

# ÍNDICES DE VEGETAÇÃO, ÁGUA E TEMPERATURA UTILIZADOS NA BUSCA DE PADRÕES EM DIFERENTES CLASSES DE USO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTA MARIA-RS ENTRE 1990 A 2017.

*Christhian Santana Cunha<sup>1</sup>, Péterson Oliveira Silveira<sup>2</sup>, Anderson Luis Ruhoff<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 | Bairro Agronomia | CEP 91509-900 – Porto Alegre, (E-mail: christhianscunha@gmail.com), <sup>2</sup> Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 | Bairro Agronomia | CEP 91509-900 – Porto Alegre, (E-mail: petriz.oliveira@hotmail.com);<sup>3</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 | Bairro Agronomia | CEP 91509-900 – Porto Alegre, (E-mail: andersonruhoff@gmail.com).

## RESUMO

Este estudo propõe o uso de índices de vegetação (NDVI, EVI e NDWI-VEG), água (NDWI e MNDWI) e temperatura da superfície para identificação de padrões em seus resultados para diferentes alvos, como lavouras orizícolas e florestas. A área onde foram realizadas as análises é a bacia hidrográfica do rio Santa Maria (BHSM) situada no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Para realização das análises se fez uso do Google Earth Engine, onde foram programadas as rotinas para calcular e analisar os resultados dos diferentes índices do período de 1990 a 2017, utilizando as coleções de imagens dos satélites Landsat 5, 7 e 8. Os resultados obtidos permitiram encontrar padrões em alguns índices analisados considerados os resultados das médias mensais ao longo de 27 anos.

*Palavras-chave* — NDVI, NDWI, MNDWI, LST, EVI.

## ABSTRACT

This study was published using vegetation indexes (NDVI, EVI and NDWI-VEG), water (NDWI and MNDWI) and surface temperature to identify patterns in their results for targets such as rice fields and forests. One area where they were desolated is the Santa Maria river basin (BHSM) located in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. The applications were made for use by Google Earth Engine, where they were programmed and rotated for the analysis of the images of the Landsat satellites 5, 7 and 8. the results obtained for treating methods to several methods of the media articles.

*Key words* — NDVI, NDWI, MNDWI, LST, EVI.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo [1], historicamente mudanças no uso da terra tem sido considerada um assunto de ambiental local, mas tem-se observado que este tema está se tornando um assunto de

importância global. Descrevem [2] que as atividades humanas contribuem com diversos tipos de mudanças ambientais, afetando a biosfera e seus ciclos biogeoquímicos globais.[1, 3–7], relatam em seus trabalhos que a avaliação dos impactos da mudança do uso da terra é, em geral, limitada pelo conhecimento das condições de uso da terra passada.

No Brasil, as atividades agrícolas foram o principal motor do desmatamento [8], uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa [4], perda de biodiversidade [9] e alteração das características da água e do solo [10].

Autores como [11, 12] salientam a importância da utilização de cenários de uso da terra consistentes em simulações climáticas e hidrológicas, concluindo que a consideração desses cenários pode melhorar significativamente essas simulações, uma vez que o acoplamento superfície-atmosfera está diretamente relacionado a mudanças de uso da terra, mas apresentando padrões diferentes ao longo do globo terrestre.

Em paralelo a questões de classificação de mudanças no uso da terra, nota-se que inúmeros estudos têm sido realizados utilizando índices de vegetação derivados de sensores remotos orbitais. De modo geral, estes índices buscam, além de caracterizar as diferentes fitofisionomias, avaliar a resposta sazonal da vegetação e água em função das condições climáticas.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (**Equação 1**), por exemplo, proposto por [13], é frequentemente utilizado para estabelecer relações entre o padrão de evolução da cobertura vegetal ao longo do tempo [14]. Este índice é calculado a partir de valores de reflectância das bandas referentes ao espectro do vermelho (RED) e ao infravermelho próximo (NIR).

$$NDVI = ((NIR - Red))/((NIR + Red))$$

**Equação 1**

Conforme ressaltado por [15], o NDVI apresenta algumas deficiências, já que pode ser influenciado por ruídos como a radiação da trajetória atmosférica ou pela variação do substrato sob o dossel. Para minimizar estes fatores, [16] propuseram o Índice de Vegetação Melhorado (EVI),

incluindo um coeficiente de ajuste para o solo, um fator de ganho e dois coeficientes para o ajuste de efeitos de aerossóis atmosféricos (**Equação 2**).

$$EVI = G (\rho_{NIR} - \rho_{red}) / (\rho_{NIR} + [C_1] \times \rho_{red} - C_2 \times \rho_{blue} + L)$$

### Equação 2

Índices específicos para água, tais como o Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) (**Equação 3**), que foi concebido com a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a determinação do limiar entre água e terra (vegetação terrestre e solos) [17].

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR)$$

### Equação 3

Destaca-se ainda que [18], propôs a Modificação do Índice de Água de Diferença Normalizada (MNDWI) (**Equação 4**) que consiste em uma razão de expressão modificada do NDWI, desenvolvido por [17], para delimitação de feições relacionadas à água.

$$MNDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR)$$

### Equação 4

Vale ressaltar ainda que [19] também nomeou um NDWI para controle remoto detecção de água líquida de vegetação, mas usou um composto de banda diferente (**Equação 5**). Durante o desenvolvimento deste trabalho propõe-se que seja adotado para o NDWI de [19] o nome de NDWI-VEG a fim de permitir a distinção entre os três índices normalizados de água.

$$[NDWI]_{GAO} = (NIR - MIR) / (NIR + MIR)$$

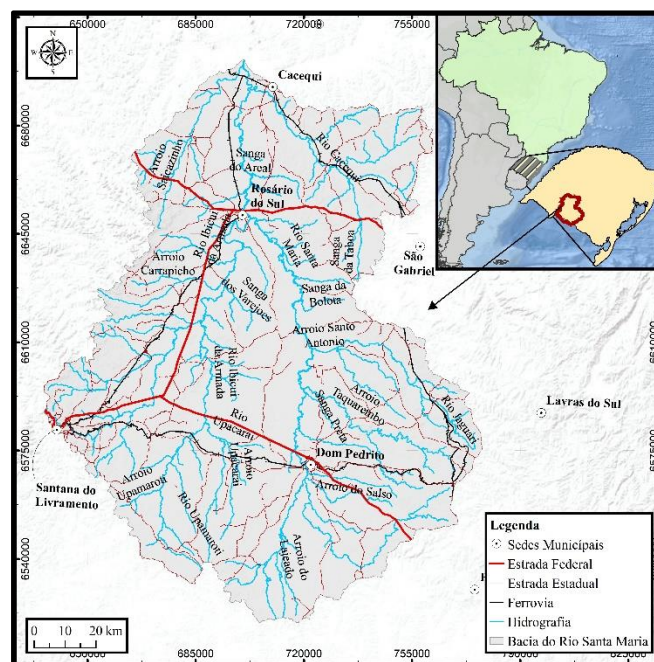
### Equação 5

Diante do exposto, percebe-se que as publicações no campo apresentam, em sua maioria, apenas uma descrição vaga dos padrões anteriores de uso da terra, focada em breves intervalos de tempo, ou quando mais abrangentes limitadas a breves distinções entre as classes de uso apresentadas, por exemplo, as áreas destinadas a agricultura irrigada, que geralmente são classificadas como áreas agrícolas. Esta classificação é insuficiente para estudos mais abrangentes podendo resultar em estimativas distantes da realidade.

Sendo assim, propõe-se o uso de índices de vegetação, água e temperatura na busca de padrões em seus resultados, visando o uso destes na estruturação de uma rotina para classificação de imagens em nível de bacia hidrográfica ou continente de forma supervisionada e eficiente a qual permita compreender a evolução das áreas irrigadas e seu impacto no ciclo hidrológico ao longo do tempo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Santa Maria, localizada no Brasil, na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, próximo à fronteira do Uruguai (**Figura 1**).



**Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Santa Maria (BHSM).**

Esta região foi selecionada pois apresenta extensas áreas agrícolas, fato que permite a identificação deste alvo de maneira fácil, bem como, apresenta contrastes entre áreas destinadas a silvicultura, pastagem e áreas urbanas.

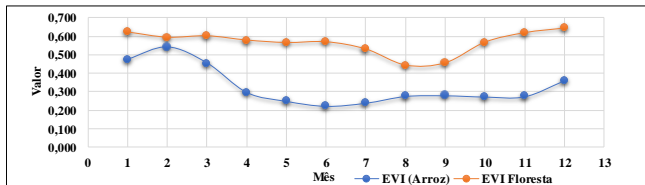
Para realização deste trabalho foi utilizado o software *Google Earth Engine (GEE)*. O *Earth Engine* armazena imagens de satélite, organiza-o e disponibiliza para mineração de dados em escala global [20].

Sendo assim, por meio da ferramenta *Code Editor* foi possível programar e executar uma rotina a qual permitisse avaliar a resposta de diferentes alvos a índices de vegetação (NDVI, EVI e NDWI-Vegetação), água (NDWI e MNDWI) e temperatura. Ressalta-se que as equações utilizadas e correspondentes a cada índice analisado.

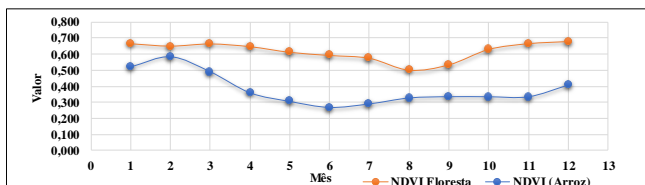
O período analisado foi de 1990 a 2017, totalizando 685 imagens, divididas em 325 imagens do satélite *Landsat 5*, 286 imagens do *Landsat 7* e 74 imagens do *Landsat 8*. As coleções de imagens utilizadas foram: *USGS Landsat 8 TOA Reflectance (Orthorectified)*, contendo 12 bandas, *USGS Landsat 5 TM TOA Reflectance (Orthorectified)* contendo 7 Bandas e *USGS Landsat 7 TOA Reflectance (Orthorectified)* contendo 9 bandas. Para a calibração de cenas recém-adquiridas os coeficientes são extraídos dos metadados da imagem; para cenas antigas os coeficientes são derivados de [21].

### 3. RESULTADOS

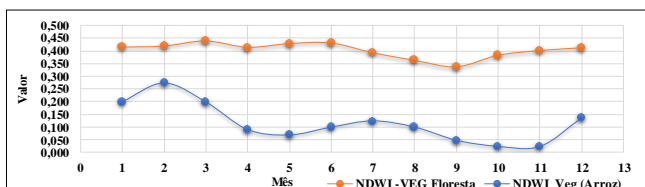
A partir do processamento dos dados, foram obtidos os resultados expostos nas **Figura 2** a **Figura 8**. Os seguintes resultados foram obtidos a partir dos dados processados.



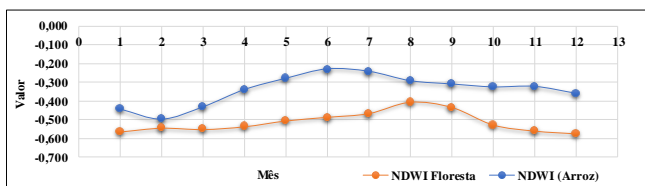
**Figura 2 - Resultados de EVI médio anual (1990-2017).**



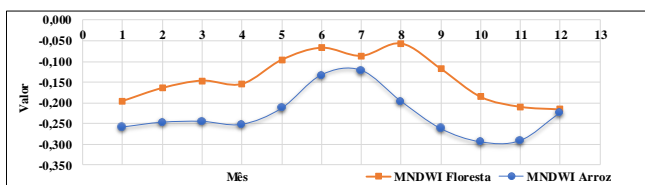
**Figura 3 - Resultados de NDVI médio anual (1990-2017).**



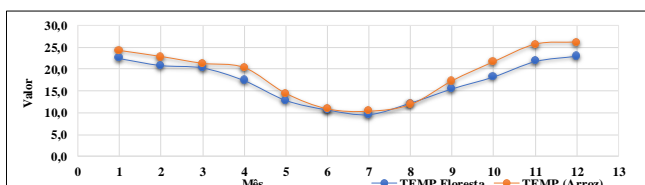
**Figura 4 - Resultados de NDWI-VEG médio anual (1990-2017).**



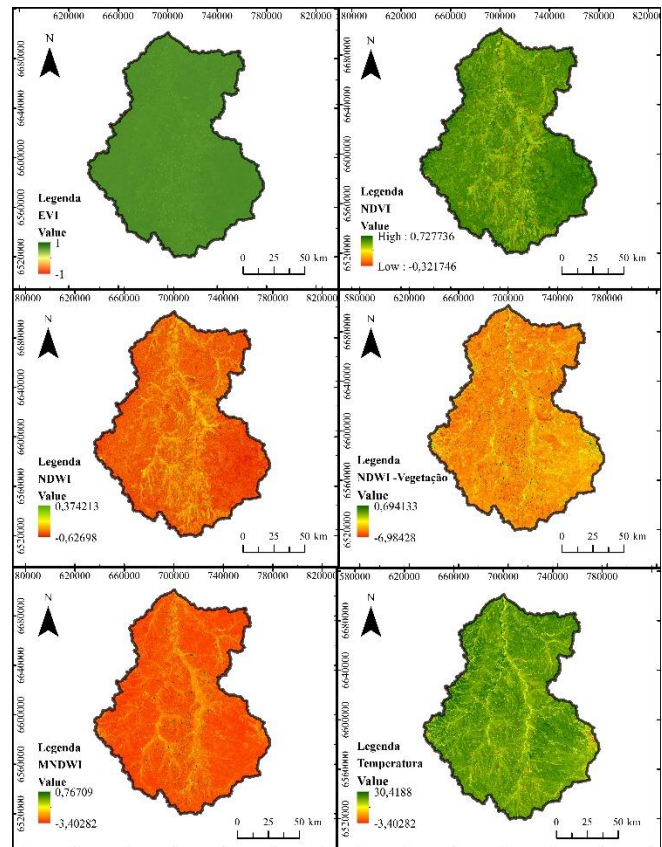
**Figura 5 - Resultados de NDWI médio anual (1990-2017).**



**Figura 6 - Resultados de MNDWI médio anual (1990-2017).**



**Figura 7 - Resultados de Temperatura média anual (1990-2017).**



**Figura 8 - Resultados para evi, ndvi, ndwi, mndwi, ndwi-veg e temperatura na bacia hidrográfica do rio santa maria.**

### 4. DISCUSSÃO

Observando os resultados obtidos nas **Figura 2** **Figura 3** **Figura 4** é possível perceber que os valores referentes a cultura do arroz respondem ao período de plantio (outubro e novembro), fase vegetativa e de maturação (dezembro a fevereiro), colheita (março a abril) e pousio/culturas de inverno (maio a agosto). Ao comparar com os resultados obtidos para a classe florestas, é possível observar que os valores não apresentam grandes oscilações como se observa para a classe arroz.

Na **Figura 4** é possível observar que resultado para NDWI-VEG, que indica a quantidade de água contida na planta, os valores obtidos para classe floresta se mantêm entre 0,35 a 0,40, enquanto para classe arroz, os valores oscilam entre 0,25 e 0,02. Estima-se que esta oscilação ocorra em função da cultura do arroz apresentar períodos de plantio, maturação e colheita, diferente da classe floresta.

O NDWI, representa o limiar entre água e terra **Figura 5**, apresenta valores mais próximos de 0 para classe arroz quando comparado a classe floresta. Estes valores mostram-se mais distintos em períodos correspondentes aos meses que apresentam precipitações e maior umidade nesta região. Contudo, ao passo que a cultura do arroz evolui, em termos

vegetativos e de maturação, os valores correspondentes ao NDWI decrescem.

Na **Figura 6** é possível observar que os crescem nos meses de junho a agosto para classe floresta, e junho a julho para classe arroz. Os valores decrescem para floresta a partir do mês de agosto e se elevam para classe arroz a partir de novembro coincidindo com o início da irrigação da cultura.

Em contraponto, o MNDWI, onde os corpos d'água são melhores delimitados por uma discriminação mais eficiente entre as águas superficiais abertas e as superfícies secas, os resultados acabam sendo invertidos. Ou seja, os valores correspondentes a classe florestas apresenta resultados mais próximos de 0 quando comparados aos da classe arroz.

Em relação a temperatura (**Figura 7**), os resultados obtidos são similares para classe arroz e floresta. Os comportamentos das duas classes respondem a sazonalidade, apresentando temperaturas mais elevadas no período de novembro a fevereiro e temperatura menores entre maio a agosto.

De posse dos resultados obtidos para os índices analisados, percebe-se que os mesmos respondem ao calendário da cultura do arroz de forma distinta. Contudo, embora em intervalos diferentes, os índices NDVI, EVI, MNDWI e NDWI-VEG permitem observar um padrão em relação aos valores médios correspondentes a cada mês. Ou seja, tais índices podem auxiliar na estruturação de um classificador do tipo de árvore de decisão adotando-se os meses de novembro a março como intervalo.

## 5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos é possível concluir que:

- 1) Os índices de vegetação, água e temperatura apresentam diferenças significativas em seus resultados e puderam ser visualizadas no período analisado;
- 2) Os resultados obtidos para os alvos analisados (Arroz e Floresta) mostraram-se condizentes, especialmente em relação a cultura do arroz, retratando de forma exata o período da safra (plantio e colheita);
- 3) Os valores médios mensais correspondentes aos índices NDWI-VEG, NDVI, MNDWI e EVI apresentaram resultados significativos os quais permitem identificar um padrão para cultura do arroz;
- 4) O GEE mostrou-se uma ferramenta de grande eficácia para processamento de um volume significativo de dados, considerando o período analisado (1990-2017) e número de imagens processadas 685.

Em relação aos próximos passos propõe-se que:

- 1) Seja estruturado e testado o algoritmo do tipo “árvore de decisão” com os resultados obtidos;
- 2) Utilizar os resultados das imagens processadas para segmentar alvos e realizar classificação de imagens;
- 3) Selecionar um número maior de amostras para aumentar a precisão do classificador;
- 4) Testar a rotina em outras áreas agrícolas.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Leite, C. C., “Reconstrução dos Padrões Históricos de Uso da Terra na Amazônia, no Período 1940-1995, Para Estudos Climáticos e Hidrológicos.” Viçosa, p. 123, 2008.
- [2] Ruhoff, A. L. and et al, “Cenários de uso do solo,” in *Efeitos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica*, J. W. Marangon Lima and et al (Org), Eds. São Paulo: Hunter Books, 2014, pp. 6085–6098.
- [3] Ramankutty, N. and Foley, J. A., “Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 13, pp. 997–1027, 1999.
- [4] Leite, C. L.; Costa, M. H.; Soares-Filho, B. S.; and Hissa, L. de B. V., “Historical land use change and associated carbon emissions in Brazil from 1940 to 1995,” *Global Biogeochem. Cycles*, vol. 26, pp. 1–13, 2012.
- [5] Jorge, S. et al., “Human and animal leptospirosis in Southern Brazil: A five-year retrospective study,” *Travel Med. Infect. Dis.*, vol. 18, pp. 46–52, 2017.
- [6] Dias, L. C. P.; Pimenta, F. M.; Santos, A. B.; Costa, M. H.; and Ladle, R. J., “Uso da terra agrícola no Brasil (1940-2012),” *Grupo de Pesquisa sobre Interação Atmosfera-Biosfera*, 2016. [Online]. Available: <http://www.biosfera.dea.ufv.br/en-US/banco/uso-do-solo-agricola-no-brasil-1940-2012---dias-et-al-2016/>. [Accessed: 02-May-2017].
- [7] Peng, S. et al., “Sensitivity of land use change emission estimates to historical land use and land cover mapping - Global Biogeochemical Cycles,” *An AGU J.*, vol. 31, no. 4, pp. 626–643, 2017.
- [8] Gibbs, H. K.; Ruesch, A. S.; Achard, F.; Clayton, P.; Ramankutty, N.; and Foley, J. A., “Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s,” *National Academy of Sciences*, vol. 38, 2010.
- [9] Chaplin-Kramer, R. et al., “Spatial patterns of agricultural expansion determine impacts on biodiversity and carbon storage,” *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 112, no. 24, pp. 7402–7407, Jun. 2015.
- [10] Hunke, P.; Mueller, E. N.; Schröder, B.; and Zeilhofer, P., “The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use,” *Ecohydrology*, vol. 8, no. 6, pp. 1154–1180, Sep. 2015.
- [11] Pielke, R. A. et al., “Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence,” *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.*, vol. 2, no. 6, pp. 828–850, Nov. 2011.
- [12] Foley, J. A. et al., “Global Consequences of Land Use,” *Science*, vol. 309, pp. 570–574, 2005.
- [13] Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Deering, D. W.; and Schell, J. A., “Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation,” *Progress Report RSC*, 1974. [Online]. Available: [http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740004927\\_1974004927.pdf](http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740004927_1974004927.pdf). [Accessed: 18-Dec-2017].
- [14] Motta, J. L.; Fontana, D. C.; and Weber, E., “Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja,” *Rev. Bras. Agrometeorol.*, vol. 11, no. 2, pp. 353–369, 2003.
- [15] Jensen, J. R., *Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em Recursos Terrestre*, 2nd ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2009.
- [16] Justice, C. O. et al., “The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research,” *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 36, no. 4, pp. 1228–1247, 1998.
- [17] Mcfeeters, S. K., “The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 17, pp. 1425–1432, 1996.
- [18] Xu, L., “Advances in intelligent information processing,” *Expert Syst.*, vol. 23, no. 5, pp. 249–250, Nov. 2006.
- [19] Gao, B. C., “NDWI—a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 58, pp. 257–266, 1996.
- [20] Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; and Moore, R., “Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone,” *J. Remote Sens. Environ.*, vol. 202, pp. 18–27, 2017.
- [21] Chander, G.; Markham, B. L.; and Dennis, L. H., “Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors,” *J. Remote Sens. Environ.*, vol. 113, no. 5, pp. 893–903, 2009.