

APLICAÇÃO DO ÍNDICE TVDI PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO TAIM

MARCELA DA SILVA AFONSO¹; ANNELISE DE ALMEIDA VETROMILE LAPUENTE DOS SANTOS²; JULIANA PERTILLE DA SILVA³; FABRÍCIO DA SILVA TERRA⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – marcelamafonso@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Pelotas – annelise.lapuente@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – juliana.pertill@gmail.com

⁴Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri – fabrício.terra@ufvjm.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A Estação Ecológica (ESEC) do Taim é uma Unidade de Conservação (UC) Federal existente na planície costeira do Rio Grande do Sul (COSTA, SATO; 2021). A ESEC do Taim, ou banhado do Taim, tem por objetivo preservar banhados, lagoas, dunas, campos que suportam os processos ecológicos locais (BRASIL, 2021). A principal característica da UC é a presença de banhados com uma alta biodiversidade, principalmente de mamíferos (capivara) e aves migratórias (RAMSAR SITES INFORMATION SERVICE, [s. d.]). Por causa das suas características, o banhado do Taim é uma área úmida de importância internacional, sendo considerado o núcleo da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e um Sítio Ramsar (BRASIL, 2021).

Apesar da importância da ESEC do Taim para o equilíbrio ecossistêmico da região, esta está sujeita a diversas ameaças externas. O avanço da agricultura irrigada, pecuária e silvicultura acabam diminuindo a disponibilidade de água no local e consequentemente ocasionando a degradação das áreas úmidas existentes (BRASIL, 2021). Desta forma, é necessário que o banhado seja mapeado e monitorado para que os gestores possam tomar decisões sobre o manejo destes ecossistemas. A aplicação de técnicas de sensoriamento remoto óptico com o objetivo de monitorar áreas úmidas já é bastante utilizada, devido ao baixo custo e disponibilidade das informações fornecidas (YAN et al., 2017). No entanto, o uso do sensoriamento remoto termal ainda é incipiente neste contexto.

Como as áreas úmidas são ambientes complexos, que estão presentes na interface entre água e vegetação, os índices mais utilizados para sua identificação são índices de vegetação (NDVI, EVI) e de água (NDWI, mNDWI) (SANGHVI et al., 2021; TRAN et al., 2022; MA et al., 2019). Entretanto, atualmente, diversos autores estão começando a utilizar outros índices, como o TVDI (Índice de Secagem da Temperatura e da Vegetação) para auxiliar na identificação das áreas úmidas (PRENTICE et al., 2025; ZAREI et al., 2021). O TVDI foi criado para fornecer o estado hídrico da vegetação baseado na relação entre o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e a ST (temperatura de superfície) (SANDHOLT et al., 2002). Porém, o TVDI pode também ser utilizado para identificação de solos úmidos, característico de banhados. Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicabilidade do TVDI na identificação de áreas úmidas (*wetlands*) na ESEC do Taim.

2. METODOLOGIA

Para o cálculo do TVDI, foi utilizada uma imagem do Landsat 8 (OLI), Tier 1, coleção 2, presentes no Google Earth Engine (GEE). A imagem foi obtida no dia 4

fevereiro de 2025, com uma porcentagem de nuvens <1%, e resolução espacial de 100m. A imagem já foi fornecida em refletância de superfície, sendo já ortoretificada e calibrada atmosfericamente. As bandas B4 (vermelho) e B5 (infravermelho), derivadas do sensor óptico (VNIR), foram utilizadas para o cálculo do NDVI e a banda B10, derivada do sensor termal (TIRS), foi utilizada para encontrar a Temperatura de Superfície (ST). A ST foi convertida de kelvin para graus Celsius, no GEE. Através dos dois valores, NDVI e ST, pode-se extrair os valores das imagens através da conversão para pontos no software QGIS (*raster to point*). Com esses dados tabelados, pode-se gerar o gráfico de dispersão do TVDI e as equações de limites dos valores úmidos (máximos) e secos (mínimos). O TVDI pode ser calculado pela equação 1, considerando as equações dos máximos e mínimos (SANDHOLT et al., 2002). O TVDI varia entre: extremamente úmido (0-0,2), moderadamente úmido (0,2-0,4), normal (0,4-0,6), moderadamente seco (0,6-0,8) e seco (0,8-1) (CHEN et al., 2011).

$$TVDI = \frac{T_s - T_{smin}}{(T_{smáx} - T_{smin})} \quad (1)$$

Onde:

T_s : temperatura radiativa da superfície do pixel;

T_{smin} : temperatura mínima de superfície, correspondente ao limite úmido;

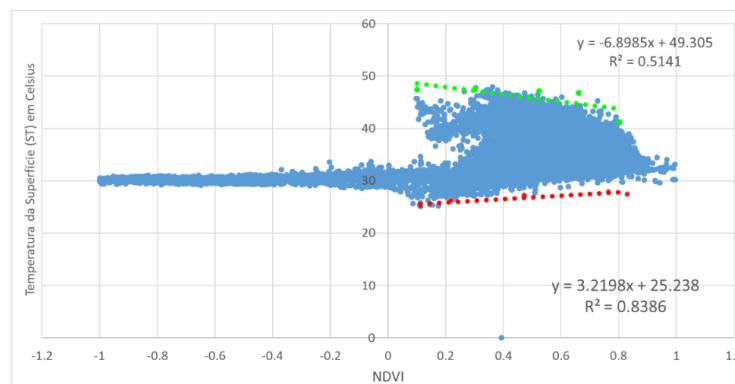
$T_{smáx}$: temperatura máxima de superfície, correspondente ao limite seco;

Além disso, de forma a identificar se os valores de TVDI ressaltam áreas úmidas, foi utilizada uma imagem classificada através do Mapbiomas, coleção beta, de 10 m de resolução espacial, no ano de 2023 (classificação mais recente).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o diagrama de dispersão entre ST e NDVI, acompanhado das equações de limite superior (condições úmidas) e limite inferior (condições secas). A ocorrência de valores negativos de NDVI indica áreas associadas à presença de corpos d'água. A partir do valor zero, a distribuição assume o padrão triangular característico, conforme descrito por SANDHOLT et al. (2002) e SCHIRMBECK et al. (2017). As equações do limite superior ($-6,8985x+49,305$) e do limite inferior ($3,2198x+25,238$) apresentaram coeficientes de determinação $R^2 > 0,5$, sendo considerados adequados para a análise (PRENTICE et al., 2025).

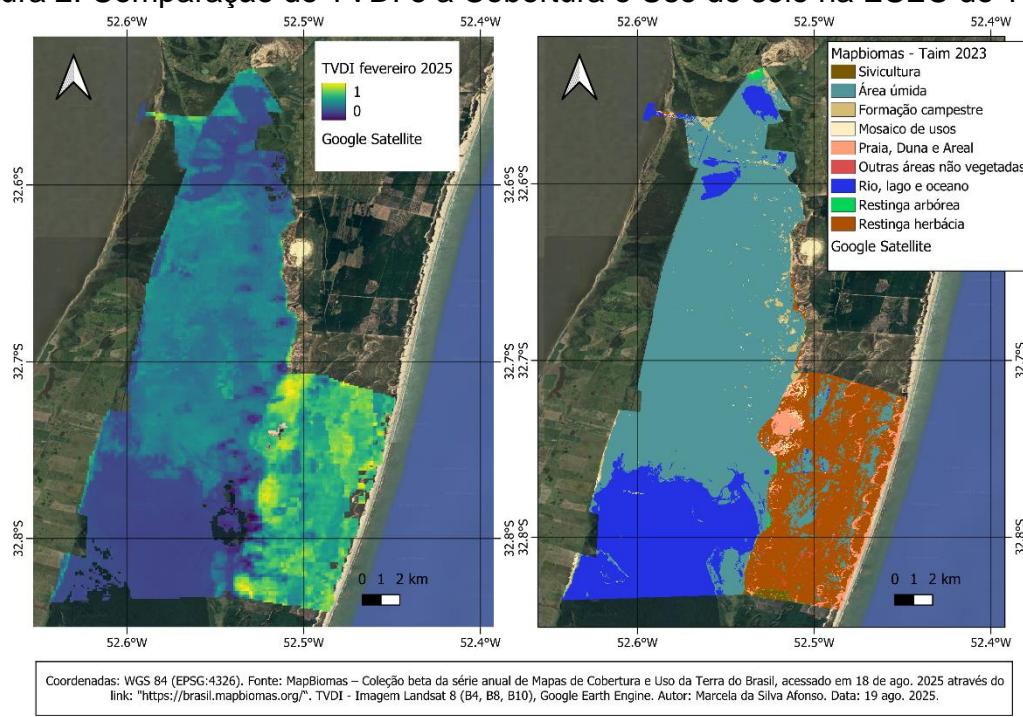
Figura 1. Dispersão entre a Temperatura de Superfície (ST) e o NDVI.



As áreas mais escuras, em tons de azul intenso ($TVDI < 0,1$), corresponderam às menores temperaturas superficiais, associadas a ambientes extremamente úmidos (Figura 2), abrangendo a Lagoa Mangueira e pequenos açudes (SCHIRMBECK et al., 2017). Em contraste, as áreas mais claras, em tonalidades amareladas ($TVDI > 0,8$), corresponderam a temperaturas mais elevadas e ambientes moderadamente secos, que estão relacionados a ambientes de dunas, areais e restingas herbáceas. É evidente que as áreas com valores de $TVDI$ próximos de 1 foram associados a dunas sem vegetação, e ambientes com valores próximos de 0,8 se associaram à presença de vegetação herbácea. Este fato demonstra a importância do papel da vegetação herbácea para amenizar a temperatura no banhado do Taim.

Valores intermediários ($0,2 < TVDI < 0,6$), representados por variações de azul, indicaram áreas úmidas, espacialmente coincidentes com aquelas classificadas pelo Mapbiomas como tais. A associação de níveis de água rasos e vegetação rasteira, típica das áreas úmidas do banhado do Taim, causa baixa umidade na superfície, baixa temperatura do ar e boa evaporação (HOLIDI et al., 2019). Além disso, os resultados corroboram os achados de Schirmbeck et al. (2017), que reportaram valores entre 0,2 e 0,3 para culturas de arroz irrigado — caracterizadas como áreas úmidas artificiais — e valores superiores a 0,8 em regiões de solo exposto.

Figura 2. Comparação do $TVDI$ e a Cobertura e Uso do solo na ESEC do Taim.



4. CONCLUSÕES

É possível identificar áreas úmidas na ESEC do Taim baseado em valores de $TVDI$. A presença destas áreas é observada entre os valores $0,2 < TVDI < 0,6$; sendo, portanto, considerados como possíveis *thresholds* para delimitação dos banhados do Taim. Sugere-se a inclusão do $TVDI$ à classificação da cobertura e uso do solo utilizando aprendizado de máquina, de forma a delimitar as áreas úmidas de forma mais eficiente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo da Estação Ecológica do Taim**. Versão 1.1. Brasília, DF: ICMBio, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/esec-do-taim/arquivos/PM_ESEC_Taim_vs.11.pdf; Acesso em: 4 ago. 2025.

CHEN, J. C. WANG, H. JIANG, H. JIANG, MAO, L. YU, Z. Estimating soil moisture using Temperature-Vegetation Dryness Index (TVDI) in the Huang-huai-hai (HHH) plain. *International Journal of Remote Sensing*, v.32, n.4, p. 1165–1177, 2011.

COSTA, M. S. da; SATO, S. E. Estação Ecológica do Taim: Uma análise sobre uso do espaço físico-natural e a legislação ambiental. *Revista GeoUECE*, [S. I.], v. 10, n. 18, p. 122–134, 2021.

HOLIDI, H. ARMANTO, M. E. DAMIRI, N. PUTRANTO, D.D. A. Characteristics of Selected Peatland uses and Soil Moisture Based on TVDI. *Journal of Ecological Engineering*, v.20, n.4, p.194-200, 2019.

MA, S. ZHOU, Y. GOWDA, P. H. DONG, J. ZHANG, G. KAKANI, V. G. WAGLE, P. CHEN, L. FLYNN, K. C. JIANG, W. Application of the water-related spectral reflectance indices: A review. *Ecological Indicators*, v. 98, 2019.

PRENTICE, R. M. VILLOSLADA, M. WARD, R. D. SEPP, K. Integrating UAV and Landsat data: A two-scale approach to topsoil moisture mapping in coastal wetlands, *Ecological Informatics*, v.89, 2025.

RAMSAR SITES INFORMATION SERVICE. **Estação Ecológica do Taim**. Ramsar Sites Information Service, [s. I.], [s. d.]. Disponível em: <https://rsis.ramsar.org/ris/2298>. Acesso em: 8 ago. 2025.

SANDHOLT, I. RASMUSEN, K. ANDERSEN, J. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Enviromenmt*, v.79, p.213-224, 2002.

SANGHVI, K. ADWAIT, A. SANGHVI, S. SAHA, ISHANI, S. A Survey on Image Classification Techniques. *SSRN Electronic Journal*, 2021.

SCHIRMBECK, L. W. FONTANA, D. C. SCHIRMBECK, J. MENGUE, V. P. Understanding TVDI as an index that expresses soil moisture. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.7, n.2, 2017.

TRAN, T.V. REEF, R. ZHU, X. A Review of Spectral Indices for Mangrove Remote Sensing. *Remote Sens.*, v.14, 2022.

YAN, F. LIU, X. CHEN, J. China's wetland databases based on remote sensing technology. *Chin. Geogr. Sci.*, v.27, p.374–388, 2017.

ZAREI, M., TAZEY, M., MOOSAVI, V. ET AL. Investigating the Capability of Thermal-Moisture Indices Extracted from MODIS Data in Classification and Trend in Wetlands. *J Indian Soc Remote Sens*, v.49, p. 2583–2596, 2021.