

Correlação entre a refletância em 2,1 micrômetros e dos canais do visível obtidas com o MODIS em diferentes localidades brasileiras

Ricardo Almeida de Siqueira¹
Márcia Akemi Yamasoe¹

¹ Universidade de São Paulo - USP/IAG
Rua do Matão 1226, Cidade Universitária 05508-900 – São Paulo - SP, Brasil
rasiqu@model.iag.usp.br

Abstract: The algorithm for retrieving aerosol optical thickness over land from MODIS assumes that a good correlation between surface reflectance at 2.1 μm and surface reflectance at visible channels exists. Recent works suggest that the correlations are angle and surface type dependent. This paper shows results for correlations between surface corrected reflectance at 2.1 μm and surface corrected reflectance at visible channels, with data obtained from MODIS at pixels situated near AERONET site in São Paulo city. The observed results present a dependence between the correlations and the scattering angle between the Sun and sensor, in accordance with previous studies.

Palavras-chave: aerosols, remote sensing, reflectance, aerossóis, sensoriamento remoto, refletância.

Introdução

O algoritmo de obtenção da profundidade óptica do aerossol (*POA*) pelo sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (Remer et al. 2002) sobre o continente utiliza o canal de 2,1 μm para estimar a refletância da superfície (ρ^s) que chega ao sensor nos canais do visível ($\rho^s_{0,47}$ e $\rho^s_{0,66}$) baseado na boa correlação entre eles (Kaufman et al. 1997). Esta estimativa de ρ^s é um passo importante no algoritmo para que se possa quantificar a influência da superfície no sinal que atinge o sensor (e que deve ser eliminada). Contudo, alguns trabalhos sugerem que as correlações mencionadas são dependentes do tipo de superfície e do ângulo de espalhamento entre o sensor e o sol (Remer et al. 2006) definido por:

$$\Theta = \cos^{-1}(-\cos \theta_o \cos \theta + \sin \theta_o \sin \theta \cos \varphi) \quad (1)$$

onde θ_o e θ são os ângulos zenitais do sol e do sensor respectivamente e φ é o azimute relativo entre o sol e sensor.

Baseado em dados globais (AERONET/MODIS), Remer et al. (2006) obteve parametrizações que leva o efeito de Θ e do tipo de superfície em consideração sendo adotadas na mais recente versão do algoritmo do MODIS (versão 5.2).

O objetivo do estudo é o de investigar as correlações entre $\rho^s_{2,1}$, $\rho^s_{0,47}$ e $\rho^s_{0,66}$ para pixels analisados em diferentes localidades do Brasil e avaliar possíveis discrepâncias com relação a parametrização global. Este trabalho descreve os métodos adotados e os resultados preliminares para pixels analisados sobre a cidade de São Paulo, embora futuramente outros sítios serão avaliados.

Materiais e Métodos

Foram obtidas 125 imagens do MODIS, em diferentes geometrias de observação, de pontos localizados próximos ao sítio da rede AERONET (Holben et al., 1998) em São Paulo. Foram analisados somente pixels que estivessem até 10 km do sítio e sem presença de nuvens. As coordenadas geográficas que delimitaram a região estudada foram latitudes sul entre 23,52 e 23,60 graus e longitudes oeste entre 46,69 e 46,77 graus. Os dados de refletância analisados corresponderam ao período de 2001 a início de 2006.

Os dados de *POA* e do conteúdo de vapor d'água obtidos da AERONET foram utilizados para a correção atmosférica dos dados com a ajuda do código de transferência radiativa SBDART (*Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative Transfer*) (Richiazzi et al., 1998). O modelo de aerossol empregado nas simulações foi o modelo 3 proposto por Castanho (2005) para São Paulo, pois baseado em critérios estatísticos, este representa as condições médias das partículas de aerossóis em São Paulo. (Rosário, 2006).

Resultados Preliminares

A **figura 1** mostra histogramas dos coeficientes do ajuste linear obtido entre $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{2,1}^s$ bem como de $\rho_{0,66}^s$ e $\rho_{2,1}^s$ para as 125 imagens selecionadas com o MODIS.

Como pode-se notar nos valores de desvio padrão da média (σ_m), os desvios dos coeficientes de ajuste não são desprezíveis de forma que esta variabilidade pode estar associada a uma série de fatores. Uma parte desta variabilidade parece estar associada com Θ . Na mesma **figura 1** é mostrada a correlação entre os coeficientes de ajuste e Θ .

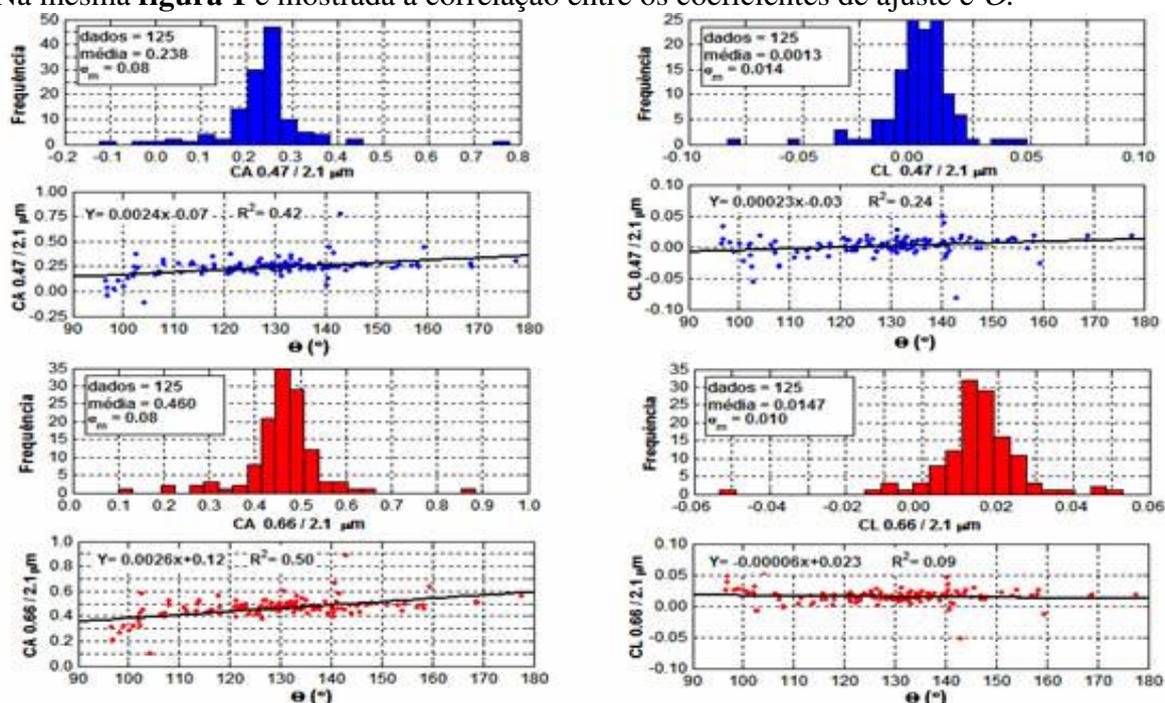


Figura 1: Coeficiente angular (*CA*) e coeficiente linear (*CL*) obtidos através de ajuste linear entre as refletâncias dos canais do visível (0,47 μ m e 0,66 μ m) e do canal de 2,1 μ m para as 125 imagens analisadas sobre o sítio da AERONET em São Paulo. A figura mostra histogramas com a média e desvio padrão da média (σ_m) para os valores de *CA* e *CL* obtidos e também gráficos de suas relações com o ângulo de espalhamento (Θ)

Exceto para *CL* para a relação de 0,66 e 2,1 μ m, todos os outros mostraram uma tendência de aumento em seus valores com o aumento do ângulo de espalhamento. Levando em conta as retas de regressão obtidas, as relações entre $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{2,1}^s$ bem como de $\rho_{0,66}^s$ e $\rho_{2,1}^s$ para São Paulo poderiam ser expressas por:

$$\rho_{0,47}^s = [0,0024\Theta - 0,07]\rho_{2,1}^s + [0,00023\Theta - 0,03] \quad (2a)$$

$$\rho_{0,66}^s = [0,0026\Theta + 0,12]\rho_{2,1}^s + 0,023 \quad (2b)$$

A **figura 2** mostra os valores de $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ preditos por (2a) e (2b) e por diferentes autores comparadas com os valores obtidos com o MODIS em função de $\rho_{2,1}^s$.

De maneira geral, as expressões (2a) e (2b), que levam em conta a dependência com Θ , melhoraram as previsões de $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ principalmente no caso de $\rho_{0,47}^s$ e melhorando as previsões quando os valores de $\rho_{2,1}^s$ são maiores. Na verdade existe também uma correlação entre $\rho_{2,1}^s$ e Θ o que deve explicar esta melhor previsão para maiores valores de $\rho_{2,1}^s$.

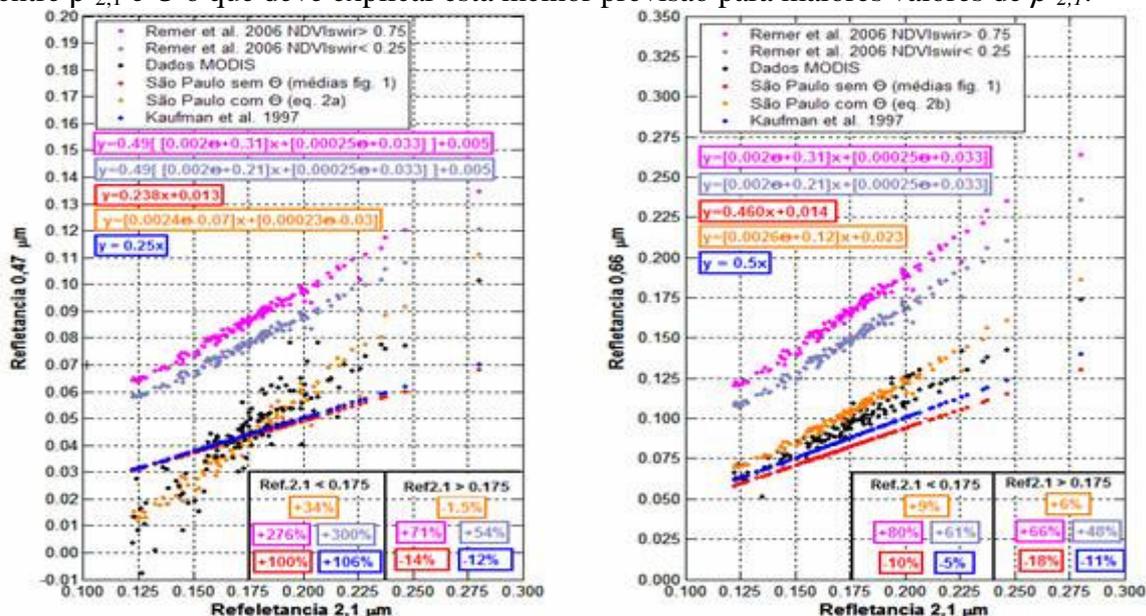


Figura 2: Relação entre $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ com $\rho_{2,1}^s$ obtidas com dados do MODIS após efetuar a correção atmosférica e valores de $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ preditos a partir de $\rho_{2,1}^s$. Os valores inferiores mostram a porcentagem média de desvio das previsões com relação aos dados do MODIS para valores de $\rho_{2,1}^s$ menores que 0,175 e valores de $\rho_{2,1}^s$ maiores que 0,175.

Apesar da real validade das expressões (2a) e (2b) necessitar de uma avaliação com dados independentes, fica claro que uma melhor previsão de $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ deve levar em conta o ângulo de espalhamento sendo um dos fatores que provocam a variabilidade das correlações observadas. Quanto as superestimativas de $\rho_{0,47}^s$ e $\rho_{0,66}^s$ obtidas com as equações de Remer et al. (2006) não se chegou ainda a uma conclusão do motivo e mais estudos devem ser realizados.

Referências

- Castanho, A. D. **Propriedades ópticas das partículas de aerossol e uma nova metodologia para obtenção de óptica via satélite sobre São Paulo.** (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física da USP, 2005.
- Holben, B. N.; Eck T. F.; Slutsker, I.; Tanre, D.; Buis, J. P.; Setzer, A.; Vermote, E.; Reagan J. A.; Kaufman, Y. J.; Nakajima, T.; Lavenu, F.; Jankowiak, I, Smirnov, A. **AERONET - A federated instrument network and data archive for aerosol characterization.** Remote Sensing of Environment **66:** (1), 1-16, 1998.
- Kaufman, Y. J.; Wald, A. E.; Remer; L. A.; Gao, Bo-Cai; Li, Rong-Rong ; Flynn, L. **The MODIS 2.1- μ m Channel-Correlation with Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol.** IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, **vol.35, no.5,**1286-1298, 1997.
- Remer, L. A.; Tanré, D.; Kaufman, Y. J.; Algorithm for remote sensing of tropospheric aerosol from MODIS: Collection 5, Disponível em : <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod02.pdf> , Acesso em: out. 2006.
- Ricchiazzi, P.; Yang, S.; Gautier, C.; Sowle, D. **SBDART: A research and teaching software tool for plane-parallel radiative transfer in the Earth's Atmosphere.** Bulletin of the American Meteorological Society, **79** (10), 2101-2114, 1998.
- Rosário, N. M.; **Comparação de profundidades ópticas espectrais do aerossol obtidas para São Paulo a partir de um Multifilter Rotating Shadowband Radiometer e do fotômetro solar da AERONET.** (Mestrado em Ciências)- Instituto Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2006