

DETECÇÃO E MONITORAMENTO DA SOJA NO RIO GRANDE DO SUL: UMA ABORDAGEM BASEADA NA DINÂMICA ESPECTRAL E FENOLÓGICA DA CULTURA

Detection and monitoring of soybean in Rio Grande do Sul: an approach based on spectral and phenological dynamic of the culture

DALLA NORA E. L.

Recebimento: 06/08/2009 - Aceite: 28/09/2010

RESUMO: O monitoramento e previsão da safra da soja no Brasil ainda não dispõem de uma metodologia consolidada. As peculiaridades regionais e a fragilidade dos métodos tradicionalmente utilizados representam a maior fonte de incertezas, especialmente na região sul do Brasil. Nesse contexto, este trabalho teve como proposta testar a possibilidade identificação e mapeamento de áreas de cultivo de soja, através da dinâmica espectral e fenológica da cultura, no estado do Rio Grande do Sul. Esta abordagem foi desenvolvida utilizando-se um algoritmo de classificação supervisionada, *Spectral Angle Mapper* (SAM), e dados multiespectrais do sensor TM/Landsat-5. O procedimento adotado revelou-se eficiente para discriminar as áreas de cultivo de soja, mesmo sob condições de desenvolvimento diferenciadas, utilizando apenas uma cena. O algoritmo utilizado também minimiza os efeitos de iluminação, já que a intensidade de brilho não interfere no processo de classificação. A validação do método revelou uma acurácia global de 95,33%, demonstrando grande potencial para atividades vinculadas à estimativa de áreas de cultivo e produtividade de safras.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Dinâmica Espectral. Soja.

ABSTRACT: The monitoring and forecast of soybean harvest in Brazil still does not have a consolidated methodology. The regional peculiarities and the fragility of the traditionally used methods represent the biggest source of uncertainties, especially in the southern region of Brazil. In this context, the objective of this work was to test the possibility of identification and mapping the soybean cultivation areas through the spectral and phenological dynamics of the culture, in the state of Rio Grande do Sul. This approach was developed using a supervised classification algorithm, *Spectral Angle Mapper* (SAM),

and multispectral data of the TM/Landsat-5 sensor. The adopted procedure showed efficiency to discriminate the areas of soybean cultivation, even under differentiated conditions of development, using only one scene. The algorithm used also minimizes the illumination effect since the brightness intensity does not interfere the classification process. The validation of the method showed a global accuracy of 95,33% demonstrating a great potential for activities related to the estimation of the cultivation areas and crop productivity.

Keywords: Remote sensing. Spectral Dynamic. Soybean.

Introdução

O Brasil, ao longo de sua história econômica, apresentou vários momentos nos quais um determinado produto foi fundamental para um conjunto de transformações que influenciaram não apenas a economia, mas também os aspectos políticos, sociais, culturais e de ocupação territorial em determinadas regiões do país. Os ciclos da cana-de-açúcar e do café são, em relação a produtos agrícolas, os dois melhores exemplos (DALL'AGNOL & HIRAKURI, 2008).

Na segunda metade do século XX, especialmente em suas três últimas décadas, um “novo” produto agrícola, a soja, foi responsável por profundas modificações no campo brasileiro. O crescimento na produção e extensão dessa cultura colocou o Brasil entre os maiores produtores e exportadores mundiais da soja. O potencial natural e os avanços tecnológicos na pesquisa agrônômica podem ser considerados como os aspectos fundamentais para o desenvolvimento do setor (DALL'AGNOL & HIRAKURI, 2008).

Atualmente, a área de soja cultivada no Brasil é de aproximadamente 22 milhões de hectares (safra 2008/2009), distribuídos em grande parte nos estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Goiás e Paraná, que representam os principais centros produtores (CONAB, 2009). No estado do Rio Grande

do Sul a área de cultivo atual estimada é de aproximadamente 4 milhões de hectares e com uma expectativa de produção média anual de 7 a 8 milhões de toneladas, aproximadamente 14% da produção nacional (EMATER, 2009).

Esses valores, entretanto, representam apenas uma estimativa das áreas cultivadas e dos valores de produção. O monitoramento e previsão da safra da soja no Brasil, assim como das demais culturas, é tradicionalmente subsidiado a partir de dados oriundos de levantamentos realizados por entidades ligadas à produção agrícola. Os dados coletados em nível municipal e estadual são posteriormente agrupados em toda a extensão do território nacional. Apesar da grande importância desses dados para a economia, na maioria das vezes a subjetividade na avaliação por entrevistas determina certo grau de incerteza nas informações geradas (EPIPHANIO et al., 2002; IPPOLITI-RAMILO et al., 2003)

Com base nessas dificuldades, nas últimas décadas diversas instituições públicas e privadas têm direcionado esforços para otimizar os trabalhos de estimativas de áreas de cultivo. As imagens de satélites, obtidas por uma constelação de sensores orbitais atualmente disponíveis, representam a principal base dos dados utilizada pelos métodos propostos. (HUETE et al., 2002; LOBELL et al., 2003; MOTTA et al., 2003). Tais dados representam uma grande alternativa aos métodos tradicionais, principalmente pelo baixo custo e a velocidade com que as informações podem

ser disponibilizadas aos setores ligados ao agronegócio.

Contudo, a ocasional presença de nuvens, as variações do calendário agrícola e a resolução espacial das imagens de satélite (quilométricas em algumas abordagens), representam as maiores limitações dos métodos atualmente utilizados (HUETE et al., 2002; KASTENS et al., 2005; XIAO et al., 2002). Trata-se de um verdadeiro dilema, pois imagens com resolução espacial melhorada apresentam resolução temporal reduzida. Como o calendário agrícola é diversificado, mesmo em regiões próximas, muitas áreas podem ser subestimadas pela baixa frequência na obtenção de imagens, o que também impede o monitoramento dos estágios de desenvolvimento da planta. Já nos sensores de alta resolução temporal, com períodos diários de revisita, a presença de nuvens passa a ser contornada, porém a resolução espacial é reduzida substancialmente devido à altitude do sensor. Essa condição impõe sérias restrições para aplicação em determinadas regiões como no estado do Rio Grande do Sul (DORAISWAMY et al., 2004).

A região norte do estado, objeto deste estudo, representa a área de maior produção de soja no Rio Grande do Sul. Trata-se de uma região marcada por propriedades relativamente pequenas, muitas das quais trabalhando em regime de economia familiar (MANTELLI, 2000). Diante da heterogeneidade espacial das áreas de cultivo, em função do tamanho das propriedades, da tecnologia empregada e do calendário agrícola diferenciado, os métodos de classificação, demasiadamente utilizados atualmente, apresentam dificuldade para discriminar diferentes culturas e resolver problemas de exatidão na quantificação de áreas que podem torná-las inviáveis ou apenas meras aproximações.

Entretanto, a utilização de um classificador de imagens orbitais de alta resolução espacial, capaz de quantificar áreas de cultivo

de soja em diferentes estágios de desenvolvimento, em um único período (cena), poderia otimizar substancialmente esse tipo de análise. Nesse sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do classificador supervisionado *Spectral Angle Mapper* na identificação e mapeamento de áreas de cultivo de soja em condições fenológicas diferenciadas. Essa abordagem foi desenvolvida utilizando-se uma única cena do sensor TM/Landsat-5 e baseada no perfil espectral da cultura.

Materiais e métodos

Área de Estudo

Esta abordagem foi desenvolvida utilizando como base a área geográfica de oito municípios localizados na região norte do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), representando uma área total de aproximadamente 410.598 hectares. Essa região está situada entre as coordenadas geográficas 27°34' e 28°17' de latitude sul e 54°03' e 52°17' de longitude oeste. Trata-se de uma área caracterizada como a maior produtora de soja do estado e apresenta um padrão similar na distribuição espacial das características físicas.

Na área de estudo o clima é classificado como mesotérmico úmido, sujeito a bruscas mudanças de tempo em qualquer época do ano. A temperatura média anual situa-se em torno de 18°C, com amplitude de variação de aproximadamente 11°C. Apresenta uma precipitação média anual geralmente entre 1.800 e 2.100mm, bem distribuídos ao longo do ano (ELETROSUL, 1979).

O relevo apresenta patamares estruturais, modelado em rochas basálticas da formação Serra Geral. O basalto constitui a maior unidade geológica, apresentando-se disposto em sequências de derrames sub-horizontais, com espessura que varia de 300 a 1000

metros. Nessa área predominam latossolos profundos, porosos com condições adequadas para um bom desenvolvimento radicular em profundidade (ELETROSUL, 1979).

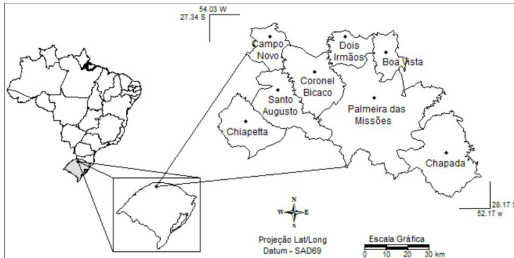


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Aquisição, processamento e análise de dados

A cena do sensor TM utilizada no processo de identificação e classificação das áreas de cultivo de soja foi obtida na passagem do dia 04/02/2008. Nesse período as variedades de ciclo longo, plantadas em grande parte durante o mês de novembro, encontram-se no estágio de desenvolvimento máximo da cultura, cobrindo completamente o solo. Entretanto, as variedades de ciclo precoce, nesse período, encontram-se em estágios iniciais de desenvolvimento fenológico.

Previamente aos processos de classificação da cena do sensor TM, os dados de radiância foram convertidos para valores de reflectância de superfície, portanto corrigidos dos efeitos de espalhamento e absorção atmosférica, com o auxílio do aplicativo *Flash-Correcting Multispectral Data*, que tem como base o modelo de transferência radiativa *MODTRAN*.

O algoritmo de classificação supervisionada *Spectral Angle Mapper*, implementado no *software* de processamento de imagens ENVI 4.5 (SULSOFT, 2009), baseia-se na comparação do espectro da imagem com um espectro de referência, proveniente de

bibliotecas espectrais ou de membros finais das imagens. A comparação é realizada por um critério de similaridade e, dessa forma, a identificação do material procurado é feita segundo o ajuste obtido entre as duas curvas espectrais. Quanto melhor for o ajuste, maior será a probabilidade da existência do material de referência no *pixel* da imagem. Basicamente, procura-se identificar a existência ou não do espectro de referência. A formulação matemática do SAM (KRUSE et al., 1993) é oriunda da equação 1, sendo expressa na forma de ângulo e não de porcentagem.

$$SAM = \alpha = \cos^{-1} \frac{\sum_{i=1}^{i=nb} ER_i EI_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=nb} (EI_i)^2 \sum_{i=1}^{i=nb} (ER_i)^2}}$$

Equação 1

Dessa forma, temos que o valor do SAM é expresso em radianos, sendo que, quanto menor o ângulo α , maior é a similaridade entre as curvas. O ângulo α , determinado pela função arco-cosseno apresenta uma variação de 0° até 90°.

Neste trabalho utilizou-se a metodologia de BOARDMAN & KRUSE (1994) para a detecção dos membros de referência utilizados no processo de classificação. O procedimento pode ser dividido em três etapas: (a) redução da dimensão espectral (*Minimum Noise Fraction - MNF*) (CARVALHO JÚNIOR et al., 2002; GREEN et al., 1988); (b) redução da dimensão espacial (*Purity Pixel Index - PPI*); e (c) identificação manual (utilizando um visualizador n-dimensional). Essa metodologia visa eliminar os fatores redundantes, tanto espaciais como espectrais, que nada alteram o conjunto de soluções viáveis para os membros de referência.

A avaliação da acurácia da classificação foi obtida através da verificação das áreas mapeadas em campanhas de campo. Um trajeto

de aproximadamente 800 km foi percorrido com o apoio de um GPS de navegação (Sistema de Posicionamento Global), para a coleta de pontos amostrais. Os dados coletados no campo foram analisados e tabulados em uma matriz de confusão, para estimar o valor percentual de acerto do mapeamento.

Resultados e discussão

O aspecto heterogêneo que caracteriza o padrão de distribuição espacial dos elementos da paisagem fica evidenciado pela presença de áreas de cultivo de soja em estágios de desenvolvimento fenológico distintos na imagem do sensor TM. O perfil espectral apresentado na **figura 2** ilustra essa dinâmica em que é possível observar as variações no comportamento espectral exibido pelas variedades de cultivo de soja. Tais disparidades estão associadas às condições de plantio e manejo diferenciados e mais intimamente relacionadas às datas de cultivo variadas.

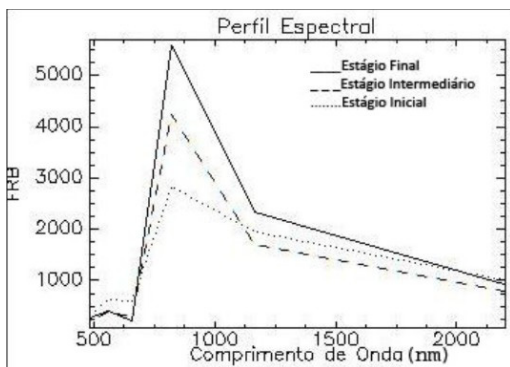


Figura 2 - Distribuição do perfil espectral exibido pela cultura da soja nos diferentes estágios de desenvolvimento fenológico na imagem do sensor TM/Landsat-5.

É possível observar que as maiores disparidades entre os diferentes estágios de desenvolvimento das plantas se estabelecem na região do espectro eletromagnético situado entre o vermelho (660 nm) e o infravermelho próximo (820 a 1165 nm). Áreas em

estágio final de desenvolvimento (maturação) apresentam os valores mais baixos de reflectância na região do vermelho, em função da absorção deste comprimento de onda, principalmente pela clorofila durante o processo fotossintético. Nesse estágio, o solo apresenta-se completamente coberto pela cultura e, no caso em análise, refletindo completamente a radiação eletromagnética situada na região do infravermelho próximo (820 nm), radiação que as formações vegetais apresentam-se incapazes de absorver ou transmitir (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007).

Nos estágios de desenvolvimento inicial e intermediário é possível observar variações graduais nos valores de reflectância ao longo do espectro eletromagnético. Essas variações são proporcionais à interferência do solo na resposta espectral de cada *pixel*. As áreas que apresentam um dossel esparsa, em função do estágio de desenvolvimento, apresentam aumentos nos valores de reflectância na região do visível e reduções na região do infravermelho. Essa característica se manifesta em decorrência da baixa disponibilidade de pigmentos fotossintetizantes (biomassa vegetal) e da interferência espectral do solo que tipicamente apresenta valores de reflectância superiores aos apresentados pelas formações vegetais.

A classificação por ângulo espectral das áreas de cultivo de soja, obtida por meio do algoritmo *Spectral Angle Mapper*, foi executada com um ângulo espectral máximo igual a 0,08 radiano. Esse valor foi selecionado após serem testados diferentes valores angulares, maiores e menores, pelo fato de ser o de melhor resultado na delimitação das áreas de cultivo de soja identificadas visualmente na imagem. Isso significa que 0,08 radiano é o valor angular máximo aceitável entre o vetor definido pelos espectros de referência (amostras da classe) e o vetor definido pelo valor espectral do *pixel* que está sendo classificado.

Pixels com valores maiores que 0,08 radiano em relação à referência não foram classificados e o resultado final da classificação das áreas de cultivo está ilustrado na figura 3.

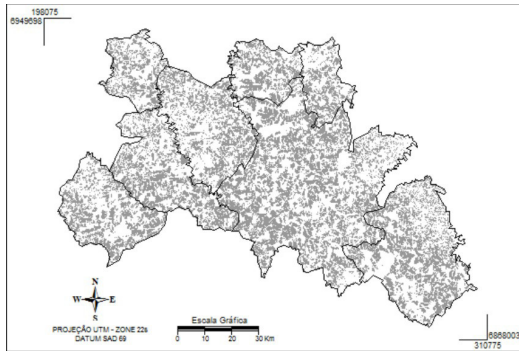


Figura 3 - Distribuição espacial da classificação das áreas de cultivo de soja, obtida pelo algoritmo *Spectral Angle Mapper*.

Na área de estudo os resultados revelam que aproximadamente 175.160,78 hectares estão atualmente sendo utilizados para o cultivo de soja. Tais valores demonstram a importância dessa cultura na matriz agrícola e no desenvolvimento econômico regional já que representa aproximadamente 42,66% da área total da paisagem. A área estimada de cultivo de soja é composta por talhões em estágios de desenvolvimento diferenciados, sendo essa a característica que realça a capacidade do classificador por ângulo espectral no monitoramento de áreas de cultivo.

O procedimento adotado revelou-se eficiente em relação à sua capacidade de identificar, em um único período áreas pertencentes a uma mesma classe, porém sob condições de desenvolvimento diferenciadas. Além disso, observa-se que o algoritmo utilizado minimiza os efeitos de iluminação, já que a intensidade de brilho não interfere no processo de classificação. O bom desempenho apresentado pelo classificador SAM revela-se como uma alternativa aos classificadores supervisionados e não supervisionados, tradicionalmente utilizados nas atividades de estimativas de áreas de cultivo.

A maior parte dos classificadores é capaz de discriminar culturas apenas em estágios específicos de desenvolvimento, o que requer uma série de classificações multitemporais durante o ano-safra. De acordo com LAMPARELLI et al., (2008), para a estimativa da área de cultivo de soja na região oeste do estado do Paraná, realizada com base nos algoritmos de classificação “paralelepípedo” e “máxima verossimilhança”, foram necessárias 6 imagens do sensor TM/Landsat-5 para a estimativa da área de cultivo no ano-safra avaliado. Essa condição demanda tempo e trabalho tanto para classificações sucessivas quanto para a edição das séries temporais.

Nesse sentido, torna-se importante ressaltar que o desempenho do classificador SAM é favorecido pela resolução espacial do sensor TM, que contribui para a definição de membros de referência “puros” e que minimiza os efeitos de mistura espectral do *pixel*. Diversos autores têm registrado as dificuldades de mapeamento de cultivares agrícolas na região sul do Brasil, com sensores de resolução espacial mais grosseira, devido ao tamanho das propriedades e das variações topográficas (YI et al, 2007). Segundo esses autores, nessas regiões, a utilização de sensores de resolução espacial moderada são incapazes de fornecer estimativas precisas de áreas de cultivo em função das peculiaridades locais. Essa condição também foi registrada por LAMPARELLI et al (2008), demonstrando valores inferiores na acurácia da classificação da soja, utilizando imagens de resolução espacial moderada e classificadores supervisionados.

Entretanto, os resultados produzidos não apresentaram uma exatidão total, já que em alguns locais foram identificadas incompatibilidades na classificação (**Tabela I**). A maior imprecisão está associada às áreas onde a cobertura do solo é esparsa e o comportamento espectral do solo se sobrepõe ao espectro característico da cultura da soja no período

em que a imagem foi obtida. Essa mistura espectral produzida configura-se como o fator mais restritivo. Entretanto, na cena obtida pelo sensor TM em sua passagem seguinte, este problema poderia ser minimizado.

Tabela 1 - Matriz de confusão e correlação global obtida no processo de classificação.

Áreas vinculadas ao cultivo de soja	CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA		
	Cultivo Presente	Cultivo Ausente	TOTAL
Cultivo Presente	378	9	472
Cultivo Ausente	12	51	28
TOTAL	390	60	450

A validação do método de classificação foi obtida através de campanhas de campo realizadas na área de estudo durante o mês de fevereiro de 2009. Embora a campanha de campo tenha sido realizada durante o ano-safra seguinte aos processamentos realizados, a área de estudo praticamente não apresentou grandes modificações em sua matriz agrícola, já que, historicamente, é caracterizada como um grande centro produtor da cultura da soja.

Durante os trabalhos de campo foram coletados um total de 450 pontos amostrais, distribuídos em todo o limite ocupado pela área de estudo. A matriz de confusão elabo-

rada a partir desses dados, confrontados com os valores obtidos em laboratório, revela uma acurácia global de 95,33%, demonstrando uma alta correlação da carta apresentada na figura 3 em relação à sua distribuição espacial no campo.

Conclusões

O método proposto permite a identificação e mapeamento das áreas de cultivo de soja, com exatidão, mesmo sob distribuição espacial e fenológica heterogênea. A classificação por ângulo espectral também revela-se uma alternativa com potencial ganho em relação às técnicas de classificação tradicionalmente utilizadas.

A característica diferenciada do algoritmo *Spectral Angle Mapper* e a resolução espacial/espectral do sensor TM minimizam as restrições de mapeamento impostas pelas peculiaridades locais. Essa condição realça o potencial do método como subsídio de informação aos modelos de produtividade de safras e no planejamento dos setores ligados ao agronegócio.

AUTOR

Elói Lennon Dalla Nora - Mestre/PPG-ERN/UFSCar. Doutorando em Ciência do Sistema Terrestre - INPE. Aluno da PG em Ciência do Sistema Terrestre. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. E-mail: eloi.dallanora@igbp.inpe.br

REFERÊNCIAS

BOARDMAN, J.W. KRUSE, F.A. Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada. In: **Proceedings** of the 10th ERIM - Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI., vol. 1, p. 407-418, 1994.

- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; CARVALHO, A. P. F., MENESES, P. R., GUIMARÃES, R. F. Classificação e eliminação dos ruídos em imagens hiperespectrais pela análise sequencial da transformação por fração de ruído mínima. **Revista Brasileira de Geofísica**. 20(1): 31-41. 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira 2008/2009**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Superintendência de Informações do Agronegócio - SUINF. Brasília-DF. 2009.
- DALL'AGNOL, A.; HIRAKURI, M. H. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja**. Circular técnica 59. Embrapa Soja, Londrina - PR. 2008.
- DORAISWAMY, P.C.; HATFIELD, J.L.; JACKSON, T.J.; AKHMEDOV, B.; PRUEGER, J.; STERN, A. Crop condition and yield simulations using Landsat and MODIS. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 92, p.548-59, 2004.
- ELETROSUL-Centrals Elétricas do Sul do Brasil-SA. **Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai: Estudo de Inventário Hidroenergético**. CNEC. Apêndices I e II. 1979.
- EMATER. **Relatório de acompanhamento da safra 2008/2009 no Estado do Rio Grande do Sul**. Secretaria da agricultura, pecuária, pesca e do agronegócio. Porto Alegre-RS. 2009.
- EPIPHANIO, J.C.N.; LUIZ, A.J.B.; FORMAGGIO, A.R. Estimativa de áreas agrícolas municipais utilizando sistema de amostragem simples sobre imagens de satélite. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.2, p.187-97, 2002.
- GREEN, A.A., BERMAN, M., SWITZER, P., CRAIG, M.D. A transformation for ordering multispectral data in terms of images quality with implications for noise removal. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.26, n.1, p.65-74, 1988.
- HUETE, A.R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.195-213, 2002.
- IPPOLITI-RAMILO, G.A.; EPIPHÂNIO, J.C.N.; SHIMABUKURO, Y.E. Landsat 5 thematic mapper data for pre-planting crop area evaluation in tropical countries. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.24, n.7, p.1.521-34, 2003.
- KASTENS, J.H.; KSTENS, T.L.; KSTENS, D.L.A.; PRICE, K.P.; MARTINKO, E.A.; LEE, R.Y. Image masking for crop forecasting using AVHRR NDVI time series imagery. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.99, n.3, p.341-56, 2005.
- KRUSE, F.A., LEFKOFF, A.B., BOARDMAN, J.W., HEIEDBRECHT, K.B., SHAPIRO, A.T., BARLOON, P.J., GOETZ, A.F.H. The Spectral Image Processing System (SIPS) – Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data. **Remote Sensing of Environment** 44:145-163. 1993.
- LAMPARELLI, R. A. C.; CARVALHO, W. M. O.; MERCANTE, E. Mapeamento de semeaduras de soja mediante dados Modis/Terra e TM/Landsat-5: Um comparativo. **Revista Engenharia Agrícola**. v.28, n.2, p.334-344, 2008.
- LOBELL, D.B.; ASNER, J.I.; ORTIZ-MONASTERIO; BENNING, T.L. Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.94, n.2, p.205-20, 2003.
- MANTELLI, J. **Evolução e tendências do setor agrário na região noroeste do Estado de Rio Grande**

do Sul: uma proposta de análise. 2000. 202 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D. C.; WEBER, E. Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por *pixels* com proporções variáveis de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v.11, n.2, p. 353-369. 2003.

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação. São José dos Campos-SP: Parêntese, 2007. p. 5-128.

SULSOFT PROCESSAMENTO DE DADOS. Guia do ENVI em português. Versão 4.5. Porto Alegre. Disponível em: <http://www.envi.com.br>. Acesso em: 15 jun. 2009.

XIAO, X.; BOLES, S.; FROLKING, S.; SALAS, W.; MOORE, B.; LI, C.; HE, L.; ZHAO, R. Landscape-scale characterization of cropland in China using VEGETATION sensor data and Landsat TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, London, v.23, n.18, p.3.579-94, 2002.

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. **Revista Engenharia Agrícola**. v.27, n.3, p.753-763, 2007.

