

Índices NDVI e NDWI como ferramentas ao mapeamento do uso e ocupação em bacia hidrográfica

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini ¹
Mikael Timóteo Rodrigues ¹
Bruno Timóteo Rodrigues ¹
Sérgio Campos ¹

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, Campus de Botucatu, Departamento de
Engenharia Rural
Rua José Barbosa de Barros, nº 1780
18.610-307 - Botucatu - SP, Brasil
felipe_tagliarini@hotmail.com; mikaelgeo@gmail.com; brunogta21@gmail.com;
seca@fca.unesp.br

Abstract. Given the need for mapping and monitoring of large areas such as river basins, the normalized difference vegetation index - NDVI and normalized difference water index - NDWI have been widely used for evaluate the vigor of the vegetation cover and check the water surface conditions, respectively for such parameters related to water stress can be monitored and able to detect and / or separate successfully targets composed of different materials such as water, buildings, vegetation and bare soil. The main objective of the study was the calculation of radiometric index weighted land use, application pixel classification techniques combining data from the use and occupation from the digital image classification. Satellite images were used Landsat-8 and GIS ArcGIS 10.3 for examination. The NDVI and NDWI generated contrasts of its land use, highlighting different targets that have water volume and surface characteristics of the environment, thus generating a mapping based on the identifier accuracy. The result of NDVI was a map with gradual transitions between the use and occupation classes, indicating various stages of development and even degradation. The NDVI showed qualitatively satisfactory, showing mainly vegetations with high vegetative vigor. NDWI already assisted in the evaluation and understanding of the behavior of the targets in the studied basin, making it possible to observe great emphasis on the areas of water bodies, irrigated agriculture and tree-sized vegetation of high vigor and higher humidity values.

Palavras-chave: Geoprocessing, Remote Sensing, Thematic Mapping.

1. Introdução

Diante da necessidade do mapeamento e monitoramento de grandes áreas, como bacias hidrográficas, o índice de vegetação da diferença normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI) e índice da água da diferença normalizada (Normalized Difference Water Index - NDWI) têm sido amplamente utilizados para avaliar o vigor vegetativo da cobertura vegetal e verificar as condições hídricas da superfície, respectivamente, pois tais parâmetros ligados ao estresse hídrico podem ser monitorados e capazes de detectar e/ou separar com êxito alvos compostos de materiais diferentes como água, edificações, vegetação e solo exposto.

O índice NDWI foi desenvolvido com a finalidade de esboçar aspectos na água presentes no ambiente e realçar a presença da mesma em imagem digital obtida por técnicas de sensoriamento remoto. O NDWI é um índice derivado do NDVI, no qual o mesmo toma como embasamento as respostas espectrais da vegetação como característica, desta forma, contrastando entre a combinação das bandas do vermelho (~ 625 - 740 nm) e do infravermelho próximo (~ 780 - 1000 nm) (ROUSE et al., 1973; OLIVEIRA et al., 2010).

Peñuelas et al. (1993) e Galvão et al. (2005) afirmam que informações sobre o conteúdo

de umidade no interior da vegetação são de grande utilidade na agricultura, podendo ser usadas para inferir o grau de estresse hídrico, auxiliando na tomada de decisões de irrigação e previsão de safra. O NDWI é de fundamental importância para a compreensão dos processos de queima de biomassa, auxiliando projetos relativos ao Global Observation of Forest Cover (CECCATO et al., 2002). O objetivo principal do estudo foi o cálculo dos índices radiométricos NDVI e NDWI ponderado ao uso da terra, aplicação de técnicas de classificação de pixels combinando dados provenientes do uso e ocupação a partir da classificação digital de imagem Landsat 8, e composição de bandas 5-4-3 associadas aos canais RGB, permitindo visualizar alvos reconhecidos pela visão humana.

3. Metodologia de Trabalho

3.1 Área de estudo

A microbacia hidrográfica do Córrego Petiço (Figura 1) localiza-se na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, no município de Botucatu, possui uma área total de 3385,20 ha, com situação definida nas coordenadas geográficas $48^{\circ} 20' 23''$ a $48^{\circ} 15' 12''$ de longitude W Gr. e $22^{\circ} 51' 51''$ a $22^{\circ} 46' 54''$ de latitude S (TAGLIARINI; RODRIGUES; SILVEIRA, 2015).

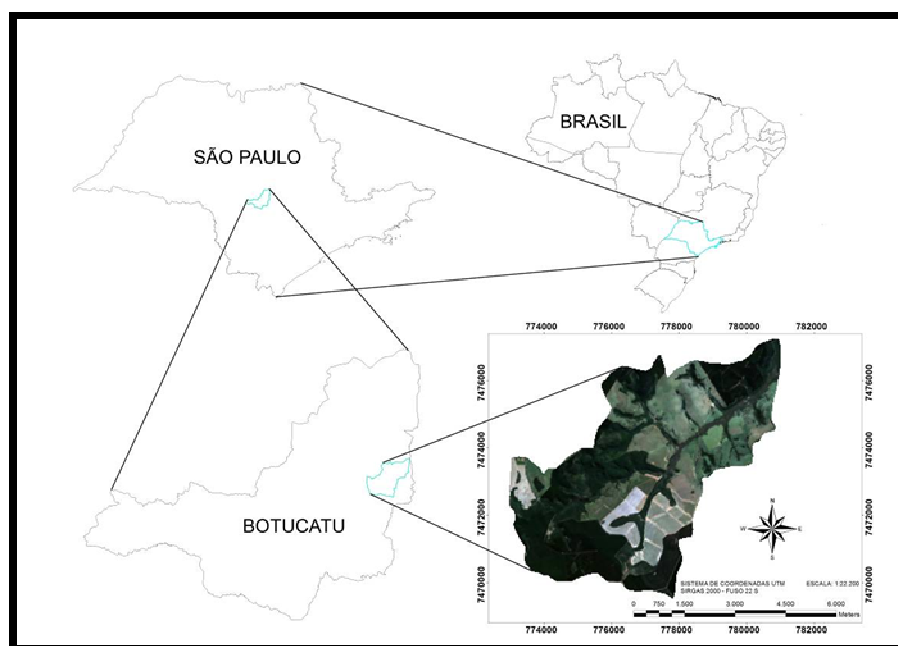


Figura 1: Localização da bacia do Córrego Petiço, Botucatu-SP.

A classificação climática de Köppen, para a área é temperado quente (mesotérmico) úmido, do tipo Cwa, com chuvas no verão e seca no inverno, possui precipitação média anual de 1358,6 mm e temperatura média anual de 20,7 °C (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI, 2016).

A aptidão agrícola da bacia, de acordo com Tagliarini, Rodrigues e Silveira (2015), tem grande potencial de uso e ocupação do solo para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamentos, além de ter relevo ondulado, que permite culturas em geral com uso de

mecanização e presença dos tipos de solos: Neossolo Quartzarênico (RQotípico), Gleissolo Háptico (GXbd), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e Neossolo Litólico eutrófico (RLe).

3.2 Imagens de satélite

O NDVI e a classificação supervisionada MAXVER, foram obtidas através de imagens do satélite LANDSAT-8, sensor OLI (Operational Land Imager), bandas 2, 3, 4, 5 e 8 (Tabela 1), da órbita 220, ponto 76, com data de registro de 13 de agosto de 2015, obtidas para download no catálogo de imagens do U.S. Department of the Interior/U.S. Geological Survey. No SIG foi realizada a fusão com a banda pancromática para melhorar a resolução do produto final, permitindo a melhor identificação dos usos do solo, assim facilitando a construção de polígonos para cada uma das classes na classificação MAXVER. Para o cálculo do NDVI foram utilizadas as bandas 4 e 5, já para definição do NDWI, foi utilizada a diferença e a soma das bandas do verde e do infravermelho próximo. Para a classificação supervisionada as bandas 2, 3 e 4. Ambos os métodos foram feitos em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) ArcGIS 10.3.

Tabela 1: Descrição das bandas do satélite LANDSAT-8 utilizadas no estudo.

Bandas	Espectro	Resolução Espacial (m)	Comprimento de Onda (μm)
Banda 2	Azul	30	0,45 - 0,51
Banda 3	Verde	30	0,53 - 0,59
Banda 4	Vermelho	30	0,64 - 0,67
Banda 5	Infravermelho Próximo	30	0,85 - 0,88
Banda 8	Pancromático	15	0,50 - 0,68

Fonte: U.S. Department of the Interior/U.S. Geological Survey – USGS (2016).

3.3 NDVI e NDWI

Para a utilização de imagens de satélite, com no caso dos índices de vegetação NDVI e NDWI, onde se trabalha com a informação do espectro das bandas do satélite é necessário realizar a calibração radiométrica da imagem, que consiste na conversão do Número Digital (ND), ou níveis de cinza da banda, de cada pixel em radiância espectral monocromática, conforme pode ser observado na Equação 1.

$$L\lambda = MLQ_{cal} + A_L \quad (1)$$

Onde: $L\lambda$ = radiância espectral monocromática ($\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$); ML = fator multiplicativo de cada banda, encontrado no arquivo metadados (RADIANCE_MULT_BAND_n, onde, n = número da banda); A_L = coeficiente de adição encontrado no arquivo metadados (RADIANCE_ADD_BAND_n, onde, n = número da

banda); e Q_{cal} = números digitais (DN) correspondentes a cada banda da imagem (ARIZA, 2013).

Após a calibração dos níveis de cinza (ND) de cada banda, foi realizada a correção atmosférica, através da refletância monocromática, que foi calculada com base nas bandas correspondentes do sensor OLI do LANDSAT-8, essas foram convertidas em refletância planetária a partir do coeficiente de reescalonamento da refletância presente no arquivo metadados da imagem; e também foi realizada a correção da refletância de acordo com ângulo solar (elevação do Sol), conforme pode ser visto na Equação 2.

$$\rho_{\lambda} = \frac{M\rho Q_{cal} + A\rho}{\text{Sin}(\theta_{SE})} \quad (2)$$

Onde: ρ_{λ} = refletância planetária, com correção do ângulo solar (elevação do sol); $M\rho$ = fator multiplicativo de cada banda, encontrado no arquivo metadados (REFLECTANCE_MULT_BAND_n, onde, n = número da banda); $A\rho$ = coeficiente de adição encontrado no arquivo metadados (REFLECTANCE_ADD_BAND_n, onde, n = número da banda); Q_{cal} = números digitais (DN) correspondentes a cada banda da imagem; e θ_{SE} = ângulo de elevação solar presente no arquivo metadados (ARIZA, 2013).

Após realizar a calibração dos níveis de cinza (ND) e a correção atmosférica, foi estimado o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), que é adimensional e possui valores que variam de -1 a 1. Na Equação 3, pode-se observar a obtenção do NDVI.

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (3)$$

Onde: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; ρ_{iv} = refletância da banda do infravermelho próximo (Banda 5); e ρ_v = refletância da banda do vermelho (Banda 4).

O índice de água por diferença normalizada (NDWI), que semelhante ao NDVI também é adimensional e possui valores que variam de -1 a 1. Na Equação 4, pode-se observar a obtenção do NDWI.

$$NDWI = \frac{\rho_{iv} - \rho_{im}}{\rho_{iv} + \rho_{im}} \quad (4)$$

Onde: NDWI = Índice de Água por Diferença Normalizada; ρ_{iv} = refletância da banda do infravermelho próximo (Banda 5); e ρ_{im} = refletância da banda do infravermelho médio (Banda 6).

4. Resultados e Discussão

O produto derivado da classificação supervisionada, ocorrido no processo de separação de pixels segundo uma regra matemática ou algoritmo para agrupar os pixels em classes

semelhantes em termos de suas propriedades espectrais correspondentes para cada uma das classes de uso e ocupação do solo definidos e distribuídos em sete (7) usos, como pode ser observado na Figura 2.

O índice de NDVI apresentou valores significativos (Figura 3) com valores de concentração de vegetação fotossinteticamente ativa na ordem de 0,05 a 0,7. Tais valores configuram a relação entre a biomassa existente e o teor de clorofila presente. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2013) na bacia do rio Taparurá/PE bem como Machado et al. (2014).

O NDVI demonstrou um acréscimo significativo de vegetação fotossinteticamente ativa (Figura 3), variando entre os valores de 0,35 a 0,70, onde valores semelhantes foram encontrados por Novais et al. (2011) em pesquisa na área de preservação ambiental de São Desidério – BA, cujos valores são decorrentes da vegetação sofrer constante pressão antropogênica, por uso inadequado do manejo, como solo exposto e pastagem.

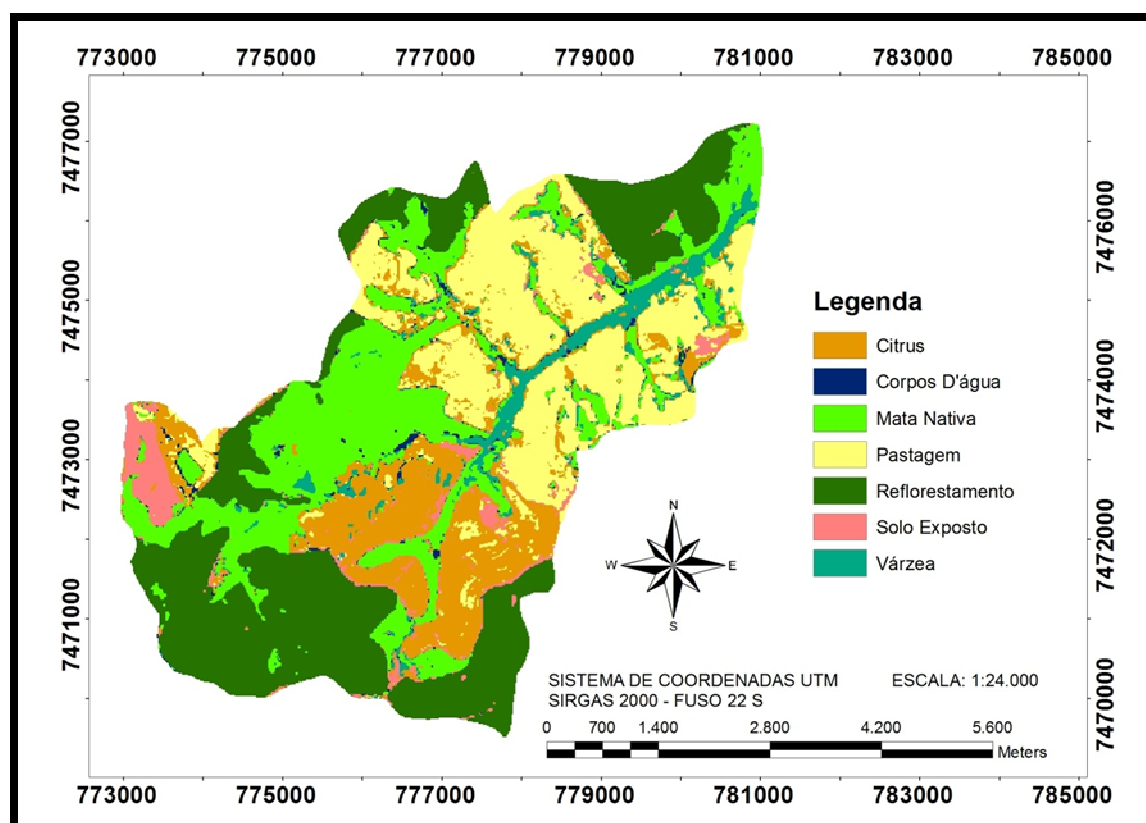


Figura 2: Classes de uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP.

Com relação às pastagens, estas são evidenciadas com coloração verde escuro ao claro, variando entre os valores de 0,35 a 0,50, mostrando um elevado vigor e bom estágio de desenvolvimentos, áreas de pastagem segundo Paula et al. (2013) apresentam uma rápida resposta e bom desenvolvimento em períodos pós-chuva, podendo ser um dos motivos para o observado. As áreas de várzea apresentaram coloração azul-marinho ao verde-água, com intervalos variando de 0,05 a 0,25, mostrando a influência da água do solo nessa classe, pois as várzeas são áreas de constantes alagações durante as cheias dos rios, causando um menor vigor na vegetação presente.

As áreas com citrus mostraram coloração variando do azul-piscina ao verde, variando de 0,20 a 0,40, o baixo valor de NDVI para essa cultura perene pode indicar um estado mais

novo de desenvolvimento, não tendo um vigor vegetativo tão alto. A mata nativa apresentou coloração do verde-bandeira ao verde claro, variando na faixa de 0,40 a 0,60, apresentando um bom estágio de desenvolvimento e um elevado vigor, resultado semelhante foi encontrado por Pisani et al. (2012), onde o valor do índice variou de 0,10 a 0,63, segundo esses autores essa variação na faixa de NDVI pode significar possíveis períodos de senescência da vegetação, déficit hídrico e até mesmo a ocorrência de desmatamentos. Nesse caso, fica evidenciado o potencial do índice NDVI no que diz respeito entre as diferenças entre usos e até dentro de uma mesma classe de uso, mostrando diferentes graus de desenvolvimento ou de degradação.

Em relação à classe reflorestamento, esta apresentou tonalidade do verde claro ao amarelo, variando o valor do índice entre 0,55 a 0,70, os valores mais altos encontrados, ilustrando um índice bastante vigoroso e em pleno estágio de desenvolvimento em consonância aos resultados encontrados por Pisani et al. (2012), onde o NDVI encontrado para os reflorestamentos variou de 0,63 a 0,94, além disso valores altos de NDVI são associados a maiores densidades e cobertura vegetal e a divisão em diferentes classes indica diferentes fases de desenvolvimento da cultura.

As áreas com corpos d'água superficiais tiveram coloração azul escuro e valores de NDVI negativos (menores que zero). Já as áreas com solo exposto que ocupam uma porção muito pequena da bacia, não foi adequadamente identificada, apresentando confusão com as áreas de mata nativa e reflorestamento vizinhas a essa classe de uso.

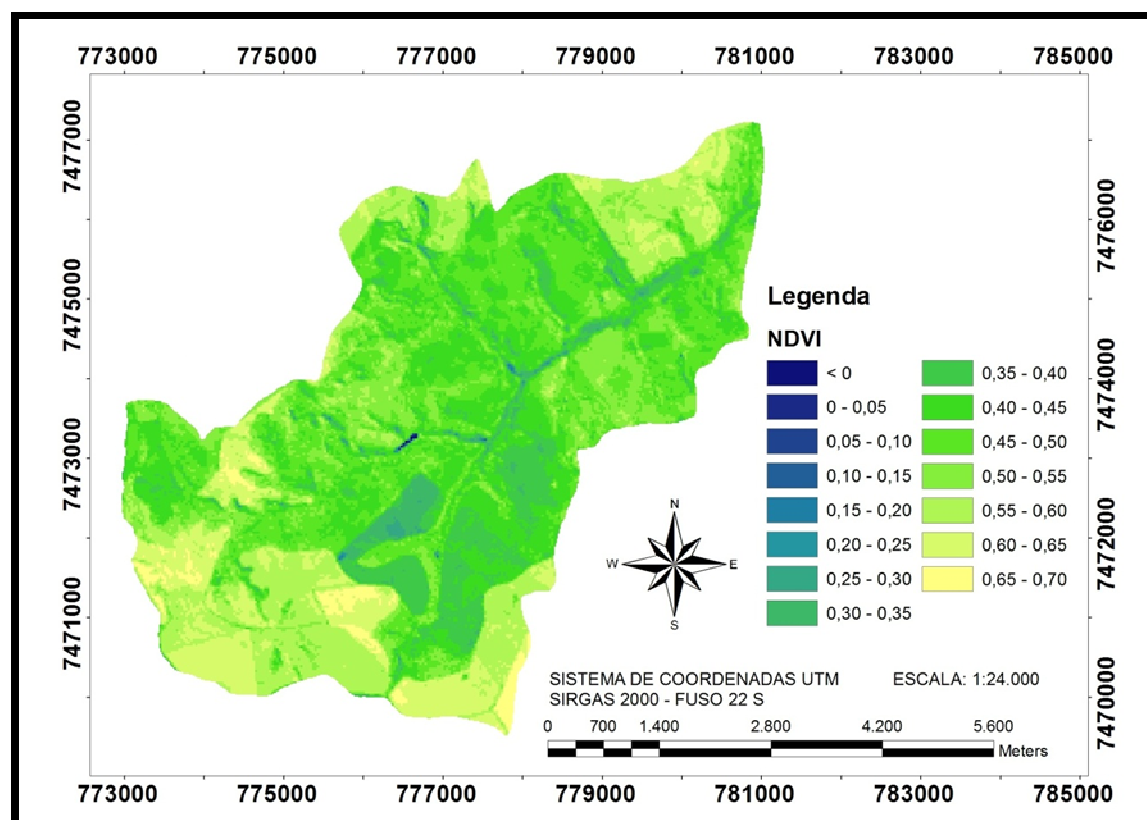


Figura 3: Mapa do índice de vegetação NDVI para a bacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP.

Na Figura 4, representando o NDWI para mesma bacia, nota-se que a área estudada apresenta um considerado valor de umidade, demonstrado por uma distribuição de valores altos e intermediários, para o reflorestamento e a mata nativa, onde apenas o solo exposto e as culturas de citrus apresentaram valores negativos, provavelmente pela fenologia apresentada pela cultura na época da passagem do satélite. Nas áreas de várzea este índice apresentou valores na ordem de entre 0,10 a 0,30, que independente do período e passagem do satélite, sempre haverá um considerado índice de NDWI devido sua característica de possuir umidade por grandes períodos, preservando o vigor e presença de água desse uso.

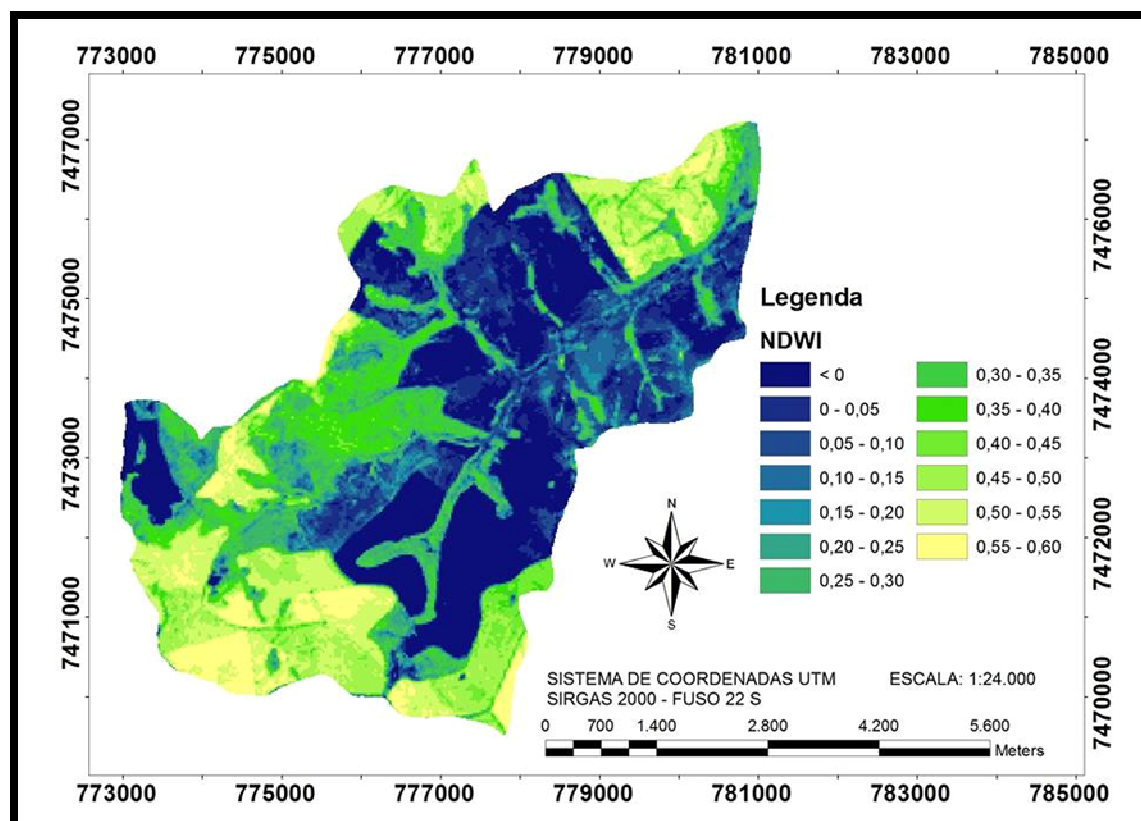


Figura 4: Mapa do índice de vegetação NDWI para a bacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP.

4. Conclusões

O uso dos índices radiométricos NDVI e NDWI ponderado ao uso da terra, aplicando-se técnicas de classificação de pixels combinando dados provenientes do uso e ocupação por meio de classificação digital de imagem do satélite Landsat 8, mostrou-se uma ferramenta eficaz para mapeamento e classificação do uso da terra, possibilitando a espacialização dos valores e a flutuação entre eles, consequentemente identificando limites com maiores e menores valores dos índices.

A utilização de imagem Landsat 8 configura-se como uma eficiente ferramenta de análise para correlação entre os índices de NDVI e NDWI empregados com desígnio de acentuar o contraste entre as massas de água e as características da superfície envolvente. Porém, o analista deve ficar atento nos fins de utilização da imagem Landsat para classificação digital do uso da terra quanto à escala da bacia hidrográfica estudada, pois os produtos derivados do imageamento do Landsat 8 possuem resolução espacial de 30 metros. Desta forma, a bacia deve conter uma escala compatível com o tamanho do pixel contido dentro do produto

trabalhado, caso contrário, os dados dos índices NDVI e NDWI provavelmente estarão induzidos.

Referências

- Ariza, Alexander. **Descripción y Corrección de productos Landsat – 8: LDCM – Landsat Data Continuity Mission**. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, p. 44, 2013.
- Ceccato, P.; Flasse, S.; Gregoire, J. **Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data**. Validation and applications. *Remote Sensing of Environment*, v. 2, p. 198-207, 2002.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas – Botucatu**. 2016. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_086.html>. Acesso em: 10 mar. 2016
- Galvão, L. S.; Formaggio, A. R.; Tisot, D. A. Discrimination of sugarcane varieties in southeastern Brasil with EO-1 Hyperion Data. **Remote sensing of Environment**, v. 94, p. 523-534. 2005.
- Machado, T. S.; Cioni, C.; Fernandes, R. S.; Neves, R. J.; Neves, S. M. A. S. Análise de NDVI e NDWI em diferentes intensidades pluviométricas para bacia hidrográfica do rio do Cachoeirinha – Mato Grosso, Brasil. In: 5º SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIA DO PANTANAL, 2014, Campo Grande. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2014. p. 690-699.
- Novais, L. R.; Lima, A. C.; Rodrigues, J. A.; Costa, A. M. S.; Borges, E. F.; Anjos, C. S. Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério-BA, a partir do NDVI e NDWI. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1888-1894.
- Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Silva, B. B.; Moura, A. E. S. S.; Villar, A. C.; Gusmão, L.; Salgueiro, J. H. P. B. Índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE. In: XX Simpósio brasileiro de recursos hídricos. Bento Gonçalves. **Anais...** Porto Alegre: SBRH, 2013.
- Paula, S. C.; Silva, G. B. S.; Vicente, L. E.; Gomes, D.; Nogueira, S. F.; Andrade, R. G. Avaliação de índices espectrais aplicados a série multitemporal TM/Landsat-5 para o mapeamento de fitofisnomias e pastagem em ambiente de cerrado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1790-1797.
- Peñuelas, J.; Filella, I.; Biel, C.; Serrano, L.; Save, R. The reflectance at the 950– 970 nm region as an indicator of plant water status. **International Journal of Remote Sensing**, v. 14, p. 1887-1905. 1993.
- Pisani, R. J.; Zimback, C. R. L.; Campos, S.; Barros, Z. X. **Relações entre o método MAXVER e NDVI para classes de uso do solo na sub-bacia do Rio das Pedras Itatinga - SP**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, v. 22, n. 2, p. 1-12, 2012.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. **Earth Resources Technology**, v.1, p.309-317, 1973.
- Tagliarini, F. S. N.; Rodrigues, M. T.; Silveira, G. R. P. Uso de geotecnologias para determinação das subclasses de capacidade de uso do solo na microbacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP. In: BENINI, S. M. (Org.). **Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Análise Ambiental em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. Tupã, SP: Editora ANAP, 2015. v. 1, cap. 3, p. 59-79.