

# VALIDAÇÃO DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE TERRESTRE OBTIDO A PARTIR DE IMAGENS DO SENSOR MODIS EM ÁREA DE CAATINGA

*Ana Paula Martins do Amaral Cunha<sup>1</sup>, Vanessa Canavesi<sup>2</sup>, Rita Márcia da Silva Pinto Vieira<sup>1</sup>, Regina Célia dos Santos Alvalá<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>CPTEC-INPE, São José dos Campos - SP, Bra. [ana.paula@cptec.inpe.br](mailto:ana.paula@cptec.inpe.br), [rita.marcia@cptec.inpe.br](mailto:rita.marcia@cptec.inpe.br)

<sup>2</sup>CCST-INPE, São José dos Campos – SP, Bra. [canavesi@cptec.inpe.br](mailto:canavesi@cptec.inpe.br), [regina.alvala@cptec.inpe.br](mailto:regina.alvala@cptec.inpe.br)

**RESUMO:** O albedo da superfície, definido como a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente, é uma medida indireta da energia solar absorvida pela superfície. É um importante parâmetro que afeta o balanço de radiação terrestre e, portanto, é considerado em estudos do clima global e regional. O presente trabalho teve como objetivo validar o produto albedo MOD43B3 do sensor MODIS e estudar a variabilidade espaço-temporal do albedo em uma área de caatinga nativa do Nordeste do Brasil. Para isso foram consideradas medidas de radiação solar em uma área de caatinga no município de Petrolina-PE. Os resultados mostraram que os valores de albedo estimados do sensor MODIS foram próximos daqueles encontrados a partir de medidas de campo, apresentando erros em torno de 0,02 em relação às medições. Verificou-se também que na área de caatinga considerada, embora o albedo da superfície não tenha apresentado uma variação temporal considerável, a variação espacial é bastante significativa, sendo que os valores de albedo variaram de 0,10 a 0,26 (em média). Por fim, as informações obtidas sobre a variabilidade espaço-temporal do albedo da superfície poderão ser incorporadas em modelos de superfície viabilizando estudos mais realistas dos impactos climáticos das mudanças da cobertura da terra, em especial da desertificação no Nordeste do Brasil.

**ABSTRACT:** The albedo is defined as a ratio between reflected solar radiation and incoming solar radiation over surface. It is an important parameter that affects the terrestrial radiation balance and has been considered in the global and regional climate studies. The objective of the present work was to validate the MODIS product albedo and to study the spatial and temporal variability of an area of caatinga native using field measurements. The results shows that there is agreement among MODIS surface albedo product and the estimated values from measures in the field showing errors of around 0.02 for measurements. It was noted also that in the area of caatinga considered, while the albedo of the area has not submitted a considerable temporal variation, the spatial variation is significant, while the albedo values ranged 0.10 to 0.26 (on average). Finally, information obtained on the spatial and temporal variability of the surface albedo may be incorporated into surface models allowing more realistic studies of the impact of land cover change on regional climate, especially the desertification in Brazilian Northeast.

**Palavras-Chave:** albedo; caatinga; MODIS.

## 1. INTRODUÇÃO

A região semi-árida do Nordeste Brasileiro (NEB), que compreende uma área de 981.821,9 mil km<sup>2</sup> (SUDENE, 2008), é caracterizada por apresentar uma forte irregularidade climática, apresentando os mais baixos índices pluviométricos, em torno de 500 a 800 mm anuais, com grande variabilidade espacial e temporal (Oliveira et al., 2006). As áreas mais secas da zona semi-árida, cuja precipitação anual é inferior a 500 mm, totalizam cerca de 309.000 km<sup>2</sup>, e são as mais susceptíveis à desertificação no Brasil (Oyama, 2002).

Nos últimos anos, a região semi-árida vem sofrendo com a degradação ambiental que, associada com as peculiaridades da região mencionadas acima, ocasionam processos de desertificação cada vez mais significativos, com conseqüente perda da fertilidade do solo e da biodiversidade. Outrossim, a quantificação, avaliação de riscos e monitoramento da desertificação podem ser realizados a partir de parâmetros biofísicos da vegetação (índices de vegetação) e parâmetros físicos tal como o albedo, ambos obtidos por meio de imagens orbitais.

O albedo da superfície continental varia ao longo do período diurno, em função do ângulo de elevação solar, tipos de vegetação e solo, conteúdo de água no solo, etc. Em função das condições de iluminação, discriminam-se dois tipos de albedo: o “Black Sky” (iluminação direta) e o albedo “White Sky” (iluminação difusa). Segundo Iqbal (1980), o albedo total da superfície é representado pela soma dos dois albedos ponderados pela proporção de irradiância direta e difusa, denominada albedo “Blue Sky” (Lopes e Valeriano, 2007).

Dados de albedo medidos em campo, em diferentes faixas do espectro de radiação e em diferentes sub-regiões são escassos para a região do NEB, o que ocorre devido, principalmente, às dificuldades operacionais e aos custos extremamente elevados dos equipamentos necessários à realização das pesquisas. Portanto, para estudos de grande escala, medidas de campo tornam-se inviáveis e o sensoriamento remoto tem sido muito utilizado para estimar o albedo da superfície considerando diferentes ecossistemas (Lopes e Valeriano, 2007). Outrossim, por meio de técnicas de sensoriamento remoto é possível identificar de maneira mais realista a variabilidade espacial e sazonal do albedo da superfície continental.

Assim, considerando a importância da representação realista do albedo da superfície continental em modelos de previsão do tempo e clima, em especial visando melhorar a estimativa dos fluxos de superfície, o objetivo desse estudo foi estimar e validar a variabilidade espacial e temporal do albedo em uma área de caatinga natural no município de Petrolina, no Estado de Pernambuco.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo e dados

A área de estudo compreende uma extensão de 199.080,022 km<sup>2</sup> (-7° 4' S e - 41° 31' W; -10° 19' S e -36° 26' W). Na região encontra-se um sítio experimental instalado na área da Embrapa – Centro de Pesquisas Agropecuária do Trópico Semi-Árido – CPATSA, no município de Petrolina, Estado de Pernambuco. Essa é uma área de vegetação de caatinga nativa, na qual predomina uma vegetação com caule provido de espinhos e folhas pequenas com árvores de aproximadamente 4,5 metros de altura, pertencentes à família Leguminosae (*Minosa tenuiflora*), sendo verificado também a presença de árvores, à distância, com alturas de até 8 metros.

Em junho de 2003 foi estabelecido nesta área um experimento, no escopo do Projeto CT-HIDRO, sendo instalada uma torre com 9 m de altura (Figura 1) para suporte de sensores eletrônicos de alta e baixa frequência, para medidas de variáveis meteorológicas.

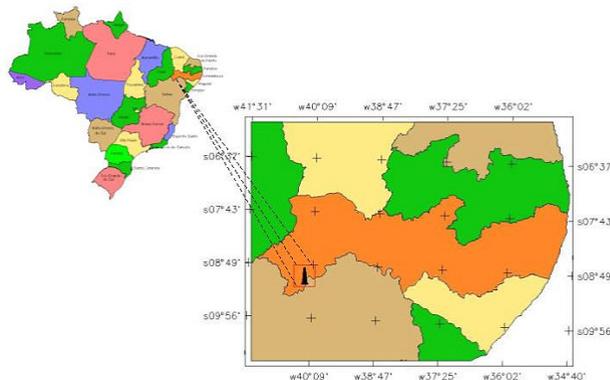


Figura 1: Localização geográfica da torre micrometeorológica instalada na Embrapa Semi-Árido em Petrolina, PE.

Um dos instrumentos instalados nessa torre foi o piranômetro modelo CM6B (Kipp Zonnen, Holanda), do qual foram obtidos dados de radiação solar refletida e incidente. Esses dados foram utilizados no cálculo do albedo da superfície que corresponde à porcentagem da radiação solar incidente que é refletida pela superfície. Os piranômetros têm campo de visada hemisférica, integram toda a radiação refletida no espectro solar e, desde que sejam usados sob

condições de céu claro, não sofrem interferência da atmosfera. Assim, o albedo da superfície foi calculado, utilizando dados horários de radiação solar, a partir da equação abaixo:

$$\alpha_c = \frac{K \uparrow}{K \downarrow} \quad (1)$$

em que  $\alpha_c$  é o albedo de ondas curtas da superfície e  $K \uparrow$  e  $K \downarrow$  são a radiação de ondas curtas refletida e incidente na superfície, respectivamente.

## 2.2 Produto Albedo (MOD43B3)

Além do albedo da superfície calculado considerando medidas feitas em campo, foram estimados valores de albedo da superfície utilizando o produto MOD43B3, o qual refere-se ao albedo da superfície obtido das bandas do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) do satélite Terra e possui uma resolução espacial de 1.000 m. O produto disponibiliza dois tipos de albedos para 7 bandas espectrais e 3 bandas largas: os albedos *Black-Sky* e *White-Sky*. Neste produto, o albedo *White Sky* ( $\alpha_{ws}$ ) foi estimado somente para o meio-dia.

As imagens de albedo para o ano de 2004 utilizadas no presente trabalho foram obtidas gratuitamente através do site [geography.bu.edu/brdf](http://geography.bu.edu/brdf). Essas imagens são adquiridas em níveis de cinza e devem ser multiplicadas por um fator de 0,001 para serem convertidas em valores absolutos de albedo. Finalmente, faz-se a interpolação entre a componente direta e difusa em função da fração de luz difusa para obtenção do albedo *Blue-Sky* ( $A_s$ ) expressa por Schaaf et al. (2002) de acordo com a Equação:

$$A_s(\theta, \lambda) = [1 - S(\theta, \tau(\lambda))] \times \alpha_{bs}(\theta, \lambda) + S(\theta, \tau(\lambda)) \times \alpha_{ws}(\theta, \lambda) \quad (2)$$

em que  $\alpha_{bs}(\theta, \lambda)$  é o albedo *Black-Sky*;  $\alpha_{ws}(\theta, \lambda)$  é o albedo *White-Sky*;  $\theta$  é o ângulo zenital solar;  $\lambda$  é o comprimento de onda;  $\tau(\lambda)$  é a profundidade óptica e  $S(\theta, \tau(\lambda))$  é a fração de luz difusa, a qual foi obtida de uma tabela fornecida junto com o pacote computacional do produto MOD43B1 (Schaaf, 2004). Essa tabela contém valores de  $S(\theta, \tau(\lambda))$  em função dos tipos de aerossóis, da profundidade óptica e do ângulo zenital solar, corrigidos dos efeitos atmosféricos. Neste trabalho, o albedo *Blue-Sky* foi calculado no intervalo de 0,25-4,0  $\mu\text{m}$  para  $S(\theta, \tau(\lambda))=0,74$ ;  $\tau(\theta)=0,2$  para  $\theta=0^\circ$  (albedo ao meio dia).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 (a e b) representa o albedo “*Blue-Sky*” do produto MOD43B3 em uma área de caatinga para os meses de julho (seco) e novembro (úmido) de 2004, respectivamente.

A imagem albedo do sensor MODIS para o mês de julho de 2004 apresentou valor médio de 0,15, enquanto que para o mês de novembro de 2004 o valor médio foi de 0,16. Embora a variabilidade sazonal do albedo na região não seja muito grande, observa-se que em média para o mês de novembro os valores apresentaram-se um pouco maiores (Figuras 2a e 2b).

Observa-se também, especialmente, que o albedo varia muito na área de estudo considerada, sendo encontrados valores de albedo variando de 0,10 a 0,26. Os valores mais altos podem estar associados às superfícies de solo nu (variando com o tipo de solo) enquanto que os valores mais baixos podem estar associados às áreas vegetadas.

O albedo derivado do sensor MODIS foi comparado com aquele observado em área de caatinga, considerando dados medidos de radiação solar incidente e refletida obtidos na torre micrometeorológica instalada no município de Petrolina. Os erros apresentados foram em torno de 0,02 em relação às medições.

A Figura 3 apresenta a variabilidade sazonal dos albedos observados e estimado por meio do sensor MODIS, bem como a precipitação acumulada em cada mês do ano estudado.

Considerando os dados observados, o maior valor do albedo encontrado foi nos meses de março e abril de 2004 (0,17), enquanto o menor valor é observado no mês de agosto (0,11). Por outro lado, considerando o albedo estimado, o maior (menor) valor foi observado no mês de março (julho) de 2004 (0,13 e 0,11, respectivamente). Em média os menores (maiores) valores de albedo são observados nos meses mais secos (úmidos). O albedo, além de variar espacialmente e temporalmente em função da natureza da superfície, também varia em função do ângulo de elevação e azimute solar (variação sazonal), que ocorre devido à variação da declinação solar. Assim, esses resultados podem estar associados às diferentes intensidades de radiação solar incidente nos meses de verão e inverno.

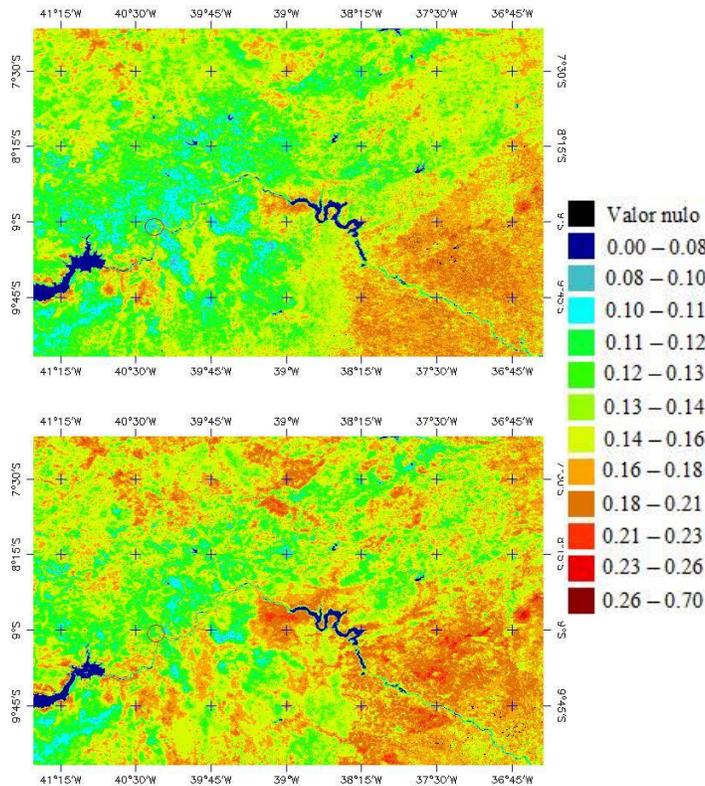


Figura 2. Albedo da superfície obtido pelos dados do sensor MODIS para o mês de (a) julho e (b) novembro de 2004 (o círculo representa a localização da torre micrometeorológica em Petrolina).

A diferença entre os valores dos albedos medidos e estimados foi menor para os meses de julho a dezembro (meses mais secos), sendo a menor diferença encontrada no mês de agosto de 2004 (0,002). As causas dessas variações de albedo para meses secos e úmidos, necessitam ser melhores investigadas, visto que se esperaria que maiores valores de albedo estivessem relacionados aos meses mais secos e não aos mais úmidos. Sugere-se o estudo do albedo por bandas individuais a fim de se avaliar a resposta da reflectância em variados comprimentos de onda.

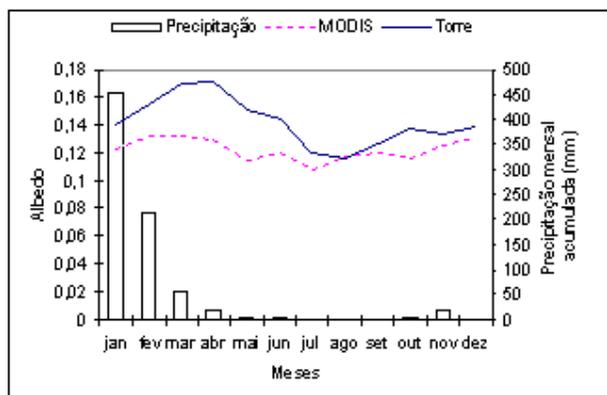


Figura 3. Albedo da superfície calculado com dados de radiação solar para o período de janeiro a dezembro de 2004.

#### 4. CONCLUSÕES

O clima é sensível às variações do albedo da superfície devido ao desflorestamento, desertificação e atividades antrópicas. Considerando que mesmo pequenas alterações no albedo da superfície podem causar impactos significativos no clima, torna-se necessário um melhor entendimento da variabilidade espacial e temporal do albedo bem como de suas fontes de variações. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi validar o produto albedo MOD43B3 do sensor MODIS e estudar a variabilidade espaço-temporal do albedo em uma área de caatinga nativa.

Em consonância com os resultados encontrados, conclui-se que os dados do albedo do sensor MODIS apresentaram valores próximos daqueles encontrados a partir de medidas de campo (coeficiente de correlação igual a 0,65). Verificou-se, também, que na área de estudo considerada (área de caatinga) ainda que o albedo não varie muito temporalmente, a variação espacial é bastante significativa, com os valores de albedo variando de 0,10 a 0,26 (em média).

Poucos estudos sobre a variabilidade espaço-temporal do albedo da superfície na região semi-árida do Brasil foram realizados, portanto estudos como esse são importantes e necessários para prover informações que possam ser incorporadas em modelos de superfície, embora seja necessário considerar avaliações para períodos mais longos de dados. Finalmente, ressalta-se que os resultados podem também subsidiar estudos mais realistas dos impactos climáticos das mudanças da cobertura, em especial da desertificação no Nordeste do Brasil.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. New York: Academic Press, 1980, 212p.
- LOPES, P. M. O. L.; VALERIANO, D. M. Validação do albedo da superfície terrestre obtido dos dados do sensor MODIS em regiões montanhosa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2805-2812. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7.
- OLIVEIRA, M. B. L.; SANTOS, A. J. B.; MANZI, A. O.; ALVALÁ, R. C. S.; CORREIA, M. F.; MOURA, M. S. B. Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v. 21, n. 3b, p. 166-174, 2006.
- OYAMA, M. D. Conseqüências climáticas da mudança da vegetação no nordeste brasileiro: Um estudo de modelagem. 2002. 220p. (INPE-9898-TDI/875). Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos: INPE, 2003.