



**VARIABILIDADE ESPAÇOTEMPORAL DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE NO
MUNICÍPIO DE MARACAJU, MS**

ALINE A. LOPES¹; NATALIA P. MARTINS²; DANIEL GOMES³;
RICARDO G. ANDRADE⁴

Nº 12507

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade espaçotemporal do albedo de superfície na área de delimitação do Município de Maracaju, MS. Para tanto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 – TM contendo as sete bandas espectrais, que foram obtidas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As datas das imagens foram: 05/04/1996, 07/06/1996, 12/09/1996, 12/04/2010, 15/06/2010 e 21/10/2010. O albedo foi determinado segundo procedimentos do algoritmo SEBAL. Com base nos resultados obtidos, foram constatadas significativas variações espaçotemporais nos valores de albedo, tanto entre datas do mesmo ano quanto entre os anos de 1996 e 2010. De forma geral, os valores de albedo para o ano de 1996 foram menores que aqueles encontrados para as datas avaliadas no ano de 2010. Uma possível justificativa para esses resultados pode estar na significativa expansão agrícola ocorrida no município na última década.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the spatiotemporal variability of the surface albedo within the delimited area of the municipality of Maracaju, MS, Brazil. We used Landsat 5 – TM satellite images containing all seven spectral bands obtained from the Brazilian National Institute for Space Research (INPE) on the following dates: April 5, 1996; June 7, 1996; September 12, 1996; April 12, 2010; June 15, 2010; and October 21, 2010. The albedo was determined according to the procedures of the SEBAL algorithm. Based on the results obtained, we detected significant spatiotemporal variations in the albedo values, both among dates of the same year and among years 1996 and 2012. The albedo values for 1996 were generally lower than those detected for the dates evaluated in 2010. A possible explanation for these results may be the significant agricultural expansion in Maracaju over the last decade.

1 Bolsista: Graduanda em Biologia, UNICAMP, Campinas-SP, aline@cnpm.embrapa.br.

2 Colaboradora: Graduanda em Geografia, UNICAMP, Campinas-SP.

3 Colaborador: Analista, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.

4 Orientador: Pesquisador, Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP.



INTRODUÇÃO

O albedo pode ser definido como a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar incidente em uma superfície. Ao longo dos anos, diversas pesquisas relatam a importância do albedo para o entendimento de processos relacionados com mudanças climáticas, desertificação, entre outros (ANDRADE et al., 2010; BERBET, 2002; CULF et al., 1995). O albedo está diretamente relacionado com as trocas de energia e afeta os regimes radiativos, ocasionando variações na temperatura, modificação no clima local e mudanças no calor latente e sensível, alterando significativamente o balanço energético da atmosfera (PEREIRA et al., 2006).

Berbet (2002) relata que as causas da variação do albedo da superfície incluem as variações na reflectância da vegetação e do solo, as alterações na estrutura do dossel, o grau de cobertura do solo e o índice de área foliar (IAF), a presença de cobertura morta no solo, a variação no ângulo de elevação solar, a presença ou não de água depositada sobre as folhas, a opacidade das folhas, a cor, a rugosidade e o teor de umidade do solo, a partição entre radiação direta e difusa, causada principalmente por mudanças na cobertura de nuvens, e a mudança espectral de radiação incidente devido a variações na composição atmosférica, especialmente aerossóis.

Nas últimas décadas, algoritmos e dados de sensoriamento remoto têm sido utilizados para a estimativa do albedo de superfície em grandes áreas. Bastiaanssen et al. (1998a, 1998b) desenvolveram o algoritmo Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL), que é amplamente aplicado ao redor do mundo na estimativa do albedo e demais componentes do balanço de energia.

O presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade espaçotemporal do albedo de superfície na área de delimitação do Município de Maracaju, MS. Para tanto, foram utilizadas imagens Landsat 5 – TM e o algoritmo SEBAL.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se no Estado de Mato Grosso do Sul, mais especificamente delimitada pelo Município de Maracaju (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (tropical úmido), com precipitações médias anuais de 1.200 mm; temperaturas máximas e mínimas de 33 °C e 19,6 °C, respectivamente. A região apresenta relevo levemente ondulado com altitude média de 400 m.

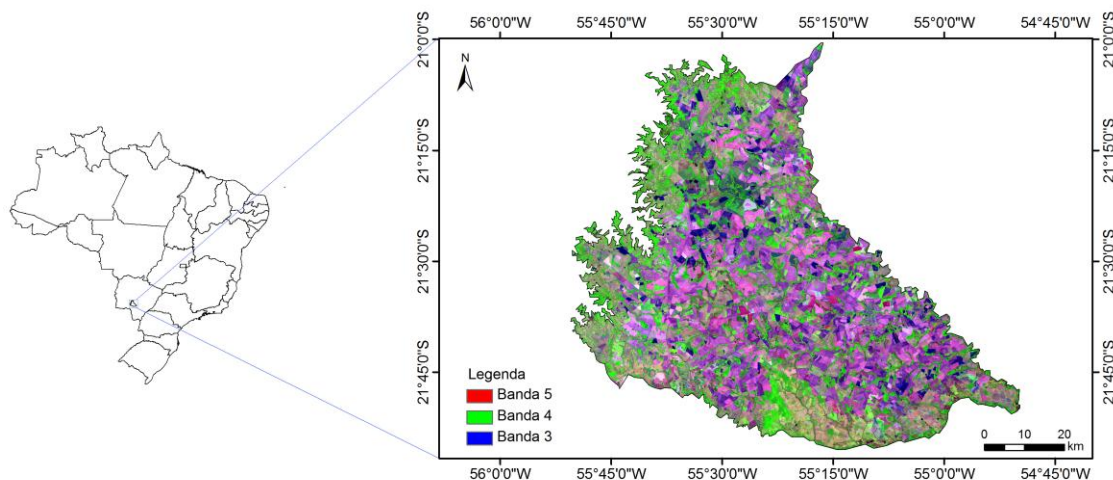


FIGURA 1. Localização do Município de Maracaju no Estado de Mato Grosso do Sul. Visualização da área de estudo na composição de bandas 5, 4, 3 (R, G, B) do Landsat 5 – TM no dia 21 de outubro de 2010.

Para o estudo, imagens dos dias 05/04/1996, 07/06/1996, 12/09/1996, 12/04/2010, 15/06/2010 e 21/10/2010 contendo as sete bandas espectrais do sensor TM do satélite Landsat 5 foram obtidas do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). As imagens foram selecionadas levando em consideração fatores de sazonalidade e foram registradas tendo por base o mosaico GeoCover 2000 da NASA (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>). Essa etapa foi realizada com a utilização do software Envi 4.8.

Para realização das etapas computacionais do algoritmo SEBAL, foi utilizado o software Erdas Imagine, versão 2011. A primeira etapa para a obtenção do albedo da superfície foi a conversão do número digital (ND) de cada pixel da imagem em radiância espectral monocromática (L_{λ_i}), procedimento também conhecido como calibração radiométrica, dado pela expressão:

$$L_{\lambda_i} = \left(\frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} \right) \times ND + L_{\min} \quad (1)$$

Em que ND é o número digital de cada pixel e os coeficientes L_{\max} e L_{\min} são as radiâncias espectrais máximas e mínimas ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), conforme valores apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Descrição das bandas do TM – Landsat 5 apresentando os parâmetros de calibração para cada banda conforme Chander e Markham (2003).

Bandas	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração ($\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$)				Irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera (E_{λ_i}) ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)
		Até 4 de maio de 2003		Após 5 de maio de 2003		
		Lmin	Lmax	Lmin	Lmax	
1 (azul)	0,45 – 0,52	-1,52	152,10	-1,52	193	1,957
2 (verde)	0,52 – 0,60	-2,84	296,81	-2,84	365	1,826
3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1,17	204,30	-1,17	264	1,554
4 (IV próximo)	0,76 – 0,90	-1,51	206,20	-1,51	221	1,036
5 (IV médio)	1,55 – 1,75	-0,37	27,19	-0,37	30,2	215,0
6 (IV termal)	10,4 – 12,5	1,2378	15,303	1,2378	15,303	-
7 (IV médio)	2,08 – 2,35	-0,15	14,38	-0,15	16,5	80,67

Posteriormente, foi calculada a reflectância monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}) por meio da equação:

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi L_{\lambda_i}}{E_{\lambda_i} \cos \theta_z d_r} \quad (2)$$

Em que L_{λ_i} é a radiância espectral de cada banda, E_{λ_i} é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$) (Tabela 1), θ_z é o ângulo zenital solar, e d_r é o inverso da distância relativa Terra-sol (em unidade astronômica – UA). Com a reflectância de cada banda foi possível obter o albedo no topo da atmosfera (α_{toa}) e, por sua vez, o albedo considerando os efeitos atmosféricos ou albedo da superfície (α) (ALLEN et al., 2002):

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,154\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_6 \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (4)$$

Em que α_p é o albedo da radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, tendo sido utilizado o valor de 0,03; τ_{sw} é a transmissividade atmosférica que, para condições de céu claro, pode ser obtida por (ALLEN et al., 2002):

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2.10^{-5} z_a \quad (5)$$

Em que z_a é a altitude em metros. Nesse caso, foi utilizado modelo digital de elevação proveniente do Aster GDEM (www.gdem.aster.ersdac.or.jp).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, estão representados os valores de albedo de superfície para o Município de Maracaju, MS, referentes a algumas datas nos anos de 1996 e 2010. Em geral, é possível notar diferentes tonalidades de cores que se relacionam com diferentes coberturas do solo e, conseqüentemente, diferentes valores para o albedo da superfície. Em áreas com grande exposição do solo, foram registrados os valores de albedo mais elevados. As áreas com vegetação seca ou com pouca vegetação e exposição de solo possivelmente são as que predominam nas classes com tons da cor marrom (albedo $> 0,16$), porém as áreas vegetadas com bom vigor e dossel menos aberto predominam nos intervalos de classes de albedo $< 0,15$. No entanto, de forma geral, vale ressaltar que os albedos para as datas do ano de 1996 (Figuras 2a, 2b e 2c) tenderam a ser menores que aqueles observados para as datas do ano de 2010 (Figuras 2d, 2e e 2f). O aumento das áreas agricultáveis e urbanizadas pode ser um dos indicativos que justifiquem espaçotemporalmente os valores mais altos de albedo.

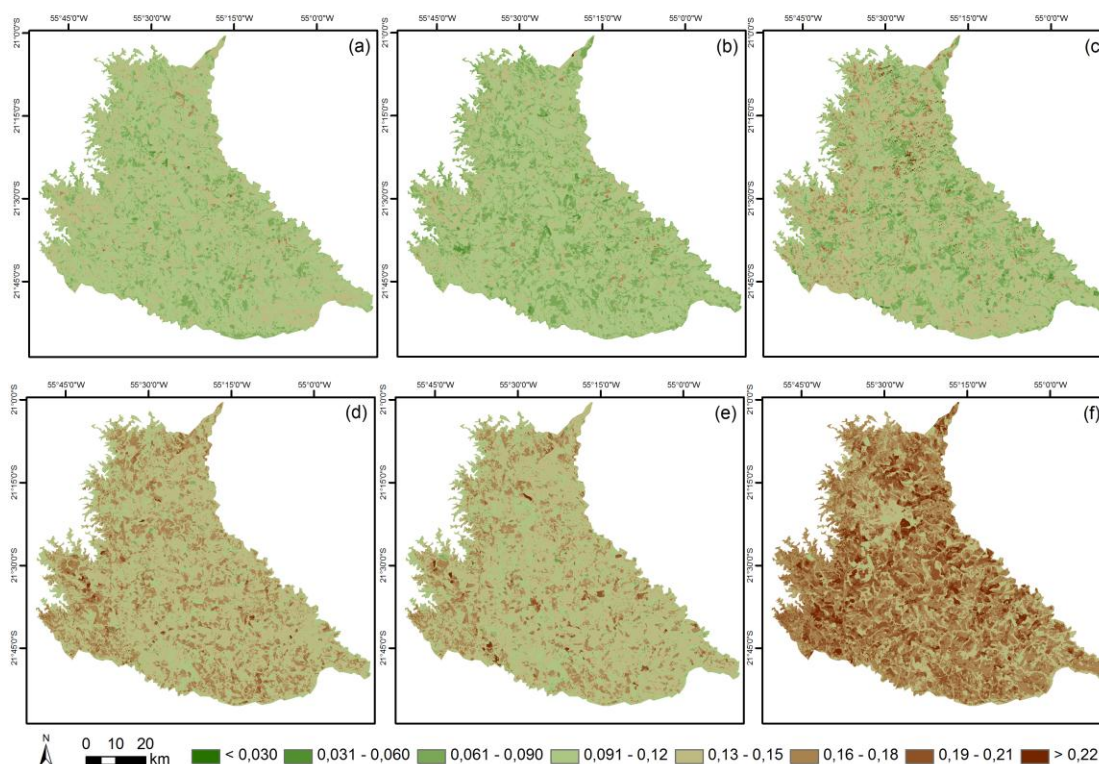


FIGURA 2. Estimativa do albedo da superfície para o Município de Maracaju, MS, nas datas de 05/04/1996 (a), 07/06/1996 (b), 12/09/1996 (c), 12/04/2010 (d), 15/06/2010 (e) e 21/10/2010 (f).

No mapa da Figura 2a, nota-se que o albedo variou nos intervalos $< 0,060$ em áreas fragmentadas e pequenas no mapa. Contudo, essas áreas variaram tanto espacialmente quanto temporalmente e diminuíram consideravelmente no ano de 2010 (Figuras 2d, 2e e 2f). Esse intervalo de classes ($< 0,060$) pode estar associado à



presença de vegetação mais densa e à maior umidade do solo. Para o ano de 1996, as áreas agrícolas vegetadas tiveram albedo $< 0,14$; as áreas de pastagem, $< 0,18$; e as áreas de florestas e de mata ciliar, $< 0,12$. Na região de Santa Rita do Passa Quatro, SP, Giongo et al. (2010) encontraram valores semelhantes para o albedo nas áreas de cerrado (0,1256) e de cana-de-açúcar (0,1579) no dia 11/04/2005. Contudo, os valores de albedo estimados para o dia 12/09/1996 (Figura 2c) diferem daqueles encontrados por Giongo et al. (2010) no dia 17/08/2005. Nesse caso, Berbet (2002) cita fatores que poderiam ter influenciado os valores de albedo, por exemplo, variações na reflectância da vegetação e do solo.

Para as estimativas de albedo realizadas em 2010, observa-se significativo aumento das áreas de solo exposto quando comparadas às avaliações do albedo em 1996. Em 2010 (Figuras 2d, 2e e 2f), nas áreas de pastagem, os valores de albedo variaram entre 0,140 e 0,210. Já em áreas com cultura agrícola, o albedo variou entre 0,077 e 0,17. Nas matas ciliares e florestas, a variação ficou entre 0,060 e 0,120.

Das estimativas de albedo realizadas, os valores mais elevados foram observados em 21/10/2010 (Figura 2f). Nessa data, foi observado aumento considerável das áreas com exposição de solo, as quais são mais frequentes em áreas agrícolas (em setembro/outubro tem início o plantio da soja). No dia 21/11/2005, Giongo et al. (2010) encontraram valores de albedo de 0,1578 no cerrado e de 0,1395 em plantações de cana-de-açúcar.

CONCLUSÃO

- Houve grande variação espaçotemporal dos valores do albedo de superfície estimados em algumas datas nos anos de 1996 e 2010 para o Município de Maracaju, MS, tanto entre datas do mesmo ano quanto entre os anos.
- De forma geral, os menores valores de albedo observados em 1996 podem estar relacionados à maior área com vegetação nativa e à menor exposição de solo, e os maiores valores de albedo em 2010 podem ser justificados pela significativa expansão agrícola ocorrida no município na última década.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Monitoramento por Satélite, pela oportunidade de estágio.



REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSSEN, W. **SEBAL**: Surface Energy Balance Algorithms for Land, Idaho implementation. Idaho: Waters Consulting; University of Idaho: WaterWatch, Inc. 2002. 97 p. (Advanced Training and Users Manual, version 1.0)
- ANDRADE, R. G.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F.; MASSAGLI, G. O.; AGNESE, M. L. **Estimativa do albedo e do saldo de radiação à superfície utilizando imagem MODIS – Aqua na Bacia do Rio Ji-Paraná**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 20 p. (Boletim de Pesquisa, 11).
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 198-212, 1998a.
- BASTIAANSSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212/213, p. 213-229, 1998b.
- BERBET, M. L. C. **Variação sazonal do albedo e sua influência na mudança do padrão de chuva, em consequência da conversão da floresta tropical em pastagem**. 2002. 33 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n.11, p. 2674-2677, 2003.
- CULF, A. D.; FISCH, G.; HODNETT, M. G. The albedo of Amazonian forest and ranch land. **Journal of Climate**, v. 8, n. 6, p. 1544-1554, 1995.
- GIONGO, P. R.; MOURA, G. B. de A.; SILVA, B. B.; ROCHA, H. R. da; MEDEIROS, S. R. R. de; NAZARENO, A. C. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 279-287, 2010.
- PEREIRA, G.; MORAES, E. C.; ARAI, E.; OLIVEIRA, L. G. L. Estudo preliminar da estimativa da reflectância e albedo de microssistemas pantaneiros a partir de imagens de satélite. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo



Grande. **Anais...** Campo Grande: INPE: Embrapa Informática Agropecuária, 2006. p.
11-15.