

USO DE MEDIDAS RADIOMÉTRICAS A CAMPO PARA AFERIR A PRECISÃO DAS IMAGENS REFLECTÂNCIA DO SENSOR MODIS

Elizabeth Goltz¹, Maurício Alves Moreira¹, Brummer Seda Alvarenga¹, Camilo Daleles Rennó¹, José Luís Yi Rodrigues²

¹INPE—Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Caixa Postal 515, 12201 São José dos Campos, SP, Brasil

²Cargill Agrícola S.A. Av. Morumbi, 8234 – Brooklin 04703-002 São Paulo / SP

goltz@ltid.inpe.br
mauricio@ltid.inpe.br
brummer@ltid.inpe.br
Camilo@dpi.inpe.br
Jose_yi@cargill.com

Palavras chave: MODIS, Uberlândia, reflectância, radiometria de campo, radiômetro, soja, NDVI.

RESUMO

A maioria dos trabalhos, que empregam a técnica de Sensoriamento Remoto na área agrícola, utiliza imagens de resolução espacial média, como é o caso das imagens do sensor TM – Landsat. Porém, estes, em contrapartida, apresentam baixa resolução temporal que associadas à alta incidência de nuvens, principalmente para as culturas instaladas no verão, limitam a aquisição de imagens neste período. Esse fato tem restringido o emprego do Sensoriamento Remoto para estas culturas. Uma forma de aumentar o volume de dados (espectrais) orbitais sobre as culturas de verão é o uso de sensores com alta resolução temporal, como o MODIS, a bordo dos satélites TERRA e AQUA. Estes sensores apresentam uma resolução temporal diária, aumentando as chances de obtenção de dados espectrais em um menor intervalo de tempo quando comparados ao sensor TM, mesmo no período crítico de incidência de nuvens. Além disso, as imagens são gratuitas e o usuário pode contar com diversos produtos já processados, como: reflectância diária, índices de vegetação, índice de área foliar, etc. O objetivo deste trabalho é verificar se o produto de reflectância diária (MOD 09), fornecido pelo MODIS, possui confiabilidade e precisão para o monitoramento de áreas agrícolas. Com a finalidade de se estender a utilização deste sensor na agricultura, facilitando a aquisição de imagens e diminuindo o processamento para os usuários. Para isto, foram tomadas medidas espectrais ao nível de campo, numa área plantada com três variedades de soja (*Glycine max*, L.), localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, durante a safra agrícola de 2003/04. As medidas foram tomadas em 30 pontos georreferenciados, esparsamente distribuídos dentro da área de estudo, usando o espectroradiômetro *Fieldspec Pro FR*. A partir desses dados calculou-se a reflectância diária de cada ponto para cada missão de campo. Os valores médios de reflectância diária de cada missão de campo para cada variedade foram utilizados para aferir a reflectância diária (MOD 09) das bandas 1 e 2 dos dados MODIS. Concluiu-se que o produto de reflectância da superfície (MOD 09) se mostrou bastante preciso em relação aos dados de reflectância de campo, tendo como resultado uma correlação de 0,988 para a variedade 1 e 0,993 para a média entre as variedades 2 e 3. Observou-se ainda, a capacidade do MOD 09 em diferenciar os ciclos fenológicos das mesmas, sendo esta uma característica importante no monitoramento agrícola.

ABSTRACT

Most studies that apply the Remote Sensing technique in the agricultural field use medium space resolution images, as it is for the TM – Landsat images. However, on the other hand, these sensors, present low temporal resolution that associated to intense cloud cover, mainly for summer crops, limits the acquisition of images during this period. This fact has been restricting the use of Remote Sensing for these crops. An alternative to increase the volume of orbital (spectral) data for summer crops is the use of sensors with high temporal resolution, as MODIS, on board of TERRA and AQUA satellites. These

sensors present a daily temporal resolution, increasing the chances of obtaining spectral data in a smaller time interval, when compared to the TM – Landsat sensor, even during the critical period of clouds cover. Beside, the images are free cost, and the users can have access to several processed products such as: daily reflectance, vegetation indices, leaf area index (LAI), etc. The objective of this study is to verify if the daily reflectance product (MOD 09) supplied by MODIS, is reliable and accurate for assessments of agricultural lands. With the purpose of extend the use of this sensor in agriculture, making the image acquisition easier and decreasing the processing for the user. For this, spectral field measurements were made, in a cultivated land with three soybean (*Glycine max*, L.) varieties located in the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil, during the crop year of 2003/04. These measurements were made at 30 georeferenced points, scattered throughout the study area, using the spectroradiometer *Fieldspec Pro FR*. From these data, the daily reflectance for each point was calculated for each field mission. The mean values of the daily reflectance for each field mission and for each variety were used to confront with the daily reflectance (MOD 09) for MODIS bands 1 and 2. It was concluded that the reflectance surface product (MOD 09) showed to be quite precise in relation to the field reflectance data, having as result a correlation of 0,988 for variety 1 and 0,993 for the mean of varieties 2 and 3. The capacity of MOD 09 to differentiate the phenological cycle among them was also observed, which is an important characteristic in agricultural assessment.

1 INTRODUÇÃO

Em diversos países, a agricultura é um dos setores de maior expressão na economia. O desenvolvimento tecnológico na área agrícola tem se tornado uma peça fundamental no incremento produtivo e econômico mundial. O planejamento e o gerenciamento do setor agrícola necessitam de informações cada vez mais precisas e com antecedência em relação à época da safra. Essas informações são também essenciais na tomada de decisões como: armazenagem, transporte, comercialização e preços de produtos; além do planejamento de importações e exportações e de seguros agrícolas.

No Brasil, obter informações confiáveis e em tempo hábil das safras agrícolas das principais culturas, é uma necessidade incontestável para os órgãos governamentais ou de iniciativa privada, uma vez que o País é um grande produtor de soja, milho, café e cana-de-açúcar, dentre outras *commodities*.

Por ser um país de proporções quase continentais, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é fundamental para se realizar o monitoramento das plantações.

Com a evolução do sensoriamento remoto, foram colocados em órbita satélites com sistemas sensores capazes de obter informações espectrais dos alvos da superfície da Terra, o que permitiu o desenvolvimento de índices que se correlacionam bem com o teor de biomassa da cultura.

As imagens mais utilizadas para monitoramento agrícola, no Brasil, são as obtidas dos satélites Landsat 5-TM e 7-ETM+ (que deixou de funcionar em abril de 2003). Estas apresentam resolução espacial média (30 metros) e baixa resolução temporal (16 dias).

Conseqüentemente, esta resolução temporal dificulta a aquisição das imagens durante a época das culturas de verão, devido à alta incidência de nuvens. Além disso, estes satélites não fornecem imagens necessárias para um acompanhamento maior do comportamento das culturas durante os estágios de crescimento.

Uma forma de aumentar o volume de dados orbitais sobre essas culturas é o uso de sensores com alta resolução temporal, como o MODIS, a bordo do satélite TERRA e ACQUA. Estes apresentam resolução temporal diária. Possibilitando a aquisição de até duas imagens por dia.

Essa alta resolução temporal aumenta as chances de obter dados espectrais em menor intervalo de tempo, quando comparado aos dados do Landsat-TM, mesmo no período crítico de incidência de nuvens. Apesar da resolução espacial do MODIS ser bem menor do que em relação ao TM, de acordo com o trabalho de Pax-lenney e Woodcock (1997), a alta resolução temporal compensa os efeitos da resolução espacial reduzida comparada ao TM para a estimativa de áreas agrícolas.

Além de oferecer as imagens gratuitamente, fornece ainda, diversos produtos já processados, como é o caso do MOD 09 (reflectância da superfície). Este é um importante produto gerado pelo MODIS, pois é um dado de entrada para a obtenção de diversos outros produtos da superfície terrestre, tais como: BRDF/albedo, FPAR/LAI e os índices de vegetação (Anderson et al., 2003).

Porém, estes produtos, gerados pelo sensor MODIS, necessitam de confirmação (validação) com informações coletadas a campo ou de outros satélites.

A validação dos dados produzidos pelo MODIS é importante para avaliar a precisão destes produtos e conseguir a aceitação comum deles entre a comunidade de usuários. Além disso, o objetivo das atividades de validação do MODIS é ajudar os usuários a tomarem conhecimento da confiabilidade, credibilidade, assim como as limitações dos produtos gerados (Gao et al.; 2003).

O objetivo deste trabalho é avaliar o produto de reflectância diária (MOD 09) fornecido pelo sensor MODIS, usando como referência os dados de radiometria de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área onde foram realizadas as medidas de campo se localiza na fazenda “Santa Rosa”, situada no município de Uberlândia, no estado de Minas Gerais-Brasil.

O talhão abrange, aproximadamente, 1 km² e está localizado entre as coordenadas geográficas de 19° 06' 25'' S – 19° 07' 12'' S e as longitudes de 48° 08' 10'' W – 48° 08' 36'' W.

Na área de estudo foram plantadas três cultivares de soja (*Glycine max*, L.): Monsoy 8001, Aventis 7002 e Viçosa 2005 (Figura 1), doravante denominadas de variedades 1, 2 e 3 respectivamente. Não houve diferenciação no espaçamento e no sistema de manejo entre as variedades. Porém, estas apresentam ciclos fenológicos distintos: a variedade 1 apresenta o ciclo mais precoce do que as outras duas. A época de plantio das variedades foi entre os dias 06/11/2003 a 12/11/2003.

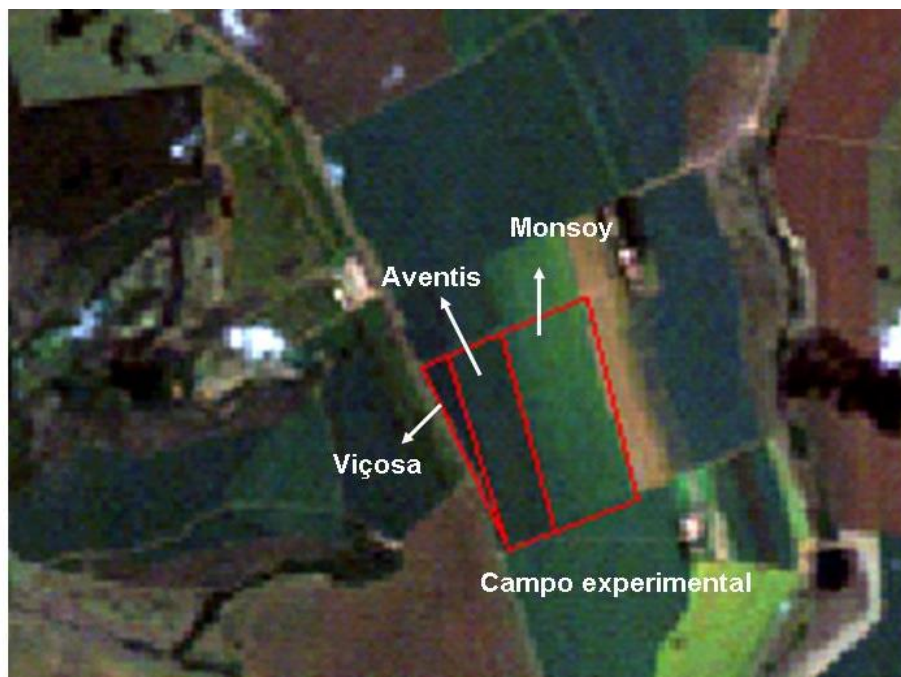


Figura 1: Imagem Landsat –TM do dia 27/02/2004 R(3) G(2) B (1), mostrando a área de estudo delimitada em vermelho e as três cultivares distintas.

A escolha da área de estudo foi feita mediante algumas características importantes para a realização da atividade de validação dos dados MODIS, como:

- Homogeneidade do dossel vegetativo, exigindo uma menor aquisição de pontos amostrais no campo;
- Área de grande extensão, compatível com o tamanho do pixel do MODIS que é de 250m;
- Área apresentava relevo plano, evitando os efeitos topográficos;
- Propriedade com manejo e sanidade fitossanitária controlados por técnicos.

Foram realizadas 2 missões de campo nos dias: 15/12/2003 e 22/01/2004. Nestas missões foram coletadas as medidas radiométricas em 30 pontos distribuídos esparsamente dentro da área de estudo com o auxílio do FieldSpec Pro FR, que é um espectroradiômetro portátil e que opera no range espectral de 0,3 a 2,5 μm . Todos os pontos foram coletados a nadir a uma altura aproximada de 1,60 m, e em seguida georreferenciados com o GPS (*Global Positioning System*), para facilitar tanto a sua localização na outra missão de campo, quanto a localização nas imagens MODIS.

Em seguida, foram calculados, para cada missão de campo e para cada variedade, os valores médios de reflectância diária das bandas do vermelho e infravermelho. Para se realizar este cálculo levou-se em consideração o comprimento das bandas do sensor MODIS, que pode ser visualizado na tabela 1.

Tabela 1: Resolução espectral das bandas do vermelho e infravermelho do sensor MODIS.

BANDAS	MODIS (nm)
Vermelho	620 - 670
Infravermelho	841 - 876

A partir das médias das bandas do vermelho e infravermelho, obtiveram-se também os valores médios do NDVI, utilizando para isto a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{\text{reflectânciaIVP} - \text{reflectânciaV}}{\text{reflectânciaIVP} + \text{reflectânciaV}} \quad (1)$$

Várias imagens de reflectância diária do sensor MODIS (MOD 09) com 250 m de resolução espacial foram adquiridas, coincidindo com os dias próximos das missões de campo. Destas, somente 2 imagens livres de nuvens foram selecionadas. As imagens foram adquiridas através da página do *EOS Data Gateway* (<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>), sendo estas referente ao *tile* h13v10.

Estes dados, originalmente na projeção *integerized sinusoidal* e no formato *.hdf*, foram convertidos para a projeção UTM e formato GeoTiff através do *MODIS Reprojection Tool* (<http://edcwww.cr.usgs.gov/programs/sddm/modisdist/index.shtml>). Todo o processamento das imagens foi realizado utilizando-se o programa ENVI versão 4.0.

Em seguida, realizou-se a vetorização da área de cada variedade, que foram sobrepostas na imagem MODIS. As variedades 2 e 3 (Aventis e Viçosa) foram tratadas como sendo do mesmo conjunto de dados, por apresentarem as características do ciclo fenológico parecidas e também, pelo tamanho reduzido da área da variedade 3. Com isso, para cada missão de campo e variedade obteve-se a média da reflectância diária (MOD 09) para as bandas do vermelho e infravermelho, e também o NDVI.

3 RESULTADOS

Após a obtenção dos dados de reflectância de campo e do MOD 09, estes foram correlacionados em relação a cada variedade, como mostra os gráficos das Figuras 1 e 2. Este procedimento foi realizado no programa Microsoft Excel, onde foi inserida uma linha de tendência linear forçando a intercessão em zero.

A correlação entre os dados de campo e os dados do MOD 09, se mostrou muito boa para ambas as variedades. Tendo como coeficiente de determinação (R^2) 0,975 para a variedade 1 e 0,987 para as variedades 2 e 3. Resultando nos valores de correlação (R) de 0,988 e 0,993 respectivamente.

Realizou-se um teste t para verificar se o coeficiente de inclinação da reta era significativamente $\neq 1$, ou seja, se os dados de campo eram iguais aos dados do MOD 09 (hipótese nula - H_0). Ambas as variedades passaram no teste, aceitando-se H_0 ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

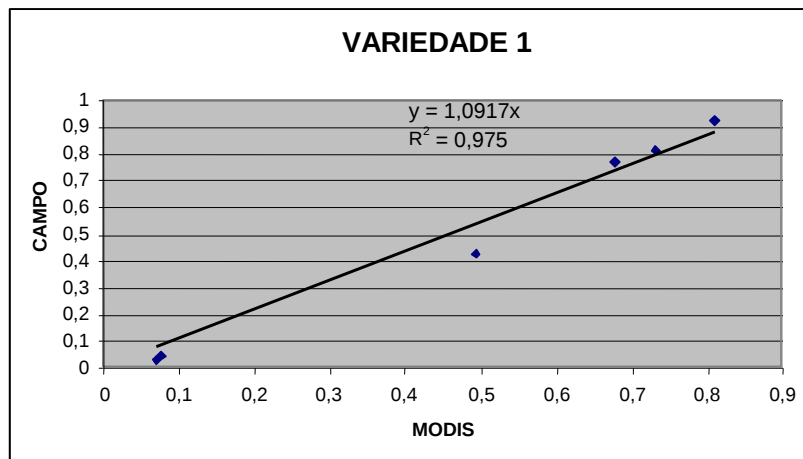


Figura 1: Correlação da média de reflectância das bandas do vermelho e infravermelho e do NDVI da variedade 1, para as missões de campo do dia 15/12/2003 e 22/01/2004.

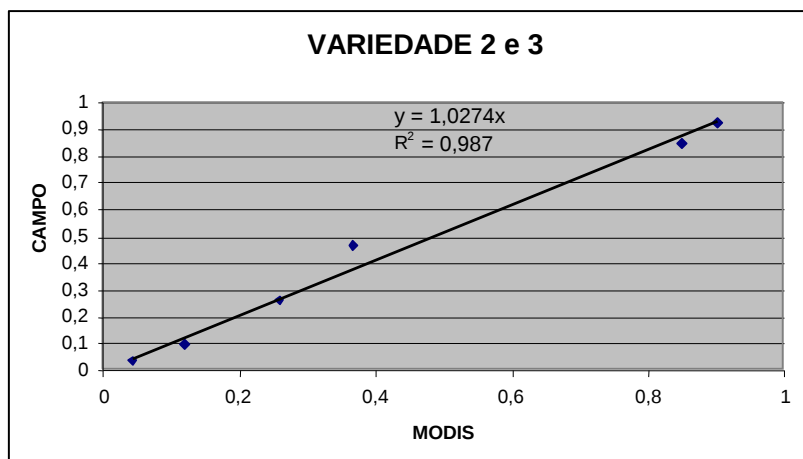


Figura 2: Correlação da média de reflectância das bandas do vermelho e infravermelho e do NDVI das variedades 2 e 3, para as missões de campo do dia 15/12/2003 e 22/01/2004.

A seguir fez-se uma análise da relação dos dados de campo e dos dados MODIS para cada missão separadamente, levando-se em conta as variedades 1 e a junção das outras duas. Os gráficos contidos na Figura 3 referem-se à análise feita para a variedade 1 (Monsoy) e a Figura 4 para as variedades 2 e 3 (Aventis e Viçosa).

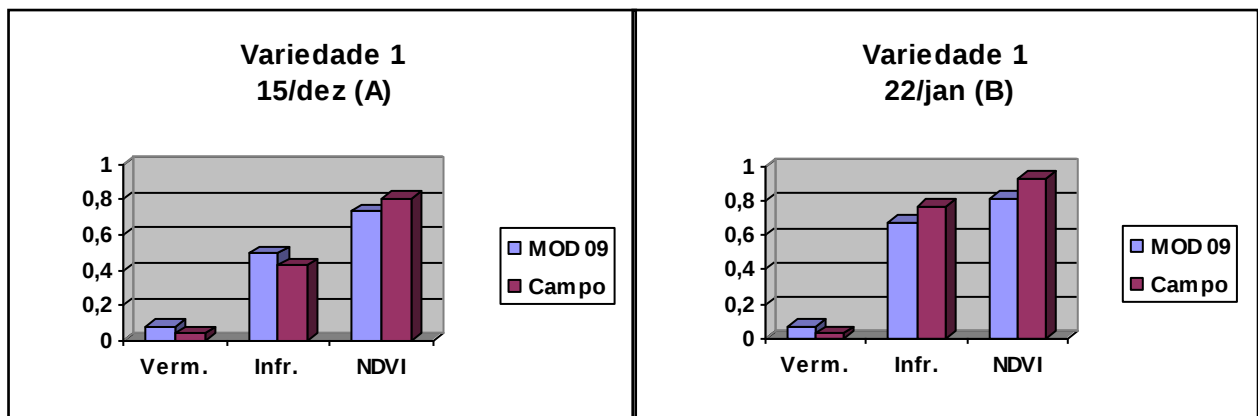


Figura 3: Comparação entre os dados de reflectância média da variedade 1 para as bandas do vermelho e do infravermelho e NDVI, para as missões de campo dos dias 15/12/2003 e 22/01/2004.

Para a variedade 1 nota-se na data de 15 de dezembro que os valores da reflectância tanto dos dados de campo quanto do MODIS foram relativamente baixos. Porém, quando comparados com os gráficos obtidos para as outras duas variedades na mesma data (Figura 4A), observa-se que eles foram bem maiores do que estes últimos. Esse fato está relacionado com o ciclo fenológico da variedade 1 que é mais precoce do que as outras duas. Com isso, nessa data de coleta de campo, a variedade 1 estava com maior vigor vegetativo o que contribuiu para uma maior reflectância. Por outro lado, ficou evidenciada a diferença de comportamento espectral dessa variedade em relação às outras duas variedades, devido às diferenças dos ciclos fenológicos.

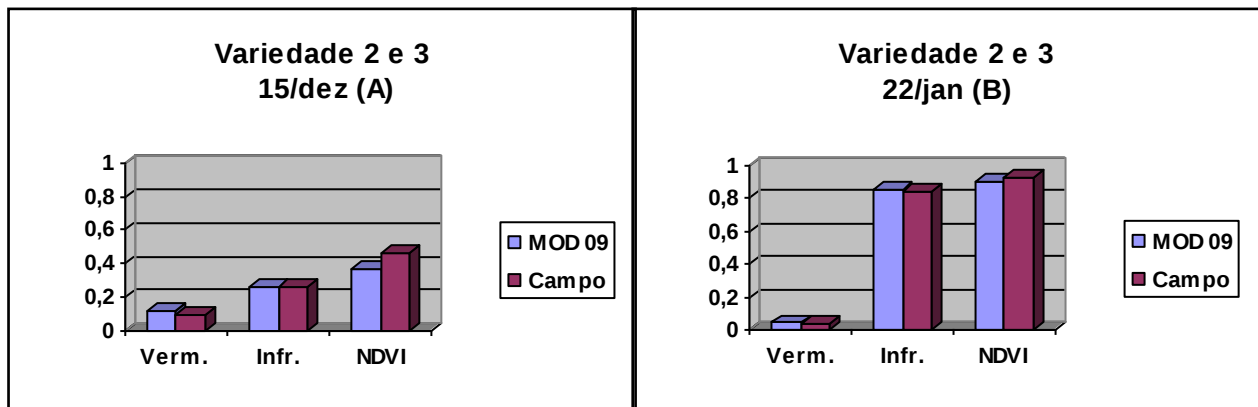


Figura 4: Comparação entre os dados de reflectância média das variedades 2 e 3 para as bandas do vermelho e do infravermelho e NDVI, para as missões de campo dos dias 15/12/2003 e 22/01/2004.

No mês de janeiro, época em que a cultura da soja estava desenvolvida e cobrindo o solo quase completamente (Figuras 3B e 4B), observa-se que o comportamento da reflectância para a variedade 1 foi menor comparado ao das outras duas variedades.

Nota-se também que a reflectância estimada dos dados de campo teve um valor mais alto na banda do infravermelho do que a obtida de dados MODIS. Essa diferença não observada para as variedades 2 e 3. Por outro lado, a mesma observação foi verificada nos valores do NDVI em ambas variedades.

4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, através da metodologia aplicada para a cultura da soja, conclui-se que:

- Os dados fornecidos pelo produto de reflectância da superfície (MOD 09) gerado pelo sensor MODIS se mostraram bastante precisos quando comparados com as médias de campo. Tendo alta correlação nas bandas observadas (vermelho e infravermelho) e nos valores de NDVI para as duas datas de observação. O que a princípio permite a sua utilização em modelos de produção agrícolas para soja.
- A diferença espectral entre o ciclo fenológico das variedades ficou evidente, se mostrando um produto confiável no monitoramento dos ciclos culturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a empresa Cargill, pelo apoio dado durante a coleta dos dados de campo e em especial ao Bráulio Fonseca Carneiro de Albuquerque, tecnologista da Divisão de Eletrônica Espacial – DEA do INPE pelo apoio intelectual proporcionado.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, L.O.; Latorre, M.L. Shimabukuro, Y.E.; Arai, E. e Carvalho Júnior, O.A. **Sensor MODIS: uma abordagem geral**. São José dos Campos: INPE, 2003.

Gao, X.; Huete, A.R. e DIDAN, K. Multisensor comparisons and validation of MODIS vegetation indices at semiarid Jornada experimental range. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.4, n° 10, p. 2368- 2381, Out. 2003.

Pax-Lenney, M. e Woodcock, C.E. The effect of spatial resolution on the ability to monitor the status of agricultural lands. **Remote Sensing of Environment**, v.61, n° 2, p. 210-220, Ago. 1997.