

Considerações sobre transformação de dados orbitais para estimativas do índice de área foliar (IAF)

Claudia Linhares de Sousa¹
Flávio Jorge Ponzoni¹

¹INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Av. dos Astronautas 1758 - Jd. da Granja, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil
{linhares, flavio}@ltid.inpe.br

Abstract. This paper describes the main aspects related to Leaf Area Index (LAI) estimating, using fraction and NDVI images as an alternative for direct and radiometric methods. Atmospheric effects, sensor calibration and soil interference were also considered.

Keywords: Data transformation, Biophysical parameters, Atmospheric correction, Fraction images.

1 Introdução

A vegetação é um dos recursos naturais que apresenta grande dinâmica. A disponibilidade de dados de Sensoriamento Remoto (SR), coletados em nível orbital, proporcionada pelos sensores colocados a bordo de satélites, permitem o monitoramento de mudanças naturais e/ou antrópicas ocorridas na vegetação.

As técnicas de SR envolvem quatro elementos fundamentais: a fonte de radiação eletromagnética (REM), a atmosfera, o alvo e o sensor. Em sistemas passivos, a principal fonte de radiação é o Sol, cuja energia radiante está distribuída ao longo de um espectro eletromagnético (EEM). Esta REM propaga-se através da atmosfera, sofrendo modificações na sua intensidade e distribuição espectral. Ao atingir o alvo, a REM incidente sofre um processo de interação, caracterizado pelos fenômenos de absorção, reflexão e transmissão. A fração de REM refletida ou emitida atravessará novamente a atmosfera, sofrerá novas modificações e atingirá o sensor, localizado em órbita da Terra (Silva, 1978).

Nos estudos de vegetação, o principal objetivo é o monitoramento das condições fisionômicas e fisiológicas e das mudanças ocorridas numa área ocupada por cobertura vegetal, as quais se expressam por alterações no processo de interação mencionado anteriormente. Segundo Ponzoni (1993), pelo fato da reflectância espectral ser ainda a propriedade mais explorada nas pesquisas em SR dos recursos naturais, este monitoramento pode ser realizado através de um acompanhamento da dinâmica da mesma. Por este motivo, ainda segundo este autor, têm sido desenvolvidos modelos de reflectância da vegetação, que tentam estabelecer uma conexão lógica entre os parâmetros biofísicos dos dosséis (Índice de Área Foliar-IAF, entre outros), com suas reflectâncias

espectrais. O IAF é definido como sendo a relação entre a área foliar total pela área do terreno (Daughtry, 1990).

A importância dos parâmetros biofísicos está no fato deles caracterizarem a arquitetura de um dossel, cuja dinâmica é intensa, fato que dificulta seu estudo e descrição (Welles, 1990). Os parâmetros biofísicos constituem dados de entrada de modelos de reflectância, e podem ser determinados através de métodos diretos ou indiretos. A escolha do método a ser utilizado deve considerar fatores como: as características morfológicas dos elementos a serem medidos, a acurácia exigida, a quantidade de material amostrado, o tempo, material e recursos disponíveis (Daughtry, 1990).

2 Métodos Diretos

Considerando o IAF, os métodos diretos consistem na obtenção das medidas de interesse (áreas) diretamente das folhas. Normalmente garantem uma acurácia satisfatória, sendo geralmente utilizados para calibração de outros métodos. Porém, são demorados e trabalhosos, dependendo da área abrangida e da vegetação em estudo (Goel e Norman, 1990). Segundo Daughtry (1990), são cinco os métodos diretos para estimativa do IAF: método de contorno da folha; método de comparação com formas e tamanhos padrões; método baseado nas medidas lineares; método baseado na relação entre massa e área foliar e método da planimetria óptica.

3 Métodos Indiretos

Com o desenvolvimento de novas técnicas, surgiram os chamados métodos indiretos, nos quais as áreas são calculadas indiretamente a partir de valores de radiância. São mais rápidos e eficientes que os métodos diretos, porém a acurácia nem sempre é satisfatória, além de exigir uma

aparelhagem especial, fator que aumenta seu custo (Goel e Norman, 1990). O princípio é basicamente o mesmo, ou seja, medidas radiométricas que fornecem dados de clareira do dossel são utilizadas para estimar o IAF. Estes métodos indiretos incluem a fotografia hemisférica, o LAI-2000 e os produtos orbitais.

Com a crescente disponibilidade de dados provenientes de novos satélites de SR, surgiu mais uma possibilidade: estimar o IAF a partir de imagens orbitais. A interpretação dessas imagens é baseada no reconhecimento de padrões, que ajudam o intérprete a identificar objetos inicialmente desconhecidos na imagem e separá-los em classes (Szekielda, 1988). O processo de interpretação é otimizado e mais produtivo quando aliado às técnicas de processamento de imagens digitais (PID). O PID é um conjunto de técnicas aplicadas na imagem bruta, de modo a fornecer dados radiométricos confiáveis para a extração de informações a respeito das características dos alvos. Segundo Crósta (1993), as técnicas de PID podem ser divididas em três grupos: pré-processamento; realce e classificação. As técnicas de pré-processamento consistem nas correções radiométrica e geométrica. Dentre as técnicas de realce, constam, além de outras, as imagens-fração e as imagens-índice de vegetação.

4 Imagens-Fração

As imagens-fração são oriundas de um processamento na imagem chamado “mistura espectral”. O princípio é baseado no fato de que cada pixel de uma imagem é uma combinação linear das respostas de vários alvos diferentes, por exemplo, vegetação, água, solo, sombra, etc. Portanto, esta mistura espectral pode ser representada por uma relação linear. O resultado obtido após o processamento são imagens-fração de cada um dos componentes da cena, sendo que cada pixel da imagem-fração assume um valor de nível de cinza, dentro da escala 0 a 255, correspondente à proporção daquele componente no pixel da imagem original (Shimabukuro e Smith, 1991). Segundo estes autores, dois dos algoritmos disponíveis para a realização da mistura espectral são: a) mínimos quadrados com restrições (CLS) e b) mínimos quadrados ponderado (WLS), os quais foram por eles comparados, concluindo que o CLS apresenta uma variação menor que o WLS no tempo de processamento para tamanhos diferentes de pixel, que o WLS é mais preciso e que o CLS é mais rápido. Ambos visam minimizar a soma dos quadrados dos erros (SSE).

5 Imagens-Índice de Vegetação

As imagens-índice de vegetação, baseiam-se no fato da vegetação possuir uma resposta característica nas regiões do EEM relativas ao vermelho e ao infravermelho próximo, diferenciando-a de outros alvos terrestres. Matematicamente, os índices são razões de bandas, i.e., são o resultado de uma operação aritmética, onde os níveis de cinza ou os valores de reflectância de duas ou mais bandas, referentes à mesma cena, são divididos para formar uma nova banda. Esta operação é útil e simples, porém depende muito do conhecimento do usuário, por exemplo, na escolha das bandas. Os índices mais conhecidos são as Razões Simples (Simple Ratio-SR) e os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI), sendo este o mais utilizado e obtido pela razão:

$$NDVI = (IVP - VM) / (IVP + VM)$$

onde,

IVP=reflectância no infra-vermelho próximo

VM=reflectância no vermelho

O NDVI pode ser obtido a partir dos sensores MSS ou TM do Landsat, do AVHRR do NOAA ou qualquer outro que possua bandas nestas duas regiões do EEM. As técnicas de processamento envolvendo índices e razões são de grande utilidade, pois são de fácil realização e interpretação, reduzem a dimensionalidade dos dados e reduzem os efeitos de sombra e de interferência da atmosfera e do solo, os quais mascaram a resposta da vegetação. Por isso seu estudo é incentivado e muitas têm sido suas aplicações, por exemplo, na estimativa do IAF (Law, 1995). Porém, há uma limitação no uso dos índices para a estimativa do IAF ou até mesmo no acompanhamento do desenvolvimento de dosséis. O esperado numa cobertura vegetal em desenvolvimento é um valor de NDVI crescente. Porém, o ponto de saturação do IAF no vermelho é 2-3 e no infra-vermelho é 6-8; e sendo estas as bandas utilizadas na obtenção do NDVI, o que ocorre é uma inversão desta tendência e uma queda no valor do NDVI, devido aos pontos de saturação e ao efeito de sombra da copa das árvores.

6 Calibração dos Detectores

Para uma correta utilização e interpretação dos dados originários destas duas técnicas de realce, deve ser realizada a calibração dos detectores. A calibração dos detectores pode ser absoluta ou relativa. Na absoluta, o sinal de saída do instrumento de medida, geralmente em “volts” é convertido para uma unidade de energia, geralmente radiância, de modo a fornecer um dado passível de processamento e interpretação (Asrar, 1989). A calibração relativa é realizada através de um material padrão, cuja

radiância é conhecida, o qual servirá de referência para o alvo a ser medido e cuja radiância deseja-se saber (Silva, 1978). Robinove (1982) propôs a transformação de dados orbitais, originalmente em valores digitais, para valores de radiância ou de reflectância, os quais são mais compreensíveis ao usuário. Além disso, os valores digitais podem fornecer conclusões incorretas devido às diferentes calibrações dos sensores. No entanto, eles são mais simples de processar. Assim, segundo o autor, a conversão deve ser realizada em cinco situações: a) razão de bandas; b) análise de um mosaico de duas ou mais cenas com ângulos solares diferentes; c) análise de um mosaico de duas ou mais cenas de dois ou mais sensores orbitais; d) detecção de mudanças entre duas ou mais cenas com diferentes ângulos solares e calibrações e e) antes ou depois de uma mudança na calibração dos sensores orbitais.

7 Correção Atmosférica

Posteriormente à calibração, segue-se a correção atmosférica, que visa a remoção de fatores não relativos aos alvos. A importância dos estudos atmosféricos e das correções está na possibilidade de extensão dos estudos realizados em nível de campo para os orbitais e vice-versa (Silva, 1978). Além disso, permitem uma correta análise e quantificação de dados orbitais, principalmente em estudos multitemporais, devido às diferentes condições atmosféricas (Chen et al., 1995). Segundo Kaufman (1989) a interferência da radiação solar e da radiação refletida pelo alvo com os constituintes atmosféricos chama-se efeito atmosférico e pode ser de quatro tipos: a) atenuação do sinal recebido do alvo devido às propriedades de extinção e à espessura e constituição da camada atmosférica; b) modificação da irradiância incidente no topo da atmosfera; c) mistura das respostas de alvos diferentes, devido à alteração da distribuição espacial da radiação refletida pelo alvo e d) espalhamento da radiação não proveniente do alvo no FOV do sensor, chamada radiação de trajetória, que é um fator que se soma à resposta do alvo. Chen et al. (1995) cita o método da subtração como o mais simples de ser usado. Consiste em subtrair de todos os pixels da imagem o valor digital relativo aos pixels escuros (como água sem material em suspensão ou sombra). Visto que a reflectância destes é quase nula, qualquer valor presente será devido à contribuição atmosférica. Chavez (1989) apud Chen et al. (1995), no entanto, propôs uma nova abordagem, onde os valores de correção para cada banda são baseados num modelo de espalhamento, que considera os diferentes tipos de espalhamento em cada comprimento de onda.

Finalmente, além da atmosfera, deve ser considerada a influência do solo. Quanto mais esparsa é a vegetação, menos confiáveis são as informações da vegetação extraídas de imagens orbitais, sendo totalmente inibidas quando a cobertura é menor que 30%. Por isso, a modelagem das propriedades de um dossel é muito difícil, já que a resposta deste é sensível às variações do solo e da vegetação (Huete, 1989).

Referências Bibliográficas

- Asrar, G. *Theory and applications of optical remote sensing*. New York, John Wiley & Sons, 1989.
- Chen, S. C.; Godoy Jr., M.; Herz, R. *Correlação atmosférica através do método de subtração: aplicabilidade para analisar imagens da região amazônica*. São José dos Campos, INPE, 1995. 12p. (INPE-5622).
- Crosta, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. ed. rev. Campinas, IG/UNICAMP, 1993. 170p.
- Daughtry, C. S. T. Direct measurements of canopy structure. In: Goel, N. S., Norman, J. M. *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions*. Remote sensing reviews, 5 (1) : 45-60, 1990. cap. 4.
- Goel, N. S., Norman, J. M. Remote sensing and biophysical measurements of soils and vegetation. In: Goel, N. S., Norman, J. M. *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions*. Remote sensing reviews, 5 (1) : 1-12, 1990. cap.1.
- Huete, A. R. Soil influences in remotely sensed vegetation-canopy spectra. In: Asrar, G. *Theory and applications of optical remote sensing*. New York, John Wiley & Sons, 1989. cap. 4.
- Kaufman, Y. J. The atmospheric effect on remote sensing and its corrections. In: Asrar, G. *Theory and applications of optical remote sensing*. New York, John Wiley & Sons, 1989. cap. 9.
- Law, B. E. Estimation of leaf area index and light intercepted by shrubs from digital videography. *Remote Sensing of Environment*, 51 : 276-280, 1995.
- Ponzoni, F. J. *Aplicação do modelo SAIL no estudo da reflectância espectral de dosséis de mudas de Eucalyptus sp. e de Aspidosperma sp.* (Tese - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993) 206p.
- Robinove, C. J. Computation with physical values from Landsat digital data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48 (5) : 781-784, 1982.

Silva, L. F. Radiation and instrumentation in remote sensing. In: Swain, P. H.; Davis, S. M. McGraw-Hill. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York, McGraw-Hill, 1978.

Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 29 (1) : 16-20, 1991.

Szekiela, K. *Satellite monitoring of the earth*. New York, John Wiley & Sons, 1988.

Welles, J. M. Some indirect methods of estimating canopy structure. In: Goel, N. S., Norman, J. M. *Instrumentation for studying vegetation canopies for remote sensing in optical and thermal infrared regions*. Remote sensing reviews, 5 (1) : 31-43, 1990. cap.3.