

DETERMINAÇÃO DO ALBEDO NO MUNICÍPIO DE BELEM DO SÃO FRANCISCO, COM BASE EM IMAGENS LANDSAT 7

Josiclêda Domiciano Galvêncio¹

Antonio Carlos de Barros Corrêa²

Maria do socorro Bezerra de Araújo³

RESUMO

O albedo é uma medida da reflectância espectral de um corpo ou superfície. O sensoriamento remoto permite a medida da radiação refletida sobre objetos geográficos específicos, facilitando a interpretação do papel da cobertura vegetal e dos tipos de uso do solo sobre a estabilidade das formações superficiais (solos residuais, sedimentos inconsolidados etc). A partir das análises efetuadas, o município de Belém do São Francisco apresentou albedo em torno de 20%, ou seja, áreas com predomínio do estrato herbáceo. Foi também possível concluir que ocorreu aumento de albedo, quando da comparação do período chuvoso com o período seco, nas áreas onde há predominância de afloramento de rocha e sob o predomínio de solos brunos não cálcicos. Esses solos são, também, reconhecidamente mais susceptíveis à erosão. Sugere-se que se utilizem séries temporais de imagens do período seco para estimativa do albedo, a fim de que se possa efetuar uma melhor diferenciação dos tipos de solos, sobretudo quanto à sua resposta erosiva sob os tipos de uso ora encontrados no município.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, índice de reflectância do semi-árido brasileiro, degradação ambiental.

¹ Professora adjunta do Departamento de Geografia da UFPE. E-mail: josicleda@hotmail.com

² Professor adjunto do Departamento de Geografia da UFPE. E-mail: dbiase2001@terra.com.br

³ Professora adjunta do Departamento de Geografia da UFPE. E-mail: socorro@ufpe.br

ABSTRACT

Albedo is a measure of the spectral reflectance of a body or surface. Remote sensing permits the measurement of the radiation reflected above specific geographic objects, favouring the interpretation of the role of vegetation cover e types of landuse on the stability of superficial formations (residual soils, unconsolidated sediments etc.) Based on the analysis carried out in this study, the Municipality of Belém do São Francisco showed albedo values of circa 20%, which corresponds to areas under herbaceous vegetation. It was also possible to conclude that there has been an increase in albedo, when images from the dry season were compared to those from the rainy season, mainly in the areas under rock outcrops and brown soils cover. Such soils are known for being erosion-prone. It is suggested that temporal series of images of the dry period be used in order to estimate albedo values, so that soil types can be differentiated, in as much as their erosive response under the different types of current landuse found in the Municipality.

Keywords: remote sensing, reflectance index in the semi-arid northeast of Brazil, environmental degradation.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto aplicado a grandes áreas geográficas, como por exemplo, a grandes perímetros irrigados, oferece diversas vantagens, pois possibilita a geração de séries temporais das cenas estudadas, possui cobertura espacial muito ampla e as informações obtidas podem ser espacializadas e, em geral, revelam aspectos importantes para o planejamento agrícola de áreas irrigadas (BASTIAASSEN, 2000).

O sensoriamento remoto tem sido definido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície

terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos. A energia eletromagnética utilizada na obtenção dos dados por sensoriamento remoto é também denominada de radiação eletromagnética.

A quantidade e qualidade da energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres resultam das interações entre a energia eletromagnética e estes objetos. Essas interações são denominadas pelas propriedades físico-químicas e biológicas desses objetos e podem ser identificadas nas imagens e nos dados de sensores remotos. Portanto, a energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos terrestres é a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características. Logo os sensores remotos são ferramentas indispensáveis para a realização de inventários, de mapeamento e de monitoramento de recursos naturais.

Atualmente, diversos pesquisadores têm feito uso de sensores remotos com vistas à sua aplicação em várias áreas do conhecimento. Dentre essas se pode citar aquelas direcionadas ao cálculo do albedo à superfície, (BREST & GOWARD, 1987; DUBAYAH, 1992; LIANG, 2002; SILVA et al., 2002; SILVA et al., 2005; SILVA et al., 2006).

Existem vários algoritmos destinados ao cálculo do albedo superficial, a partir de medições realizadas nas bandas espectrais dos satélites de sensores remotos. Um dos mais conhecidos foi proposto por WYDICK et al. (1987), o qual relaciona as reflectâncias espectrais do AVHRR, medidas no topo da atmosfera, com o albedo superficial. Outro modelo também muito utilizado é o proposto por HUCOX & JACOBOWITZ (1995).

ACCIOLY, et al. (2001), estudou as mudanças no albedo do Seridó através de imagens Landsat TM e verificou que o albedo aumentou em áreas recobertas principalmente por solos brunos não-cálcicos, litólicos e em áreas onde há

predominância de afloramentos de rochas. Os solos brunos não-cálcicos e litólicos são reconhecidamente mais susceptíveis à erosão.

Segundo Robinove et al. (1981) imagens de albedo podem ser derivadas diretamente de imagens digitais do Landsat. Áreas analisadas por Robinove et al. (1981) mostraram que o aumento do albedo é primeiramente devido ao solo exposto, e diminuição no albedo é primeiramente devido ao aumento da umidade do solo e aumento na densidade da vegetação.

Estudos apresentados na Assembléia Geral da ONU (2001) relatam a utilidade no uso de dados de satélite para estimar albedo da superfície, emissividade da superfície, temperatura da superfície e parâmetros físicos relacionados. Algoritmos têm sido usados para estimar o albedo da superfície por utilização eficaz de dados de informações de satélite.

A redução da cobertura vegetal também aumenta o albedo, que pode ser definido sinteticamente como a reflectância das propriedades da superfície do solo. Sobre circunstâncias específicas, o aumento no albedo reduz a precipitação local, intensificando o processo de degradação ambiental.

Este estudo tem como objetivo principal determinar o albedo à superfície no município de Belém do São Francisco, utilizando técnicas de sensores remotos. Em seguida, procurou-se detalhar todo o procedimento utilizado para obtenção das propriedades radiativas da superfície necessárias ao cálculo do albedo, utilizando imagens de satélite. Os resultados obtidos com dados de imagens de satélite são apresentados em escala regional, o que torna a ferramenta mais aplicável ao gerenciamento e planejamento de grandes tratos de paisagens geográficas.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Belém de São Francisco tem uma área de 1.842 km² e se localiza na mesorregião do São Francisco, na microrregião em Itaparica, em Pernambuco. O clima é semi-árido quente, a temperatura média anual é de 26°C. A precipitação pluviométrica anual média é de 470 mm, e os meses mais chuvosos são fevereiro e março.

A área do município está inserida nas bacias hidrográficas dos rios Terra Nova e Pajeú, ambas integrantes da bacia do rio São Francisco. A vegetação potencial dominante é caatinga hiperxerófila.

Material utilizado

Imagem de satélite

Foi utilizada uma imagem de satélite do Mapeador Temático (Thematic Mapper, TM) do satélite Landsat 7. A imagem utilizada foi obtida junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE/São José dos Campos e cedida pela Embrapa Semi-Árido, e é composta por sete canais espectrais (Tabela 1).

A passagem do satélite Landsat 7 sobre Belém do São Francisco da qual gerou a imagem utilizada, ocorreu no dia 13 de março de 2002 (Dia Juliano, DJ =73), na órbita 216 e ponto 66.

Como é de domínio público, os radiômetros a bordo de satélites medem a radiância espectral dos alvos e a armazenam sob a forma de nível de cinza, ou intensidade do pixel, ou ainda, número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), caso do Landsat 7. Para a visualização e realização de operações matemáticas intra e inter bandas a partir da utilização de softwares específicos.

Tabela 1: Parâmetros do sensor, irradiância (E) e espalhamento

Ban da	Espalhamento + offset	Lmin	Lmax	E (watts/m ² *mm)
1	43	-6,2	191,6	1969

2	34	-6,4	196,5	1840
3	21	-5	234,4	1551
4	15	-5,1	241,1	1044
5	27	-1	31,06	225,7
7	38	-0,35	10,8	82,07

Métodos

Determinação das Propriedades Radiativas da Superfície

Calibração radiométrica nas regiões do visível e infra-vermelho próximo

Medidas remotas da radiância espectral na região do visível e infravermelho próximo estão representadas como produtos binários de imagem de satélite por medidas dos números digitais (ND), que são valores de radiância em unidades arbitrárias. A calibração radiométrica é o processo de conversão do número digital (ND) ou intensidade de cada pixel da imagem, em radiância espectral monocromática $L_{\lambda i}$, e para as bandas reflectivas do Landsat 7 – TM (canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7) foi utilizada a seguinte relação, proposto por Markham & Baker (1987) e após utilizada por Silva et al. (2005).

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

em que a e b são radiâncias espectrais mínima e máxima ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$), presentes na Tabela 1, ND é o número digital do pixel (número inteiro de 0 a 255) e i corresponde as bandas 1, 2, ..., 7, do Landsat 7 – TM.

De posse dos mapas de radiância espectral de cada banda, informações sobre co-seno do ângulo digital do Sol ($\cos Z$) e do fluxo direcional espectral no topo da atmosfera ($K_{\lambda i}$) de cada banda serão necessárias para estimar a reflectância espectral planetária (razão entre o fluxo emergente da atmosfera e o fluxo incidente no topo da atmosfera). Para obter o co-seno do ângulo zenital será necessário o conhecimento de três constantes: declinação solar, ângulo horário solar e a longitude do local.

Declinação solar

A declinação solar (δ) varia ao longo do ano, e pode ser obtida a partir de:

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left[360 \left(\frac{284 + J}{365} \right) \right] \quad (\text{o}) \quad (2a)$$

ou

$$\delta = -0,409 \sin(0,0172J + 1,39) \quad (\text{rad}) \quad (2b)$$

onde J é o dia Juliano, ou o número do dia no ano (J=1 para 1^o de janeiro).

Ângulo horário solar (h)

$$h(x) = \pi \left[\frac{t(x) - 12}{12} \right] \quad (\text{rad}) \quad (3)$$

em que $t(x)$ (décimos de horas) é o tempo da longitude local que pode ser obtido a partir do Tempo Médio de Greenwich t' é a longitude de 0 graus, segundo a correção abaixo:

$$t(x) = t' + \min / 60 + \text{long}(x) \frac{12}{\pi} \quad (\text{hora}) \quad (4)$$

onde $\text{long}(x)$ é a longitude.

Ângulo zenital do Sol (Z)

$$\cos(Z) = \sin(\delta) \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cos(\varphi) \cos(h) \quad (5)$$

em que φ é a latitude e os outros termos já foram definidos.

A combinação das equações 2 a 5 pode ser usada para determinar a hora do nascer e do pôr do Sol, o número máximo de brilho solar e o ângulo zenital máximo para uma superfície horizontal para uma determinada hora.

Distância média Terra-Sol

$$d_s = 1 + 0,0167 \sin \left[\frac{2\pi(J - 93,5)}{365} \right] \text{ (UA)} \quad (6)$$

em que d_s é a distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas (UA). O valor absoluto de 1UA é $1,496 \times 10^8$ km.

Reflectância planetária espectral

De posse dos mapas de radiância espectral de cada banda e das informações sobre co-seno do ângulo zenital do Sol ($\cos Z$) e do fluxo direcional espectral no topo da atmosfera ($K_{\lambda i}$) de cada banda, estimou-se a reflectância espectral planetária (razão entre o fluxo emergente da atmosfera e o fluxo incidente no topo da atmosfera) de cada banda, através da seguinte equação (BASTIAANSEN, 1995)

$$r_{pi} = \frac{L_{\lambda} \times \pi}{K_{\lambda} \times \cos Z \times d_r} \quad (7)$$

em que $r_{p(i)}$ é a reflectância planetária da banda i , Z é o ângulo zenital e os outros termos já foram definidos.

Albedo à superfície

É uma constante resultante da integração hemisférica da radiância espectral.

$$r_p = 0,29r_{p1} + 0,27r_{p2} + 0,233r_{p3} + 0,157r_{p4} + 0,033r_{p5} + 0,01r_{p7} \quad (8)$$

em que r_{p1} , r_{p2} , r_{p3} , r_{p4} , r_{p5} e r_{p7} são os albedos planetários das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

No SEBAL – Surface Energy Balance Algorithm for Land, o albedo da superfície r_0 ou albedo corrigido devido aos efeitos atmosféricos, foi obtido através da

expressão (BASTIAANSEN, 1995; MORSE et al., 2000; ALLEN et al., 2002), aplicável a dias de céu claro:

$$r_0 = \frac{r_p - a'}{b'} \quad (9)$$

em que a' representa o albedo da atmosfera e b' corresponde ao quadrado da transmissividade da atmosfera.

Os critérios aqui utilizados para classificação dos alvos segundo o albedo foram os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Albedo à superfície

Superfície	Albedo (%)
água	5
grama	20
floresta	10
Solo claro e seco	25
Solo escuro e úmido	15

Fonte: Lima(1996)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Fotos 1 (a, b, c e d) pertencem ao município de Belém do São Francisco, em especial da bacia do riacho Salgado. O albedo estimado utilizando imagens do satélite Landsat TM 7 foi de 0,19 ou 19%, para a área apresentada na Foto 1a, de 0,195 ou 19,5% para a área apresentada na Foto 1b, de 0,216 ou 21,6% para a área apresentada na Foto 1c e de 0,209 ou 20,9% para a área apresentada na Foto 1d . Os valores de albedo estimados foram com a imagem de satélite do período chuvoso, mês de março, enquanto que as Fotos 1 (a, b, c e d) foram tiradas no período seco outubro. Segundo Lima (1996) albedo de 20% corresponde a grama, como a imagem de satélite foi obtida no período chuvoso as condições climáticas

favoreceram o desenvolvimento do extrato herbáceo, que corresponde à vegetação rasteira. No período seco essa cobertura vegetal é reduzida, ficando o solo exposto, como pode ser visto nas Fotos 1 (a, b, c e d) e provavelmente o albedo ficará em torno de 25% que corresponde segundo Lima (1996) a solo exposto claro e seco.

As áreas que apresentaram maiores albedos são justamente aquelas que possuem menos cobertura vegetal. Ainda pode ser visto que ocorreu aumento de albedo nas áreas onde há predominância de afloramento de rocha. Nessa área a classe de solo predominante é o Bruno Não Cálcico, segundo o ZAPE, (2000), Figura 1. Esse resultado corrobora os de ACCIOLY et al., (2002) e segundo eles os solos Bruno Não Cálcicos e Litólicos são, também, reconhecidamente mais susceptíveis à erosão.



a



b



c



d

Foto 1 – Fotografias da área em estudo

Classes de Solo no Município de Belém de São Francisco

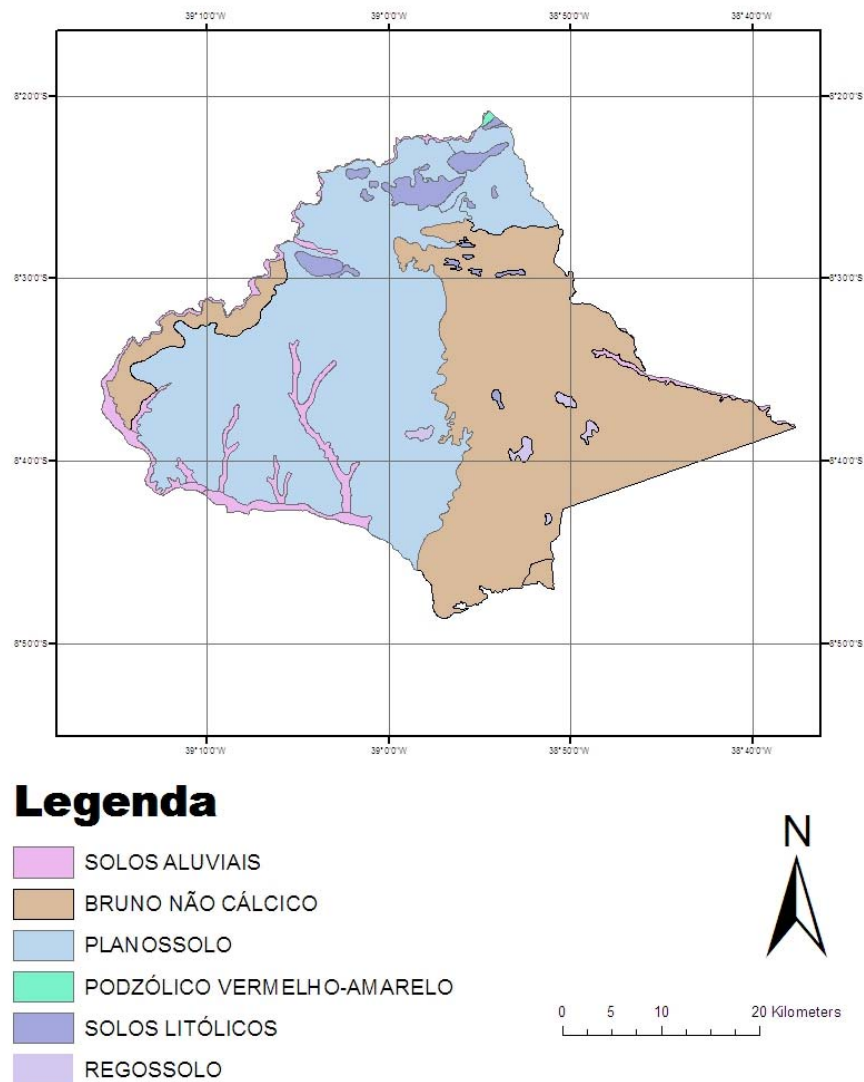


Figura 1 – Classes de solo do município de Belém do São Francisco.

Adaptado do ZAPE, 2000.

A Figura 2 apresenta o albedo da superfície no ano de 2002 em Belém do São Francisco. As áreas mais claras são representadas de albedo de menor valor e correspondem aos corpos de água. O albedo dessas áreas situa-se entre 2 e 4%. As áreas com albedo entre 15 a 21% correspondem às áreas com vegetação rasteira,

predominante na área em estudo, como visto nas Fotos 1 (a, b, c e d). As áreas com as tonalidades de cinza médio escuro, albedo entre 21 e 28%, correspondem às áreas com uso agrícola. As áreas com solo desprovido de vegetação correspondem às áreas com albedo acima de 25%. SILVA et al., (2005) obtiveram resultado semelhante, para áreas do projeto de irrigação Nilo Coelho no município de Petrolina - PE, aos apresentados nesse estudo.

Albedo à superfície em Belém do São Francisco - PE

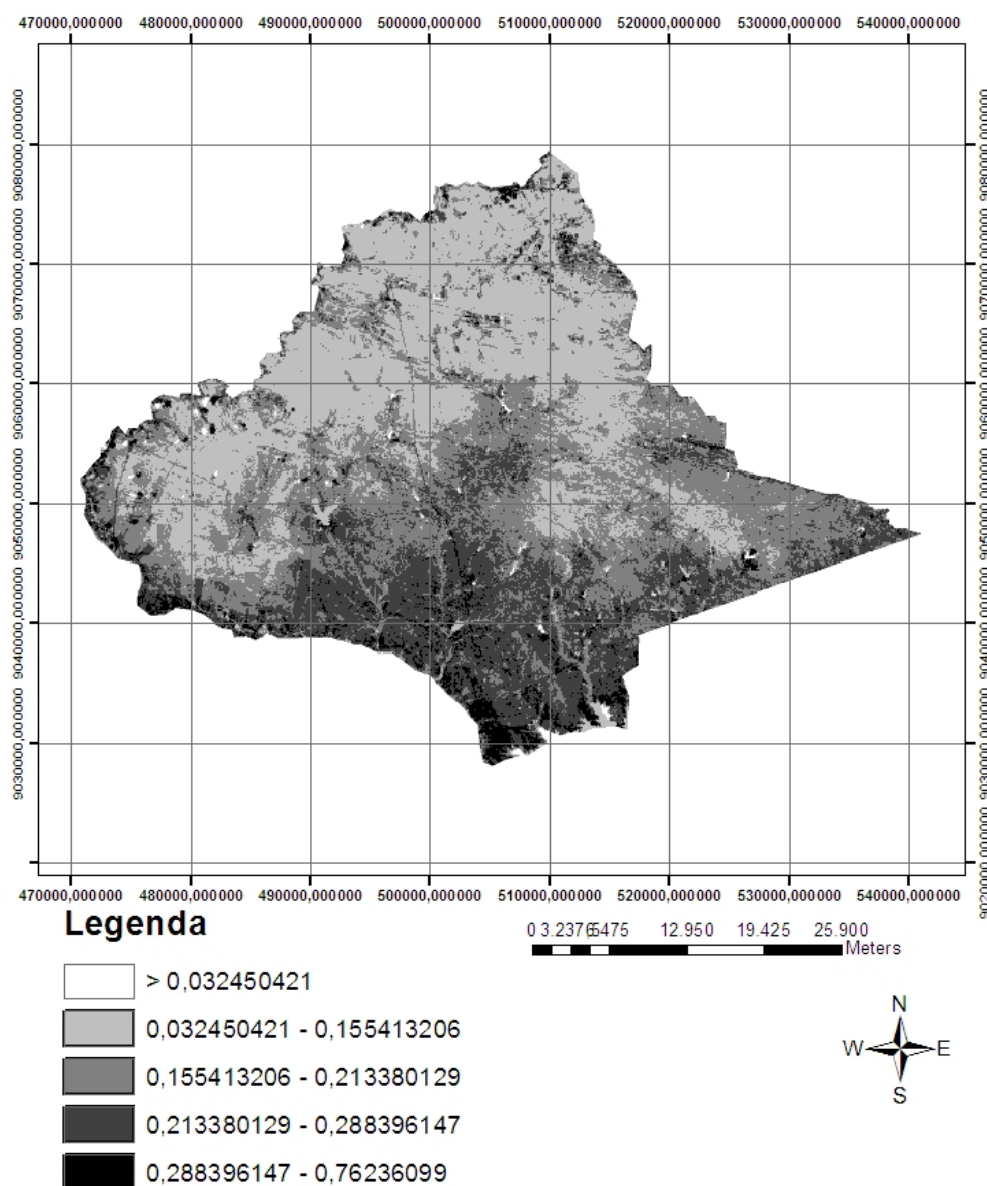


Figura 2 – Albedo da superfície do município de Belém do São Francisco para o ano de 2002.

CONCLUSÃO

Em geral, o município de Belém do São Francisco apresentou albedo em torno de 20%, ou seja, áreas com vegetação rasteira. Ainda pode-se concluir que ocorreu aumento de albedo nas áreas onde há predominância de afloramento de rocha e nessas áreas a classe de solo predominante é o Bruno Não Cálcico, segundo a ZAPE (2000). Esses solos são, também, reconhecidamente mais susceptíveis à erosão.

Sugere-se que se utilize imagem do período seco para estimativa do albedo para que se possa efetuar uma melhor diferenciação dos tipos de solos, sobretudo quanto à sua resposta erosiva sob os tipos de uso ora encontrados no município.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACCIOLY, L. O. ,OLIVEIRA, M. A., FHBB, BURGESS, M. Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM. **Anais X SBRS**, Foz do Iguaçu, 2001.
- LOPES, H. L., CANDEIAS, A. L. B., ACCIOLY, L. O. ,OLIVEIRA, TAVARES JUNIOR, J. R. Utilização dos parâmetros físicos do albedo e temperatura na identificação de áreas degradadas na Bacia do Rio Brígida- PE. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21, p. 3119-3127, INPE, abril/2005.
- ALLEN, R. G., TREZZA, R., TASUMI, M. **Surface energy balance algorithms for land**. Advance training and users manual, version 1.0, pp.98, 2002.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 273p, 1995.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 87-100, 2000.
- DUBAYAH, R. Estimating Net Solar Radiation using Landsat TM and Digital Elevation data. **Water Resources Research**, 28 (a): 2469-2484, 1992.
- BREST, C. L., and GOWARD,S.E. Deriving surface albedo measurements from narrow band satellite data. **International Journal of Remote Sensing**. 8: 351-367, 1987.

HUCEK, R & JACOBOWITZ, H. Impact of scene dependence on AVHRR albedo models. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, 12: 697-711, 1995.

LIANG, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo – I Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, 76:213-238, 2002.

MORSE, A. ALLEN, R. G. TASUMI, M. KRAMBER, W. J. TREZZA, R. & WRIGHT, J. **Application of the SEBAL Methodology for Estimating Evapotranspiration and Consumptive Use of Water Through Remote Sensing**. Final Report, 220p, 2000.

SILVA, B.B., FEITOSA, J. R. MOURA, S. B. , GALVÍNCIO, J. D. , COSTA, F. J. F. Determinação do albedo no Perímetro irrigado Senador Nilo Coelho utilizando técnicas de sensoriamento remoto e imagens Landsat 5- TM. Congresso Brasileiro de Meteorologia XII, 2002. Foz do Iguaçu, **Anais...**, Paraná.

SILVA, B. B., LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V. de. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.2, 243-252, 2005.

SILVA, B.B da.; BEZERRA, M. V. C.; BRAGA, A.C.; SILVA S. T. A. da. Obtenção do albedo de áreas irrigadas e de vegetação nativa em Petrolina e vizinhanças com imagem Landsat 7 – ETM +. **Anais III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. 6pp, Aracajú – SE, 25 a 27 de outubro de 2006.

WYDICK, J., DAVIES, P. & GRUPER, A. **Estimation of broadband planetary albedo from operational narrowband satellite measurements**. NOAA Technical Report, Nesdis 27, 32p, 1987.

ZAPE- ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO DE PERNAMBUCO, 2000.