

Avaliação preliminar dos dados radiométricos do sensor WFI a bordo do satélite CBERS 2

Elizabeth Goltz¹
Maurício Alves Moreira¹
Bráulio Fonseca Carneiro de Albuquerque¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{goltz, moreira}@ltid.inpe.br
braulio@dea.inpe.br

Abstract. This paper purposes a preliminary assessment of radiometric data supplied by WFI sensor on board CBERS 2. For this, spectral field measurements were made on 10/03/2004, in a cultivated land with three soybean (*Glycine max*, L.) varieties located in the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. These measurements were made at 30 georeferenced points, scattered throughout the study area, using the spectroradiometer *Fieldspec Pro FR*. Through these measurements the WFI bands were simulated and compared with WFI's data, this proceeding were reproduced with MODIS - TERRA data (MOD 09), which is a widely used sensor in remote sensing community. For these field conditions, the WFI sensor showed high correlation ($R^2 = 0,93$) with the field means. As well the daily reflectance product (MOD 09) supplied by MODIS presented $R^2 = 0,95$. Showing the high potential applications of WFI sensor.

Palavras-chave: WFI, radiometry, soybean, reflectance, WFI, radiometria, soja, reflectância.

1. Introdução

O monitoramento da vegetação em escala global é importante em diversas áreas de pesquisa, tendo como algumas aplicações: a observação de pontos de queimadas e desmatamento, monitoramento das safras agrícolas, controle e alerta de pontos de desastres naturais (como granizo e geadas), observação de áreas de estiagem ou alagadas, geração de índices de vegetação, etc.

Na comunidade de sensoriamento remoto um dos sensores mais utilizados para o monitoramento global é o sensor MODIS. Este sensor está a bordo nos satélites AQUA e TERRA, que fazem parte do programa EOS (*Earth Observing System*), tem como objetivo coletar dados que permitem o monitoramento de muitos fenômenos da atmosfera, dos oceanos e da superfície da Terra, necessários para o entendimento das mudanças globais (Justice et al., 2002, Anderson et al., 2003).

Este tipo de sensor que apresenta baixa resolução espacial tem a capacidade de fornecer imagens das áreas observadas em menor intervalo temporal, o que para o monitoramento da vegetação é de grande valia.

Uma alternativa de obtenção de imagens, com baixa resolução espacial e alta resolução temporal, é a utilização de imagens fornecidas pelo sensor WFI (*Wide Field Imager*) a bordo do satélite CBERS 2. Além disso, este foi projetado por pesquisadores e tecnólogos do INPE, sendo sua aplicação importante no incentivo do desenvolvimento da tecnologia nacional.

Entre suas aplicações, podem ser mencionadas ainda (<http://www.obt.inpe.br/cbers>):

- Geração de mosaicos nacionais ou estaduais;
- Sistema de alerta, em que a imagem WFI serve como indicativo para a aquisição de imagens de mais alta resolução da CCD ou do IRMSS;

- Acoplamento a outros sistemas mundiais de coleta de dados de baixa a média resolução.

O objetivo principal deste artigo é a observação preliminar da calibração radiométrica do sensor WFI a bordo do satélite CBERS 2, através de medidas radiométricas de campo simulando sua banda.

2. Métodos

2.1 Área de estudo

Para a obtenção dos dados de campo, foi utilizado um talhão de soja situado no município de Uberlândia – Minas Gerais. O talhão possuía uma extensão de 1km², além de apresentar três variedades plantadas (**figura 1**): MONSOY (1), AVENTIS (2) E VIÇOSA (3).



Figura 1 – Localização da área de estudo, através da composição colorida R(3)G(2)B(1) de uma imagem Landsat-TM, indicando o talhão de soja com as três variedades distintas.

2.2 Dados de campo

As coletas dos dados de reflectância foram feitas ao longo do de todo o talhão no dia 10/03/2004, com o utilização do radiômetro *FieldSpec*. Todas as medidas foram coletadas a nadir a uma altura de 1,20 m, após cada medida o radiômetro era calibrado com a placa de referência. Obtendo-se um total de 31 pontos, todos georreferenciados.

Realizou-se a vetorização da área de cada variedade, para posterior sobreposição nas imagens.

2.3 Aquisição de imagens

A imagem WFI foi obtida através do catálogo CBERS 2, fornecida gratuitamente pelo site: www.dgi.inpe.br. A escolha da imagem obedeceu aos seguintes parâmetros: o dia de passagem coincidindo com o dia da coleta de campo e a não ocorrência de nuvens próxima da área de estudo. Como resultado, obteve-se uma imagem do mesmo dia do campo (10/03/2004) e livre de nuvens (**Figura 2**). Esta imagem é fornecida em formato *.tif*.

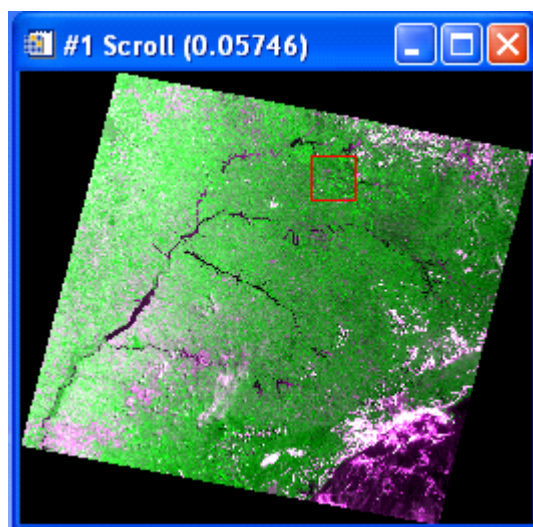


Figura 2 – Imagem CBERS 2-WFI (10/03/2004), composição colorida R(1)G(2)B(1), destacando a localização da área em vermelho.

Também foi adquirida uma imagem de reflectância de superfície (MOD 09 - 250 m) do sensor MODIS a bordo do satélite TERRA do mesmo dia (**Figura 3**), através do site: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>. Sendo o formato da imagem em *.hdf* e o *tile* da área de estudo H13V10 .

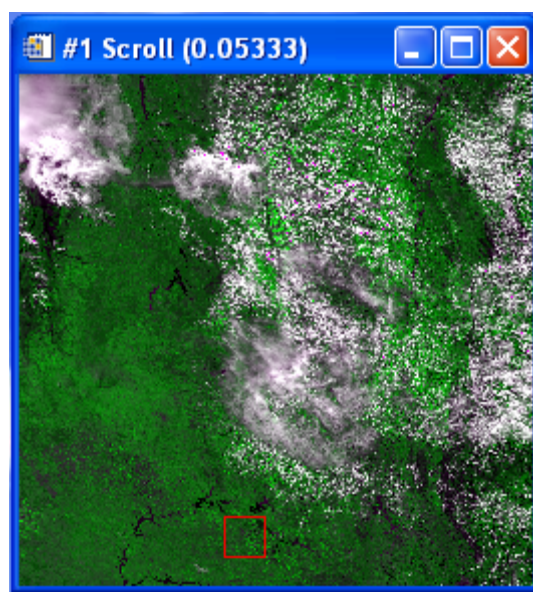


Figura 3 – Imagem TERRA-MODIS (10/03/2004), composição colorida R(1)G(2)B(1), destacando a localização da área em vermelho.

2.4 Processamento

A imagem MODIS foi convertida em formato *.tif*, através do *software* MRT (*Modis Reprojection Tool*), selecionando a projeção UTM.

Todo o processamento das imagens foi realizado com o *software* ENVI 4.0. Primeiramente, realizou-se um recorte da imagem WFI, o qual foi registrada usando como base a imagem MODIS.

Foram sobrepostas em ambas as imagens o vetor da área de estudo, separado por variedades. Com isso, observou-se que a variedade 3 era muito pequena para ser tratada separadamente. Como esta apresentava as mesmas características fenológicas da variedade 2, elas foram consideradas como sendo únicas.

O fator de conversão dos níveis digitais da imagem WFI em radiância, foi obtido através de experimentos realizados em laboratório, antes do lançamento do CBERS 2. Para a banda do vermelho (630 – 690nm) o fator é 0,051 W/m².sr.LSB. Já para a banda do infravermelho (770-890nm) o fator é 0,079 W/ m².sr.LSB (Matos, 2004).

Após a conversão para radiância, estes dados foram corrigidos atmosféricamente e convertidos em reflectância utilizando o 6S (*Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum*) (Vermote et. al., 1997). Como este programa ainda não está implementado para as imagens WFI, os cálculos foram obtidos pixel a pixel através da seguinte equação, dada pelo 6S:

$$acr = y / (1 + xc * y) \quad (1)$$

$$y = xa * (L(W / m^2 sr \mu m) - xb) \quad (2)$$

Em que:

acr = reflectância corrigida atmosféricamente;

L = radiância espectral medida pelo sensor ;

xa, xb e xc = são coeficientes fornecidos pelo programa, de acordo com os dados de entrada.

O fator de conversão fornece a radiância de cada pixel integrada na banda em W/m².sr, porém para aplicá-la na equação fornecida pelo 6S esta teve de ser convertida em radiância espectral (W/m².sr.μm), dividindo-se a radiância integrada pela largura da respectiva banda em μm.

Os parâmetros de entrada utilizados no 6S foram: modelo atmosférico tropical, tipo de aerossol continental, visibilidade de 23 Km, altitude de 863 m, ângulo zenital e azimutal solar (dados fornecidos juntamente com a imagem), ângulo de visada zenital e azimutal (estimados a partir da posição da área na imagem), dia e o mês da imagem.

Com isso, obtiveram-se os dados de reflectância da superfície para cada pixel da área de cada sensor. Estes foram separados por variedade e suas médias foram comparadas com a média do campo, tanto para as bandas do vermelho e infravermelho, quanto para o NDVI.

A mesma quantidade de pixels considerados na imagem WFI, foram utilizados para obtenção dos dados de reflectância do produto MOD 09 do sensor MODIS.

3. Resultados e Discussões

Os resultados obtidos das médias das reflectâncias para cada sensor foram comparados com os dados de reflectância obtidos do campo. Para isso, foram usadas as médias das bandas do vermelho e do infravermelho, simulando as bandas de cada sensor, como pode ser visualizado na **tabela 2**. Isto foi realizado levando-se em conta os dois grupos de variedades.

Tabela 2 – Comparação das características espectrais das bandas vermelho e infravermelho dos sensores WFI e MODIS.

BANDA	MODIS	WFI
Vermelho	0,62 – 0,67 μm	0,63 – 0,69 μm
Infravermelho próximo	0,84 – 0,87 μm	0,77 – 0,89 μm

Após a obtenção das médias das bandas do vermelho e infravermelho, estas foram aplicadas na equação abaixo, gerando o NDVI médio para ambos sensores e, também para o dia de campo, simulado para cada sensor:

$$NDVI = \frac{\text{reflectânciaIVP} - \text{reflectânciaV}}{\text{reflectânciaIVP} + \text{reflectânciaV}} \quad (3)$$

Sendo,

IVP – Infravermelho próximo e *V* - Vermelho.

O gráfico da **Figura 4**, mostra a comparação entre as médias do vermelho, infravermelho e NDVI do sensor MODIS com as médias do campo. Pode-se observar que os dados do MODIS são altamente correlacionados com as médias do campo, com valores de coeficiente de correlação ($R^2 = 0,95$). Concordando com os resultados de Goltz *et.al.*(2004).

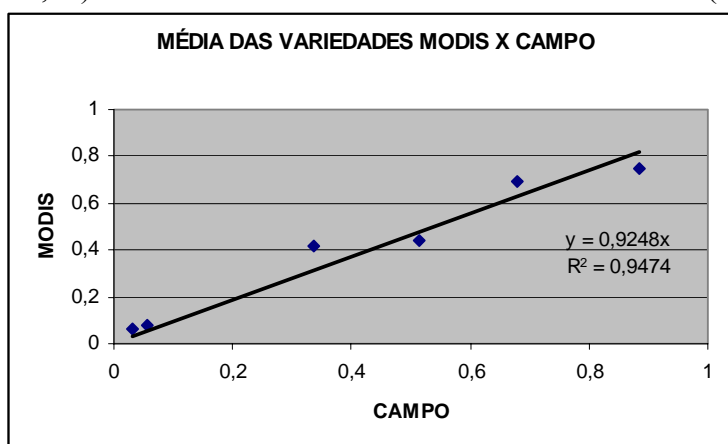


Figura 4 - Correlação da média de reflectância das duas variedades para as bandas do vermelho e infravermelho e do NDVI do sensor MODIS, com as médias de campo do dia 10/03/2004.

O mesmo processo foi feito com os dados WFI (**Figura 5**), apresentando alta correlação com os dados das médias do campo, com valores de $R^2 = 0,93$.

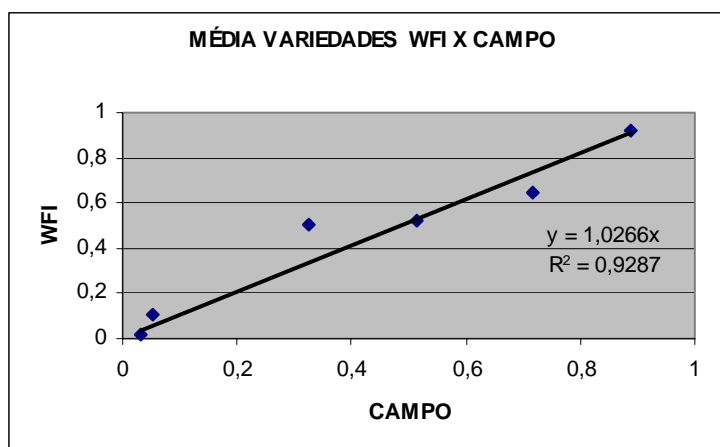


Figura 5 - Correlação da média de reflectância das duas variedades para as bandas do vermelho e infravermelho e do NDVI do sensor WFI, com as médias de campo do dia 10/03/2004.

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 WFI e do MOD 09 (hipótese nula - H_0). Ambos os sensores passaram no teste, aceitando-se H_0 ao nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

Estes resultados indicam que o sensor WFI apresentou, praticamente, a mesma confiabilidade gerada pelo sensor MODIS em termos radiométricos, para estas condições de campo e cultura.

4. Considerações finais e Conclusões

Antes de concluir este trabalho, alguns pontos sobre a utilização do sensor WFI devem ser abordados e esclarecidos.

Primeiramente, tem-se observado em algumas imagens, dependendo da época do ano e da região, uma porção sistematicamente mais clara do lado esquerdo. Estudos vêm sendo realizados para verificar a origem deste fenômeno. Acredita-se que isto pode estar ocorrendo devido à relação entre a iluminação solar e o seu grande campo de visada, o que pode ocasionar o efeito um fenômeno denominado “*hot spot*” ou “fator de reflectância bidirecional” (Ong *et. al.*, 1996). Por isso, até que se chegue a uma conclusão a respeito deste assunto, deve-se atentar a respeito disto ao se utilizar as imagens deste sensor. Se este for realmente o efeito, ele foi ignorado neste trabalho, pois a área de estudo em questão se encontrava muito próximo ao nadir.

Outra questão é a correção atmosférica automática deste sensor usando o programa 6S, que ainda não está disponível. Como a área de estudo deste trabalho era relativamente pequena este procedimento se deu de forma “manual” pixel a pixel, utilizando as equações pertinentes ao 6S de acordo com os dados relativos ao WFI.

Os resultados mostraram que para esta situação de campo e cultura, o sensor WFI se mostrou altamente correlacionado com as médias do campo ($R^2 = 0,93$), se comportando de forma similar aos dados radiométricos do produto MOD 09 do sensor MODIS ($R^2 = 0,95$).

Tendo estes resultados uma contribuição a respeito da confiabilidade dos dados radiométricos oriundos do sensor WFI. Mostrando o alto potencial da utilização futura deste sensor e, conseqüentemente, servindo como um incentivo à tecnologia nacional.

5. Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao Msc. José Dias de Matos, tecnologista da Divisão de Eletrônica Espacial – DEA do INPE, pela ajuda dada na conversão dos dados de radiância do sensor WFI e a interpretação das equações pertinentes ao 6S.

6. Referências

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.

Goltz, E.; Moreira, M.A.; Alvarenga, B.S.; Rennó, C. e Yi, J.L.R.. Uso de medidas radiométricas a campo para aferir a precisão das imagens reflectância do sensor MODIS. **Proceedings ... XI SELPER** Nov, 2004.

Justice, C.o.; Townshed, J.R.G.; Vermote, E.F.; Masuoka, E.; Wolfe, R.E.; Saleous, N.; Roy, D.P.; Morisette, J.T. An overview of modis land data processing and products status. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p. 3-15, 2002.

Matos, D. **Fatores de conversão do WFI para radiância**. (INPE, out. 2004). Comunicação Pessoal.

Ong, C., Soole P., Hick, P. T., Craig, M., Warren, P. and Newman, C. A correlative technique for correction of shading effects in digital multispectral video imagery. **Proc. XVIII Congress Int. Soc. Photog. and Remote Sensing**, Vienna Austria, 1996.

O satélite CBERS – aplicações. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm> > Acesso em: 20/10/2004.

Vermote, E.F., Tanre, D., Deuze, J.L., Herman, M., and Morcrette, J.J., (1997), Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview., **IEEE Trans. Geosc. and Remote Sens.** 35(3):675-686.