

AValiação DA EVOLUÇÃO TEMPORAL DO NDVI E ESTIMATIVA DA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR, NO ESTADO DE SÃO PAULO, COM IMAGENS MODIS

PEDRO P. B. PONTES¹, RUBENS A.C. LAMPARELLI², JANSLE V. ROCHA³

¹ Graduação em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas - SP, e-mail: pedro@cpa.unicamp.br.

² Pesquisador do Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura, CEPAGRI/UNICAMP, Campinas - SP.

³ Professor Associado, Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 13.083-970, Campinas - SP, e-mail: jansle@agr.unicamp.br.

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB**

RESUMO: O Brasil é líder mundial na fabricação e exportação de açúcar, na produção de álcool e na co-geração de energia a partir do bagaço de cana. Em função da alta relevância da produção de cana-de-açúcar no país, é importante que se tenha estimativas e levantamentos seguros das áreas com a cultura. Desta forma, justifica-se o estudo e a elaboração de metodologias para o uso de sensoriamento remoto na mensuração das áreas de cana-de-açúcar. Dada a periodicidade, abrangência, resolução espacial e bandas espectrais, as imagens fornecidas pelo sensor MODIS, possuem um grande potencial para o estudo da evolução da biomassa. O objetivo deste trabalho é mensurar a área com a cultura de cana-de-açúcar, do Estado de São Paulo, por meio de imagens MODIS, resolução de 250m, e estudar a evolução temporal do índice NDVI nas regiões com a cultura. O estudo mostrou que existe potencial na utilização de imagens MODIS 250m para a classificação de áreas com cana-de-açúcar no estado de São Paulo, já que a classificação supervisionada construída, obteve índices Kappa, nas duas regiões analisadas, de 0.686 e 0.774, e em comparação com os dados oficiais (IBGE), superestimou em 4,76% a área plantada. Conclui-se também, que a análise do comportamento temporal do NDVI-MODIS 250m permite o acompanhamento da variação da biomassa durante o ciclo fenológico da cana.

PALAVRAS-CHAVE: ESTIMATIVA DE ÁREA, CANA-DE-AÇÚCAR, MODIS.

NDVI TEMPORAL EVOLUTION EVALUATION AND AREA ESTIMATION FOR SUGARCANE, IN SÃO PAULO ESTATE, WITH MODIS IMAGES

ABSTRACT: Brazil is the world leader in the production and exportation of sugar-alcohol and energy bagasse cogeneration. Due to the high importance of sugarcane production in Brazil it is important to have safe estimates and surveys of the cultivated areas. Therefore, the development of methodologies for the use of remote sensing in sugarcane area mensuration is justified. Given the periodicity, scope, spatial resolution and spectral bands, the images from the MODIS sensor have a very high potential to study the biomass evolution. The objective of this study is to evaluate the area with sugarcane culture, in São Paulo, using MODIS sensor images, spatial resolution 250m, and study the temporal evolution of NDVI indicator in the regions with culture. The study has shown that there is a potential in the use of 250m MODIS images for the classification of areas with sugarcane in the Estate of São Paulo, since the built supervised classification obtained Kappa indexes in the two regions analyzed, of 0.686 and 0.774. Also, in comparison to the official data (IBGE), overestimated the planted area in 4.76%. It also concludes that the analysis of the temporal behavior of the NDVI-MODIS 250m allows keeping track on the variation of the biomass during the phenological cycle of the sugarcane.

KEYWORDS: AREA ESTIMATE, SUGARCANE, MODIS.

INTRODUÇÃO: A mensuração da área total plantada com alguma cultura visa subsidiar os formuladores de políticas agrícolas e os tomadores de decisão do setor privado. A estimativa de áreas agrícolas por meio de sensoriamento remoto tem como finalidade a interpretação automática, o monitoramento contínuo e atualizado de grandes áreas agrícolas. Em função da dinâmica das vegetações nas áreas tropicais, PAX-LENNEY E WOODCOCK (1997) mostraram a necessidade de se trabalhar com sensores de alta resolução temporal na segmentação de diferentes perfis de vegetação. Estudos feitos por FORMAGGIO et al.(2005), mostraram que o uso de imagens MODIS com resolução espacial de 250m propiciou um coeficiente kappa de 0,7684 para uma região agrícola bastante representativa dos padrões espaciais ocorrentes na agricultura brasileira, e que as culturas com maior expressão areal, como a cana de açúcar, obtiveram, com os dados MODIS, acertos superiores a 80% na classificação supervisionada MAXVER. Segundo ZHANG et al.(2003), as imagens MODIS demonstram resultados consistentes na detecção da fenologia da vegetação. O índice NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é considerado um bom estimador de biomassa (JACKSON et al., 1986) e tem uma boa correlação com o teor de umidade da planta (SIMS e GAMON, 2003). O produto MOD13 demonstra alto potencial para o monitoramento sistemático e contínuo da cobertura vegetal no bioma Cerrado (FERREIRA E HUETE, 2004). Este trabalho consistiu em estimar a área com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e analisar a evolução temporal do índice de vegetação NDVI em áreas com a cultura, nas imagens captadas pelos sensores MODIS, acoplados aos satélites TERRA e AQUA, durante as safras de 2002/2003.

MATERIAL E MÉTODOS: A pesquisa foi realizada no Laboratório de Geoprocessamento da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP. Para o estudo da evolução temporal do NDVI foram utilizadas composições de imagens MODIS deste índice. Estas imagens/cenas possuem as seguintes características: resolução radiométrica de 16 bits, resolução espacial de 250m e resolução temporal de 16 dias. Trata-se do produto MOD13Q1 (MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid) de Índice de Vegetação (alta resolução / produção limitada) (NASA, 2006). E para a construção das máscaras de cana-de-açúcar, foram usadas composições 16 dias das bandas Azul, Vermelho e Infravermelho próximo, do sensor MODIS. Nos dois processos citados, foram utilizadas composições das seguintes datas: 01/11/01 – 16/11/01, 17/11/01 – 02/12/01, 01/01/02 – 16/01/02, 17/01/02 – 01/02/02, 06/03/02 – 19/03/02, 22/03/02 – 06/04/02, 07/04/02 – 22/04/02, 23/04/02 – 08/05/02, 10/06/02 – 25/06/02, 26/06/02 – 11/07/02, 12/07/02 – 27/07/02, 28/07/02 – 12/08/02. Classificações supervisionadas Paralelepípedo foram construídas para as doze datas. O conjunto de treinamento foi um vetor gerado na classificação, de diferentes variedades de cana-de-açúcar, das cenas Landsat7/ ETM+: órbita/ponto - 220/76 e órbita/ponto - 221/76 (maior região produtora do estado), realizada em um trabalho anterior. O valor adotado de máximo desvio padrão da média foi 1. O objetivo final foi somar todas as classificações Paralelepípedo e gerar uma máscara com toda a área da cultura na cena. Um problema encontrado nestas classificações foi a grande contaminação da área selecionada com áreas de vegetação natural. O selecionador não conseguiu distinguir totalmente a cultura estudada deste perfil. Uma solução encontrada foi aplicar nestas classificações um filtro de moda. Este serviu para eliminar eventuais pixels isolados que foram classificados dentro de regiões com reflorestamento e vegetação natural. As classificações foram sobrepostas (overlay) e, portanto todas as regiões selecionadas em cada uma das datas foram consideradas. Os outros métodos de classificação supervisionada, disponíveis no software usado (Envi 4.2), não conseguiram classificar a cultura nas imagens MODIS. O classificador MAXVER, colocado com um nível de confiança alto (0.8 - 1.0) não classificou nenhum pixel e colocado com um nível de confiança médio ou baixo (0 - 0.79) classificou todos os pixels da imagem. Com o intuito de segmentar as regiões com características ou tendências semelhantes, para o estudo de evolução do NDVI-MODIS, foram extraídos índices médios de 66 municípios, utilizando para isto as regiões de cana-de-açúcar delimitadas, em um projeto anterior, na cena 220/75 do sensor ETM+. Para que a passagem da máscara de cana feita no Landsat para as imagens MODIS garanta um maior índice de seleção de pixels puros (com menor contaminação de alvos não cana-de-açúcar), foram eliminadas da classificação áreas menores que 4 pixels do MODIS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Por meio do cálculo de número de pixels classificados como cana-de-açúcar na máscara confeccionada para o estado de São Paulo pôde-se estimar a área do estado com

a cultura. Foram classificados 446162 pixels, que equivalem a 27885125000 m² ou 2788513 ha. Os dados oficiais (IBGE) mostram que a área colhida em 2002 foi de 2661620 ha. O erro da classificação em relação aos dados oficiais para o estado de São Paulo foi de 126893 ha (4,76%). Foram calculados os índices Kappa da classificação feita no MODIS, para as regiões delimitadas pelas seguintes cenas Landsat7/ETM+: órbita/ponto - 220/76 e 221/76. A amostra usada foi de 300 pontos para cada cena, utilizando-se como método a amostragem de pontos aleatória. A referência terrestre foi à interpretação visual de cada ponto nas cenas Landsat7/ETM+ usadas. Os seguintes resultados foram encontrados: Órbita – ponto 220/76, Exatidão global - 0.683 e Índice Kappa - 0.686; Órbita – ponto 221/76, Exatidão global - 0.777 e Índice Kappa - 0.774. Estes resultados indicam um bom índice de acerto da classificação em imagens MODIS da cana-de-açúcar para o Estado de São Paulo. Analisando as matrizes de confusão da classificação feita nas imagens MODIS observa-se que o classificador PARALELEPÍPEDO superestimou o número de amostras encontradas, selecionando pixels, na grande maioria, de vegetação natural como sendo de cana-de-açúcar. A Figura 1 apresenta um gráfico de evolução temporal do NDVI-MODIS médio da cana-de-açúcar de cada um dos 66 municípios.

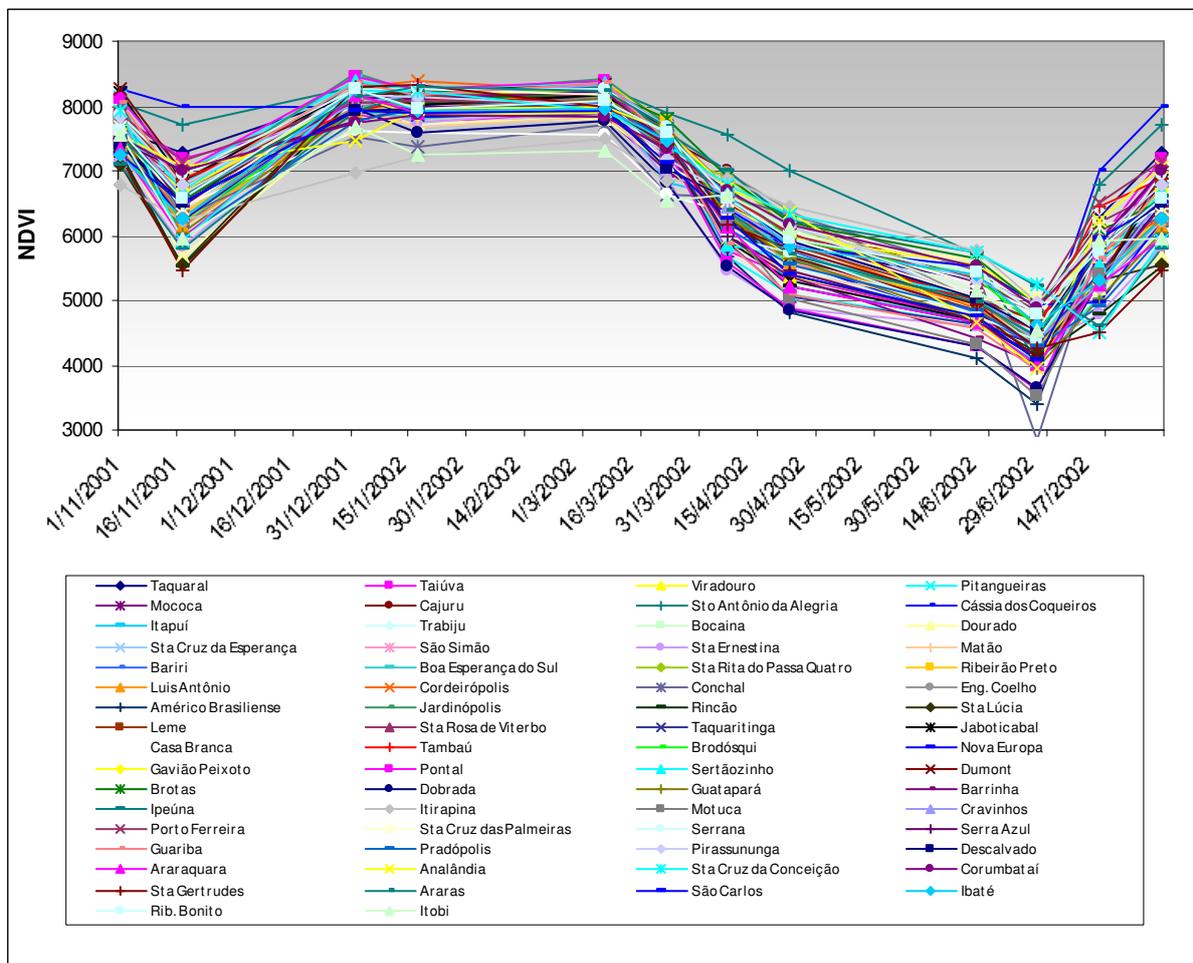


Figura 1. Evolução temporal do NDVI – MODIS médio da cana-de-açúcar dos 66 municípios inteiros dentro da cena 220/75 do Landsat7 ETM+.

Pode-se observar, na análise dos gráficos alguns comportamentos que caracterizam o crescimento e o desenvolvimento da cana-de-açúcar, como o crescimento dos índices até o período do pico do ciclo vegetativo, antes do período de maturação da cana. Observa-se também que a evolução temporal do NDVI-MODIS em áreas com cana-de-açúcar, na região estudada, independentemente do município, segue uma mesma tendência. A Figura 2 apresenta um gráfico comparativo da evolução temporal do índice NDVI médio, em regiões com cana-de-açúcar, extraído das imagens MODIS e imagens Landsat7/ETM+. A evolução temporal do índice NDVI – MODIS e a evolução temporal do NDVI – Landsat7/ETM+ apresentaram semelhança.

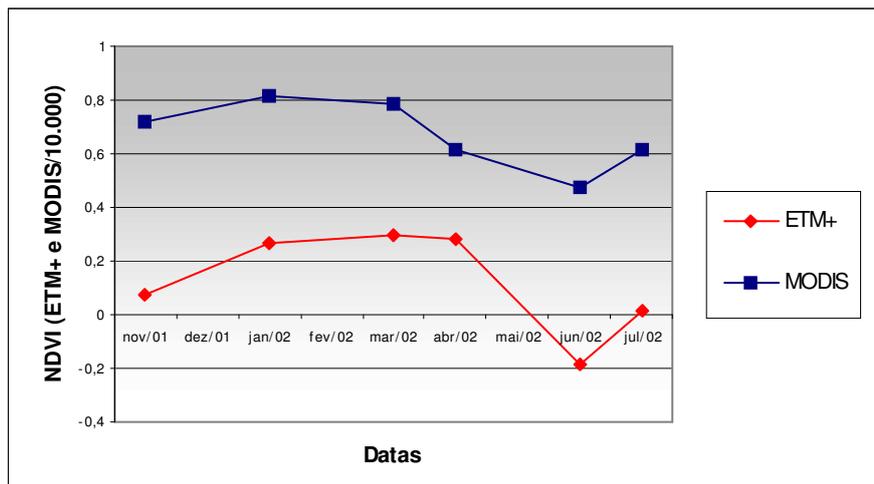


Figura 2. Evolução temporal do índice NDVI, em regiões com cana-de-açúcar, extraído de imagens MODIS e imagens Landsat7 /ETM+.

CONCLUSÕES: A classificação da imagem foi satisfatória, visto que os índices Kappa, das duas áreas analisadas, foram de 0.686 e 0.774, e em comparação com os dados oficiais (IBGE) a área de cana-de-açúcar no estado de São Paulo foi superestimada em 4,76%. O índice de vegetação NDVI-MODIS apresentou um comportamento espectral ao longo do ciclo vegetativo semelhante nos 66 municípios estudados, demonstrando que existe potencial na utilização de índices de vegetação NDVI-MODIS para o acompanhamento da cultura de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, L. G.; HUETE, A. R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. **International Journal Remote Sensing**, vol.25, no.10, 1837-1860, 2004.

FORMAGGIO, A. R.; MARTINS, S. P.; GURTLER, S.; CAMPOS, R. C.; FIORIO, P. R.; LEMOS, C. Avaliação de dados MODIS 250m para áreas de agricultura intensa. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, p. 135-142, 2005.

JACKSON, R. D., P.J. PINTER, R. J. REGINATO, S. B. IDSO. Detection and Evaluation of plant stresses for crop management decisions. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing** GE-24:99-106. 1986.

NASA (2006). **EOS Programme (The Earth Observing System)**. <http://edcdaac.usgs.gov/modis/mod13q1v4.asp> (Consultado em 07 de maio de 2006).

PAX-LENNEY, M.; WOODCOCK, C. E. Monitoring agricultural lands in Egypt with multitemporal Landsat TM imagery: how many images are needed? **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n.3, p. 522-529, 1997.

SIMS, D. A.; GAMON, J. A. Estimation of vegetation water content and photosynthetic tissue area from spectral reflectance: a comparison of indices based on liquid water and chlorophyll absorption features. **Remote Sensing of Environment**, 84 (4):526-537. 2003.

ZHANG, X.; FRIEDL, M. A.; SCHAAF, C. B.; STRAHLER, A. H.; HODGES, J. C. F.; GAO, F.; REED, B. C.; HUETE, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p.471-475, 2002.