

DETERMINAÇÃO DO ALBEDO DO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO COM TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E IMAGENS LANDSAT 5-TM

Bernardo Barbosa da Silva, João Roberto Feitosa, Magna Soelma Beserra de Moura,
Josicleda Domiciano Galvêncio e José Ferreira da Costa Filho

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Atmosféricas. Av. Aprígio Veloso, 882. Bodocongó, CEP: 58.109-970, Campina Grande, PB
bernardo@dca.ufpb.br, feitosa@dca.ufpb.br, magna@dca.ufpb.br, josicle@dca.ufpb.br, costafi@dca.ufpb.br

ABSTRACT

The Landsat Thematic Mapper images have been extensively studied for various purposes. In this paper has been presented a method for obtaining the surface albedo based on Landsat 5 TM images (channels 1, 2, 3, 4, 5, and 7), according to Bastiaanssen, (1995). One of the most important applications of those images in applied meteorology and hydrology is the determination of the evapotranspiration. Based on planetary reflectance for each Landsat 5 TM band, a linear combination of them, was obtained the uncorrected albedo. Then, using the corrected surface albedo only in two points at surface, it was possible the determination of the corrected surface albedo for every pixel of the studied area. According to the results the albedo of bare soil, a vegetated area, water, and extend vegetated area, at selected point in the images, were equal to 35%, 15%, 6% e 10% respectively. Those results are in good agreement with albedo measurements in orchards of mango and vineyard.

INTRODUÇÃO

Os produtos de sensoriamento remoto orbital vêm, ao longo dos últimos anos, constituindo-se em ferramenta poderosa nas mais variadas aplicações, particularmente naquelas relacionadas com avaliação, manejo, gerenciamento e gestão dos recursos naturais, como água, solo e vegetação (Batista et al.,1998). O sensoriamento remoto aplicado à agricultura, como não poderia ser diferente, oferece uma série de vantagens, como: a) as informações são obtidas de forma que possibilita a geração de várias séries temporais das cenas estudadas, facilitando a comparação entre as mesmas; b) oferece uma cobertura espacial muito ampla, favorecendo a análise da cena como um todo; e c) as informações obtidas podem ser espacialmente representadas, e em geral revelam aspectos importantes para o planejamento agrícola das áreas irrigadas (Bastiaanssen et al., 2000).

O saldo de radiação é o principal componente do balanço de radiação à superfície; portanto, exerce um papel fundamental nos métodos que estimam as perdas de água por superfícies vegetadas (evapotranspiração-ET), para a atmosfera. A ET é um dos mais importantes componentes do ciclo hidrológico e suas estimativas são essenciais em programação de irrigação, cálculos do balanço de água e estudos climatológicos e meteorológicos. Vários estudos já foram realizados na região do semi-árido do Nordeste brasileiro, com o objetivo de determinar o balanço de radiação usando a metodologia tradicional. Dentre esses trabalhos pode-se destacar: Leitão (1989); Silva (1994); Silva (2000) e Moura (2001). Dentro desse contexto, a variável albedo apresenta-se como um fator importante nas medições de consumo de água pela cultura. Embora alguns autores afirmem que o albedo (refletividade no domínio de 0,3 a 3,0 μ m) de ondas curtas para superfícies vegetadas não varie muito, e que muitas culturas refletem em torno de 20-30% da radiação solar incidente (Rosenberg et al.,1983), é de fundamental importância que se tenha medições e estimativas cada vez mais precisas, como as obtidas por Oliveira (1998), e Moura (2000), para as culturas de amendoim irrigado por aspersão, e goiaba irrigada no semi-árido nordestino, uma vez que o mesmo exerce um papel de destaque nas estimativas do balanço de radiação.

Não obstante sua grande importância em estudos do balanço de radiação e balanço de energia, as medições em geral têm representatividade para áreas restritas às condições em que as medições são realizadas. Quando há necessidade de medições em muitos pontos, ou com grande cobertura espacial se constata a grande utilidade das técnicas de sensoriamento remoto baseadas em imagem de satélite.

Nos últimos dez anos foram introduzidos algoritmos destinados à estimativa dos fluxos de calor sensível e latente, tendo por base imagens obtidas por satélites (Landsat 5 e NOAA, dentre outros). Em Bastiaanssen et al., (1999) e Kustas & Norman (1996) pode-se obter uma revisão expressiva do assunto.

Um dos mais destacados algoritmos para estudos dos fluxos de massa e energia (calor sensível, saldo de radiação, calor no solo e calor latente) à superfície, e que vem sendo utilizado por alguns pesquisadores (Bastiaanssen, et al., 1998 e Bastiaanssen, 2000; Granger 2000; Moran, 2000) em várias partes do mundo é o algoritmo denominado, em sua versão original, de Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Com

base no SEBAL se pode obter diferentes parâmetros biofísicos de uma região, bastando para tanto que sejam usadas imagens Landsat5 – TM, que possui resolução espacial de 30m x 30m, e algumas medições complementares em poucos pontos da área a ser estudada. Considerando-se que a sua implementação requer o conhecimento do balanço de radiação à superfície, e que este requer o conhecimento do albedo superficial de cada pixel da imagem, o presente trabalho tem por objetivo a estimativa do albedo de todo o Perímetro Nilo Coelho e adjacências, píxel a píxel, com imagens multiespectrais do Landsat 5 Thematic Mapper.

MATERIAL E MÉTODOS

Região de Estudo:

A área de estudo está localizada no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (PISNC), implantado pelo Governo brasileiro, com objetivo de impulsionar o desenvolvimento do Nordeste através da agricultura irrigada, e conseqüentemente promover o desenvolvimento sócio-econômico da região.

O referido perímetro situa-se à margem esquerda do Rio São Francisco, no Nordeste Brasileiro, estendendo-se desde a Barragem de Sobradinho, no município de Casa Nova-BA, até o município de Petrolina-PE, que detém uma área equivalente a 80% do perímetro. Para o presente estudo, selecionou-se o retângulo com as seguintes coordenadas: canto superior esquerdo (longitude 40°49'09'' Oeste e latitude 09°19'57'' Sul), canto superior direito (longitude 40°32'56'' e latitude 09°19'57''), canto inferior direito (longitude 40°32'56'' Oeste e latitude 09°31'46'' Sul) e canto inferior esquerdo (longitude 40°49'09'' Oeste e latitude 09°31'46'' Sul), que compreende parte do PISNC.

Imagem de satélite:

Foi utilizada uma imagem obtida pelo Mapeador Temático (Thematic Mapper, TM) do satélite Landsat 5. A imagem utilizada foi obtida junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/São José dos Campos, e é composta por sete canais espectrais (Tabela 1). A passagem do Landsat 5 – TM sobre a referida área ocorreu às 9h30 (tempo solar) do dia 04 de dezembro de 2000 (Dia Juliano, DJ = 338), na órbita 217 e ponto 67.

Como é de domínio público, os radiômetros a bordo de satélites medem a radiância espectral dos alvos e os armazena sob a forma de nível de cinza, ou intensidade do pixel, ou ainda, número digitais (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), caso do Landsat 5 – TM, ou de 0 a 1013 (10 bits), caso do NOAA-14 e outros da mesma série. Para a visualização e realização de operações matemáticas intra e inter bandas, faz-se necessário à utilização de softwares específicos. No presente estudo, foi utilizado o ERDAS Imagine, versão 8.3.

Tabela 1. Descrição dos canais do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, com correspondentes intervalos de comprimentos de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima - *a* e máxima - *b*) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Descrição dos Canais	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração ($\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)		$K_b (\lambda_i)$ ($\text{mW}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)
		a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-0,150	15,21	195,8
Banda 2 (verde)	0,53 – 0,61	-0,280	29,68	182,8
Banda 3 (vermelho)	0,62 – 0,69	-0,120	20,43	155,9
Banda 4 (infra-vermelho próximo)	0,78 – 0,90	-0,150	20,62	104,5
Banda 5 (infra-vermelho médio)	1,57 – 1,78	-0,037	2,720	21,9
Banda 6 (infra-vermelho termal)	10,4 – 12,5	0,1238	1,560	286
Banda 7 (infra-vermelho médio)	2,10 – 2,35	-0,015	1,440	7,5

Calibração radiométrica:

O primeiro passo para a obtenção da reflectância da superfície (r_o) é a conversão do número digital, ND, de cada pixel da imagem em radiância espectral monocromática (L_{λ_i}), processo este também conhecido como calibração radiométrica. Neste processo, utilizou-se a seguinte relação (Markham & Baker, 1987):

$$L_{\lambda,bi} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND \quad (\text{mW.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}) \quad (1)$$

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($\text{mW.cm}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$, Tabela 1), ND é a intensidade do pixel (número digital que pode assumir valor entre 0 e 255) e $i = 1, 2, \dots, 7$, corresponde às bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do Landsat 5 - TM.

Para se obter a excitância correspondente a cada uma das sete bandas do Landsat 5 - TM deve-se proceder a integração hemisférica da radiância de cada pixel e banda espectral. Para tanto, assume-se que cada pixel da imagem correspondente a cada banda espectral é constituída de superfície Lambertiana, o que significa afirmar que a radiância correspondente à energia refletida por ele, o pixel, é isotrópica. Essa integração é obtida segundo a operação: $E_{\lambda,i} = \pi(\text{sr}).L_{\lambda,i}$, onde o resultado pode ser apresentado em $\text{mW.m}^{-2}.\mu\text{m}^{-1}$.

Reflectância planetária:

A etapa seguinte ao cálculo da excitância espectral de cada pixel e canal, é o da determinação da reflectância espectral de cada banda, ao nível do sensor do satélite. Para tanto, faz-se necessário determinar a energia solar correspondente à cada banda espectral, que estaria alcançando uma superfície horizontal no topo da atmosfera. Conhecendo-se a irradiância espectral no topo da atmosfera, K_{bi} , (Tabela 1) para cada banda, efetiva-se o cálculo da reflectância planetária espectral, segundo a seguinte equação:

$$r_p(\lambda_i) = \frac{L_{\lambda_i} \times \pi}{K_b \times \cos Z} \quad (2)$$

onde $r_p(\lambda_i)$ é a reflectância planetário da cada banda i , Z é o ângulo zenital e outros termos já foram definidos. Uma vez conhecidas as refletâncias das seis bandas espectrais do Landsat 5 - TM (1, 2, 3, 4, 5, e 7), pode-se utilizar de procedimento proposto por Bastiaanssen (1995), para determinar o albedo superficial não corrigido, ou, simplesmente, albedo planetário, válido para dias de céu claro, segundo a seguinte equação:

$$r_p = \sum_{i=1}^n c(b)_i \times r_p(b)_i \quad (3)$$

em que n é número total de bandas espectrais i , $c(b)_i$ é um coeficiente para cada banda e $r_p(b)_i$ é o albedo planetário de cada banda i .

Através do procedimento acima relatado, obtém-se um mapa com os valores de reflectância planetária, possibilitando, com isto, obter o albedo da superfície. Para isso, é necessário conhecer a interferência atmosférica, que em geral é baseada nas condições de temperatura do ar, umidade e velocidade do vento em diferentes perfis da atmosfera, obtidos através de radiossondagens. No entanto, esses dados em geral não são conhecidos quando por ocasião da passagem do satélite sobre a área estudada; assim, seguindo-se procedimentos estabelecidos por Bastiaanssen et al.(2000), pode-se obter o albedo superficial corrigido, r_o , a partir do seu valor não-corrigido, r_p , utilizando-se da seguinte expressão:

$$r_o = \frac{r_p - a}{b} \quad (4)$$

A obtenção dos coeficientes a e b , se dar a partir do conhecimento do albedo superficial corrigido de dois pixels da cena estudada, e dos seus correspondes valores não-corrigidos (albedo planetário). Neste sentido, utilizou-se um pixel sobre o Lago de Sobradinho, cujo valor do r_o foi igual a 0,06 e outro de um cultivo em área conhecida, cujo valor foi 0,17.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em dados de dois pontos da área estudada, pode-se obter os valores dos coeficientes da equação 4, que resultaram em $a = 0,034$ e $b = 0,74$. Com base nos mesmos e nos valores do r_o , que resultaram numa carta de albedo planetário, foi estabelecida a carta de albedo superficial corrigido. A Figura 1 representa a composição das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do mapeador temático do satélite Landsat 5, através da qual se calculou os albedos instantâneos das diferentes superfícies através do algoritmo SEBAL. Uma visão geral da imagem do perímetro

irrigado “ Senador Nilo Coelho” , pode ser visto na Figura 1, onde observa-se diferentes tonalidades de cinza, para os diversos tipos de superfícies imageadas pelo sensor.

Nota-se claramente na imagem, a geometria e a densidade de áreas com cultivo irrigado, especialmente na parte superior da imagem, a qual corresponde área próximo a cidade de Petrolina-Pe. Outro ponto que merece destaque na imagem, são as áreas adjacentes ao rio São Francisco, as quais apresentam um elevado índice de degradação ambiental, caracterizadas pela tonalidade de cinza muito claro. Observa-se na parte inferior da imagem, áreas com tonalidade de cinza claro, que correspondem a uma extensa região com vegetação rala(caatinga), em processo de avançado antropismo. Tudo isso, tem levado possivelmente, a um processo de degradação da região, com reflexos no assoreamento de alguns trechos do rio São Francisco.

Tomou-se para efeito de observação os alvos P1, P2, P3 e P4, que representam: solo exposto, campo cultivado (uva), água do Rio São Francisco (próximo à barragem de Sobradinho) e uma extensa área cultivada. Os valores encontrados para o albedo dos alvos considerados foram de 35% , 15% , 6% e 10%, respectivamente.

O primeiro valor mencionado anteriormente está em primeira análise dentro da faixa esperada, visto que áreas com solo desnudo apresentam maior refletividade do que solos com vegetação, em razão da pouca umidade que esses solos retêm, bem como, do tipo de solo, que em geral no PISNC são solos com textura arenosa com alta capacidade de infiltração de água e baixa capacidade de retenção de água (Quaguilia et al., 1989). Já para o ponto P2, que representa na imagem uma área irrigada com fruteiras, o valor do albedo (15%) está de acordo com valores encontrados nos estudos que envolvem medidas do albedo em campos cultivados com fruteiras (Teixeira, 2000) e Ávila Neto (2000). No entanto, o ponto P4 que também representa uma área irrigada, apresentou um albedo de 10%, valor este menor do que o esperado para este tipo de alvo, possivelmente, devido ao manejo e/ou preparo do solo para o plantio na área, haja vista que trata -se de uma área com agricultura extensiva; portanto, muito suscetível às práticas de manejo do solo. Trabalhos desenvolvidos recentemente com outros cultivos, utilizando o sistema de aquisição de dados de superfície na região de Petrolina-PE, apresentaram valores médios de albedo da mesma ordem de magnitude aos observados nesta pesquisa (Moura, 2001).

Embora a água de lagos e rios apresentem uma refletância diferenciada para cada banda, a resposta espectral obtida com a composição das 6 (seis) bandas do Landsat 5 - TM , cujo valor de 6% para o albedo da água do lago de Sobradinho (P3), está em perfeita conformidade com valores de albedo normalmente encontrados nas análises de comportamento espectral desse tipo de alvo. Bastiaanssen, et al.,(1998) e Bastiaanssen, (2000), trabalhando com imagens do mesmo satélite na Bacia de Gediz-Turquia, encontrou valores de albedo da água semelhantes aos encontrados neste trabalho.

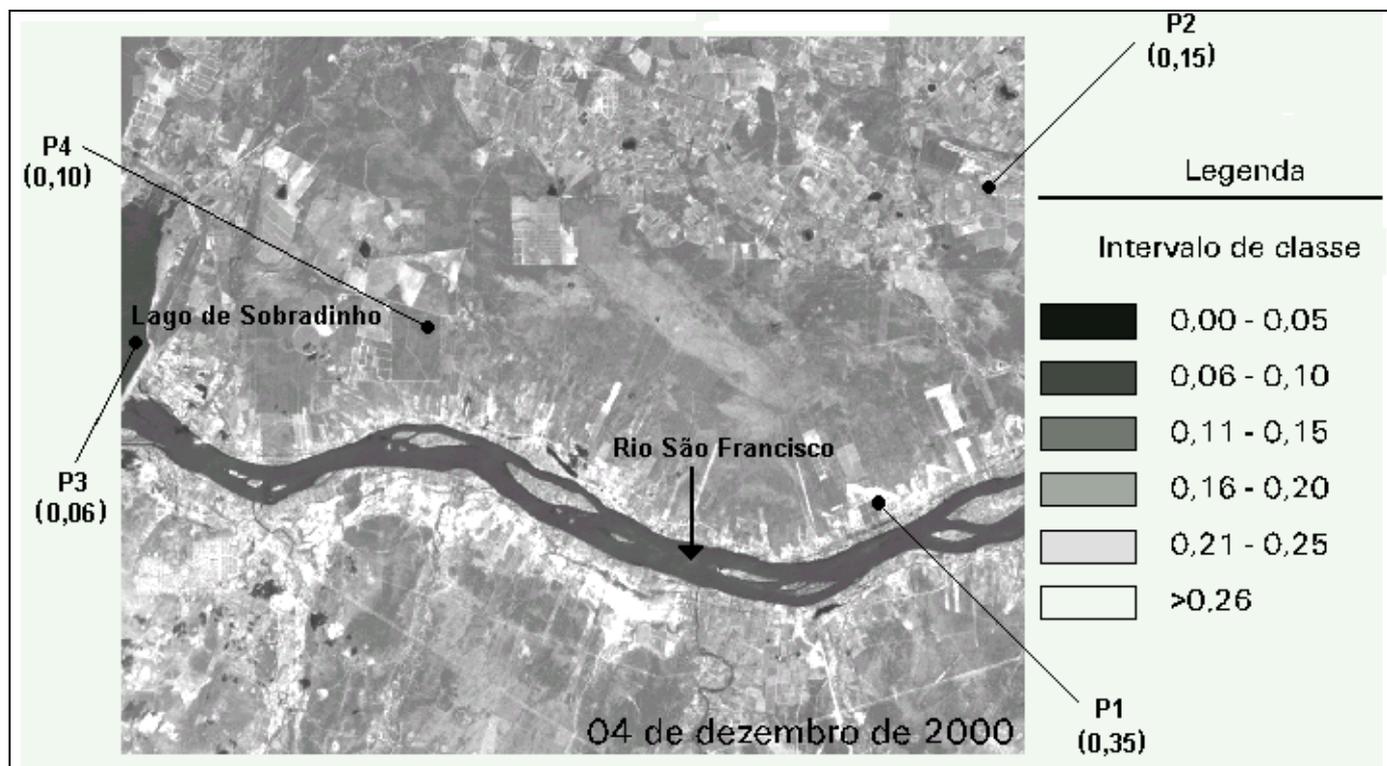


Figura 1. Albedo instantâneo da superfície obtido através da integração das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do Mapeador Temático do Landsat-5

CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que os valores do albedo superficial corrigido aos efeitos atmosféricos e estimado através da análise multiespectral de imagens do Landsat 5 - TM, correspondentes aos alvos estudados, são semelhantes aos valores do albedo calculados com dados de superfície. Embora os valores do albedo para os alvos estudados estejam de acordo com dados de outras pesquisas, a sua determinação depende da obtenção de valores de superfície em pontos georreferenciados e identificação possível na imagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA NETTO, J.; AZEVEDO, T. V.; SILVA, B. B.; *et al.* Exigências hídricas da videira na região do submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1559-1566, 2000.
- BATISTA, G. T.; ALMEIDA, S.E. Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. IX simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto. Santos-SP, setembro. 1998. **Anais**. São José dos Campos, INPE, (CD-ROM).
- BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain**. Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands, 273p., 1995.
- BASTIAANSEN, 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.
- BASTIAANSEN, 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, 1998.
- GRANGER, R.J. Satellite-derived estimates of evapotranspiration in the Gediz basin. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 70-76, 2000.
- KUSTAS, W.P. & NORMAN, J.M. Use of remote sensing for evapotranspiration monitoring over land surfaces. IAHS, **Hydrology Science Journal**, 41(4): 495-516, 1996.
- LEITÃO, M. M.V.B. R. **Balço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada**. DCA/CCT/UFPB, Campina-Grande, 110p. 1989. (Dissertação de Mestrado)
- MARKHAM, B. L. & BARKER, J. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances, Int. **Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.
- MORAN, M.S., 1994. Irrigation in Arizona using satellites and airplanes, **Irrigation Science** 15: 34-44.
- MOURA, M. S. B. **Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2001. 124p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, G. M. **Advecção sobre um cultivo de amendoim irrigado**. DCA/CCT/UFPB, Campina -Grande-PB, 111P. 1998. (Dissertação de Mestrado)
- ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S.B. **Microclimate: The biological environment**. 2nd Edition, Lincoln - Nebraska: John Wiley & Sons, 1983, 495p.
- SILVA, B.B.da. **Estresse hídrico em algodoeiro herbáceo irrigado evidenciado pela termometria infravermelha**. DCA/CCT/UFPB, Campina-Grande-PB, 139P. 1994 (Tese de Doutorado).
- SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2000. 129p. (Tese de Doutorado).
- TEIXEIRA, A. H. C. Balço de energia na cultura da bananeira no primeiro ciclo de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XI, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000, CD-ROM.
- QUAQUILIA, A.M.L; BASTOS, E.A; MORENO, J.S.; **Projeto de irrigação vale do Massangano** (Senador Nilo Coelho). Brasília, 1989. 154p. (relatório de avaliação).

