

## IMAGENS LANDSAT NA ESTIMATIVA DA ÁREA PLANTADA COM SOJA EM MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

RODRIGO RIZZI<sup>1</sup>

BERNARDO FRIEDRICH THEODOR RUDORFF<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{rizzi, bernardo}@ltid.inpe.br

**Abstract.** The objective of this work was to estimate soybean crop area in municipalities of Rio Grande do Sul State, Brazil, using Landsat images. Two scenes from path 223 row 79 and 80 were acquired at two different dates during the crop year of 2000/01. The soybean crop area was estimated using both digital and visual classification. The official crop area estimation at the municipality level was provided by the Systematic Survey Agricultural Production (LSPA) from the Brazilian Geography and Statistics Institute (IBGE) and used for comparison with the estimates obtained from the image classification. The overall result showed a very low difference between the LSPA estimation and the image classification. However, the large relative differences were observed in municipalities with very low soybean crop area, although the highest absolute differences were observed in municipalities with high soybean crop area (above 10.000 ha). Due to the acquisition of cloud free scenes during the most critical period to map soybean areas, this method proved to be very accurate.

**Keywords:** crop area estimation, image classification, Landsat, soybean.

### 1. Introdução

A estatística sobre as safras agrícolas é uma informação fundamental para que sejam traçadas medidas que venham favorecer todo o processo produtivo, evitando especulações e favorecendo preços justos. No Brasil, as previsões de safras de abrangência nacional ou regional atualmente operacionais são realizadas utilizando informações municipais obtidas por um sistema de levantamento subjetivo, baseado em opiniões de agentes técnicos e econômicos relacionados ao setor agrícola (Sano et al., 1998). Esse sistema, denominado *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola* (LSPA), fornece mensalmente dados referentes à estimativa de área, produção e produtividade média de diversas culturas, a partir da fase de intenção de plantio até o final da colheita (IBGE, 2002). Contudo, em função do seu caráter subjetivo, esses dados não permitem uma análise quantitativa dos erros e incertezas envolvidos, além de serem passíveis de manipulação. Da mesma forma, sua análise não permite a detecção de variações sutis que ocorram ao longo do tempo e que, via de regra, são as mais interessantes para o mercado (Ippoliti-Ramilo et al., 1999; Pino, 2001a).

A busca por novas metodologias para obter essa informação de forma mais rápida e sobretudo confiável visa agilizar os processos de tomada de decisão envolvidos na economia agro-industrial, beneficiando produtores, governos, instituições afins e consumidores. Entretanto, a grande extensão territorial brasileira, aliada à dinâmica espaço-temporal da atividade agrícola, torna difícil a obtenção de informações atualizadas e confiáveis sobre este setor da economia. Por outro lado, a utilização de imagens de sensoriamento remoto em conjunto com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sistemas de Posicionamento Global (GPS) podem auxiliar na obtenção dessas informações de uma forma mais rápida, precisa e, quando houver escala suficiente, com menor custo, quando comparadas às geradas pelas técnicas subjetivas tradicionalmente utilizadas (Pino, 2001b).

A identificação das diferentes culturas nas imagens se dá por meio de suas características espectrais em períodos específicos do ciclo fenológico. Contudo, o calendário agrícola das culturas de verão coincide com o período chuvoso, associado à nebulosidade freqüente, o que

dificulta muito a obtenção de imagens livres de nuvens nesses períodos (Chen, 1990). Este tem sido o principal motivo que restringe o uso dessas imagens a pequenas regiões, havendo poucos estudos envolvendo regiões maiores (Mendonça et al., 1986; Fontana et al., 2001).

Apesar disso, o funcionamento simultâneo dos satélites Landsat 5 e 7, no período correspondente às três últimas safras, possibilitou a obtenção de imagens livres de nuvens durante o período considerado ideal à separabilidade espectral da cultura da soja dos demais alvos. Muito embora o satélite Landsat 5 tenha deixado de operar no Brasil em abril de 2002, a frequência de observação conjunta desses dois satélites (8 dias) mostrou-se adequada ao uso das imagens de sensoriamento remoto para fins de estimativa de safras agrícolas.

Em face ao exposto, o objetivo do presente trabalho foi estimar a área plantada com soja, em nível municipal, em parte da região significativamente produtora do Estado do Rio Grande do Sul, com base na classificação de imagens adquiridas pelos sensores TM e ETM+, a bordo dos satélites Landsat 5 e 7, respectivamente.

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada entre as latitudes S 27° 04' e S 30° 01' e as longitudes W 53° 01' e W 55° 23', correspondendo à abrangência de duas cenas Landsat, inseridas na região de maior produção da cultura da soja no Rio Grande do Sul. A agricultura é tecnificada, apesar das áreas dotadas de irrigação artificial pelo sistema *pivô central* serem muito reduzidas. É comum a prática de dois ciclos agrícolas por ano. Na estação de verão a cultura predominante é a soja, com um pequeno destaque para o milho, utilizado em rotação com a soja para viabilizar a implantação do sistema *plantio direto na palha*. No período de inverno enfatizam-se as culturas do trigo, aveia e cevada. Existem, também, áreas de pecuária extensiva em pastagem natural (campo nativo), que vêm sendo substituídas pelo cultivo da soja.

Pelo sistema internacional de classificação climática de Köppen a área de estudo enquadra-se na zona fundamental temperada (C), tipo fundamental úmido (Cf), variedade subtropical (Cfa). As características, conforme a variedade, são as seguintes: clima subtropical úmido, com precipitação pluvial bem distribuída durante o ano (nenhum mês com menos de 60 mm) e temperatura média do mês mais quente superior a 22,0 °C (Cunha, 2001). Apesar da precipitação ser uniforme ao longo do ano (verão 24%, outono 25%, inverno 25% e primavera 26%), em virtude da maior demanda evaporativa da atmosfera no verão, a chuva normal neste período é, em geral, insuficiente para atender às necessidades hídricas das culturas (Berlato, 1992). As classes de solos predominantes na região são: latossolos, argissolos e alissolos (Brasil, 1973), segundo a nova classificação brasileira (Prado, 2001).

### 2.2. Classificação das imagens Landsat e estimativa da área plantada

As datas de obtenção das imagens foram selecionadas levando em consideração o período de melhor separabilidade espectral da cultura da soja na região (final de janeiro a meados de março), bem como a ausência de cobertura de nuvens. Para cada órbita/ponto foram utilizadas imagens adquiridas em duas datas distintas (**Tabela 1**). O estudo foi realizado em escala municipal e compreendeu o ano-safra de 2000/01. O aplicativo computacional utilizado em todas as etapas do processo foi o *SPRING* (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 3.6.02, desenvolvido pelo INPE (INPE, 2002).

Tabela 1: Data de aquisição das imagens Landsat utilizadas na estimativa de área plantada com a cultura da soja.

Órbita ponto (deslocamento)	223 79 (2" S)	223 80 (2" S)
Classificação digital e visual	04-03-01*	04-03-01*
Classificação visual	08-02-01**	08-02-01**

\* Sensor TM

\*\* Sensor ETM+

As imagens foram inseridas no banco de dados através do módulo de importação do *SPRING*. O processo de importação engloba também o registro das imagens. Nesse processo foi utilizado como base cartográfica um mapa cadastral georreferenciado contendo os limites políticos municipais correspondentes ao ano de 2001, fornecido pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul (FEPAM/RS).

A classificação das imagens Landsat envolveu duas etapas distintas: classificação digital e classificação visual. A classificação digital teve por base as imagens adquiridas em meados de março, por serem estas as que apresentaram a melhor qualidade em relação ao problema de cobertura de nuvens. A primeira fase da classificação digital envolveu o processo de segmentação. Para tanto, foi utilizado um algoritmo não supervisionado, denominado *crescimento de regiões*, o qual visa agrupar regiões contínuas, similares radiometricamente, a partir de *pixels* individuais, até que todos sejam processados (Nascimento, 1996). O processo de segmentação exige a definição dos limiares de área e similaridade. O primeiro representa a área mínima, em *pixels*, para que uma região seja individualizada. O segundo define que duas regiões são similares quando o valor da distância euclidiana mínima entre as médias das regiões é inferior ao limiar estipulado. Os limiares utilizados no presente estudo foram de 64 *pixels* ( $\cong$  4 ha) e 7 níveis de cinza, para área e similaridade, respectivamente. Para diminuir o tempo computacional exigido pelo grande volume de dados, optou-se por utilizar apenas uma das bandas no processo de segmentação. Após a análise visual das bandas individualmente, selecionou-se a banda 4 (infravermelho próximo), por ser a que visualmente possibilitou a melhor discriminação dos alvos agrícolas. Em seguida à segmentação, foi realizada a extração das regiões, utilizando-se as bandas 3, 4 e 5.

Posteriormente, as imagens foram classificadas através de um algoritmo não supervisionado, denominado *ISOSEG*, com limiar de aceitação de 75%, que agrupou as regiões em classes espectralmente homogêneas. As classes espectrais foram superpostas às imagens e analisadas individualmente, sendo então associadas às classes temáticas de uso do solo, as quais se resumiram a *soja* e *não-soja*. O critério para definir uma classe espectral como pertencente a um determinado tema de uso do solo é particularmente importante no processo de classificação, pois irá definir se as classes temáticas irão representar a realidade existente no campo. No presente estudo, o critério utilizado foi apenas a análise visual das imagens e foi baseado em algumas características intrínsecas à cultura e à própria área em estudo. As condições edáficas da região permitem o cultivo das mais variadas espécies de ciclo anual. Todavia, fatores de ordem climática e de mercado fazem com que a área cultivada com soja tenha amplo destaque entre as demais (**Figura 1**). Conforme já mencionado, além da soja, a única cultura que merece destaque na região em questão é o milho. Contudo, a diferença entre a resposta espectral das duas culturas, função da estrutura interna do dossel, permite a sua diferenciação nas imagens Landsat.

Muito embora as diferentes técnicas de classificação digital de imagens possam retornar resultados satisfatórios, sempre irão ocorrer erros de classificação. Tais erros ocorrem por omissão ou inclusão de áreas em uma determinada classe temática. A classificação visual permite modificar o resultado da classificação digital, alterando um ou um grupo de *pixels* erroneamente classificados, para a classe temática correta. Neste processo, utilizou-se uma ferramenta denominada *edição matricial*, bem como um *link* dinâmico, o qual permite a análise visual de vários Planos de Informação (PIs) simultaneamente. Objetivando aumentar a acurácia da classificação, a classificação visual teve por base as imagens adquiridas em ambas as datas. Nesta fase, o PI contendo as classes temáticas foi superposto às imagens Landsat, sendo analisado, alternadamente, ora sobre as imagens adquiridas em março, ora sobre as adquiridas em fevereiro. As áreas erroneamente classificadas foram, então, alteradas para a classe temática correta.

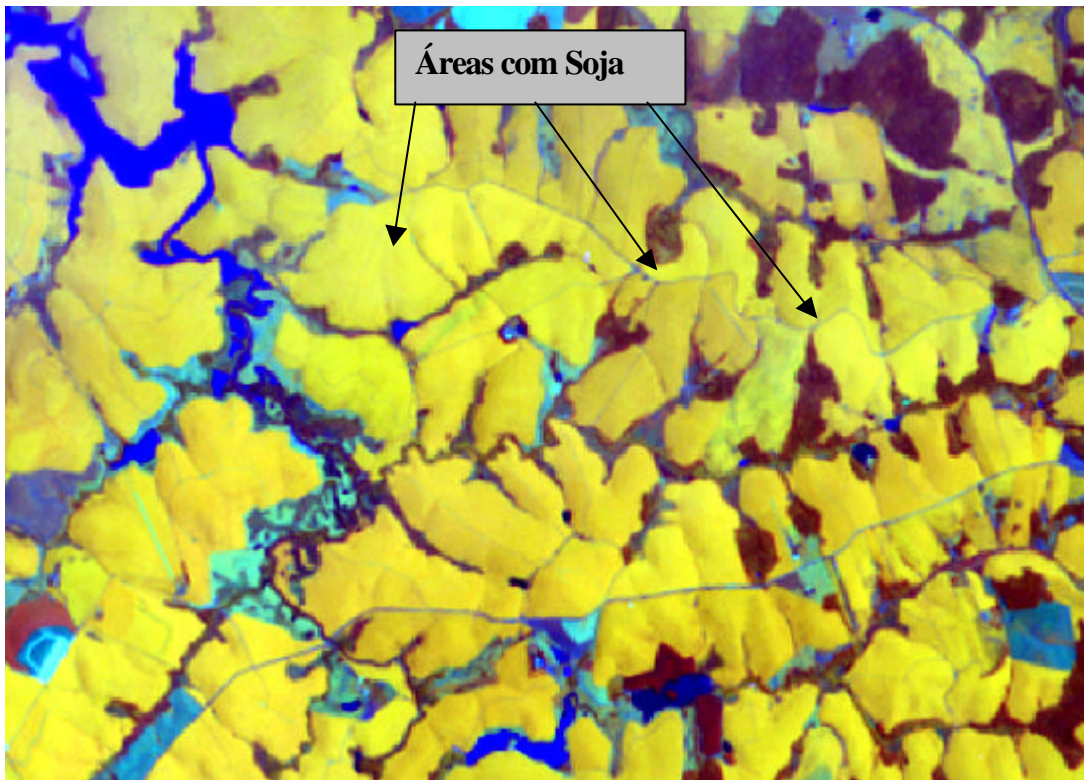
Após a classificação visual, obteve-se um PI temático contendo apenas duas classes, sejam elas, áreas com soja e áreas sem soja. Através do cruzamento desse PI com o mapa cadastral contendo os limites políticos municipais, calculou-se a área cultivada com a cultura em cada município integralmente coberto pelas imagens. Cabe salientar que, apesar da classificação digital ter sido realizada para toda a área de estudo, até o momento da elaboração deste documento apenas a cena correspondente à órbita/ponto 223/80 e parte da cena 223/79 foram submetidas à classificação visual e, conseqüentemente, ao cálculo da área plantada.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1. Classificação das imagens Landsat

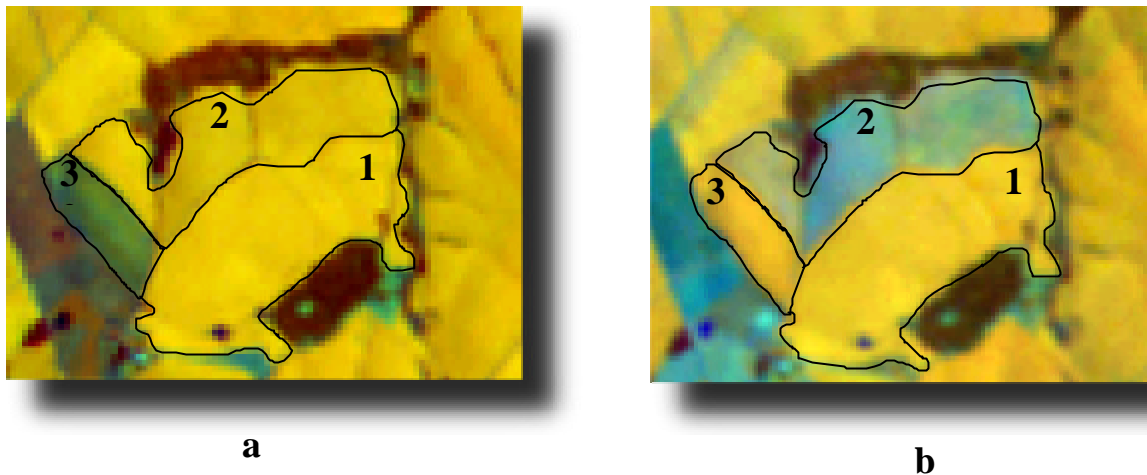
A classificação das imagens Landsat envolveu diferentes etapas que devem ser consideradas individualmente. Quanto à segmentação das imagens, a banda utilizada, bem como os limiares estabelecidos mostraram-se eficientes na demarcação dos limites dos talhões agrícolas e dos demais alvos presentes na cena. Pois até mesmo áreas de tamanho reduzido foram delimitadas com uma precisão aceitável para o estudo realizado.

Com relação ao algoritmo *ISOSEG*, este foi satisfatório na identificação das áreas onde a soja estava em pleno estágio de desenvolvimento, muito embora existiram algumas áreas onde a cultura foi confundida com outros alvos, as quais puderam ser corretamente classificadas através da *edição matricial*. Na **Figura 1**, visualiza-se uma porção de uma imagem Landsat onde as áreas com soja estão representadas pela coloração amarelada. Percebe-se nitidamente a facilidade de identificação dessas áreas, função da diferença do comportamento espectral da cultura em relação aos demais alvos presentes na cena.



**Figura 1:** Imagem Landsat, composição colorida R4G5B3, adquirida em 04-03-2001, onde evidenciam-se as áreas com soja.

Apesar da facilidade na diferenciação e delimitação das áreas cultivadas com soja, foram observados erros de classificação em determinados talhões, devido às plantas ainda não terem alcançado o pleno desenvolvimento ou já estarem em estágio de senescência no momento da aquisição da imagem. Este fato ficou evidenciado ao analisarmos simultaneamente o PI temático da classificação e as imagens adquiridas nas diferentes datas. A título de exemplo pode-se analisar a **Figura 2**, a qual mostra áreas cultivadas com soja em duas imagens Landsat adquiridas em datas distintas. Percebe-se claramente que a área 1 seria corretamente classificada como *soja* se fossem utilizadas quaisquer umas das imagens individualmente, pois tanto na imagem *a*, quanto na imagem *b* essa área é formada por plantas em pleno estágio de desenvolvimento, o que favorece sua identificação nas imagens Landsat. Esta situação se verificou na maioria das áreas presentes nas imagens analisadas. Apesar disso, um estudo baseado somente na imagem adquirida em 04-03-01 (**Figura 2b**), definiria a área 2 como pertencente à classe *não-soja*. No entanto, observa-se pela imagem adquirida em 08-02-01 (**Figura 2a**) que trata-se de uma área onde a cultura está em pleno estágio de desenvolvimento. Da mesma forma, se fosse utilizada somente a imagem adquirida em 08-02-01 (**Figura 2a**), a área 3 seria definida como *não-soja* e somente seria corretamente classificada com a utilização da imagem adquirida em 04-03-01 (**Figura 2b**). Ainda que pouco frequentes, erros desta natureza foram observados de maneira equivalente em ambas as datas analisadas durante o processo de *edição matricial*. Muito embora não tenha sido realizada uma análise quantitativa a respeito, a utilização de uma ou outra data provavelmente não implicaria em diferenças significativas na estimativa da área plantada.



**Figura 2** Composição colorida R4G5B3 de áreas com soja em imagens adquiridas em: **a** 08-02-2001 e **b** 04-03-2001.

Afora estes aspectos, a abordagem multitemporal facilitou em muito o processo de *edição matricial*, uma vez que, algumas áreas de comportamento espectral um pouco diferente do habitual, possivelmente só reconhecidas através de visitas a campo, puderam ser facilmente classificadas através da análise das diferentes datas, tanto pela correta identificação, quanto pela perfeita delimitação dos seus limites.

Isto indica que, apesar da cultura possuir relativa rigidez no calendário agrícola (época de plantio e colheita), fatores adversos como oscilações no regime pluviométrico, podem estender o período destinado à instalação da cultura em uma determinada região, além de, somado à falhas de manejo ou ataque de pragas, doenças e infestantes, interferirem no desenvolvimento das plantas.

Por conseguinte, a utilização de apenas uma data pode ocasionar erros não aceitáveis em uma estimativa desta natureza, sendo recomendado o emprego de datas distintas ao longo do ciclo da cultura. Este fato, aliado ao já comentado problema relacionado à cobertura de nuvens, reforça a importância da alta resolução temporal para tornar viável a utilização das imagens de sensoriamento remoto em um sistema rotineiro de levantamento agrícola.

### 3.2. Estimativa da área plantada por município

Dada a forma como foi conduzido o presente estudo, mostrou-se que o mesmo proporciona informações objetivas e muito próximas à realidade. Assim, a título de discussão dos resultados, os valores de área plantada com soja por município, obtidos através da classificação das imagens Landsat, foram considerados como *dado de referência* em comparação aos fornecidos pelo LSPA.

A **Tabela 2** apresenta a área de soja por município obtida através da classificação das imagens Landsat em comparação à obtida pelo LSPA.

Tabela 2: Área plantada com a cultura da soja obtida através da classificação das imagens Landsat em comparação à obtida pelo LSPA.

Município	Área plantada (ha)			Diferença relativa (%)
	LSPA	Landsat	LSPA-Landsat	
Capão do Cipó	26.000	23.972	2.028	8,5
Dilermando de Aguiar	1.400	2.119	-719	-33,9
Eugênio de Castro	21.000	19.856	1.144	5,8
Jaguari	2.500	1.214	1.286	105,9
Jari	12.000	8.453	3.547	42,0
Jóia	55.000	58.392	-3.392	-5,8
Mata	600	50	550	1110,6
Nova Esperança do Sul	3.300	1.946	1.354	69,6
Quevedos	13.000	7.050	5.950	84,4
Santiago	9.500	10.953	-1.453	-13,3
São Martinho da Serra	7.500	7.101	399	5,6
São Miguel das Missões	40.500	40.750	-250	-0,6
São Pedro do Sul	700	228	472	207,6
São Vicente do Sul	1.500	1.190	310	26,1
Toropi	500	89	411	463,8
Tupaciretã	80.000	91.104	-11.104	-12,2
<b>Total</b>	<b>275.000</b>	<b>274.467</b>	<b>533</b>	<b>0,2</b>

Os resultados encontrados apontam discrepâncias entre as estimativas obtidas pelo presente estudo e aquela obtida pelo LSPA. Ainda que a diferença total entre as duas estimativas tenha sido praticamente nula (0,2%, equivalendo a 533 ha), na maioria dos municípios analisados o levantamento oficial superestimou os valores de área plantada em relação àqueles obtidos através da classificação das imagens Landsat.

Em adição, percebe-se que foram encontradas diferenças relativas acentuadas em municípios onde a cultura tem pouca expressão, variando entre 105,9% (Jaguari) e 1110,6% (Mata). Contudo, em virtude da área plantada nesses municípios ser muito reduzida, erros consideráveis na sua quantificação teriam pouca ou nenhuma influência em uma estimativa em nível estadual.

Situação oposta se verifica em municípios onde a área plantada com soja é mais expressiva (acima de 10.000 ha, tomando-se por base a estimativa realizada a partir das imagens Landsat). Nesses municípios, apesar de se observarem diferenças relativas pouco pronunciadas, estas podem promover erros consideráveis em relação aos números absolutos. No município de Jóia, por exemplo, percebe-se uma subestimativa de apenas 5,8%, equivalendo, entretanto, a uma diferença de 3.392 ha. Em Tupaciretã, uma subestimativa de 12,2% representa uma diferença de 11.104 ha. Ainda assim, houveram municípios onde a diferença na estimativa de área plantada, tanto em termos percentuais, quanto em números absolutos, foi muito reduzida (vide São Miguel das Missões e São Martinho da Serra).

Em virtude da natureza não sistemática e da magnitude das diferenças observadas pode-se inferir que existem erros consideráveis na estimativa da área plantada com soja nos

municípios analisados. Contudo, foge ao escopo deste documento discutir a origem de tais erros. Não obstante, fica evidenciada a utilização das imagens de sensoriamento remoto como subsídio ao aprimoramento das técnicas tradicionais de levantamentos agrícolas.

#### 4. Conclusões

- Foram observadas grandes discrepâncias entre a estimativa de área plantada com soja em municípios do Rio Grande do Sul, obtida através da classificação das imagens Landsat, em comparação à informada pelo LSPA;
- A utilização de imagens multitemporais mostrou-se fundamental para a identificação e delimitação das áreas com soja;
- Desde que se disponha de imagens de sensoriamento remoto em períodos críticos, estas podem ser utilizadas como suporte aos levantamentos agrícolas tradicionais.

#### 5. Referências

- Berlato, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: Bergamaschi, H. *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. 2ª. ed. Editora da Universidade, UFRGS, 1992, 125 p.
- Brasil - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973, 431 p. (DNPEA. Boletim técnico n. 30).
- Chen, S.C. *Contribuição de dados de satélite no sistema de previsão de safras*. São José dos Campos: INPE, 1990. 9 p. (INPE- 5087-PRE/1595).
- Cunha, G.R.da; Barni, N.A.; Haas, J.C.; Maluf, J.R.T.; Matzenauer, R.; Pasinato, A.; Moreira, M.B. *Zoneamento agrícola e calendário de semeadura para soja no Rio Grande do Sul, safra 2001/2002*. [online] dez. 2001 <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p\\_co80.htm#endereço](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co80.htm#endereço)> 22-07-2002.
- Fontana, D.C.; Ducati, J.R.; Weber, E.; Berlato, M.A.; Bergamaschi, H.; Figueiredo, D.C. *Monitoramento e Previsão da Safra de Soja 1999/2000 no Brasil*. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, CEPARM/UFRGS. Série D: Relatório Técnico - N° 005/01. 2001, 116 p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002 [online] <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>> Agosto de 2002.
- INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. SPRING. [online] <[www.dpi.inpe.br/spring](http://www.dpi.inpe.br/spring)>, São José dos Campos, 2002 (6 de setembro de 2002).
- Ippoliti-Ramilo, G.A.; Epiphânio, J.C.N.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A. R.; Sensoriamento remoto orbital como meio auxiliar na previsão de safras. *Agricultura em São Paulo*, v.46, n.1, p.89-101, 1999.
- Mendonça, F.J.; FUNCATE. *CANASATE – Mapeamento da cana-de-açúcar por satélite*. São José dos Campos, INPE, 1986, (INPE 3843-RPE/503).
- Nascimento, P.S.R.; Almeida Filho, R. Utilização da técnica de segmentação em Imagens TM/Landsat visando otimizar a técnica de interpretação visual. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 1996. *Anais*. Repositório da URLib: <[sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30](http://sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30)>. Disponível em: <http://iris.sid.inpe.br:1908/rep-/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.09.30>>. Acesso em: 05 ago. 2002.
- Pino, F.A. Estimativa subjetiva de safras agrícolas. *Informações Econômicas*, v. 31, n. 6, São Paulo, 2001a.
- Pino, F.A. *Tendências em informações agropecuárias*. Palestra apresentada no X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2001b.
- Prado, H. do. *Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento*. 2ª ed. Piracicaba, 2001, 220p.
- Sano, E.E.; Assad, E.D.; Orioli, A.L. Monitoramento da ocupação agrícola. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. *Sistemas de informação geográfica: Aplicações na agricultura*. 2ed. Brasília. Embrapa-CPAC, 1998, Cap. 10, p. 179-190.