

RELAÇÕES ENTRE O MÉTODO MAXVER E NDVI PARA CLASSES DE USO DO SOLO NA SUB-BACIA DO RIO DAS PEDRAS ITATINGA - SP.

Rodrigo José PISANI¹, Célia Regina Lopes ZIMBACK², Sérgio CAMPOS³, Zacarias Xavier BARROS³.

RESUMO: O estudo visou uma análise comparativa qualitativa entre duas abordagens para classes de uso do solo: MAXVER e parâmetros NDVI. A área estudada foi a sub-bacia do rio das Pedras, Itatinga – SP. Utilizou-se o SIG IDRISI Andes 15.0 da Clark Labs e imagens CBERS 2B CCD. O resultado para o NDVI foi um mapa com variabilidades das classes com intervalos satisfatórios para esta finalidade. O MAXVER gerou apenas um mapa das áreas de uso por agregação de pixels. Conclusões: na determinação das classes, o NDVI apresentou uma melhor interface em relação ao MAXVER, evidenciando principalmente a presença de áreas degradadas.

Palavras chave: sensoriamento remoto, geoprocessamento e planejamento ambiental.

ABSTRACT: This study aimed a comparative qualitative analysis among two approaches in the land use: MAXVER and NDVI parameters. The studied area was the Rio das Pedras watershed, Itatinga – SP. It was used the GIS IDRISI Andes 15.0 from Clark Labs and CBERS 2B CCD image. The result for the NDVI was a map with variability of classes with suitable intervals. The MAXVER only generated a map of land use areas from the pixels aggregation. Conclusions: NDVI method showed a better interface in relation the MAXVER showing overall the impacted areas.

Keywords: remote sensing, geoprocessing and environmental planning.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o uso racional na ocupação do solo é uma realidade bastante presente vista a necessidade de mecanismos para um planejamento ambiental cada vez mais acurado. Nesse sentido urge a necessidade de órgãos públicos e privados terem em mãos ferramentas

que auxiliem nesse tipo de análise (PISANI et al. 2011). Dentre elas destacamos o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento tendo no caso as bacias hidrográficas representadas como unidades de conservação. É recomendável que um programa que vise a conservação dos recursos naturais tenha como base de estudo as bacias hidrográficas (ROCHA, 1991).

¹Aluno de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente – IGCE/UNESP Rio Claro; ²Docente do Departamento de Recursos Naturais – FCA/UNESP Botucatu; ³Docente do Departamento de Engenharia Rural – FCA/UNESP Botucatu.

O aprimoramento de metodologias para levantamentos de uso da terra são primordiais para a elaboração de uma estratégia regional ou nacional para a conservação dos recursos naturais, pois permite ordenar os esforços disponíveis para conservação e subsidiar a elaboração de políticas pública de ordenamento territorial (RIBEIRO et al. 2008 e ABDALA E CASTRO, 2010).

A idéia de planejamento de uso integrado, nesse sentido, é definida como um conjunto de recomendações a serem seguidas pelos produtores rurais de maneira factível, a partir da verificação do tipo de uso do solo (LEPSCH, 1991).

Dentre as principais técnicas inclui-se o geoprocessamento, o qual tem adquirido cada vez mais espaço como ferramenta de monitoramento ambiental, pois, segundo Dainese (2001), localiza os problemas de forma rápida, acurada e relativamente sem altos custos.

Nesta temática, o Sensoriamento Remoto destaca-se como um importante método de identificação, entre outros fins, para uso e cobertura do solo. Nesse sentido, Novo (1992) considerou como objetivo do Sensoriamento Remoto a

expansão da percepção sensorial humana, seja através da visão panorâmica proporcionada pela aquisição de informações aéreas ou espaciais, seja pela possibilidade de se obter informações inacessíveis à visão.

No sensoriamento remoto para, entre outras funções, o auxílio para identificação de classes do solo, pode-se utilizar o processamento de imagem por VGINDEX (Índice de Vegetação), mais especificamente pelo método NDVI (Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada), sendo esta uma composição de bandas nas faixas do vermelho e infravermelho onde o sensor capta ondas de calor e energia. Ainda, de acordo com Lourenço e Landim (2003), na faixa do vermelho, a clorofila absorve a energia solar ocasionando uma baixa reflectância, enquanto na banda do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta reflectância da energia solar incidente. Portanto, quanto maior o contraste, maior o vigor da vegetação na área imageada e a combinação destas duas faixas espectrais citadas realçam as áreas de vegetação, auxiliando também dessa

maneira a identificação de classes de uso do solo (MOREIRA, 2001). O Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada é representado pela seguinte equação:

$$NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V} \quad (1)$$

Onde:

IVP: valor da reflectância da banda no Infravermelho próximo e V: valor de reflectância da banda no vermelho.

O NDVI é muito utilizado como indicador da presença e da condição da vegetação. Entre os vários índices de vegetação disponibilizados na literatura, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é o mais utilizado (LOPES E ZANARDI, 2007). As medidas dos índices de vegetação possuem associação direta com variáveis agrônomicas como, por exemplo, o índice de área foliar, a cobertura do solo, a interceptação da radiação, etc. Esse índice tem sido empregado freqüentemente na avaliação do vigor da vegetação, monitoramento da cobertura vegetal, auxílio na detecção de desmatamentos, avaliação de áreas queimadas, suporte à previsão da produtividade agrícola, entre outras aplicações, como apontaram os

trabalhos de Lopes e Zanardi, (2007) e de la Casa e Ovando (2007).

Walter et al. (2009) avaliaram a relação entre perfis temporais de diferentes índice de vegetação a partir de imagens SPOT Vegetation para diversos tipos de uso da terra entre os municípios de Cosmópolis, Jaguariúna e Holambra.

Gu et al. (2009) analisaram a mudança da fenologia da vegetação por meio do índice de vegetação NDVI, correlacionando as variações da radiação solar em dias nublados e sem nuvens na região oeste da China.

Com o objetivo de modelar dados NDVI em seis diferentes alvos de uso e cobertura da terra e analisar as mudanças fisionômicas desses alvos em séries temporais, Santana et al. (2010) obtiveram cenários para simulações em eventos futuros para determinadas classes de uso do solo na bacia do rio Paracatu-MG.

Dados NDVI são amplamente utilizados para monitoramento e estimativas de safras de diferentes tipos de culturas com menor risco de subjetividade na identificação das feições dos talhões (ARAÚJO et al. 2011).

Demarchi et al. (2011) realizaram por meio do método NDVI e SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) uma análise temporal e comparativa de diferentes comportamentos do uso da terra além de utilizar como ferramenta o método de classificação supervisionada MAXVER no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP.

Considera-se também no mesmo sentido, a classificação supervisionada. Segundo Rosa (2009), esta vem a ser uma associação entre pontos de uma imagem a uma classe de grupo, ou ainda processo de reconhecimento de classes ou grupos cujos membros exibem características semelhantes feitas através de uma classificação rígida, ou seja, transformação de uma imagem quantitativa em qualitativa, forçando os pixels a pertencerem a um número restrito de classes temáticas atuando sobre uma determinada cena, considerando suas várias bandas espectrais.

Na classificação pelo método da Máxima Verossimilhança o algoritmo utilizado consiste num princípio estatístico paramétrico, onde são consideradas as classes envolvidas e uma função densidade de probabilidade Gaussiana (PEREIRA, 1995).

Riedel et al (2010) utilizaram do método de classificação supervisionada e ferramentas de análise espacial para classificação de feições de escorregamento em encostas na região da serra do mar no Estado de São Paulo.

Na mesma linha de raciocínio, Pisani et al. (2012) compararam a eficiência de diferentes métodos de classificação supervisionada para identificação de diferentes feições de uso do solo como: área urbana, solo exposto, vegetação e feições de escorregamentos.

A fim de se determinar o método mais eficiente de classificação pixel a pixel no contexto de mudança de uso da terra em faixa de dutos nos municípios de Duque de Caxias, Belford Roxo e nova Iguaçu-RJ nos períodos de 1986 a 2005, Ferreira et al. (2010) comparou os algoritmos K, Battacharya e MAXVER.

Heinl et al. (2009) compararam os método MAXVER e Redes Neurais artificiais para a capacidade de reconhecimento de classes de uso do solo a partir de imagens Landsat 7 ETM+.

Outros trabalhos de classificação supervisionada de imagens orbitais para o contexto de uso e cobertura do solo podem ser citados como, por exemplo,

os trabalhos de Perumal e Bhaskaran (2009), Knorn et al. (2009), Ming-Hseng et al (2007), Yuan et al (2009).

O objetivo deste trabalho foi uma caracterização e comparação qualitativa entre o método da Máxima Verossimilhança ou MAXVER (Classificação Supervisionada) e parâmetros de índice de vegetação (NDVI) para a determinação das classes de uso do solo na bacia do Rio das Pedras, município de Itatinga – SP, na

busca de se estabelecer mais um mecanismo para o planejamento de uso da terra.

MATERIAL E MÉTODOS

A sub-bacia estudada localiza-se no município de Itatinga, interior do Estado de São Paulo, compreendendo uma área de 5172 ha e está entre as coordenadas: 732000 – 740000 e 7440000 - 7460000 em UTM 22 hemisfério sul (Figura 1).

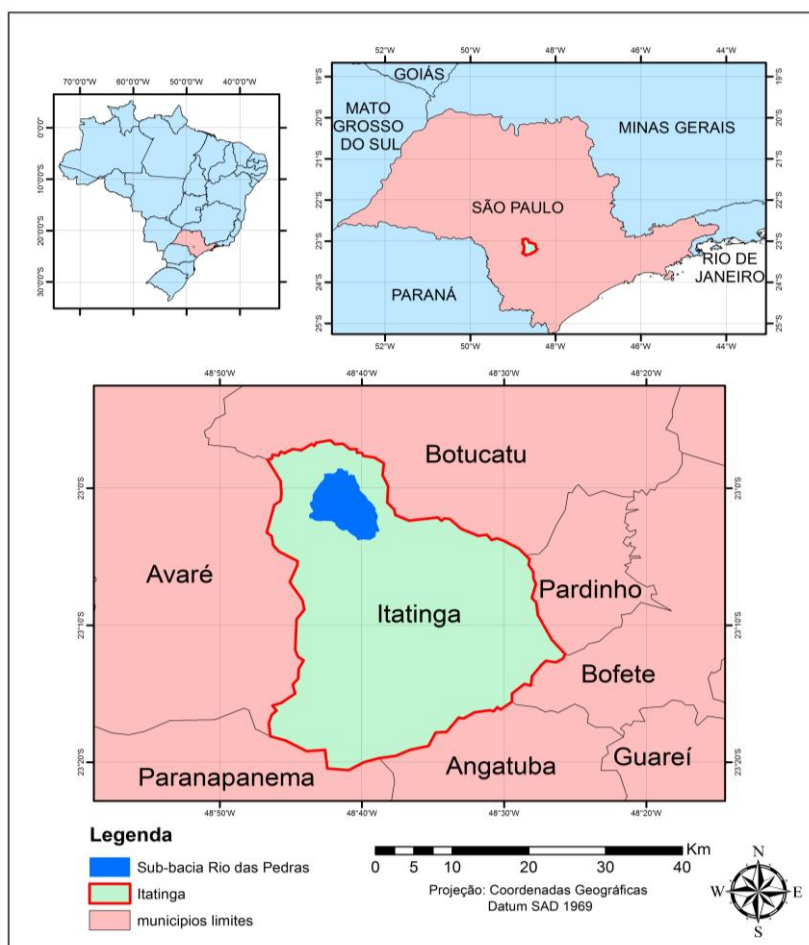


Figura 1. Localização da sub-bacia do Rio das Pedras, município de Itatinga-SP e municípios limítrofes.

Utilizou-se do SIG (Sistema de Informação Geográfica) IDRISI Andes da Clark Labs (EASTMAN, 2006) para a elaboração dos mapas de uso e cobertura em NDVI e MAXVER a partir do processamento das imagens orbitais. Para tal, foram utilizadas cinco classes de uso: reflorestamento, pastagem, culturas, mata nativa/ciliar e solo exposto.

A aquisição e composição das imagens seguiram os seguintes passos: Imagem CBERS 2B, sensor CCD, quadrante um, cena 126, dia da passagem: 10/03/2007 órbita: 156, revolução 4525, nadir: 0°, orientação das imagens: 8.50435, azimute sol 335703, elevação do sol 411239. A aquisição foi feita através do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) por meio da obtenção gratuita das imagens. Foram utilizadas as bandas 2, 3 e 4 que foram importadas e processadas pelo SIG IDRISI. A composição foi efetuada com as devidas bandas que, posteriormente foram contrastadas pelo método linear a fim de proporcionar melhor conforto visual de acordo com as proposições de Crosta, (1993) e Jensen (2009).

A classificação supervisionada foi efetuada a partir da seleção de cinco

amostras para cada tipo de uso a fim de serem utilizadas como padrão para o estabelecimento das classes de uso do solo presentes na imagem na forma de polígonos semelhante aos trabalhos de Beekhuizen e Clarke (2010). Neste método - MAXVER ou a da Máxima Verossimilhança foram escolhidas as classes de pixels correspondentes com os tipos de uso do solo em diferentes pontos na imagem (JENSEN, 2009).

Para o mesmo fim foi utilizada a composição em NDVI, onde a imagem foi escalonada por meio do índice de vegetação com os intervalos das bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho) com índices de -1 a 1 a partir dos estudos pioneiros de Tucker (1979), nas respectivas classes de uso do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio do método da classificação supervisionada MAXVER (Figura 2), obteve-se o conjunto de pixels correspondentes para cada classe de uso definido, porém, em relação às escalas em NDVI não se evidenciaram as subdivisões graduais que existem de uma classe para a outra, porém apenas algumas áreas com solo exposto, com o respectivo pixel correspondente, em

consonância às considerações de Demarchi et al. (2011). Foi possível notar, também, um conjunto de pixels associados à classe reflorestamento em

áreas de mata nativa/ciliar necessitando então de algum mecanismo de correção.

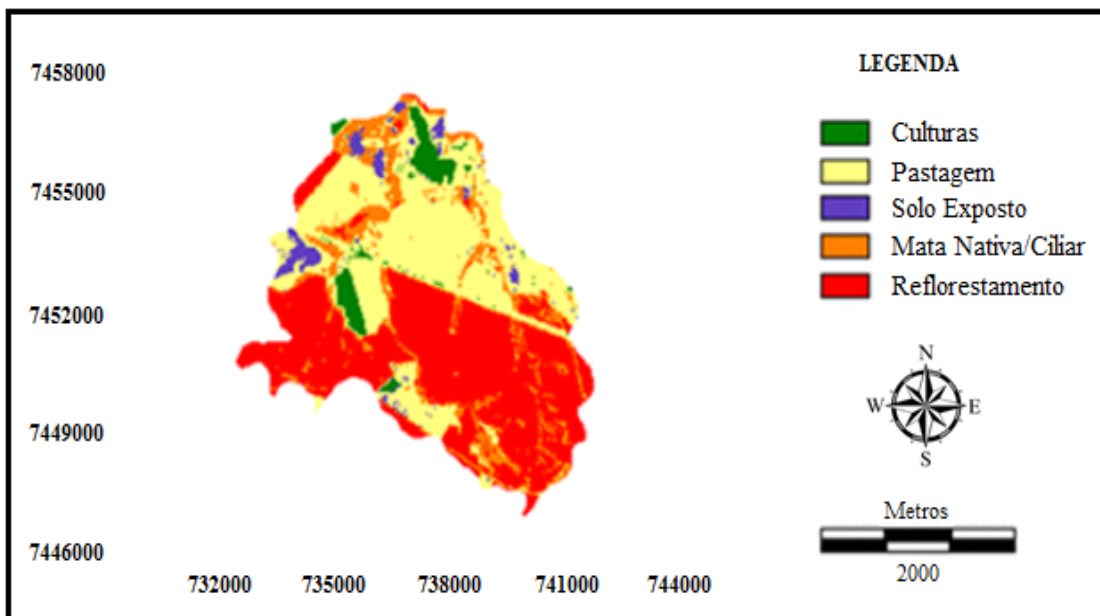


Figura 2. Classes de uso do solo na sub-bacia do Rio das Pedras - Itatinga-SP, utilizando o método MAXVER.

Em relação às escalas de valores estabelecidas pelo índice de vegetação (NDVI), exposta na Figura 3, o resultado foi um índice que variou entre os intervalos de -0.75 a 0.94. Os maiores valores negativos apareceram evidenciando a presença de cultura (-0,75 a -0,22) com alto teor de umidade se encaixando com as afirmações de Yi et al. (2007), Lamparelli et al. (2008) e Picoli et al. 2009).

Em relação às pastagens estas são evidenciadas com tons alaranjados

(-0,22 a -0,11) em alguns pontos e laranja para amarelo em outros (-0,11 a -0,01), mostrando, neste sentido, sua baixa umidade e relativo grau de degradação, resultados também obtidos por Junges e Fontana (2009). Os tons próximos a zero indicado pela cor amarela (-0,01 a 0,10) exibem a presença de solos expostos representadas, principalmente, por pastos abandonados e degradados alertando para as áreas de impactos ambientais em potencial.

A tonalidade verde (0,10 a 0,63), na classe mata nativa/ciliar, apresentou-se hora com pontos em verde mais acentuado (maior NDVI) e em outros com tons mais mesclados com o amarelo alertando para as possíveis áreas críticas. Pode-se verificar, neste sentido, desde um período de senescência da vegetação, uma situação com déficit hídrico ou mesmo a ocorrência de desmatamento mostrando nesse sentido o potencial que tem o índice de vegetação NDVI no que diz respeito a separabilidade entre as classes de uso e cobertura da terra conforme afirmou Ponzoni e Shimabukuro (2009) e Liesenberg et al. (2007).

Em relação às cores em verde escuro ($>0,63$), estas ilustraram um índice de vegetação bastante vigoroso representado pelas classes de reflorestamento, encaixando-se nesse

sentido com as proposições de Lourenço e Landim (2004) os quais enfatizaram que em cenas com vegetação, com NDVI variando entre 0,1 a 0,6 os valores mais altos são associados com o maior vigor de densidade e cobertura vegetal. Ainda segundo os mesmos autores, outros exemplos podem ser citados como: a umidade, que possui reflectância maior no visível do que no infravermelho, sendo que nestas condições o NDVI adquire valores negativos. Outros exemplos como rochas, solos expostos e pastagens degradadas têm reflectâncias similares nestas duas bandas e o resultado no índice de vegetação é aproximadamente zero (tons amarelados) em acordo com as afirmações de Lopes e Zanardi, (2007) e Santana et al. (2010) conforme ilustra a figura 3.

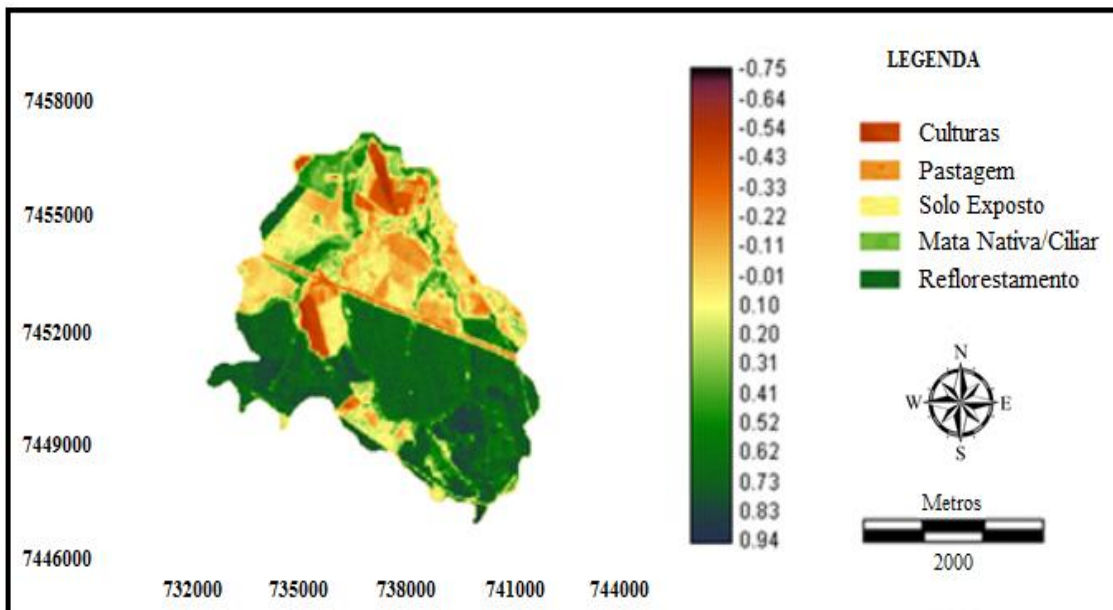


Figura 3. Mapa das classes de uso do solo na sub-bacia do Rio das Pedras - Itatinga-SP, realizado pelo método NDVI.

CONCLUSÕES

A partir do contexto analisado, o índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI) apresentou-se qualitativamente melhor em relação ao método MAXVER, pois o primeiro método apresentou transições graduais entre as classes principalmente no que diz respeito a pastagens degradadas e solos expostos o que não foi inteiramente contemplado pelo método MAXVER. Concluiu-se então que o NDVI pode ser considerado também uma importante ferramenta de auxílio, em conjunto com outras técnicas, para o planejamento de uso do solo.

AGRADECIMENTOS

Ao GEPAG Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas, Departamento de Recursos Naturais, ao Departamento de Engenharia Rural – FCA/UNESP Botucatu e a CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Casa da Agricultura, município de Botucatu – SP.

BIBLIOGRAFIA

ABDALA, K. O.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso do solo da expansão sucroalcooleira na microrregião Meia Ponte, Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 64, n. 4, p. 661-674. 2010.

- ARAÚJO, G. K. D.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, A. M. Mapping of Summer crops in the State of Paraná, Brazil, through the 10-day SPOT Vegetation NDVI composites. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 760-770, jul-ago. 2011.
- BEEKHUIZEN, J.; CLARKE, C.; Toward accountable land use mapping: Using geocomputation to improve classification accuracy and reveal uncertainty. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 12, n. 3, p. 127–137, 2010.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1993. 170 p.
- DE LA CASA, A.; OVANDO, G. Integración del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) y del ciclo fenológico de maíz para estimar el rendimiento a escala departamental em Córdoba – Argentina. **Agricultura Técnica**, Chile, v. 64, n. 4, p. 362-371, oct-dic. 2007.
- DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não supervisionada e análise visual**. 2001. 186f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- 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. **RA E GA**, Curitiba, v. 21, n. 1, p. 234-271, 2011.
- EASTMAN, J. R. **Guide to GIS and Image Processing**. 1. ed. Worcester: Clark University, 2006. 327p.
- FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; MARQUES, M. M.; TINÓS, T. M. Comparação entre técnicas de classificação digital de imagens para detecção de mudanças do uso e cobertura da terra. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 62, n. 4, p. 613-627, 2010.
- GU, J.; LI, X.; HUANG, X.; OKIN G. S.; A simplified data assimilation method for reconstructing time-series MODIS NDVI data. **Advances in Space Research**, v. 44, n. 4, p. 201-509, Aug. 2009.
- HEINL, M.; WALDE, J.; TAPPEINER, G.; TAPPEINER, U. Classifiers vs. input variables – the drivers in image classification for land cover mapping. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 11, n. 6, p. 423–430, 2009.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução da segunda edição. São José dos Campos, Editora Parêntese, 2009. 598p.
- JUNGES, A. H.; FONTANA, D. C.; Desenvolvimento das culturas de cereais de inverno no Rio Grande do Sul por meio de perfis temporais do índice de vegetação por diferença normalizada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1349-1355, ago, 2009.
- KNORN, J.; RABE, A.; RADELOFF, V. V.; KUEMMERLE, T.; KOZAK, J.; HOSTERT, P. Land cover mapping of large areas using chains classification of

neighboring landsat satellite images. **Remote Sensing of Environment**. v. 113, n. 5, p. 957–964, 2009.

LAMPARELLI, R. A. C.; CARVALHO, W. M. O.; MERCANTE, E. Mapeamento de semeaduras de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) mediante dados MODIS/Terra E TM/Landsat 5: um comparativo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.334-344, 2008.

LEPSH, I. F.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; BERTOLINI, D. ESPINDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

LIESENBERG, V.; PONZONI, F. J.; GALVÃO, L. S. Análise da dinâmica sazonal e separabilidade espectral de algumas fitofisionomias do cerrado com índices de vegetação dos sensores MODIS/TERRA e AQUA. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 31, n. 2, p. 295-305, 2007.

LOPES, F.; ZANARDI, R. P. Utilização de imagens CBERS-2 no estudo comparativo da cobertura vegetal da região dos Campos de Cima da Serra – município de Vacaria/RS XIII SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, **Anais em CD ROM...** Florianópolis-SC, INPE, 2007, p. 947-952.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P.M.B. Estudo da variabilidade do “Índice de Vegetação por Diferença Normalizada” utilizando Krigagem indicativa. **HOLOS Environment**, Rio Claro, v.4, n.1, p. 38 – 55. mai. 2004.

MING-HSENG, T.; SHENG-JHE, C.; GWO-HAUR, H.; MING-YU, S. A

genetic algorithm rule-based approach for land-cover classification. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 63, n. 2, p. 202–212, 2007.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 1. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. 250p.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento remoto, princípios e aplicações**.1.ed. São Paulo: Blucher, 1992. 308p.

PEREIRA, R. S. **Sistema de Tratamento de Imagens Multiespectrais Digitais**. 1995. 262p. Tese (Doutorado em Geofísica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

PERUMAL, K.; BHASKARAN, R. SVM-Based effective land use classification system for multispectral remote sensing images. **International Journal of Computer Science and Information Security**. v. 6, n. 2, p. 97–105, 2009.

PICOLI, M. C. A.; RUDORFF, B. F. T.; RIZZI, R.; GIAROLLA, A. Índice de vegetação no sensor MODIS na estimativa de produtividade da cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3. p. 789-795, mar. 2009.

PISANI, R. J.; MIZOBE, R.; RIEDEL, P. S.; ZIMBACK, C. R. L.; PAPA, J. P. Automatic landslide recognition through Optimum Path Forest. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM, 2012, **Proceedings**, Munich: IEE, 2012, p. 6228-6231.

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

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S.; BARBOSA, A. P.; PISANI, R. J. Análise visual aplicada na espacialização do uso da terra. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 1, n. 1, p. 141-144. Set-Dez. 2008.

RIEDEL, P.; GOMES, A. R.; FERREIRA, M. V.; SAMPAIO LOPES, E. S.; STURARO, J. R. Identification of Landslide Scars in the Region of the Serra do Mar, São Paulo State, Brazil, Using Digital Image Processing and Spatial Analysis Tools. **Giscience & Remote Sensing**, v. 47, n. 4, p. 498-513, Oct-Dc. 2010. doi: <10.2747/1548-1603.47.4.498>.

ROCHA, J. S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. 2.ed. Santa Maria, UFSM, 1991. 181p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009, 264p.

SANTANA, A. O.; CARVALHO JUNIOR, A. O.; PIMENTEL, C. M. M.; GOMES, R. A. T.; OLIVEIRA, S. N. Modelagem de espectros temporais NDVI-MODIS, no período de 2000 a 2008, na bacia do rio Paracatu, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 47-60. fev. 2010.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for

monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, London, v.21, n.2 p. 127 – 150, mar. 1979.

WALTER, M. K. C.; SILVA, C. R.; ROCHA, J. V.; Avaliação de perfis temporais de índice de vegetação NDVI e UNdVI para diferentes tipos de uso da terra. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, **Anais em CD ROM**...Natal-RN: INPE, 2009, p. 547-552.

YI, J. L. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; QUINTANILHA, J. A. Identificação e mapeamento de áreas de milho na região sul do Brasil utilizando imagens MODIS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.753-763, 2007.

YUAN, H.; VAN DER WIELE, C. F.; KHORRAM, S.; An automated artificial neural network system for land use/land cover classification from LANDSAT TM imagery. **Remote Sensing**, v. 1, n. 3, p. 243–265, 2009.