

Comparação do desempenho de índices de vegetação do sensor MODIS para mapeamento sistemático da cana-de-açúcar

Daniel Garbellini Duft^{1,2}
Michelle Cristina Araujo Picoli¹
Fabio Valle Scarpate¹
Thayse Aparecida Dourado Hernandes^{1,2}
Marcelo Valadares Galdos¹

¹Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE / Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM
Caixa Postal 6170 - 13083-970- Campinas - SP, Brasil
{daniel.duft, michelle.picoli, fabio.scarpare, thayse.hernandes, marcelo.galdos}@bioetanol.org.br

²Universidade Estadual de Campinas - Unicamp/FEM
Caixa Postal 6122 - 13083-970 - Campinas - SP, Brasil
duft@fem.unicamp.br

Abstract: Currently, Brazilian sugarcane monitoring is done by official agencies (Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), Ministry of Agriculture (MAPA), National Supply Company (Conab)) through agricultural statistics. As sugarcane is produced in large areas in Brazil, it is evident the need of creating new mapping methods especially new methodologies for satellite imagery classification. Nowadays the only mapping project that exists is Canasat Project, but it is an expensive and slow method of work.

Therefore, some authors developed an automated methodology for mapping cultures using the maximum and minimum values of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and EVI (Enhanced Vegetation Index) satellite images obtained by Terra and SPOT platforms.

Thus, this paper aims to test a methodology for automating sugarcane mapping using two indices: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and EVI (Enhanced Vegetation Index), from MODIS sensor, in Paranaíba basin to identify which index have the best performance in that area and could be replicated along the years. The results showed that for 2009/10 crop season, the EVI index had a better performance than NDVI and it could be explained by NDVI saturation problem. The authors observed that the proposed method was highly efficient and fast so it could be used for sugarcane mapping.

Palavras-chave: NDVI, EVI, HANTS, sugarcane, NDVI, EVI, HANTS, cana-de-açúcar.

1. Introdução

O monitoramento da produção agrícola é de suma importância para garantir o abastecimento de alimentos e biocombustíveis para a população, que está em constante crescimento e que é afetada por condições climáticas cada vez mais incertas (Duveiller e Defourny, 2010; Vieira et al., 2012).

O monitoramento da cana-de-açúcar no Brasil é atualmente feito pelos órgãos oficiais (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB)) através de estatísticas agrícolas. Porém, para estimar a produção agrícola é necessário conhecer a superfície que as culturas ocupam, desta forma, o sensoriamento remoto é a ferramenta adequada, pois possibilita através da resposta multiespectral que os alvos sejam distinguidos entre os demais objetos da superfície terrestre (Jensen, 2000).

Neste sentido foi criado o projeto Canasat que realiza o mapeamento da cana-de-açúcar através da classificação automática de imagens de sensoriamento remoto, com uma edição posterior para corrigir erros de omissão e comissão, utilizando técnicas visuais e manuais de

interpretação de imagens digitais (Rudorff et al., 2005; Rudorff et al., 2010). Apesar da metodologia utilizada no projeto Canasat fornecer resultados precisos e consistentes, ela é onerosa em termos de tempo de processamento e do grande número de pessoas tecnicamente qualificadas envolvidas (Vieira et al., 2012).

Como a cana-de-açúcar é cultivada no Brasil em extensas áreas, fica evidente a necessidade de criar novos métodos de classificação de imagens de satélite para o mapeamento de cana-de-açúcar que sejam facilmente reproduzidos e que possuam capacidade de processar grandes volumes de dados (Defries e Chan, 2000; Vieira et al., 2012).

Neste sentido, Picoli et al. (2009), Fernandes et al. (2011) e Johann et al. (2012) desenvolveram uma metodologia automatizada para o mapeamento utilizando valores máximos e mínimos de imagens NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e EVI (Enhanced Vegetation Index) dos satélites Terra e SPOT. Os autores observaram que a metodologia proposta havia sido satisfatória e que a mesma poderia ser utilizada para mapeamento de culturas agrícolas.

Desta forma o presente trabalho tem como finalidade testar a aplicação em cana-de-açúcar de uma metodologia de automatização de mapeamento utilizando dois índices: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e o EVI (Enhanced Vegetation Index) do sensor MODIS.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A área estudada é a bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Essa bacia é a segunda maior unidade da região hidrográfica do Paraná, ocupando 25,4% de sua área, e está localizada entre os paralelos 15° e 20° sul e os meridianos 45° e 53° oeste, com uma área de drenagem de 222,6 mil km² (CBH Paranaíba, 2014). Posicionada na região central do Brasil, ocupa cerca de 2,6% do território nacional e inclui parte dos estados de Goiás (63,3%), Mato Grosso do Sul (3,4%) e Minas Gerais (31,7%), além do Distrito Federal (1,6%) (Figura 1). A bacia possui 197 municípios.

A bacia do rio Paranaíba está inserida na região de ocorrência dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, apresentando 22,4% e 14,4% de cobertura original, respectivamente. Segundo a classificação climática de Köppen, a região se caracteriza pelo tipo de clima Aw, que corresponde ao clima tropical quente em todas as estações do ano (temperatura média mensal maior ou igual a 18° C) com inverno seco (CBH Paranaíba, 2014).

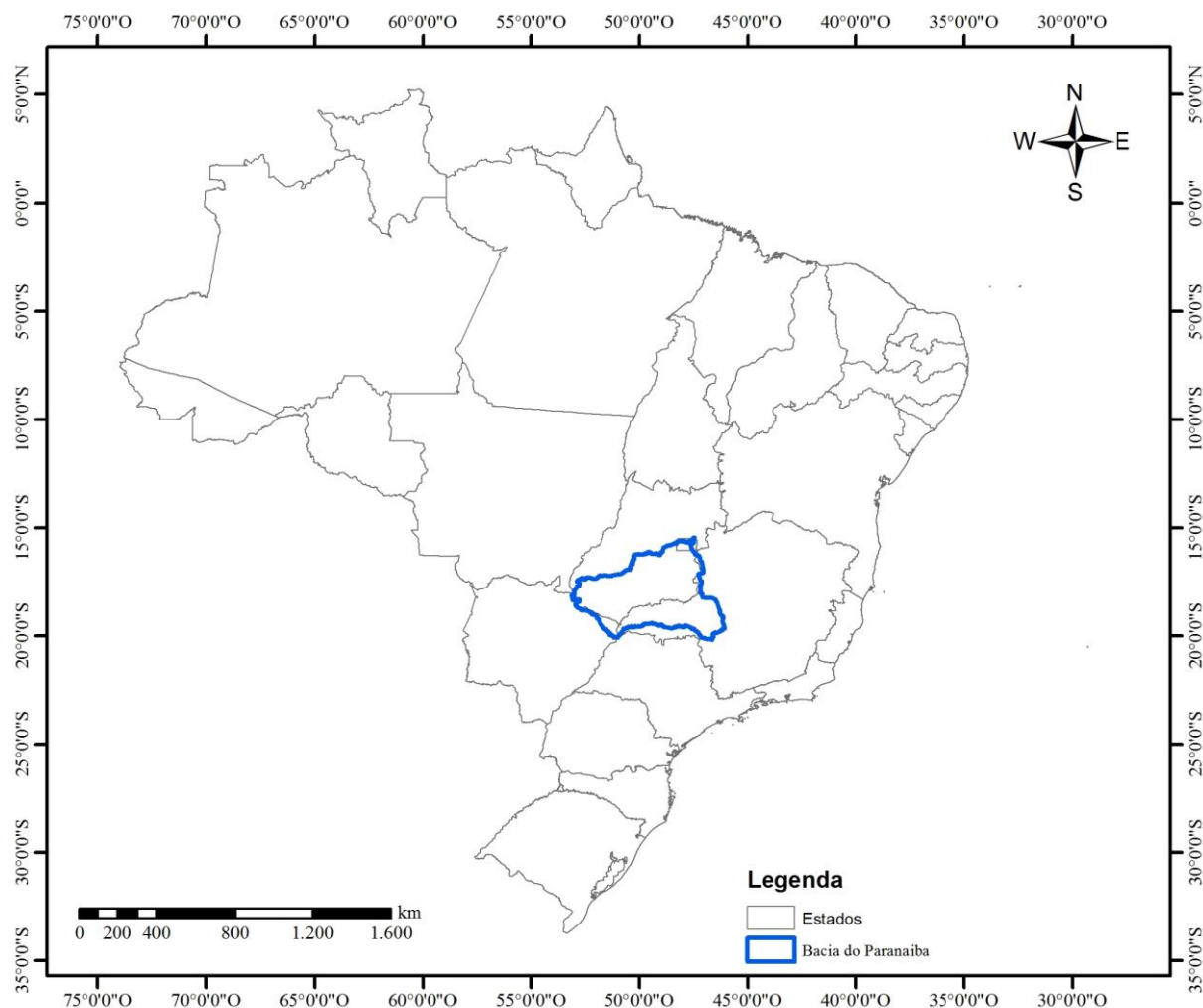


Figura 1: Localização da bacia do rio Paranaíba.

2.2. Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as imagens do sensor MODIS, a bordo da plataforma Terra, com composição de 16 dias (produto MOD13, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) e Enhanced Vegetation Index (EVI), tiles H12V11, H12V10, H13V11 e H13V10, adquiridas no período de: 29 de agosto de 2009 até o dia 23 de abril de 2010.

2.3. Processamento das imagens

A princípio as imagens do sensor MODIS foram convertidas de 16 para 8 bits, e do formato HDF (Hierarchical Data Format) para o formato Geo-TIFF (Georeferenced Tag image File Format) no software MODIS Reprojection Tool 4.1, desenvolvido pela USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center.

O algoritmo de análise harmônica HANTS (Harmonic Analysis of NDVI Time-Series) desenvolvido por Roerink et al. (2000), foi utilizado com intuito de suavizar os dados e eliminar os ruídos. Alguns efeitos como nuvens e outros efeitos perturbadores provocam alterações nas séries temporais das imagens e podem ser considerados ruídos. O algoritmo HANTS analisa a série temporal e identifica as áreas de baixas frequências e, então elimina valores discrepantes da série temporal, que representam altas frequências.

A metodologia utilizada é baseada na variação sazonal e na amplitude de valores do NDVI e EVI ao longo do ciclo produtivo (Picoli et al., 2009, Fernandes et al., 2011 e Johann et al., 2012). A variação sazonal da biomassa nas áreas agrícolas influencia os índices de vegetação, cujo comportamento se assemelha a uma função senoidal, com altos valores nas épocas de pico vegetativo, e baixos valores logo após a colheita (Picoli et al., 2009).

Desta forma, são selecionadas imagens para gerar as chamadas “imagens de mínimo” de EVI ou NDVI, que são as imagens correspondentes à época de colheita do ano anterior, e as “imagens de máximo” de EVI ou NDVI, que são as imagens correspondentes à época de pico vegetativo da cana-de-açúcar. Então é calculada a diferença entre a imagem de máximo, que possui o maior valor de NDVI ou EVI, e a imagem de mínimo, que possui o menor valor de NDVI ou EVI.

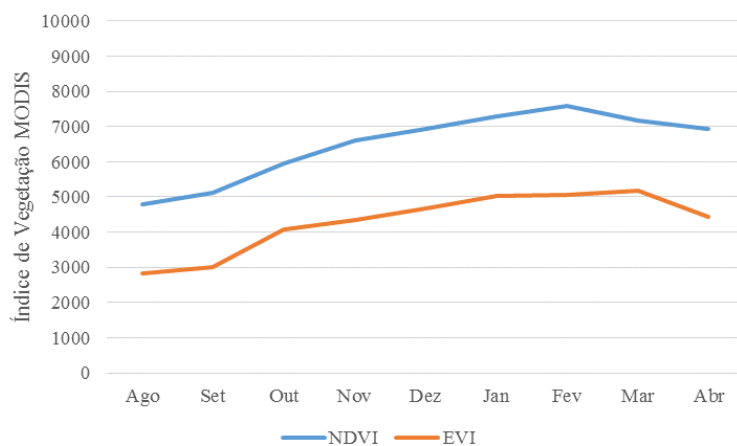
As imagens de máximo e mínimo foram selecionadas após a análise feita nos pixels puros de cana-de-açúcar. Para isto, foram utilizados os mapas do projeto Canasat para o período estudado. Foram calculadas as médias dos valores de NDVI e EVI dos pixels puros com cana-de-açúcar e o desvio padrão. Em seguida, foram estabelecidos os valores aceitáveis da diferença entre a imagem de máximo e a imagem de mínimo. Neste caso, a metodologia separou pixels que apresentaram altos valores de NDVI e EVI em fevereiro (época do pico vegetativo na região) e baixos valores em setembro (época da rebrota ou plantio), e cuja diferença esteve dentro do limiar pré-estabelecido (diferença entre o maior valor de NDVI ou EVI e o menor valor NDVI ou EVI observado). Todo o procedimento de extração de dados de imagens foi desenvolvido por Esquerdo (2007) em linguagem IDL.

Para avaliar a acurácia dos mapas confeccionados foi calculado o Índice de Concordância Kappa (Congalton, 1991) e os erros de inclusão e omissão, tomando como referência os mapas do projeto Canasat. Foi determinado que fosse necessário coletar um total de 400 pontos amostrais, utilizando o nível de significância de 5% (Barbetta, 1999).

3. Resultados e Discussão

3.1. Amostragem de pixels puros

Para o estudo foram amostrados pixels puros, selecionados a partir do mapa de cana-de-açúcar confeccionado pelo Canasat, e estes serviram de parâmetros para a confecção dos mapas de área cultivada com cana-de-açúcar. A Figura 2 apresenta as curvas de NDVI e EVI do período de agosto de 2009 a abril de 2010.



1

Figura 2: Curvas de pixels puros de cana-de-açúcar para os índices EVI e NDVI.

¹ Os valores do eixo y estão expressos de 0 a 10000 pois são os valores padrão para índices de vegetação do sensor MODIS e não de 0 a 1 como o padrão para índices de vegetação.

Através da Figura 2 é possível observar que os valores de EVI e NDVI possuem padrão de crescimento e queda parecido ao longo dos meses, porém em valores absolutos o EVI sempre é menor do que o NDVI. Para a composição das imagens de máximo e mínimo os valores dos cortes máximos e mínimos foram: NDVI (8000 máximo e 4000 mínimo) e EVI (5800 máximo e 2000 mínimo).

3.2. Mapa confeccionado a partir do NDVI

O mapa confeccionado a partir do NDVI apresentou problemas de confusão de alvos entre cana-de-açúcar e pastagem. Esse é um problema recorrente em sensoriamento remoto, pois o comportamento espectral de pastagens vigorosas é muito semelhante ao da cana-de-açúcar. Isso se explica pela fisiologia muito semelhante entre as plantas, ambas possuem o mesmo tipo de metabolismo fotossintético C4. Para reduzir esse problema foram localizadas as usinas da região e foi feito um buffer de 60 km ao redor das usinas. A Figura 3 mostra o mapa resultante do uso do NDVI.

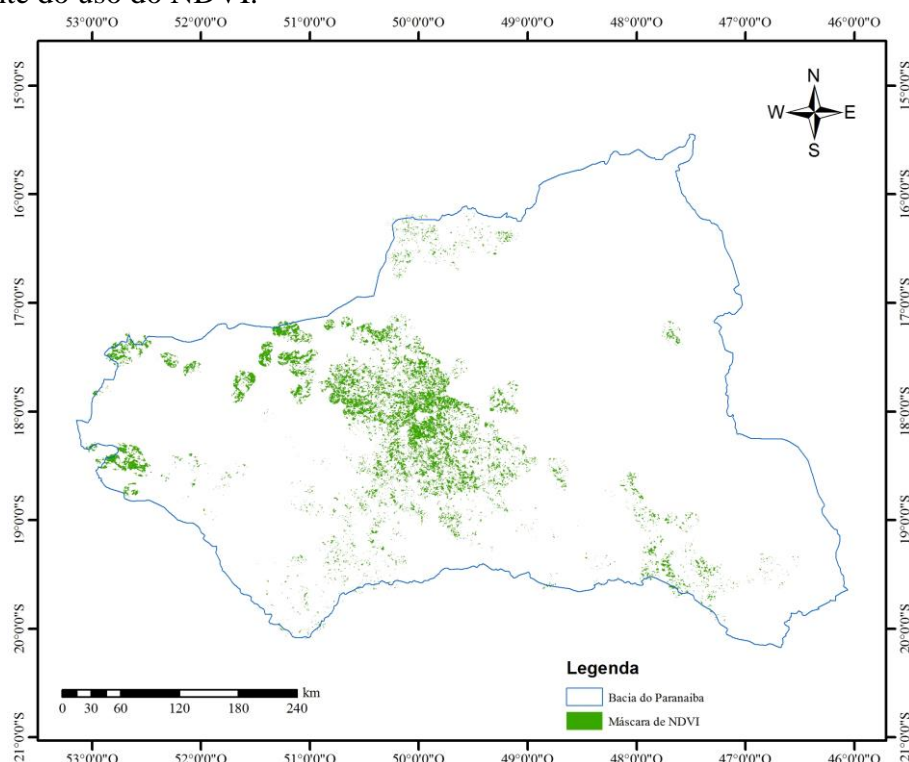


Figura 3: Máscara de cana-de-açúcar confeccionada a partir do índice NDVI.

3.2. Mapa confeccionado a partir do EVI:

Similarmente ao procedimento realizado para a confecção do mapa de NDVI, foi aplicado um buffer ao redor das usinas para o mapa de EVI. A Figura 4 apresenta o resultado do mapa confeccionado a partir do índice EVI.

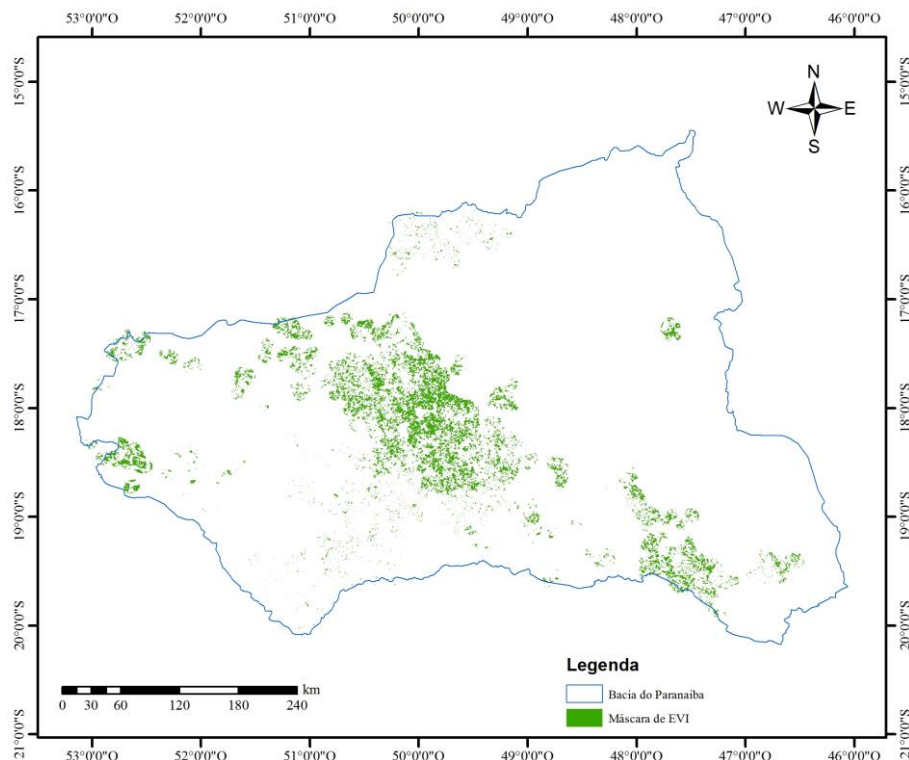


Figura 4: Máscara de cana-de-açúcar confeccionada a partir do índice EVI.

3.3. Avaliação da qualidade do mapeamento

Para avaliar a qualidade do mapeamento foi realizado o cálculo do Índice de Concordância Kappa (IK), utilizando como referência o mapa do projeto Canasat. O uso deste mapa como referência ao invés de uma imagem de satélite permitiu que o processo de avaliação da qualidade do mapeamento fosse otimizado e assim pode-se testar centenas de combinações. Foram utilizados 400 pontos estratificados em duas classes de 200 pontos para alvos com cana e sem cana dentro da bacia do Paranaíba. Os valores obtidos foram colocados em uma matriz de confusão e a partir dela foi calculado o IK. A Tabela 1 mostra os IK e a área estimada por cada uma das metodologias.

Tabela 1: Índices de Concordância Kappa e área estimada.

Mapa	IK	Área (ha)
NDVI	0,66	713.255
EVI	0,80	616.899
Canasat	-	658.045

A partir dos resultados apresentados na Tabela 1 foi possível constatar que o uso do índice EVI apresenta um melhor desempenho do que o uso do NDVI para o mapeamento de cana-de-açúcar na bacia do Paranaíba. O Índice de Concordância Kappa do EVI foi 21% melhor em relação ao NDVI. A área estimada pelo mapa feito a partir do índice NDVI foi 8,3% maior do que a área mapeada pelo projeto Canasat e a área estimada pelo mapa feito a partir do índice EVI foi 6,2% menor do que a mapeada pelo Canasat. Apesar do mapa feito a partir do EVI ter subestimado a área cultivada, a assertividade foi melhor do que com o mapa gerado por NDVI.

Esse resultado pode ser explicado pelo problema de saturação do NDVI como exposto por Zanzarini et al. (2013). Desta forma, diversos alvos com respostas espectrais diferentes, tendem a ter um comportamento similar, uma vez que a partir de determinado ponto satura-se e é impossível aumentar os valores de NDVI em determinadas fases fenológicas da cultura.

4. Conclusões

É possível concluir que para o ano-safra 2009/2010, na bacia do rio Paranaíba, o índice EVI do sensor MODIS apresentou melhor desempenho do que o índice NDVI na metodologia de máximos e mínimos valores para o mapeamento sistemático da cana-de-açúcar. Ainda é preciso analisar uma série temporal maior e aumentar a área de abrangência do estudo, mas baseado nos resultados é possível sugerir que o uso do EVI é mais indicado para um mapeamento sistemático de cana-de-açúcar através desta metodologia apresentada.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro da Biofuels Business Unit da British Petroleum (BP).

Referências Bibliográficas

- Barbetta, P. A. **Estatística aplicada às Ciências Sociais**. 3.ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Paranaíba (CBH Paranaíba). A Bacia. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/index.php>>. Acesso em:12.mai.2014
- Congalton, R.G. A review of assessing the accuracy classificatons of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991.
- DeFries, R. S.; Chan, J. C. Multiple criteria for evaluating machine learning algorithms for land-cover classification from satellite data. **Remote Sensing of Environment**, 74(3), 503–515, 2000.
- Duveiller, G.; Defourny, P. A conceptual framework to define the spatial resolution requirements for agricultural monitoring using remote sensing, **Remote Sensing of Environment**, v. 114, n. 11, p. 2637-2650, 2010.
- Fernandes, J. L.; Rocha, J. V.; Lamparelli, R. A. C. Sugarcane yield estimates using time series analysis of spot vegetation images. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 139-146, 2011.
- Jensen, J. R. **Remote sensing of the environment: an earth resource perspective**. New Jersey: Prentice Hall, 2000. 544p. ISBN 0-13-489733-1.
- Johann, J. A.; Rocha, J. V.; Lamparelli, R. A. C.; Duft, D. G. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1295-1306, 2012.
- Picoli, M. C. A., Rocha, J. V., Esquerdo, J. C. D. M., Lamparelli, R. A. C. O uso de máscaras para seleção automática de áreas plantadas com soja no estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 333-338.
- Roerink, G.J.; Menenti, M.; Verhoef, W. Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series. **International Journal of Remote Sensing**, v.21, n.9, p.1911-1917, 2000.
- Rudorff, B.F.T.; Berka, L.M.S.; Moreira, M.A.; Duarte, V.; Xavier, A.C.; Rosa, V.G.C.; Shimabukuro, Y.E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**, v. 52, p. 21-39, 2005.
- Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.
- Vieira, M. A.; Formaggio, A. R.; Rennó, C. D.; Atzberger, C.; Aguiar, D.A.; Mello, M. P. Object Based Image Analysis and Data Mining applied to a remotely sensed Landsat time-series to map sugarcane over large areas, **Remote Sensing of Environment**, v. 123, p. 553-562, 2012.

Zanzarini, F. V.; Pissarra, T. C. T.; Brandão, F. J. C.; Teixeira, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.608–614, 2013.