

## Avaliação de dados MODIS 250m para áreas de agricultura intensa

Antonio Roberto Formaggio<sup>1</sup>  
Sílvio Pimentel Martins<sup>1</sup>  
Salete Gurtler<sup>1</sup>  
Rogério Costa Campos<sup>1</sup>  
Peterson Ricardo Fiorio<sup>2</sup>  
Clerio Lemos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{formag, silvio, gurtler, rogerio, clerio}@dsr.inpe.br

<sup>2</sup> UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Caixa Postal 91 – 85960-000 – Marechal Cândido Rondon – PR, Brasil  
fiorio@unioeste.br

**Abstract.** Satellite data have been used for monitoring agricultural land use in different scales, from local to regional and national levels. There is a cost/benefit commitment related to spatial resolution and definition of details in the land cover classification. The heterogeneity of coarse spatial resolution (250m) from areas of intensive land use of São Paulo State was evaluated using MODIS/Terra and ETM+/Landsat data. Overall accuracies of 80,85% ( $\kappa = 0,7684$ ) and 91,96% ( $\kappa = 0,8940$ ) for classifications of MODIS and ETM+ data, respectively, showed that coarse resolution data (250m), in function of the near daily acquisition capacity, may be an interesting source of data for tropical and subtropical agriculture, where may be difficult to obtain cloudless imagery just in the period of the summer main crops. Association of MODIS 250m data to satellite imagery of better space resolution (but of low temporal repeatability) is a necessary evaluation for agricultural purposes.

**Palavras-chave:** geometric resolution, MODIS sensor, Terra satellite, Aqua satellite, sensor MODIS, resolução geométrica, satélite Terra, satélite Aqua.

### 1. Introdução

O sensoriamento remoto da superfície terrestre por satélites tem a capacidade de fornecer dados homogêneos, objetivos, multitemporais e cobrindo extensas áreas, como eficiente meio para abastecimento de informações requeridas pelas estatísticas agrícolas regionais, nacionais e até continentais (Tsiligirides, 1998).

Contudo, um fator muito importante a ser considerado no uso das imagens orbitais de sensoriamento remoto é a interferência de nuvens, principalmente para a agricultura, pois, nas regiões tropicais, a época chuvosa é, em geral, também o período de desenvolvimento da maioria das culturas de maior importância produtiva e econômica, o que dificulta a obtenção de imagens livres de nuvens.

Segundo a FAO (1996), para a obtenção de uma qualidade informativa adequada aos levantamentos agrícolas, é essencial que as imagens contenham baixa ou nenhuma cobertura de nuvens, que, então, não deve exceder 5% ou 10% de cada imagem utilizada.

Recentemente surgiu uma nova modalidade de sistemas orbitais de observação da Terra, denominados “satélites ambientais”, dotados de um grande número de sensores e com novas características e potencialidades, que necessitam ser avaliadas para os vários tipos de necessidades de informações sobre a superfície terrestre (NASA, 2004).

Os instrumentos dos satélites Terra e Aqua dão suporte aos objetivos do programa de medições sistemáticas da Nasa (Earth Science Enterprise), cujo objetivo é avaliar como o planeta está mudando e quais as conseqüências para a vida na Terra (NASA, 2004).

O satélite Terra, lançado em dezembro de 2000, e o satélite Aqua, lançado em maio/2002, carregam o instrumento MODIS, que é um sistema radiômetro-imageador, o qual fornece cobertura diária em resoluções de 250, 500 e 1000 m em 36 bandas espectrais desde o visível até o infravermelho termal (**Tabela 1**). As primeiras sete bandas destinam-se prioritariamente ao sensoriamento remoto da superfície terrestre com resolução de 250m para as bandas 1 (620-670 nm) e 2 (841-876 nm) e 500 m para as bandas de 3 a 7 (459-479, 545-565, 1230-1250, 1628-1652, 2105-2155 nm, respectivamente) (Running et al., 1994; Zhan et al., 2002).

O MODIS oferece um conjunto único de condições: coleta informações num largo intervalo espectral e faz medições em três resoluções espaciais, varrendo praticamente todo o globo terrestre a cada dia, com um largo campo de visada.

As suas coberturas freqüentes complementam outros sistemas imageadores, como os do Landsat, do Spot ou do CBERS, que fornecem informações da superfície terrestre em resoluções mais finas (entre 15 e 60 m), mas que somente podem retornar ao imageamento de uma mesma área a cada 16 ou mais dias.

Esta repetitividade temporal é, muitas vezes, insuficiente para permitir disponibilizar imagens livres de nuvens para objetivos de monitoramento de culturas agrícolas de verão de ciclo curto de significativo valor econômico como a soja, o milho, o arroz e outros grãos, em regiões tropicais e subtropicais, como no Brasil.

Os sensores de resolução mais detalhada, como os acima citados, são considerados de utilidade para o mapeamento e o monitoramento em regiões onde os tamanhos dos talhões são médios ou pequenos. Porém, a limitada abrangência espacial, a pouca repetitividade temporal contraposta à alta susceptibilidade à cobertura de nuvens, o elevado custo e a quantidade elevada de dados acabam tornando estes sensores inviáveis para empreendimentos nacionais ou até mesmo regionais.

O conteúdo de informações em dados de resoluções grosseiras é determinado pela relação entre a resolução espacial do sensor (tamanho do pixel), o tamanho e a distribuição dos objetos da superfície terrestre e as medições de interesse (Turner et al., 1989).

O monitoramento de mudanças regionais e globais em terras agrícolas requer imagens de resoluções intermediárias (menores do que 200 m), a fim de que os volumes de dados sejam razoáveis, mesmo permitindo coberturas temporais suficientemente freqüentes. Por outro lado, o atual interesse em fenômenos de escalas regionais e globais requer dados obtidos por sensores com resoluções espaciais grosseiras para permitir atender tanto à demanda de altas resoluções temporais quanto às necessidades de conjuntos de dados de tamanhos manipuláveis.

Pax-Lenney & Woodcock (1997) estudaram, em áreas de agricultura irrigada próximas ao deserto, no Egito, o efeito de variadas resoluções espaciais degradando imagens TM/Landsat (30 m de resolução espacial) para resoluções mais grosseiras (120, 240, 480 e 960 m) com o objetivo de avaliar a habilidade do então futuro sensor MODIS em monitorar áreas agrícolas. Verificaram que o uso de resoluções grosseiras resultou em estimações levemente subestimadas da quantidade de áreas agrícolas existentes em relação ao desempenho das imagens TM (desde 4,3% de subestimação com os dados de resolução de 120 m até 9,4% de subestimação para dados de 960 m). Além disso, a acurácia global do

mapa obtido para terras agrícolas foi surpreendentemente boa em todas as resoluções, com coeficiente kappa variando entre 0,89 (para dados de 120 m) a 0,76 (para os de 960 m).

Turner et al. (1989), analisando a influência da resolução na detectabilidade de detalhes espaciais, utilizaram dados de mapas ao invés de imagens de sensoriamento remoto e encontraram que classes raras desapareceram à medida em que a resolução decrescia e que, além disso, a taxa de perda foi influenciada pelos padrões espaciais da paisagem em resolução fina. As classes grandes tornaram-se maiores com o aumento dos tamanhos de pixels, enquanto que as classes pequenas diminuíram. Além disso, as classes dispersas desapareceram mais rapidamente do que as classes agrupadas.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a contribuição de dados 250m do sensor MODIS, tomando os dados ETM<sup>+</sup> como termo de comparação e tendo por base uma área de intensa agricultura, onde ocorrem parcelas agrícolas de vários tamanhos e culturas de amplo interesse, como a soja, o milho e a cana-de-açúcar.

**Tabela 1** – Características gerais do instrumento MODIS.

Órbita	705 km, sol-síncrona, quase-polar, cruzando o Equador às 10:30 h (Terra) e às 13:30 hs (Aqua)
Faixa de imageamento	2330 km ± 55° cross-track
Bandas espectrais	36 bandas, entre 405 e 14.385 nm, com calibração a bordo
Taxa de dados	11 Mbps (pico)
Resolução radiométrica	12 bits
Resolução espacial (a nadir)	250 m (bandas 1 e 2) 500 m (bandas 3 a 7) 1000 m (bandas 8 a 36)
Repetitividade	Diária (para latitudes norte acima de 30°) 2 dias (para latitudes abaixo de 30°)
Precisão de geolocalização	< 150 m (1 sigma) a nadir
Registro entre bandas para as bandas 1 a 7	< 50 m na direção transversal < 100 m na direção da linha de voo

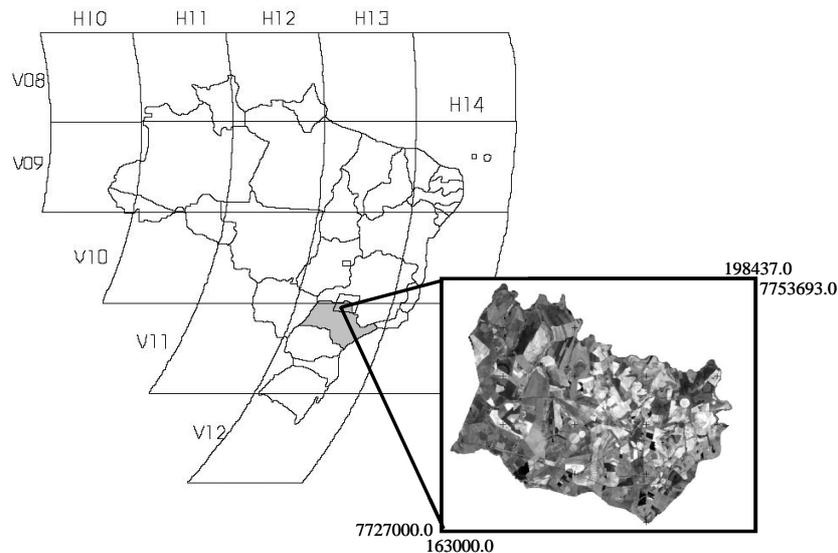
## 2. Área de estudo

Para o presente trabalho, foi selecionada uma área de estudo localizada ao norte do Estado de São Paulo, composta pelo município de Ipuã (**Figuras 1 e 2**), cujo território recobre aproximadamente 466 km<sup>2</sup>, e que é significativamente representativo das condições da agricultura praticada no Brasil e em vários outros países e onde vários estudos vêm sendo conduzidos (Luiz et al., 2002; Gurtler, 2003; Sanches, 2004), dispondo-se, para esta área, de uma base de dados adequada para os objetivos da pesquisa em foco.

Os usos principais praticados na região são a cana-de-açúcar, a soja e o milho; em menor escala, encontra-se também feijão, sorgo e milheto (CATI, 2004).

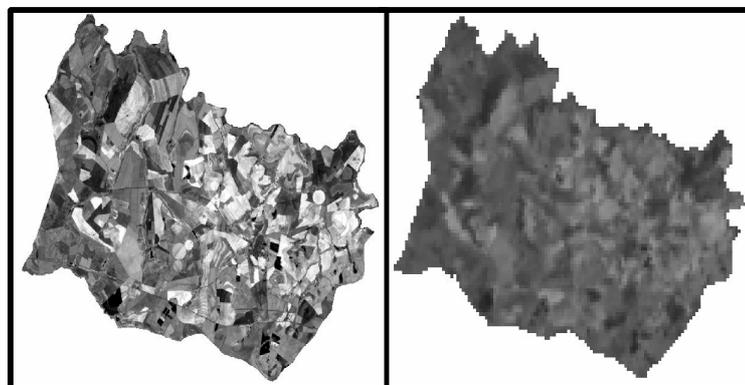
Os ciclos e datas de plantio e colheita das principais culturas encontradas na área de estudo determinam as variações mensais da quantidade de área foliar, volume de fitomassa e cobertura do solo (Ippoliti-Ramilo, 1999).

Assim, o calendário agrícola praticado na região sensoriada deve ser adequadamente considerado e em conjunto com as características espectrais, geométricas e temporais dos sensores estudados.



**Figura 1** – Localização da área de estudo (município de Ipuã), no Estado de São Paulo e no tile H13V11 da grade de recobrimento do instrumento MODIS.

Na região em estudo, e para as suas principais culturas, a época de plantio corresponde ao início do período chuvoso (outubro/novembro). Considerando uma duração média de 130 dias para os ciclos das culturas de grãos, a colheita ocorre, em geral, por volta dos meses de março/abril do ano seguinte.



**Figura 2** – Ilustração da área de estudo na imagem ETM<sup>+</sup> de 30 m (à esquerda) e na imagem MODIS de 250m de resolução (à direita).

### 3. Material e métodos

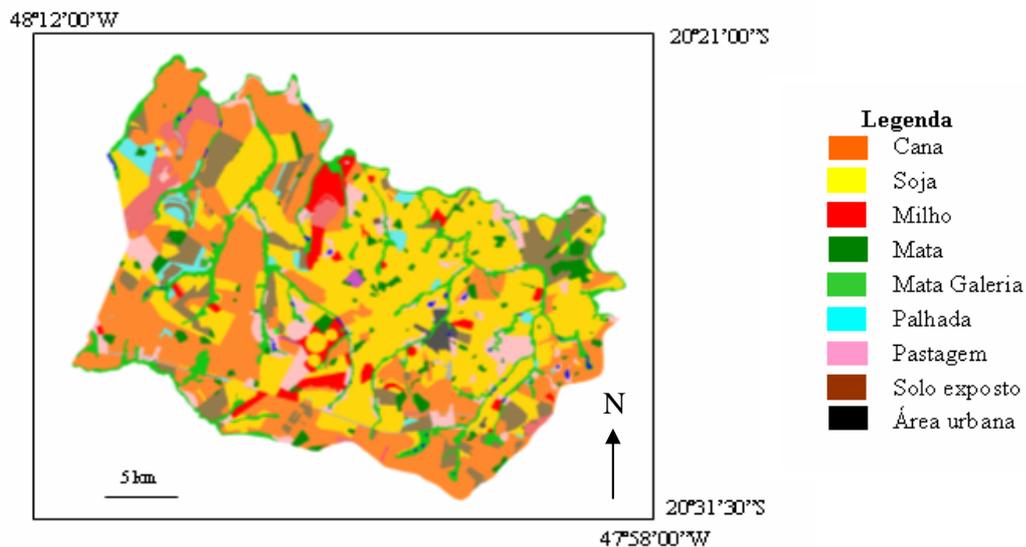
As imagens de sensoriamento remoto utilizadas (MODIS e ETM<sup>+</sup>) foram obtidas em 05 de janeiro de 2002, época em que, na região estudada, as culturas agrícolas estão, em geral, no seu pico de desenvolvimento vegetativo. Estes dados foram os seguintes: (a) uma imagem ETM<sup>+</sup>/Landsat 7, da órbita/ponto WRS 220/74; e (b) uma imagem MODIS/Terra, bandas 1 (620-670 nm) e 2 (841-876 nm), tile H13V11, resolução 250m. Esta imagem foi convertida do formato HDF (*Hierarchical Data Format*) para o formato GEO-TIFF e em seguida da projeção *Integerized Sinusoidal* (ISIN) para a projeção UTM/WSG84, sendo utilizado para

estes objetivos o programa *MODIS Reprojection Tool*. Em seguida, a imagem foi convertida de 12 para 8 bits por meio do software Converter MODIS, para que pudesse ser transformada em reflectância e processada.

A imagem ETM<sup>+</sup> e a MODIS foram georreferenciadas para possibilitar a identificação dos mesmos alvos em ambas. O programa Regeemy, para este registro, foi usado para esse propósito e o erro na retificação foi menor que 1 pixel. Através do software Spring (Câmara et al., 1996), foram efetuadas classificações sobre as imagens ETM<sup>+</sup> e MODIS, a fim de verificar quais classes de uso eram identificáveis, usando o algoritmo Maxver. Para as fases de verificações de campo, foi utilizado um equipamento GPS (Global Positioning System), que contribuiu para a localização dos pontos de interesse na área de estudo.

#### 4. Resultados e Discussões

A **Figura 2** mostra a referência contendo as classes de uso/cobertura na data de 05 de janeiro de 2002, para o município de Ipuã: cana-de-açúcar, soja, milho, mata, mata-galeria, palhada, pastagem, solo exposto e área urbana.



**Figura 2** – Mapa temático do município de Ipuã (S.P.), de 05 de janeiro de 2002, com as classes de uso da terra identificadas.

A **Tabela 1** mostra a matriz de confusão como resultado da classificação dos dados MODIS, bandas 1 e 2, onde se verifica que os maiores erros de comissão (*pixels* de outras classes que foram atribuídos à classe de referência) foram os das classes palhada, área urbana, mata e pastagem, vindo em seguida as classes cana e milho. No que se refere aos erros de omissão (*pixels* pertencentes a uma classe de referência que foram atribuídos a outras classes), os valores maiores foram, em ordem decrescente, os das classes área urbana, cana nova, palhada, mata, pastagem, milho, soja e solo exposto.

A acurácia global foi de 80,85%, com um coeficiente kappa de 0,7684, que é classificado como de qualidade “muito boa” pelos critérios de Landis e Koch (1977).

Interessante notar que as três classes de uso agrícola de maior expressão obtiveram acertos bastante significativos: a cana com 94,29%, a soja com 84,21% e o milho com

83,33%, sendo que as maiores confusões ocorreram em classes de menor interesse para objetivos de estatísticas agrícolas, por exemplo, área urbana com palhada, mata com palhada e cana nova com pastagem.

**Tabela 1** – Matriz de confusão para as classes de uso e cobertura geradas via MaxVer a partir das bandas MODIS de 250m.

	Solo exp.	Área Urb.	Palhada	Mata	Cana	Soja	Milho	Cana nova	Pastagem	Total	Comissão	Omissão
N.Class.	13,64	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55		
Solo exp.	86,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,48	0,00	13,64
Área Urb.	0,00	50,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,13	33,33	50,00
Palhada	0,00	50,00	60,00	33,33	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	7,80	45,45	40,00
Mata	0,00	0,00	20,00	66,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,26	33,33	33,33
Cana	0,00	0,00	0,00	0,00	94,29	15,79	16,67	0,00	0,00	28,37	17,50	5,71
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86	84,21	0,00	0,00	0,00	23,40	3,03	15,79
Milho	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86	0,00	83,33	0,00	0,00	4,26	16,67	16,67
Cana nova	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	3,55	0,00	50,00
Pastagem	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	80,00	9,22	38,46	20,00
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0		

Overall Accuracy = 80.85% Kappa Coefficient = 0.7684

**Tabela 2** – Matriz de confusão para as classes de uso e cobertura geradas via MaxVer a partir das bandas ETM<sup>+</sup> 30 m.

	Solo exp.	Área Urb.	Palhada	Mata	Cana	Soja	Milho	Cana nova	Pastagem	Total	Comissão	Omissão
N.Class.	2,53	10,25	10,00	1,91	1,14	3,27	0,00	10,27	1,20	3,00		
Solo exp.	95,54	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	14,43	0,17	4,46
Área Urb.	1,92	84,21	1,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40	2,14	31,22	15,79
Palhada	0,00	0,55	96,87	0,00	0,00	0,00	0,00	5,38	0,00	3,67	10,39	3,13
Mata	0,00	0,00	0,00	97,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00	2,50
Cana	0,00	0,00	0,00	0,00	94,70	0,00	2,44	0,00	0,00	18,51	0,52	5,30
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96,33	0,00	0,00	0,00	40,89	0,00	3,67
Milho	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	0,12	97,44	0,00	0,00	4,66	17,22	2,56
Cana nova	0,00	2,22	0,14	0,00	0,37	0,00	0,00	58,03	26,27	5,09	21,08	41,97
Pastagem	0,00	1,66	1,14	0,00	0,02	0,26	0,12	26,12	64,00	4,32	46,25	36,00
Total	100,00	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,0	100,00		

Overall Accuracy = 91.96% Kappa Coefficient = 0.8940

A **Tabela 2** mostra a matriz de confusão como resultado da classificação dos dados ETM<sup>+</sup>, bandas 3, 4 e 5, onde se pode verificar que os maiores erros de comissão foram os das classes pastagem, área urbana, cana nova, milho e palhada. No que se refere aos erros de omissão, os maiores valores foram, em ordem decrescente, os das classes cana nova, pastagem e área urbana.

A acurácia global foi de 91,96%, com um coeficiente kappa de 0,8940, que é classificado como de qualidade “excelente” pelos critérios de Landis e Koch (1977).

Com exceção das classes cana nova e pastagem (58,03% e 64,00% de acerto, respectivamente), todas as outras classes tiveram acertos superiores a 84%, quando classificadas com dados ETM<sup>+</sup>.

Na cena agrícola, as lavouras apresentam grande variedade de formas e de tamanhos e, assim, comparando os resultados obtidos com os dados MODIS com os do ETM<sup>+</sup>, verifica-

se que existe, até certo ponto, uma interdependência entre a capacidade de detectar parcelas agrícolas e a resolução espacial de sensores remotos instalados em satélites.

As culturas com maior expressão areal e com parcelas de maiores dimensões, como a cana de açúcar, a soja, o milho e também a pastagem obtiveram, com os dados MODIS, expressivos acertos superiores a 80%, demonstrando que quando ocorrem talhões pequenos, deve haver maiores possibilidades de misturas intra-pixels, conduzindo a integrações de respostas espectrais diversas, prejudicando o desempenho da classificação. Além disso, quanto menores os talhões, deve ocorrer também uma maior quantidade de bordas, levando a sub- e super-estimações, em função de um “serrilhamento” provocado pela resolução de 250m do sensor em foco. Os valores relativamente baixos de sub- e superestimações encontrados por Pax-Lenney & Woodcock (1997) devem-se provavelmente às condições específicas da área estudada, que devem diferir substancialmente dos padrões espaciais da agricultura praticada no município de Ipuã (S.P.).

Ao analisar produtos de sensoriamento remoto, à medida em que se passa de resoluções mais detalhadas para as mais grosseiras, é necessário levar em consideração os padrões de ocorrência das feições espaciais dos objetos que estão sendo estudados, sendo que para classes de objetos que ocorrem de forma dispersa ou como classes agrupadas na superfície sensorizada deverão apresentar desempenhos distintos de discriminabilidade.

Os resultados dos dados MODIS de resolução 250m podem ser, mantidas as necessárias ponderações de escala de detalhamentos e para as finalidades aplicáveis, comparáveis aos dos dados ETM<sup>+</sup>, sendo que os alvos de menores dimensões tendem a um desempenho inferior, porém, as culturas de maiores extensões apresentam desempenhos significativamente representativos.

Neste sentido, Price (2003) propõe que levantamentos ocasionais sejam realizados com dados de melhores resoluções, como os de satélites “like Landsat”, por exemplo, a fim de refinar as estimações obtidas a partir de dados “coarse resolution” como os do MODIS ou similares, que, em geral, apresentam como expressiva vantagem altas repetitividades temporais; fator extremamente importante para regiões com altas probabilidades de nuvens em épocas de máxima produção agrícola.

Entretanto, é oportuno destacar a necessidade de que sejam realizados estudos complementares com os dados MODIS, levando em conta possibilidades de usos de multi-datas, fusões com imagens de melhores resoluções e aproveitamento das bandas de 500 m via restaurações, a fim de se poder contar com uma maior diversidade espectral.

## **5. Conclusões**

O uso de imagens MODIS com resolução espacial de 250m propiciou acurácia geral de classificação qualificada como “muito boa” para uma região agrícola bastante representativa das condições e dos padrões espaciais ocorrentes em grande parte da agricultura brasileira.

O desempenho das imagens ETM<sup>+</sup>/Landsat-7 para a mesma área tiveram um desempenho qualificado como “excelente”, demonstrando que a resolução espacial de 30 m é bastante apta para as condições e manejos agrícolas realizados na região.

Contudo, em contrapartida ao menor desempenho classificatório dos dados MODIS, atribuível principalmente à sua resolução espacial mais grosseira, há que se levar em conta a disponibilidade praticamente diária destes dados, o que eleva muito a probabilidade de

obtenção de imagens isentas de nuvens, principalmente para as culturas de verão nas condições da agricultura brasileira.

Entretanto, o conceito de que extrações de informações a partir de dados de resoluções grosseiras para agricultura podem ser realizados sem o concurso de informações adicionais que permitam produzir acuradas coberturas às frações sub-pixel deve ser revisto e a complementariedade é critério que deve ser buscado sempre que possível.

## Referências

- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M; Garrido, J.C.P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996.
- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. Serviços/LUPA. [online]<<http://www.cati.sp.gov.br>>. Set. 2004.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **Multiple frame agricultural surveys**. Volume 1 (Current survey based on area and list sampling methods). Rome: FAO, 1996. 119 p. (FAO Statistical Development Series, 7).
- Gurtler, S. Estimativa de área agrícola a partir de sensoriamento remoto e banco de dados de pixels amostrais. São José dos Campos (S.P.). 181 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.
- Ippoliti-Ramilo, G.A. **Imagens TM/Landsat-5 da época de pré-plantio para a previsão da área de culturas de verão**. São José dos Campos (S.P.). 182 p. (INPE-7116-TDI/668). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1999.
- Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, V.33, n.1, p.159-174, 1977.
- Luiz, A.J.B.; Oliveira, J.C.; Epiphanyo, J.C.N.; Formaggio, A.R. Auxílio de imagens de satélite aos levantamentos por amostragem em agricultura. **Agricultura em São Paulo**, v. 49, n.1, p.41-54, 2002.
- NASA (2004). **EOS Programme (The Earth Observing System)**. [http://eospsoc.gsfc.nasa.gov/eos\\_homepage/for\\_scientists/index.php](http://eospsoc.gsfc.nasa.gov/eos_homepage/for_scientists/index.php). (Consultado em 25 de outubro de 2004).
- 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.
- Price, J.C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global land classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p. 491-499. 2003.
- Running, S. W., Justice, C. O., Salomonson, V. V., Hall, D., Barker, J., Kaufman, Y. J., Strahler, A. H., Huete, A. R., Muller, J.-P., Vanderbilt, V., Wan, Z. M., Teillet, P., & Carneggie, D. (1994). Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. **International Journal of Remote Sensing**, 15(17), 3587– 3620.
- Sanches, I. D. **Sensoriamento remoto para o levantamento espectro-temporal e estimativa de área de culturas agrícolas**. São José dos Campos (S.P.). 172 p. (INPE-10290-TDI/909). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais., 2004.
- Tsiligirides,T.A. Remote sensing as a tool for agricultural statistics: a case study of area frame sampling methodology in Hellas. **Computers and Electronics in Agriculture**, V.20, n.1, p. 45-77, Jan. 1998.
- Turner, M.G., O'Neill, R.V., Gardner, R.H., and Milne, B.T. (1989) Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. **Landscape Ecology**, v. 3(3/4): 153-162.
- Zhan, X.; Sohlberg, R.A.; Townshend, J.R.G.; DiMiceli, C.; Carroll, M.L.; Eastman, J.C.; Hansen, M.C.; DeFries, R.S. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. **Remote Sensing of Environment**, V.83:336-350. 2002.