGS, 2019; EMBRAPA, 2019; INPE, 2019)

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Para o índice NDWI foi determinado por meio da razão entre as bandas do verde (P_{verde}) pelo infravermelho próximo (P_{IVp}). O índice NDBI foi construído na razão das bandas do infravermelho médio (p_{IVm}) pelo infravermelho próximo (p_{IVp}), de acordo com as equações 3 e 4, respectivamente.

$$NDWI = \frac{P_{verde} - P_{IVp}}{P_{verde} + P_{IVp}} \quad (3)$$

$$NDBI = \frac{p_{IVm} - p_{IVp}}{p_{IVm} + p_{IVp}} \quad (4)$$

Para o índice NDVI foi determinada a razão entre as bandas do infravermelho próximo (p_{IVp}) pela banda do vermelho (P_V). Já o índice GNDVI foi determinado entre a razão da banda infravermelho próximo (p_{IVp}) pela banda verde (P_{verde}), como mostra as equações 5 e 6, respectivamente.

$$NDVI = \frac{p_{IVp} - P_V}{p_{IVp} + P_V} \quad (5)$$

$$GNDVI = \frac{p_{IVp} - P_{verde}}{p_{IVp} + P_{verde}} \quad (6)$$

4. Resultados

A partir dos dados pluviométricos encontrados do reservatório Barra do Juá, Figura 2, é notório que o período seco reflete entre os meses de maio a novembro. Sendo assim, considerando que a imagem selecionada se atribui a data de 28 de outubro de 2018, constatou-se que os meses antecedentes à imagem utilizada representa ao período seco. Comparando o regime pluviométrico dos meses de dezembro a abril, observou-se neste período uma variação de 26,30 mm até 169,6 mm e o total acumulado dos meses secos, o regime pluviométrico variou entre 0,0 mm e 14,7 mm.

A partir da observação do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI), sabe-se que regiões que apresentam valores de $NDWI \geq 0$ são referentes a áreas de acúmulo de água ou corpos hídricos e para o $NDWI \leq 0$ não ocorre a presença de água na superfície do terreno.

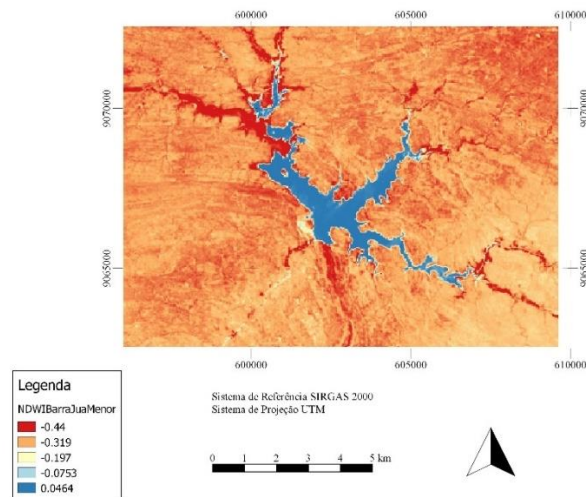
Na figura 4, observou-se o valor do espectro eletromagnético refletido na água de 0,0464 com representação de cor azul, e as cores alaranjadas/vermelha se distanciam mais da presença de água, representado pelo intervalo de -0,197 a -0,44, se aproximando a uma predominância de vegetação e solo exposto.

Comparando-se com o estudo de Özelkan (2020), utilizando Landsat-8 analisando a barragem de Atikhisar Lake, na Turquia, encontrou resultados variando entre 0,987 a 0,991 com níveis de confiança de quase 100%.



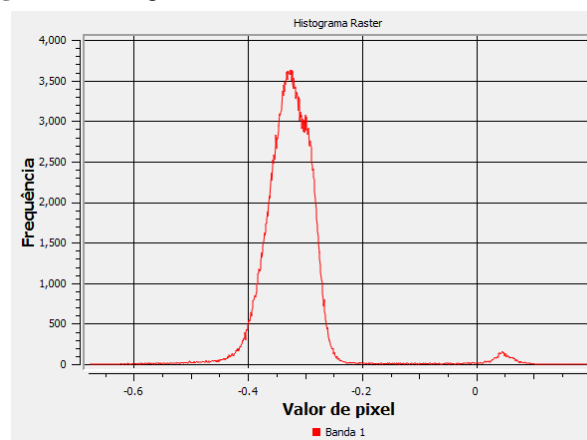
O histograma, representado na figura 5, corrobora com a apresentação dos dados observados na figura 4, com um pequeno volume de água com valores positivos.

Figura 4: NDWI do reservatório Barra do Juá na data 28/10/2018



Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 5: Histograma do NDWI do reservatório Barra do Juá



Fonte: Próprio autor (2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

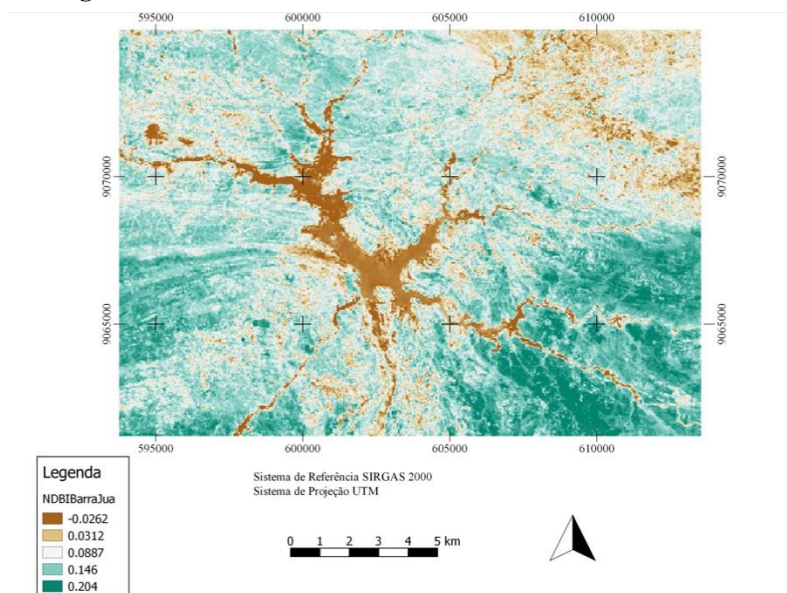
22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

O Índice de Construção por Diferença Normalizada (NDBI) foi desenvolvido para identificar áreas urbanas com construções (FRANÇA et al., 2012), baseado no incremento da resposta espectral das áreas construídas entre as bandas do infravermelho médio e infravermelho próximo, tendo valores obtidos entre -1 e 1, com os valores positivos correspondentes a áreas construídas (ZHA et al., 2003).

Na figura 6, pode-se observar o intervalo positivo de 0,0312 a 0,204, caracterizando áreas urbanas e construídas, com uma grande presença de solo exposto. Vale salientar que a cor marrom, caracteriza a presença de água como apresenta na figura com o valor de -0,0262.

Comparando-se com o estudo de Guha et al. (2018), utilizando o satélite Landsat-8 na cidade de Florença, Itália, apresentando valores de 0,11 a 0,88 como áreas urbanas e construídas e -0,06 a -0,23 caracterizando presença de água. O histograma ilustrado na figura 7, certifica que os dados encontrados na Figura 6, representado por valores positivos, caracteriza uma grande área urbana e representada pelo solo exposto.

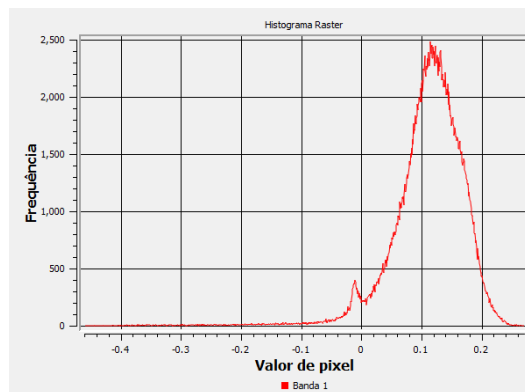
Figura 6: NDBI do reservatório Barra do Juá na data 28/10/2018



Fonte: Próprio autor (2022).



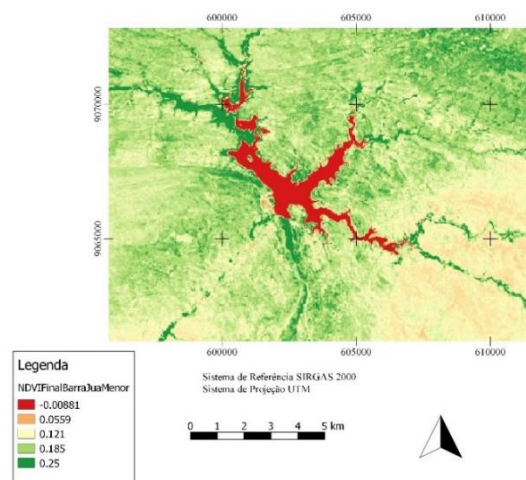
Figura 7: NDBI do reservatório Barra do Juá



Fonte: Próprio autor (2022).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) possibilita a identificação de mudanças sazonais no desenvolvimento e atividades de vegetação, possibilitando o perfil temporal de crescimento e pico de verde. Os valores variam entre -1 e +1, sendo que, em superfícies com vegetação verde, os valores variam entre 0 a 1 e, na água ou nuvens, os valores predominam menores que zero. A figura 8, observa-se a zona com comportamento negativo com valor de -0,00881, são bem reconhecíveis de cor predominante vermelha e característico de presença de água. Já os valores 0,0559 a 0,25 mostra atividades de vegetação e pico de verde.

Figura 8: NDVI do reservatório Barra do Juá na data 28/10/2018



Fonte: Próprio autor (2022).

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

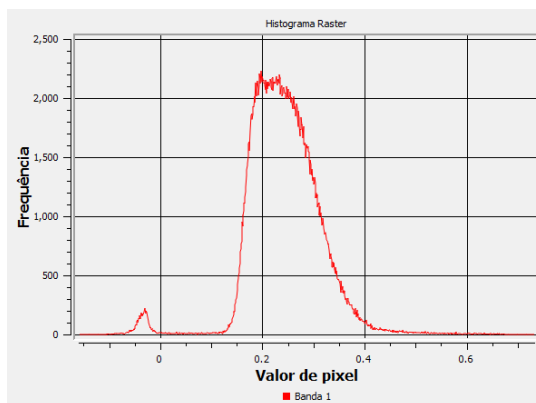
WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Comparando-se com o estudo de Guha et al. (2018), utilizando o satélite Landsat-8 na cidade de Florença, Itália, apresentando valores o NDVI de uma pequena área com presença de água, com valor de -0,02 e uma grande área de vegetação variando de 0,14 a 0,46 e cores predominantes de laranja a verde escuro. Corroborando com a figura 8, o histograma da figura 9, apresenta o gráfico com os índices positivos, demonstrando os valores de vegetação e pico de verde.

Figura 9: NDVI do reservatório Barra do Juá



Fonte: Autor (2022).

O GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation) é um índice de “verdura” da planta ou atividade fotossintética. É um índice de clorofila sendo utilizado nas etapas mais avançadas de desenvolvimento. Assim como o NDVI, os valores produzidos por este índice também variam entre -1 e 1. Valores entre -1 e 0 estão associados à presença de água.

A figura 10, pode-se observar o intervalo positivo de 0,198 a 0,447, apresentando um alto índice de verdura e clorofila, com a cor bastante predominante de verde. O valor de -0,0508 representa a presença de água com a cor predominante do vermelho. Comparando com o estudo de Naqvi et al. (2018), no qual a pesquisa foi estimar uma plantação de trigo com base nos índices de vegetação derivados de dados de série temporal do satélite Landsat-8. Os resultados obtidos foram positivos relacionados ao GNDVI, com valores entre 0,37 a 0,82.

O histograma, ilustrado na figura 11, comprova as informações citadas na figura 10, onde os valores positivos representam o índice de verdura e presença de clorofila na região.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

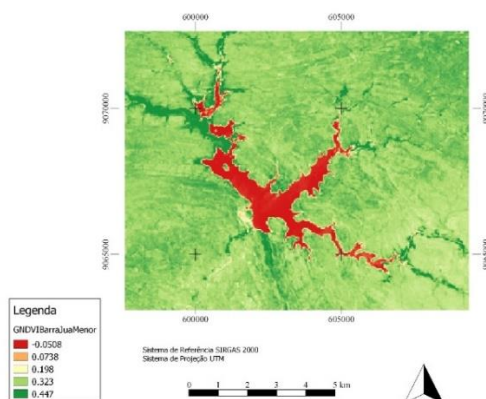
SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

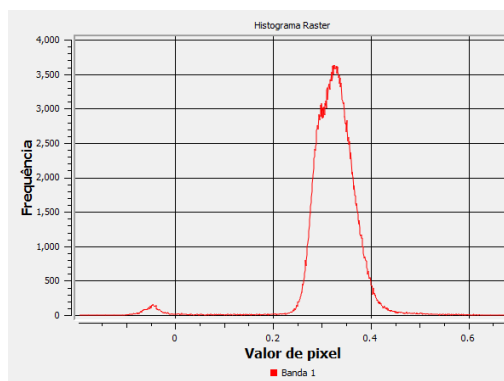
22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

Figura 10: GNDVI do reservatório Barra do Juá na data 28/10/2018



Fonte: Autor (2022).

Figura 11: GNDVI do reservatório Barra do Juá



Fonte: Autor (2022).

A tabela 2 demonstra os índices espectrais e os resultados máximos, médios, mínimos e os desvios padrões de cada índice.



Tabela 2: Valores estatísticos de NDVI e NDWI para apresentação em artigo científico

Índices Espectrais	MÁXIMO	MÉDIO	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
NDVI	0.733625	0.242826	-0.159224	0.071541
NDWI	0.196993	-0.321815	-0.678590	0.063461
NDBI	0.271652	0.111511	-0.460271	0.059812
GNDVI	0.678590	0.321815	-0.196993	0.063461

Fonte: próprio autor, 2023.

Através dos resultados obtidos no software QGis, foi encontrado 51 áreas, equivalente a um total de 5.465.700 m² no reservatório Barra de Juá.

5. Conclusões

Foram utilizadas imagens da área, obtidas pelo satélite TM Landsat 8 para a data 28/10/2018 e o processamento das imagens no software Qgis 2.18.22. Evidenciou-se que o NDWI e NDBI do estudo comparado, constatou uma maior predominância de solo exposta e o NDVI e GNDVI uma cobertura vegetal mais predominante deste estudo.

6. Referências bibliográficas

ANTUNES, R.L.S., ROSS, J.L.S., 2018. Interpretação das fisionomias da paisagem e sua fisiologia a partir do sensoriamento remoto no sul do Brasil. **Geoambiente On-line** 30, 74-96. doi: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52828>.

BACKER.; L.C. et al. Recreational exposure to microcystins during algal blooms in two California lakes. **Toxicon**, 55 (5), pp. 909-921, 2010.

BANDEIRA, T.V., CRUZ, M.L.B., 2021. Estudo da cobertura vegetal do município de Guaiúba/CE com base na utilização dos índices de vegetação SAVI e NDVI. **Geosul** 36, 410-433. doi: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73138>

BRASIL. XXXIII -Seminário Nacional de Grandes Barragens 2021 “Arquivos Digitalizados”. Comitê Brasileiro de Barragens. Água e energia para a vida. 2021. Disponível em: <https://cbdb-web->



uploads.s3.amazonaws.com/system/uploads/anais_evento/documento/46/CBDB_XXXIII_2021.pdf? Acesso em 15 de fevereiro de 2022.

CÂMARA, G., MEDEIROS, J.S., 1998. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. 2. ed. INPE, São José dos Campos.

COHEN, W. B.; MAIERSPERGER, T. K.; GOWER S. T.; TURNER, D. P. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data. **Remote Sensing of Environment**, v.84, p.561-571, 2003.

ELVIDGE, C. D.; LYON, R. J. P. Influence of rock-soil spectra variation on the assessment of green biomass. **Remote Sensing of Environment**, v. 17, p. 265-279, 1985.

FRANCISCO, P.R.M et al. Detecção de mudança da vegetação de caatinga. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 6, p. 1473-1487, 2012.

FRANÇA, A.F., TAVARES JUNIOR, J.R., MOREIRA FILHO, J.C.C. **Índices NDVI, NDWI E NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa olho d'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife. 2012.

GAO, BO-CAI. NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote sensing of environment**, v. 58, n. 3, p. 257-266, 1996.

GUHA, S. et al. Analytical study of land surface temperature with NDVI and NDBI using Landsat 8 OLI and TIRS data in Florence and Naples city, Italy. **European Journal of Remote Sensing**, v. 51, n. 1, p. 667-678, 2018.

HENRY, R. Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brazilian reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. *Theoretical reservoir ecology and its applications* Rio de Janeiro: **Brazilian Academy of Sciences**; São Carlos: International Institute of Ecology; Backhuys Publishers, 1999.

LIMA, J.F., OLIVEIRA, L.M.M., FARIAS, A.A.M., SILVA, B.B., RODRIGUES, D.F.B., MONTENEGRO, S.M.G.L. Geotecnologia para Caracterização do Albedo e Temperatura da Superfície no Sertão de Pernambuco, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências** 44, 35481. doi: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_35481.2021.



MCFEETERS, S.K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. **International Journal of Remote Sensing**. 17: 1425-1432. 1996.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Radiometric Properties of U.S. processes Landsat MSS data. **Remote Sensing of Environment**, 17, 3971. 1987.

MASSAD, R.S et al. Reviews and syntheses: influences of landscape structure and land uses on local to regional climate and air quality. **Biogeosciences**, v. 16, n. 11, p. 2369-2408, 2019.

MILJKOVIĆ, V. **Spatial Calibration of Multispectral and Hyperspectral Sensors in Close-Range Photogrammetry**. Thesis., Zagreb, University of Zagreb. 2017.

NAQVI, S. M. Z. A. et al. Remote estimation of wheat yield based on vegetation indices derived from time series data of landsat 8 imagery. **Appl. Ecol. Environ. Res**, v. 17, n. 2, p. 3909â, 2018.

ONU/ UNESCO. **Conferência da Biosfera**. Biblioteca Virtual de Direitos Humanos. Universidade de São Paulo: Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp/> Acessado em 10 de jan de 2023.

ÖZELKAN, E. Water body detection analysis using NDWI indices derived from landsat-8 OLI. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 29, n. 2, p. 1759-1769, 2020.

PEREIRA, J.A.V., SOUZA, Y.G., CORREIA, I.M.G., SOUZA, B.I. Uso e cobertura do solo e comparação entre os índices de vegetação SAVI e NDWI na área de Proteção Ambiental das Onças, Paraíba, Brasil. **Revista de Geografia (Recife)** 37, 278-298. 2020.

ZHA, Y., GAO, J., & NI, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, 24(3), 583–594. 2003.

TUNDISI, J.G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.