



ANAIIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

EIXO TEMÁTICO:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Biodiversidade e Unidade de Conservação | <input type="checkbox"/> Gestão e Gerenciamento dos Resíduos |
| <input type="checkbox"/> Campo, Agronegócio e as Práticas Sustentáveis | <input checked="" type="checkbox"/> Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos |
| <input type="checkbox"/> Cidades Sustentáveis | <input type="checkbox"/> Saúde Pública e o Controle de Vetores |
| <input type="checkbox"/> Educação e Práticas Ambientais | |

RELAÇÕES ENTRE A CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA PELA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA E O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO PELA DIFERENÇA NORMALIZADA PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO PETIÇO - BOTUCATU (SP)

Relations between the supervised classification by maximum likelihood and the normalized difference vegetation index to identify classes of use and occupation of the land in the watershed of Petiço Stream - Botucatu (SP)

Relaciones entre la clasificación supervisada por máxima verosimilitud y el índice de vegetación de diferencia normalizada para la identificación de las clases del uso y ocupación del suelo en la cuenca hidrográfica del Arroyo Petiço - Botucatu (SP)

Felipe de Souza Nogueira Tagliarini

Mestrando em Agronomia - Energia na Agricultura, UNESP/Botucatu, Brasil.
felipe_tagliarini@hotmail.com

Bruno Timóteo Rodrigues

Mestrando em Agronomia - Energia na Agricultura, UNESP/Botucatu, Brasil.
brunogta21@gmail.com

Mikael Timóteo Rodrigues

Doutor em Agronomia - Energia na Agricultura, UNESP/Botucatu, Brasil.
mikaelgeo@gmail.com



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

RESUMO

O presente estudo visou uma análise comparativa qualitativa entre duas metodologias para classes de uso e ocupação do solo: a classificação supervisionada MAXVER e o índice de vegetação NDVI. A área de estudo analisada foi a bacia hidrográfica do Córrego Petiço, Botucatu-SP. Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-8 e o SIG ArcGIS 10.3 para a análise das mesmas. Para a obtenção do NDVI foi necessário antes do processamento dos dados, realizar a calibração dos níveis de cinza e a correção atmosférica das bandas do satélite. Após a obtenção do mapa da MAXVER, foi aplicada a ferramenta do filtro majoritário (Majority Filter), para eliminação de pixels isolados, gerando um grau satisfatório de acurácia na classificação supervisionada. O resultado do NDVI foi um mapa com transições graduais entre as classes de uso e ocupação, indicando diferentes estádios de desenvolvimento e até mesmo de degradação. Já a MAXVER gerou mapa das áreas de uso por agregação dos pixels por amostras de treinamento, apenas indicando presença ou ausência de determinado uso do solo. O NDVI mostrou ser melhor qualitativamente que a MAXVER, evidenciando principalmente vegetações com elevado vigor vegetativo.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. Mapeamento Temático.

ABSTRACT

This present study aimed to a qualitative comparative analysis between two methodologies to classes of use and occupation of the land: the supervised classification MAXVER and the vegetation index NDVI. The study area analyzed were the watershed of Petiço Stream, Botucatu-SP. Were used images of the satellite LANDSAT-8 and GIS ArcGIS 10.3 to analyzing them. To obtain the NDVI was required before the processing of the datas, perform the calibration of gray levels and the atmospheric correction of the satellite bands. After obtaining the MAXVER map, were applied the tool of majority filter, to eliminate isolated pixels, generating a satisfactory grade of accuracy in the supervised classification. The results of the NDVI were a map with gradual transitions between the classes of use and occupation, indicating different stages of development and even degradation. Already the MAXVER generated a map of use by aggregation of pixels per training samples, just indicating presence or absence of determined land use. The NDVI proved to be qualitatively better than MAXVER, evidencing mainly vegetations with high vegetative vigor.

KEY WORDS: Geoprocessing. Remote Sensing. Thematic Mapping.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo un análisis comparativo cualitativo entre dos métodos para utilizar las clases y la ocupación del terreno: la clasificación supervisada MAXVER y el índice de vegetación NDVI. El área de estudio analizada fue la cuenca del Arroyo Petiço, Botucatu/São Paulo. Fueron utilizadas las imágenes desde lo satélite Landsat-8 y el SIG ArcGIS 10.3 para su análisis. Para obtener el NDVI era necesario antes de procesar los datos, realizar la calibración de los niveles de grises y corrección atmosférica de las bandas de satélite. Después de obtener el mapa MAXVER, se aplicó la herramienta de filtro mayoría (Majority Filter) para eliminar píxeles aislados, generando un grado satisfactorio de exactitud en la clasificación supervisada. El resultado de NDVI era un mapa con transiciones graduales entre el uso y clases de ocupación, lo que indica diversas etapas de desarrollo e incluso la degradación. Ya la MAXVER a generado un mapa de las zonas de uso para la agregación de píxeles de muestras de entrenamiento, sólo se indica la presencia o ausencia de un uso particular del suelo. El NDVI resultó ser cualitativamente mejor que MAXVER, mostrando principalmente vegetaciones con gran vigor vegetativo.

PALABRAS-CLAVE: Geoprocasamiento. Detección Remota. Mapeado Temático.



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

1. Introdução

Atualmente, a correta identificação dos elementos que constituem o uso e ocupação do solo em determinada área, de forma prática e rápida é de grande importância, sendo indispensável para o planejamento ambiental. Segundo Pisani et al. (2011) órgãos públicos e privados tem grande necessidade de terem em mãos ferramentas que auxiliem nesse tipo de análise de forma eficaz. Dentre essas ferramentas destaca-se a utilização do Sensoriamento Remoto.

Através de técnicas de sensoriamento é possível obter informações sobre um determinado alvo, sem entrar em contato direto com o mesmo, isso é possível graças à radiação eletromagnética que é gradada de forma natural ou artificial e captada pelo sensor. O Sensoriamento Remoto passou a ser utilizado em grande escala durante as últimas décadas por permitir um rápido monitoramento, avaliação de importantes variáveis ambientais e de diversos fatores relacionados com atividades antrópicas (SHIMABUKURO; MAEDA; FORMAGGIO, 2015).

Uma metodologia que é bastante utilizada para a elaboração de mapas temáticos referentes ao uso e ocupação do solo é através da classificação de imagens obtidas de sensoriamento remoto. De acordo com Demarchi, Piroli e Zimback (2011) a classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto, remete ao aspecto de associar cada pixel de uma imagem a um “rótulo” descrevendo um objeto real (ex: vegetação, solo, água, etc.). Com isso, os valores associados a cada classe de pixel, definidos pela reflectância do material de origem desse pixel, são então identificados como um tipo de uso e ocupação do solo.

O método mais utilizado de classificação supervisionada, do tipo pixel-pixel é o da Máxima Verossimilhança (MAXVER). O referido método considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes cujas amostras de treinamento são definidas pelo usuário, utilizando parâmetros estatísticos e ajuste segundo uma distribuição gaussiana (DEMARCHI; PIROLI; ZIMBACK, 2011).

Outra metodologia empregada globalmente, como forma de monitorar e estudar os usos e ocupação do solo de um determinado local é através dos índices de vegetação. Segundo Jensen (2009) os índices são medidas radiométricas adimensionais obtidos do comportamento espectral da vegetação, que representam a atividade da vegetação, porcentagem de cobertura vegetal, teor de clorofila em plantas, biomassa e radiação fotossinteticamente absorvida, entre outros. Além dessas características os índices permitem ainda avaliar e estudar o estresse hídrico e vigor de culturas, bem como detecção de mudanças naturais ou antrópicas na paisagem.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) corresponde a razão entre a diferença das refletividades das bandas do infravermelho próximo e do vermelho e pela soma dessas mesmas refletividades (ROUSE et al., 1973). Este índice é capaz de quantificar e atribuir valores de -1 a 1 (BORATTO; GOMIDE, 2013). Sendo a faixa entre -1 a 0, correspondente a corpos d'água; valores próximos a 0, como solos expostos e construções; enquanto que valores superiores a 0 até 1 indicam vegetação com diversificados valores de vigor vegetativo.



2. Objetivo

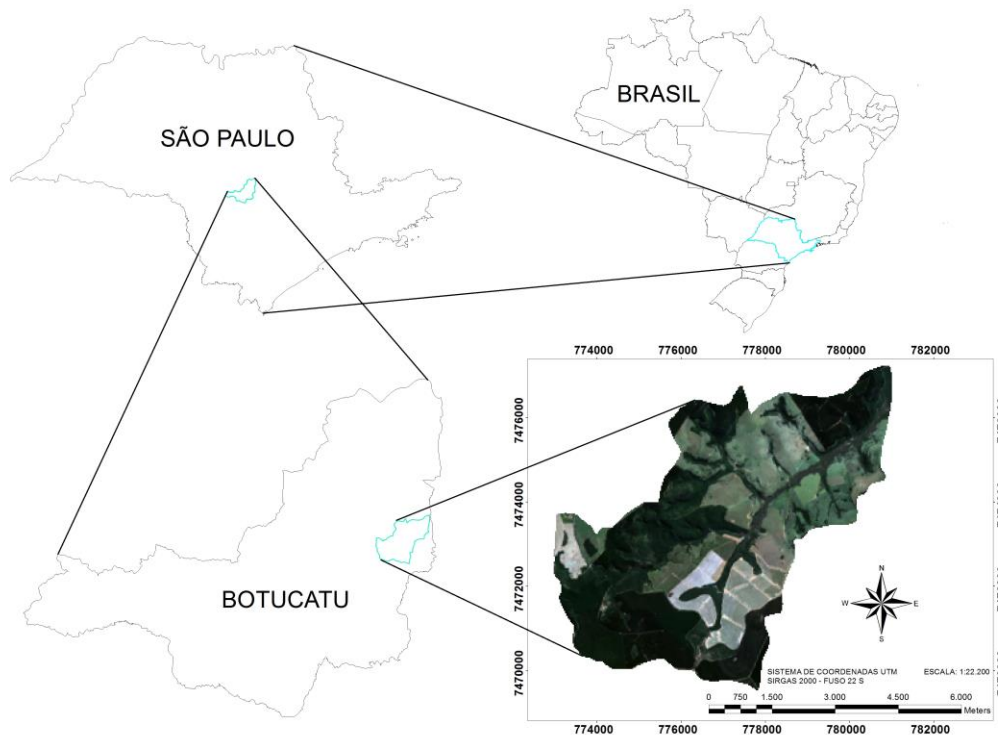
O objetivo deste trabalho foi uma caracterização e comparação qualitativa entre o método de classificação supervisionada de imagens pela máxima verossimilhança (MAXVER) e parâmetros do índice de vegetação pela diferença normatizada (NDVI) para determinar as classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego do Petiço, município de Botucatu-SP, na busca de se estabelecer mais um mecanismo para o planejamento do uso da terra.

3. Materiais e métodos

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° 20' 23" a 48° 15' 12" de longitude W Gr. e 22° 51' 51" a 22° 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).



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

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 (RQ_{otípico}), 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 por meio 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 e 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

Para a utilização de imagens de satélite, com no caso do índice de vegetação NDVI, 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 ($W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$); M_L = 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).



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

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: $\rho\lambda$ = 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; e ρ_v = refletância da banda do vermelho.

3.4. Classificação supervisionada MAXVER

A classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) foi realizada em ambiente SIG, onde foram definidas as amostras de treinamento, por meio de polígonos que representam cada uma das classes de uso e ocupação do solo presentes bacia, conforme a tonalidade e texturas dos alvos identificados, sendo assim divididos em sete classes: Citrus, Corpos d'água, Mata Nativa, Pastagem, Reflorestamento, Solo Exposto e Várzea. Neste método, foram escolhidas as classes de pixels correspondentes com cada um dos tipos de uso e ocupação do solo em diferentes pontos na imagem (JENSEN, 2009).

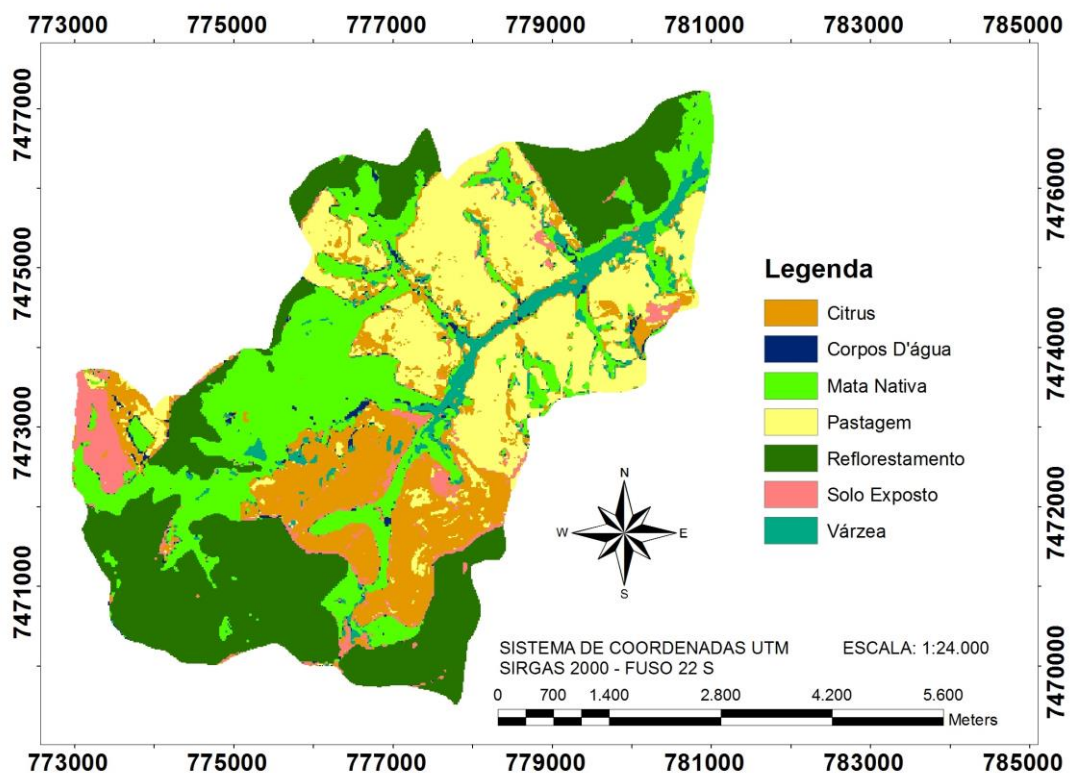
Após a realização da MAXVER, foi utilizado como uma forma de pós-classificação a extensão do Filtro Majoritário (*Majority Filter*) presente no SIG ArcGIS 10.3, que segundo Rodrigues, Rodrigues e Tagliarini (2014) realiza uma "limpeza" dos pixels que possivelmente tenham sido classificados de forma equivocada pelo algoritmo do SIG, onde o mesmo minimiza os ruídos

eliminando pontos isolados, classificados diferentemente de grupos vizinhos, assim, atingindo um satisfatório grau de acurácia na classificação supervisionada.

4. Resultados

Pelo método da Classificação Supervisionada MAXVER (Figura 2), obteve-se o conjunto de dados matriciais (pixels) correspondentes para cada uma das classe de uso e ocupação do solo definido, porém, em relação às escalas do índice NDVI não se evidenciaram as subdivisões graduais que existem de uma classe para a outra, porém apenas as áreas que possuem reflorestamento com elevado vigor vegetativo e pequenas manchas de solo exposto em consonância às considerações realizadas por Demarchi et al. (2011) e Pisani et al. (2012).

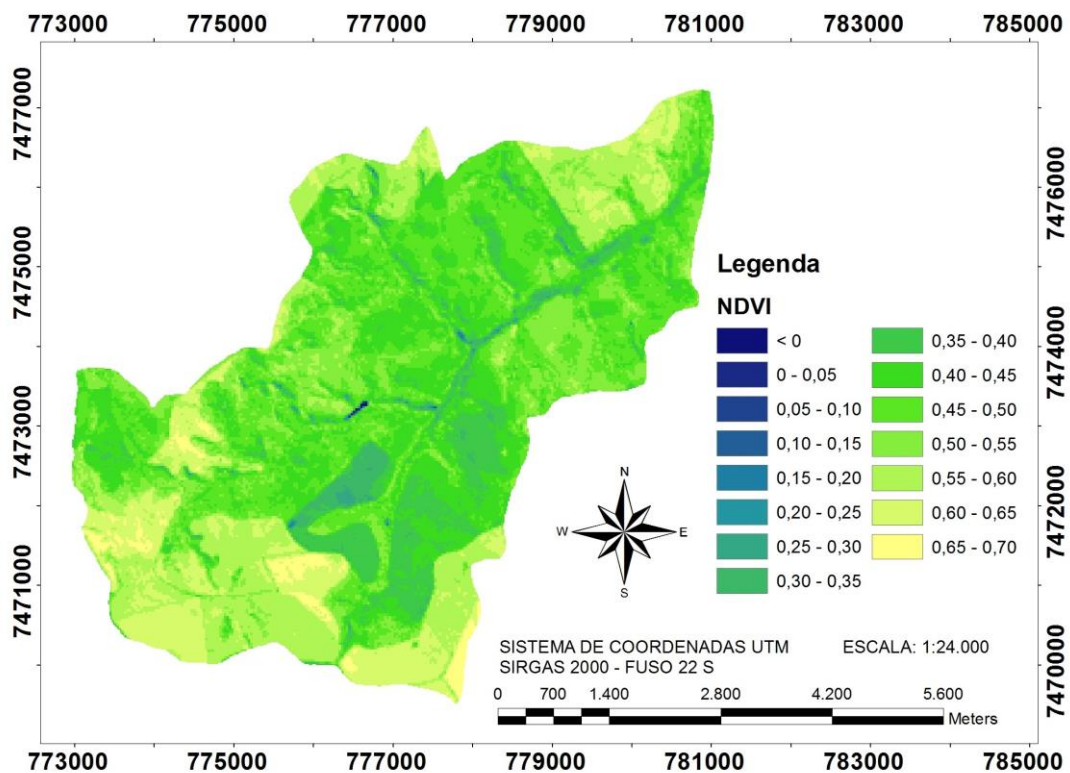
Figura 2: Classes de uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Petiço, Botucatu-SP, utilizando o método MAXVER.



Também é possível notar alguns conjuntos de pixels associados em cada uma das sete classes de uso e ocupação do solo na bacia, esses tiveram seus efeitos reduzidos devido à aplicação da ferramenta do filtro majoritário (*Majority Filter*), que diminuiu o efeito desses dados matriciais, que de algum modo foram classificados de forma errônea pelo algoritmo do SIG, assim, classificando diferentemente grupos vizinhos, melhorando a qualidade da classificação supervisionada, conforme evidenciado por Rodrigues, Rodrigues e Tagliarini (2014).

Com relação aos valores do índice de vegetação NDVI (Figura 3), o resultado obtido foi um índice que variou entre os valores de -0,67 a 0,70, porém os mesmos foram reclassificados. Os valores de -1 a 0 foram unidos em uma única classe, pois valores neste intervalo representam água superficial e solos expostos com alto teor de água; os valores acima de 0 foram classificados em intervalos de 0,05 até o valor máximo obtido, esses valores representam desde o solo exposto e/ou impermeabilizado até culturas com os mais diversos estados de vigor vegetativo.

Figura 3: Mapa do índice de vegetação NDVI para a 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 segundo Paula et al. (2013) apresentam uma rápida resposta e bom desenvolvimento em períodos pós-chuva, podendo ser um dos motivo 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 constante alagações durate as cheias dos rios, causando um menor vigor na vegetação presente.



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

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 a 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.

5. Conclusão

A partir dos resultados encontrados nesse trabalho conclui-se que o índice de vegetação pela diferença normatizada (NDVI) apresentou-se qualitativamente melhor em relação a classificação supervisionada MAXVER, pois o primeiro método apresentou transições graduais entre as classes de diferentes tipos de uso e ocupação do solo, mostrando diferentes estágios de desenvolvimento e/ou degradação das culturas e vegetações encontrados na área de estudo, o que não foi inteiramente contemplado pelo método da MAXVER, onde este indica somente presença ou ausência de determinada classe de uso.

Somente em relação à classe solo exposto que o NDVI não foi satisfatório como relação à MAXVER, pois o resultado obtido apresentou confusão com áreas vizinhas de mata nativa e reflorestamento.

Também concluiu-se que assim como a MAXVER é amplamente utilizada, o NDVI pode ser considerado também uma importante ferramenta de auxílio, em conjunto com outras técnicas, para a tomada de decisão dentro do planejamento de uso e ocupação do solo.



ANAIS DO FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA

Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento

ANAP, Tupã/SP, Volume XII, 2016

ISBN 978-85-68242-22-3

CATEGORIA - ARTIGO COMPLETO

6. Referências bibliográficas

ARIZA, Alexander. **Descripción y Corrección de productos Landsat – 8:** LDCM – Landsat Data Continuity Mission. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 44 p. 2013.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7345-7352.

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.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens LANDSAT-5. **Raega**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 234-271, 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** Uma perspectiva em recursos terrestres. 1 ed. São José dos Campos: Parentese, 2009. 598 p.

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 fitofisionomias 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.

PISANI, R. J.; GONÇALVES, S.; PERUSI, M. C.; ZIMBACK, C. R. L.; CAMPOS, S. Diagnóstico socioeconômico e ambiental como ferramenta de planejamento para a agricultura familiar. Estudo de caso: Sub-bacia do rio das Pedras, Itatinga-SP. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n.4, p. 70-79. 2011.

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.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; TAGLIARINI, F. S. N. Comparação do desempenho de Sistemas de Informação Geográfica (IDRISI Selva e ArcGIS®) por meio de processamento digital de imagem. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Tupã, v. 10, n. 2, p. 265-280, 2014.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: THIRD ERTS SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington, DC. **Anais...** Washington, DC: NASA, p. 309-317.

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.

SHIMABUKURO, Y. E.; MAEDA, E. E.; FORMAGGIO, A. R. Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 399-409, 2015.

USGS. U.S. Department of the Interior / U.S. Geological Survey. **Browse Images.** 2016. Disponível em: <<http://glovis.usgs.gov/AboutBrowse.shtml>>. Acesso em: 30 jan. 2016.

USGS. U.S. Department of the Interior / U.S. Geological Survey. **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.** 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php>. Acesso em: 30 jan. 2016.