

Estimativa de área através de imagens do sensor MODIS/TERRA

Marina Martins Collaço¹
Rubens Augusto Camargo Lamparelli¹
Jurandir Zullo Júnior¹
Erivelto Mercante²

¹ Centro de Pesquisas Meteorológicas Aplicadas a Agricultura - CEPAGRI
13083-970 – Campinas – SP, Brasil
{mmartins, rubens, jurandir}@cpa.unicamp.br

² Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP
Caixa Postal 6011 - 13083-875 - Campinas - SP, Brasil
erivelto.mercante@agr.unicamp.br

Abstract. The aim of this study was to estimate the soybean area in 2004/2005 season, in the west region of Paraná State, by the accompaniment of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), index that is used to evaluate the vegetation's vigor during its development cycle, through MODIS/TERRA sensor images, to create maps of soybean areas, based on maximums and minimums biomass values, to develop a methodology to be used as an option to more efficient crop forecast systems for regional and national agriculture.

Palavras-chave: area estimation, soybean, vegetation index, MODIS, remote sensing, estimativa de área, soja, índice de vegetação, MODIS, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A previsão de safras no Brasil muitas vezes ainda é feita através de métodos tradicionais, como questionários de consulta aos produtores. Esses métodos acabam por aumentar a demora e a subjetividade nos resultados finais. As técnicas de sensoriamento remoto cada vez mais são utilizadas para diminuir a subjetividade desses métodos.

A soja aparece como um dos principais produtos agrícolas do Estado do Paraná, um dos maiores produtores brasileiros. É a mais recente cultura desenvolvida no Estado, sendo exportada para outros países *in natura* e na forma de farelo e óleo.

Este trabalho tem por objetivo estimar a área da safra de soja 2004/2005, na região Oeste do Estado do Paraná, pelo acompanhamento do NDVI, índice de vegetação utilizado para avaliar o vigor da vegetação durante seu ciclo de desenvolvimento, através das imagens do sensor MODIS/TERRA, com a confecção de mapas das áreas cultivadas baseados nos valores máximo e mínimo de NDVI calculados nos períodos de máxima e mínima biomassa, na tentativa de desenvolver uma metodologia que sirva como opção na busca de sistemas mais eficientes de estimativas precisas da produção agrícola regional e nacional.

2. Revisão Bibliográfica

A agricultura brasileira desenvolveu-se muito nos últimos anos em relação ao volume das safras de grãos e a qualidade da produção, e sua presença no cenário mundial têm crescido a cada ano, tornando-se o Brasil um país competitivo em número de toneladas produzidas e exportadas em todo o mundo. A soja aparece como um dos produtos onde é notável esse crescimento ao longo das últimas décadas. Segundo dados da Embrapa (2003), neste ano o Brasil figurou como o segundo produtor mundial, responsável por 52, das 194 milhões de toneladas produzidas em nível global ou 26,8% da safra mundial.

Os métodos de previsão de safras quase sempre se baseiam em modelos tradicionais de pesquisa, como censos, entrevistas e questionários aplicados aos produtores, ou, muitas vezes são ancorados em análises de safras passadas, o que causa determinada demora na obtenção dos números finais e, conseqüentemente, aumenta a subjetividade em seus resultados. Fontana et al (2000) afirmam que a obtenção de dados confiáveis através dessa metodologia implica sempre em um alto grau de subjetividade, sendo mais lenta e onerosa. Assim, a previsão das safras torna-se cada vez mais importante e necessita de técnicas que possibilitem uma maior precisão. Um dos pilares da previsão de safras é a estimativa correta da área de qualquer cultura. O Brasil, por ser um país de grandes extensões com áreas agrícolas e estas sofrerem mudanças constantes; influenciadas dentre outros fatores pelo mercado e pelo clima, torna-se um dos principais gargalos da confiabilidade da previsão.

O Governo Brasileiro vem envidando esforços no sentido de aumentar a objetividade das previsões de safras. Neste contexto pode-se citar o Projeto *Geosafras*, da CONAB, o qual visa aperfeiçoar o sistema de previsão de safras no Brasil através da utilização de técnicas de geoprocessamento para o monitoramento das culturas, sendo desenvolvido em conjunto por governos, empresas e universidades. Conforme aponta Figueiredo (2005), o projeto *Geosafras* faz uso de geotecnologias como o sensoriamento remoto, GPS (Global Positioning System) e Sistemas de Informações Geográficas no mapeamento e monitoramento das culturas, na aplicação de modelos agrometeorológicos nos prognósticos de rendimento.

Nesse sentido, as técnicas de sensoriamento remoto têm sido cada vez mais importantes na agricultura e podem ser úteis para diminuir a subjetividade dos métodos operacionais de previsão de safras como os utilizados no Brasil pela CONAB, órgão vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e pelo IBGE.

Com relação ao comportamento da vegetação, as diferenças de reflexão; as quais permitem a discriminação de espécies de plantas e de tipos de vegetação, é baseada nas características de suas folhas e do dossel. Todos esses fatores influenciam as propriedades espectrais do dossel, e os padrões de reflectância recebidos pelos sensores remotos.

A diferenciação da vegetação através das técnicas de sensoriamento remoto é possível no intervalo de 0,4 até 2,5 μm , pois neste intervalo as folhas são caracterizadas por comportamentos específicos de reflexão, absorção e transmissão. A baixa reflectância na região do visível é devido aos pigmentos existentes nas folhas, como a clorofila, representando um importante papel nessa região do espectro. Os pigmentos governam a transferência de energia radiante nas folhas e suas propriedades espectrais, tais como reflectância e transmitância. Assim, podem ser usados em sensoriamento remoto para estudos do comportamento fisiológico das plantas e da capacidade fotossintética.

Considerando que uma planta saudável, durante seu ciclo de desenvolvimento vegetativo, apresenta intensa atividade fotossintética, as respostas da intensidade de luz refletida para a faixa do visível e do infravermelho serão diferentes, ou seja, a resposta espectral a ser captada pelo sensor chegará em diferentes intensidades, gerando imagens com valores numéricos diferentes. Assim, a proporção da intensidade refletida é baixa para a luz visível (retida na planta) e alta para o infravermelho (fortemente refletida).

A partir dessas características da vegetação, utiliza-se o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para o monitoramento de culturas, índice este, utilizado para avaliar o vigor da vegetação e estimar a biomassa de culturas em crescimento. O NDVI é calculado baseado em uma relação matemática de diferença normalizada entre a reflectância na banda do espectro do vermelho e do infravermelho.

Com os avanços nas técnicas de sensoriamento remoto, é possível trabalhar com imagens de boa qualidade e que são disponibilizadas diariamente, permitindo o acompanhamento das culturas durante todo o período vegetativo. As imagens e dados dos sensores MODIS/TERRA

e AVHRR/NOAA são exemplos de sistemas orbitais que podem ser de grande utilidade nesse caso devido ao custo de aquisição, abrangência espacial e disponibilidade diária de suas imagens e dados.

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), um dos cinco instrumentos a bordo do satélite TERRA (Programa Espacial Americano de Observação da Terra – EOS – AM - 1) foi lançado em 18 de fevereiro de 1999 e a coleta de dados teve início em fevereiro de 2000. Esse sensor apresenta particularidades interessantes para o acompanhamento de safras, inclusive para a estimativa de área da cultura de soja, pois tem um elevado grau de re-visita, ampla cobertura espacial e espectral e aperfeiçoa outros sistemas, como o AVHRR/NOAA.

A utilização de novos sensores amplia as possibilidades para estudos que permitem estimar áreas de culturas. Algumas pesquisas têm sido publicadas na literatura a respeito da aplicação desses sensores. Doraiswamy et al (2003a, 2004) desenvolveram um estudo para investigar a aplicabilidade do sensor MODIS em um modelo de simulação de produtividade em culturas de milho e soja, baseado em índices de área foliar e os resultados foram aceitáveis para a área estudada, no Estado de Iowa, Estados Unidos. Ainda em outro estudo, Doraiswamy et al (2003b) avaliaram uma metodologia para a integração de dados de sensoriamento remoto no monitoramento da produtividade e crescimento de safras de trigo no Estado da Dakota do Norte, Estados Unidos, com resultados positivos de melhoria nas estimativas de produção. Estes trabalhos abordam duas questões importantes: o monitoramento de culturas e estimativa de produção. Apesar do foco dos trabalhos ser outro, eles permitiram concluir que existe grande potencial deste sensor para estimar área.

A partir das respostas espectrais dos alvos imageados pelos satélites, é possível distinguir os objetos na superfície. Segundo Novo (1989), as técnicas de classificação digital teriam, dessa forma, o objetivo de tornar o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes.

Crósta (1992), afirma que a classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto diz respeito a associar cada *pixel* da imagem a um rótulo, descrevendo um objeto real (vegetação, solo etc). Dessa forma, os valores numéricos (DNs) associados à cada *pixel*, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse *pixel*, são identificados em termos de um tipo de cobertura de superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha etc.), chamadas então de temas.

Assim, através do histograma da imagem, é possível identificar as freqüências das distribuições de intensidade dos *pixels* e selecionar amostras representativas da classe a ser estudada, cada qual associada a um tipo de material. O conjunto das classes deve ser pré-determinado com base em propriedades conhecidas, admitindo-se que qualquer *pixel* pertence necessariamente a uma classe e que as classes podem ser definidas usando propriedades observáveis e não apenas em valores de reflectância. Novo (1989) afirma a importância de que as amostras de treinamento sejam bastante homogêneas e representativas das classes de interesse. O método de classificação supervisionada por paralelepípedo consiste, como explica Crósta (1992), em considerar uma área ao redor do conjunto de treinamento com a forma de um quadrado ou paralelepípedo, definida por um DN máximo e mínimo e classificar todos os pixels situados dentro do paralelepípedo como pertencentes a uma classe pré-determinada.

3. Material e Métodos

São utilizadas imagens obtidas diariamente pelo sensor MODIS/TERRA dos períodos de plantio e pico vegetativo da cultura, sendo realizado o *download* dessas imagens para todos os

dias compreendidos em dois períodos: o plantio da soja, entre os dias 15 de outubro de 2004 a 30 de novembro de 2004 e seu pico vegetativo, entre os dias 15 de janeiro de 2005 a 15 de fevereiro de 2005, disponibilizadas no site do USDA - PECAD (*United States Department of Agriculture – Production Estimates and Crop Assessment Division*).¹

Posteriormente, é utilizada uma máscara de soja da região Oeste do Paraná, que compreende uma cena do satélite Landsat 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita 223 /ponto 77 com resolução espacial de 30 metros, desenvolvida por Mercante et al (2006), referente à mesma safra de soja, ano 2004/2005, para comparação com a máscara a ser gerada do sensor MODIS/TERRA.

O trabalho utiliza o modelo espectral, conhecido também por monitoramento da biomassa, baseado no acompanhamento dos índices de vegetação da cultura a partir do comportamento da planta em relação à luz solar incidente.

Foram aplicadas as tecnologias de processamento digital em imagens do sensor MODIS/TERRA. Realizou-se o processo de separação das bandas 1 e 2 da composição 721 do sensor MODIS/TERRA, correspondendo respectivamente aos comprimentos de onda do vermelho (620 – 670 nm) e do infravermelho (841 – 876 nm), bandas utilizadas para o cálculo do NDVI.

Dessa forma, com as imagens diárias recortadas das duas bandas do espectro eletromagnético, obtidas através do sensor MODIS/TERRA, foi possível calcular o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), determinado utilizando-se a **Equação 1**, através das bandas 1 (620 – 670 nm) e banda 2 (841 – 876 nm).

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

Onde:

IVP = Reflectância na banda do infravermelho próximo

V = Reflectância na banda do vermelho

Com as imagens diárias de NDVI, foram encontrados os menores valores de NDVI para cada *pixel*, no período de mínima biomassa (plantio) e os maiores valores de NDVI, no período de máxima biomassa (pico vegetativo), resultando numa imagem composição relativa a cada período. Este procedimento ajuda também na diminuição de interferências atmosféricas. A composição leva em consideração valores pré-determinados em uma rotina executada no aplicativo *IDL*. No caso da composição mínima, por exemplo, considerou-se zero como valor mínimo.

Foi necessário, nessa etapa, eliminar as imagens que continham grande número de nuvens sobre a área estudada (principalmente no período de mínima biomassa, onde seriam considerados os *pixels* de menores valores, próximos dos valores das nuvens), ou então aquelas que apresentavam algum ruído que impossibilitasse sua utilização.

Para obter uma única imagem a ser utilizada na confecção da máscara de soja, foi feita a diferença entre as duas composições (máximo valor e mínimo valor).

Para maior aproximação entre a máscara de soja desenvolvida no presente trabalho e a máscara já existente, do satélite Landsat 5/TM, safra 2004/2005, utilizou-se o método de Classificação Supervisionada Paralelepípedo para separar as classes de *pixels*. Elas foram

¹ <http://www.pecad.fas.usda.gov/>

determinadas entre zero e um, para selecionar somente a classe com valores significativos para a confecção da imagem final, com as áreas de soja no Oeste do Paraná.

Portanto, foram realizadas várias classificações considerando-se diferentes intervalos de classes, até que se chegasse à classe mais representativa das áreas de soja. Sempre eram consideradas três classes para cada classificação: uma classe dos valores abaixo dos esperados para a soja, a classe representativa da soja e a terceira com os valores acima dos valores esperados para a classe soja. A máscara de soja foi encontrada pela definição de um limiar, ou seja, um limite de corte, que possibilitou aproximar a imagem gerada entre o máximo e o mínimo com a máscara Landsat. A classificação que mais se aproximou da máscara Landsat foi delimitada com os seguintes valores (**Tabela 1**):

Tabela 1: Classes de Pixels para Classificação

Classes	Valores dos Pixels
Classe 1	0,00 – 0,65
Classe 2	0,66 – 0,79
Classe 3	0,80 – 1,00

Na classe dois, encontraram-se os valores que, separadamente das duas outras classes, geraram uma classificação que se aproxima mais com a máscara obtida pelo sensor Landsat/TM. A aproximação das máscaras também foi feita apoiada nos valores das áreas de soja em cada uma delas. Através do número de pontos considerados como soja em cada máscara, multiplicados pela área do pixel correspondente (no caso, 30 metros para a máscara Landsat e 250 metros para a Modis), calculou-se o valor das áreas.

4. Resultados Obtidos

O grande número de imagens adquiridas através do acesso ao site apresenta uma boa qualidade e o processamento pode ser realizado. O recorte das imagens e o cálculo do NDVI foram realizados para todos os dias dos dois períodos da cultura (**Figura 1**).

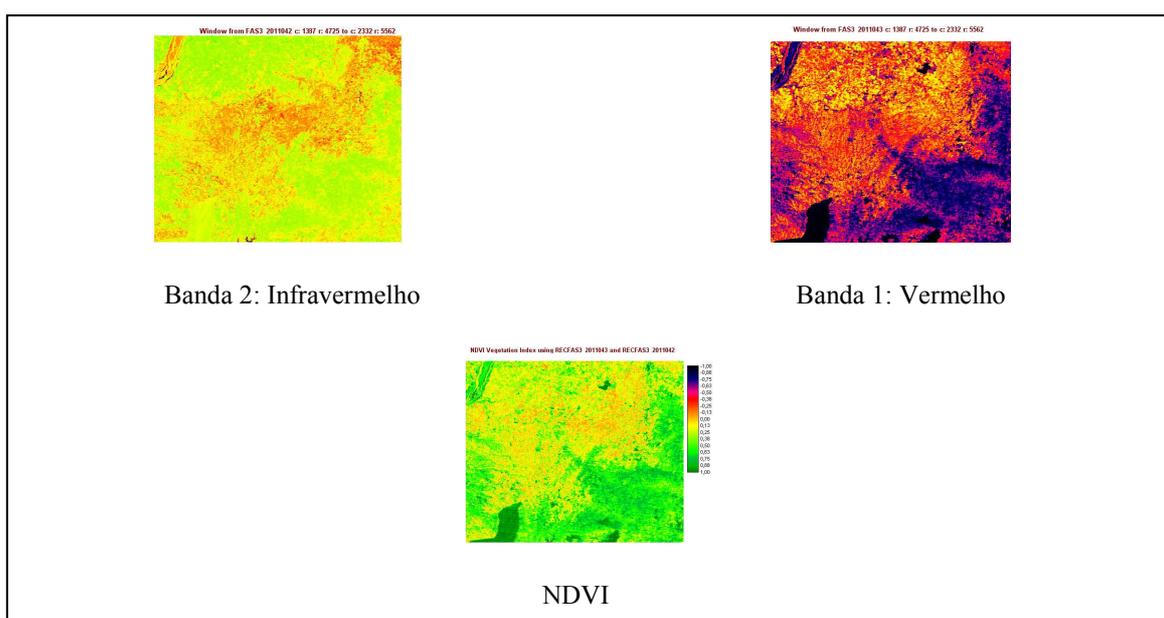


Figura 1: Bandas 1 e 2 resultantes do processamento e cálculo do NDVI.

Após a eliminação das imagens com grande número de nuvens ou ruídos, têm-se, para cada período, uma imagem composição. A imagem utilizada para a determinação das classes de *pixels* que separaram as áreas de soja e não-soja foi obtida através da diferença entre a imagem composição que representa os *pixels* de maiores valores e a imagem composição dos menores valores (**Figura 2**).

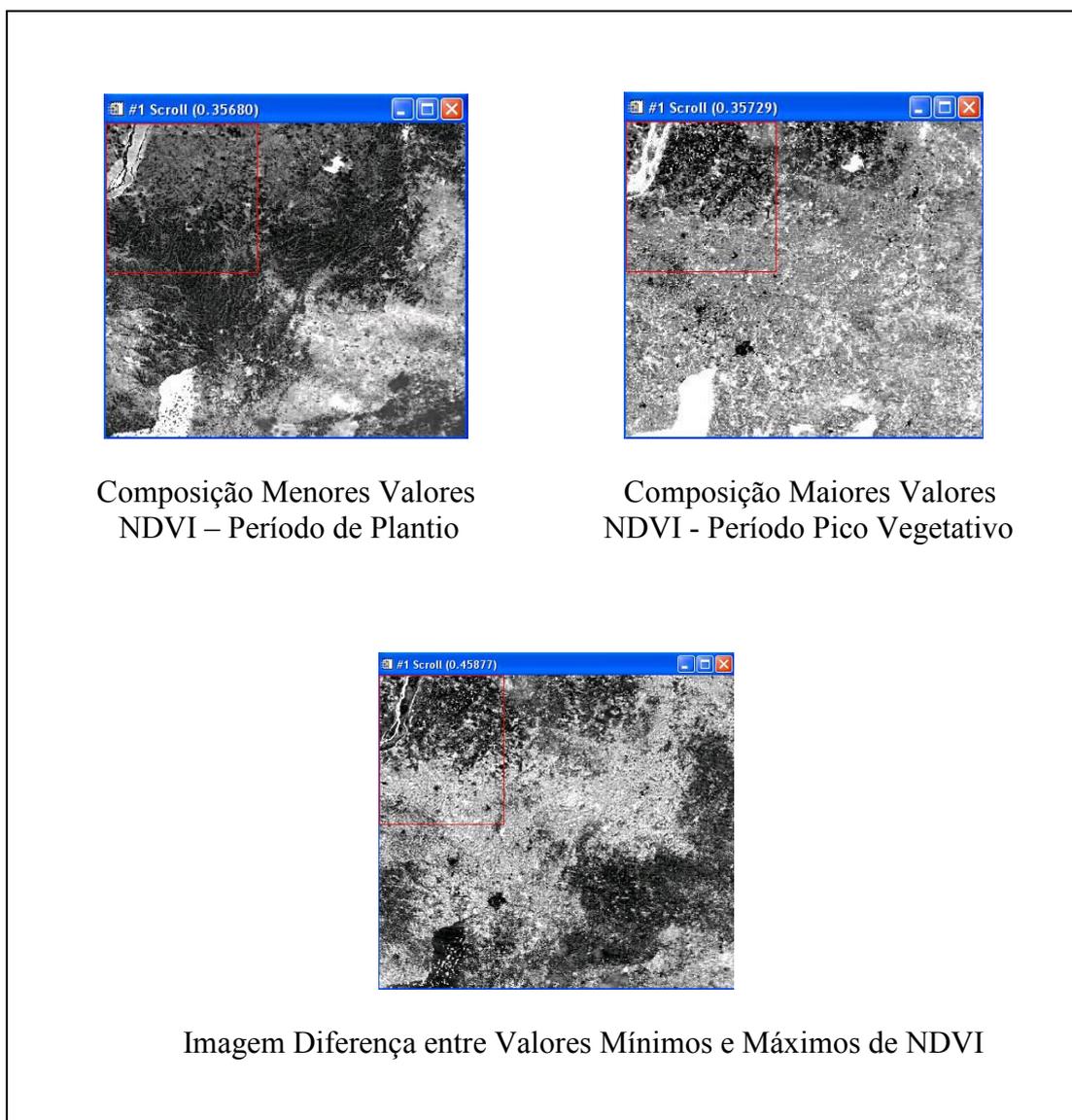


Figura 2: Composições dos Valores Máximos e Mínimos e Imagem-Diferença

Os intervalos que originaram as classes para a aplicação do método de classificação paralelepípedo foram determinados através do histograma da imagem diferença entre o máximo e mínimo. O limite para aproximar a máscara de soja do sensor MODIS/TERRA e a máscara já existente do Landsat foi determinado pela classe referente aos valores de *pixels* entre 0,66 e 0,79, que, ao serem considerados como uma classe, mais aproximaram-se da máscara Landsat. A área de soja calculada para a máscara Landsat foi de 1.381.573,53 ha e para a máscara Modis foi de 1.411.725,00 ha. O resultado mostrou uma diferença de 2% entre os dois métodos, provando que a utilização do sensor MODIS apresenta grande potencial de mapeamento e estimativa de área (**Figura 3**).

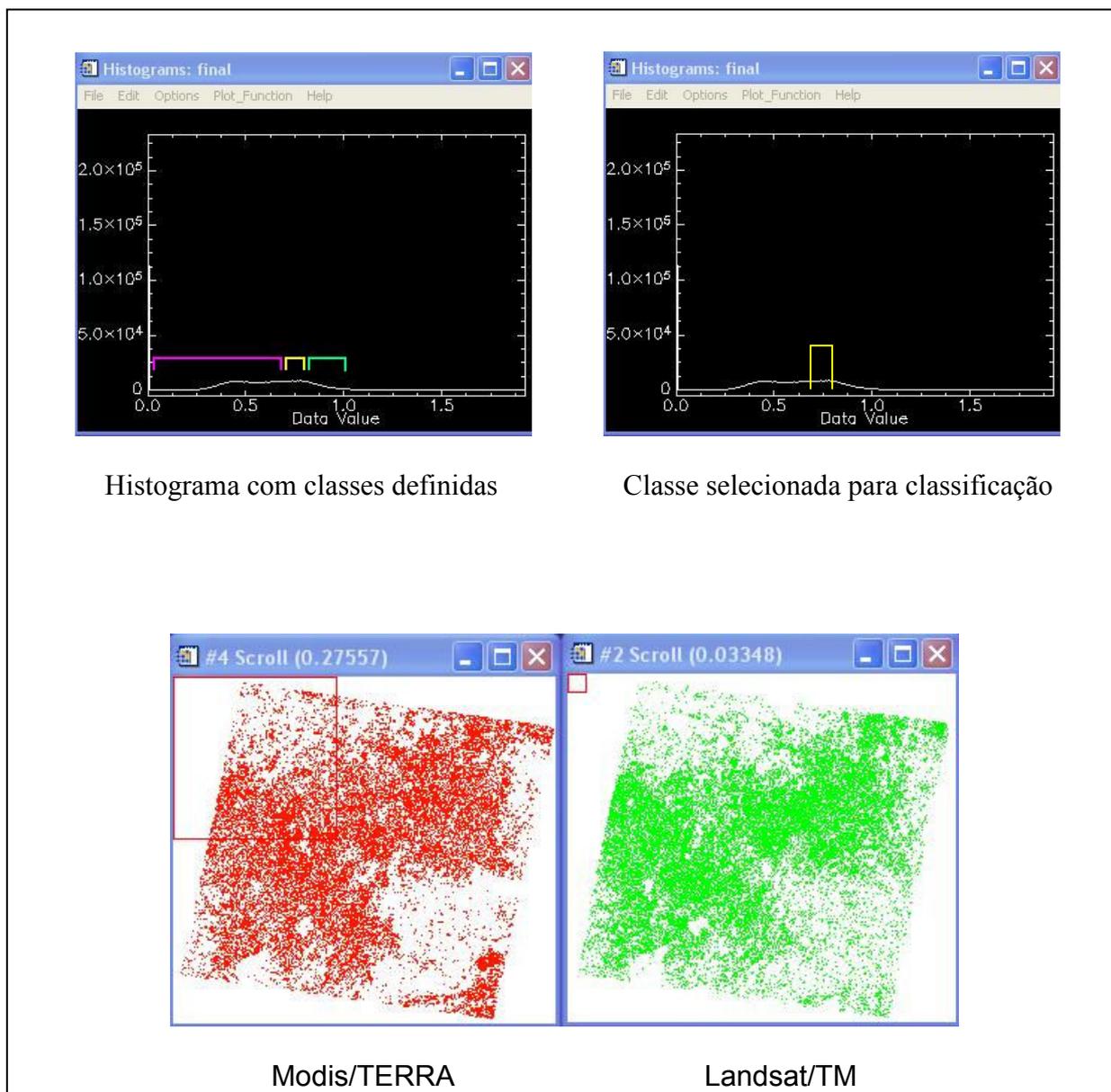


Figura 3: Histogramas com intervalos de classificação e máscaras de soja.

5. Conclusões

Foi possível identificar as áreas de soja na região Oeste do Paraná, local mais expressivo em produção no Estado, através do acompanhamento do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) no período de crescimento vegetativo da cultura, pela combinação entre duas bandas espectrais (vermelho e infravermelho).

O aproveitamento da máscara confeccionada em outro trabalho com o auxílio do satélite Landsat 5, sensor TM, foi bastante importante, pois serviu de base para a delimitação do limite de corte para a máscara MODIS/TERRA. A passagem de um sensor com resolução de 30 metros para outro com resolução de 250 metros caracterizou uma mudança de escala e pode ajudar a gerar quantificação de áreas em locais onde há formação intensa de cobertura de nuvens.

A metodologia se mostrou apta a estimar área, mas necessita ser testada para outros anos no sentido de verificar se os parâmetros de corte apresentam pequenas variações ou sofrem intensas flutuações.

Referências

- Crósta, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: Unicamp, 1992. 170p.
- Doraiswamy, P. C.; Moulin, S.; Cook, P. W.; Stern, A. Crop Yield Assessment from Remote Sensing. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. v. 69, n.6, pp. 665-674, 2003.
- Doraiswamy, P. C.; Akhmedov, B.; Stern, A.; Hatfield, J. L.; Prueger, J. Modis applications for mapping regional crop yields. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. **IGARSS 2003 Proceedings**. IEEE Internacional. v. 4, pp. 2197-2199, 2003.
- Doraiswamy, P. C.; Akhmedov, B.; Stern, A.; Hatfield, J. L.; Prueger, J.; Jackson, T.J. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**. v. 92, n. 4, pp. 548-559, 2004.
- Embrapa Soja. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil**. Sistemas de Produção nº 4. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 237p.
- Figueiredo, D. C. **Aperfeiçoamento do Sistema de Previsão de Safras da CONAB**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 17/01/2006.
- Fontana, D. C., Weber, E., Ducati, J., Figueiredo, D. C., Berlato, M. A., Bergamaschi, H. **Monitoramento e previsão de safras no Brasil**. Porto Alegre, 2000. Disponível em: <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/artigos/safras.pdf>. Acesso em: 02/03/2006.
- Mercante, E.; Antunes, J. F. G.; Lamparelli, R. A. C.; Rocha, J. V. Estimativa de área da cultura de soja com imagens LANDSAT 5/TM por meio de matriz de erros. In: XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa – PB: SBEA, 2006.
- Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. São Paulo: Blücher, 1989. 308p.