

ISSN 0104-1347

Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM

Albedo of irrigated areas based on LANDSAT 5-Tm images

Bernardo Barbosa da Silva¹, Gláucia Miranda Lopes¹, Pedro Vieira de Azevedo¹

Resumo: A presente pesquisa teve por objetivo a determinação do albedo da superfície envolvendo áreas irrigadas do Projeto Nilo Coelho, parte do reservatório de Sobradinho, áreas de vegetação nativa e parte da área urbana dos municípios de Petrolina, PE e Juazeiro, BA, com técnicas de sensoriamento remoto. Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5 – Thematic Mapper, obtidas em 04 de dezembro de 2000 e 04 de outubro de 2001. A determinação do albedo da superfície foi feita segundo procedimentos do algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), que se baseia na radiação dos canais reflectivos (1, 2, 3, 4, 5 e 7) do Landsat 5-TM. Constatou-se não haver diferenças consideráveis no albedo para os anos estudados, quando se considerou a imagem como um todo. No entanto, algumas áreas ocupadas com cultivos irrigados apresentaram diferenças marcantes de um ano para o outro, resultantes de práticas agrícolas correntes. Os padrões apresentados pelos pomares de diferentes frutíferas estão em concordância com outros estudos conduzidos na área.

Palavras-chave: Sebal, radiação espectral, Mapeador temático

Abstract: The main objective of this study was the determination of the surface albedo involving irrigated areas of the Nilo Coelho Project, part of the Sobradinho Lake, areas of native vegetation and parts of the urban area of Petrolina, PE and Juazeiro, BA cities, with remote sensing techniques. Two images of the Landsat 5 – Thematic Mapper satellite, obtained in December 04, 2000 and October 04, 2001, were used. The determination of the surface albedo was done according to procedures of the algorithm SEBAL (Surface Energy Balances Algorithm for Land), which is based on the radiance of Landsat 5-TM channels (1, 2, 3, 4, 5 and 7). It was not verified great differences between albedo for the studied years. But in some irrigated areas great differences were observed, as a result of the agricultural practices. The patterns presented by the orchards of different fruit plants are in agreement with other studies led in the studied area.

Key words: *Sebal, spectral radiance, thematic mapper*

Introdução

Nos últimos anos o sensoriamento remoto tem assumido grande importância no monitoramento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, oferecendo grande suporte às previsões de tempo e melhor entendimento das mudanças climáticas e de preservação ambiental. Como consequência, tem-

se tornado uma ferramenta poderosa para a obtenção de informações necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, como água, solo e vegetação (BATISTA & ALMEIDA, 1998). O sensoriamento remoto aplicado à agricultura oferece diversas vantagens, pois possibilita a geração de séries temporais das cenas estudadas, possui cobertura espacial muito ampla

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Ciências Atmosféricas
Av. Aprígio Veloso, 822. Bodocongó. 58.109-080, Campina Grande, PB
E.mail: bernardo@dca.ufcg.edu.br, pviera@ufcg.edu.br

e as informações obtidas podem ser especializadas e, em geral, revelam aspectos importantes para o planejamento agrícola das áreas irrigadas (BASTIAASSEN, 2000).

O saldo de radiação exerce um papel fundamental nos processos de troca de calor e massa na baixa troposfera, uma vez que se constitui no principal responsável pelo aquecimento do solo, do ar e, principalmente, pela evapotranspiração da vegetação nativa e das culturas. Para a determinação do saldo de radiação, especialmente em escala regional, faz-se necessário o conhecimento do albedo, também muito importante em estudos de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e meio ambiente em geral.

Existem vários algoritmos destinados ao cálculo do albedo superficial, a partir de medições realizadas nas bandas espectrais dos canais 1 e 2 do AVHRR-NOAA. Um dos mais conhecidos foi proposto por WYDICK et al. (1987), o qual relaciona as refletâncias espectrais do AVHRR, medidas no topo da atmosfera, com o albedo superficial. Um outro modelo muito utilizado é o proposto por HUCEK & JACOBOWITZ (1995). Recentemente LIANG (2002) obteve, para vários sistemas (AVHRR, MODIS, ETM+ e outros), equações de transformação da refletância de diferentes bandas espectrais em albedo superficial. Todas as parametrizações apresentadas aplicam-se às refletâncias espectrais à superfície, quando feitas as devidas correções atmosféricas. SONG & GAO (1999) também propuseram um método de conversão das refletâncias espectrais do AVHRR em albedo superficial, com resultados muito consistentes. Esse modelo baseou-se em medições do albedo da superfície, e refletâncias espectrais medidas no topo da atmosfera, corrigidas com o modelo de transferência radiativa LOWTRAN – 7. Para o Landsat 5 – TM e Landsat 7 – ETM+ , utilizados intensivamente na Bacia do Bear River, nos Estados Unidos (ALLEN et al., 2002; MORSE et al., 2000) e em diferentes áreas irrigadas do globo (BASTIAANSEN, 2000) a obtenção do albedo é baseada na combinação linear da refletância das bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7, e em correções atmosféricas simples e que têm produzido resultados muito consistentes, dispensando a utilização de códigos de transferência radiativa de maior complexidade,

sendo esta, portanto, uma das vantagens do uso do SEBAL.

Esta pesquisa objetivou a determinação do albedo da superfície, em áreas irrigadas e de vegetação nativa dos Estados de Pernambuco e Bahia, contemplando o lago de Sobradinho, áreas do Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho e outras áreas dos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA, com base em imagens do Mapeador Temático do Landsat 5 e alguns dados complementares de superfície.

Material e Métodos

Foram utilizadas duas imagens do Mapeador Temático do satélite Landsat 5 (LANDSAT 5 – TM), compostas de sete bandas espectrais e adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A passagem do Landsat 5 – TM sobre a área estudada (áreas irrigadas do Projeto Nilo Coelho, parte do de Sobradinho, áreas de vegetação nativa e parte da área urbana dos municípios de Petrolina-PE e Juazeiro-BA) ocorreu às 9h30min (tempo solar) nos dias 04 de dezembro de 2000 (Dia Juliano = 338) e 04 de outubro de 2001 (Dia Juliano = 277), na órbita 217 e ponto 67. Para visualização e realização de operações matemáticas intra e inter bandas, recortes, classificação, realce e outras tarefas, fez-se necessário à utilização de um software apropriado, no caso o ERDAS Imagine 8.5. Segundo a classificação climática de Koeppen, a região estudada apresenta clima do tipo BSW_h, semi-árido (REDDY & AMORIM, 1983). A estação chuvosa compreende os meses de dezembro a abril, com precipitação média anual de 530mm, irregularmente distribuídos. A temperatura do ar situa-se, aproximadamente, entre 19 e 34°C, com média anual de 26,5°C. A evaporação do tanque Classe A ultrapassa os 3000mm/ano, resultante de uma grande oferta de radiação solar e umidade relativa reduzida.

Calibração radiométrica é o processo de conversão do *número digital* (ND) ou *intensidade* de cada pixel da imagem, em *radiância espectral monocromática* L_{λ_i} e para as bandas reflectivas do Landsat 5 – TM (canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7) foi utilizada a seguinte relação, proposta por MARKHAM & BAKER (1987):

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

em que a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$), presentes na Tabela 1, ND é o número digital do pixel (número inteiro de 0 a 255) e i corresponde às bandas 1, 2, ..., 7, do Landsat 5 - TM.

De posse dos mapas de radiância espectral de cada banda, informações sobre o 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 refletância 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):

$$r_{pi} = \frac{L_{\lambda,i} \times \pi}{K_{\lambda,i} \times \cos Z \times d_r} \quad (2)$$

em que r_{pi} é refletância planetária da banda i , $K_{\lambda,i}$ é o fluxo direcional solar espectral no topo da atmosfera (Tabela 1), Z é o ângulo zenital do Sol (obtido diretamente no cabeçalho das imagens adquiridas para o estudo, quais sejam: para o dia 04 de dezembro de 2000, $Z = 31,28^\circ$ e para o dia 04 de outubro de 2001, $Z = 30,03^\circ$), d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra - Sol em unidades astronômicas (ALLEN et al., 2002) e $\pi(sr)$ é uma constante, resultante da integração hemisférica da radiância espectral.

$$r_p = 0,293r_{p1} + 0,274r_{p2} + 0,233r_{p3} + 0,157r_{p4} + 0,033r_{p5} + 0,011r_{p7} \quad (3)$$

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:

$$r_0 = \frac{r_p - a'}{b'} \quad (4)$$

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

A transmissividade atmosférica (τ_{sw}) foi obtida segundo expressão simplificada proposta por ALLEN et al. (2002) em função da altitude de cada pixel. Para simplificar a sua aplicação, escolheu-se a altitude de Petrolina (376 m), para fins de cálculo de τ_{sw} , e admitiu-se que na área estudada a mesma era constante, conforme tem sido adotado em outros estudos (BASTIAANSEN, 1995; MORSE et al., 2000; ALLEN et al., 2002, SILVA et al., 2002). Para o albedo da atmosfera escolheu-se o valor 0,03, por ser esse um valor comumente utilizado em outras

Tabela 1. Descrição dos canais do Landsat 5 - TM, intervalos espectrais, coeficientes de calibração e fluxo direcional espectral ($K_{\lambda,i}$), correspondentes, segundo MARKHAM & BAKER (1987)

Descrição dos Canais	Comprimento de onda (μm)	Coeficientes de calibração ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)		$K_{\lambda,i}$ $W m^{-2} \mu m^{-1}$
		a	b	
1 (azul)	0,45 - 0,52	-1,500	152,100	1957
2 (verde)	0,53 - 0,61	-2,800	296,800	1829
3 (vermelho)	0,62 - 0,69	-1,200	204,300	1557
4 (infra-vermelho próximo)	0,78 - 0,90	-1,500	206,200	1047
5 (infra-vermelho médio)	1,57 - 1,78	-0,370	27,190	219,3
6 (infra-vermelho termal)	10,4 - 12,5	1,238	15,600	-
7 (infra-vermelho médio)	2,10 - 2,35	-0,150	14,380	74,52

pesquisas, e que é adotado como um valor médio (MORSE et al., 2000; ALLEN et al., 2002, SILVA et al., 2002).

Resultados e Discussão

Na Figura 1 estão representadas as áreas estudadas, em composição colorida RGB das bandas 3, 4 e 5 do Landsat 5 - TM. Num panorama geral, observam-se diferentes tonalidades e cores, para os diversos tipos de alvos imageados pelo TM. As áreas com vegetação de maior porte e sob prática de irrigação, em geral apresentam cor avermelhada. As águas do lago de Sobradinho e do leito do rio São Francisco, por sua vez, apresentam cor azul escuro. As áreas com maior exposição de solo podem ser identificadas em tom azul claro, passando a branco. Essas áreas estão localizadas nas margens do rio São Francisco, e até mesmo em áreas agrícolas preparadas para instalação de algum parreiral ou outro pomar. Pode-se, também, visualizar as áreas de vegetação nativa, que se apresentam na imagem com tonalidade esverdeada e que são facilmente diferenciadas das áreas irrigadas. Tomaram-se, para fins de uma avaliação mais detalhada do albedo, quatro alvos distintos, delimitados por quadrados amarelos na Figura 1: área com vegetação irrigada (Frutíferas), área do lago de Sobradinho (Lago), área de vegetação nativa (Caatinga) e área envolvendo pivôs central (Pivô). Destacam-se, ainda, as cidades de Petrolina – PE e Juazeiro –BA, no lado direito da Figura 1.

Analisando-se a Figura 2, representando o albedo da superfície dos anos de 2000 (Figura 2.a) e 2001 (Figura 2.b), percebe-se que, em geral, as tonalidades de cinza de ambos os anos são muito semelhantes, significando que de modo geral não houve uma diferenciação perceptível no albedo entre os anos estudados. As áreas mais escuras são resultantes de albedo de menor valor e correspondem a reservatórios de água: lago de Sobradinho e alguns açudes que estão destacados com circunferências. O albedo dessas áreas situa-se entre 9 e 12%. As áreas irrigadas com fruteiras (manga, banana, goiaba, uva etc.) são de formato mais regular, em geral retangular, e apresentam tonalidade intermediária à dos reservatórios (baixo albedo) e áreas com solo desprovido de vegetação (alto albedo), que resultam em albedo da ordem de 30 a 45%. Um exemplo de área com frutíferas está destacado no centro da imagem por um grande retângulo. Em tais áreas o albedo varia de 15 a 25%. Ao norte desse retângulo há um grande número de parcelas irrigadas ocupadas com frutíferas. A noroeste e a sudeste desse retângulo, destacam-se áreas com vegetação nativa, sendo que na primeira delas o albedo (e a tonalidade observada) se confunde com o de áreas irrigadas com frutíferas com grande densidade de plantio, ou seja, com albedo variando de 15 a 23%. Na segunda área mencionada o albedo é maior e a mesma representa melhor a Caatinga que predomina em grandes extensões do semi-árido nordestino e seu albedo situa-se entre 20 e 30%. Os valores máximo e mínimo de albedo da Figura 2 são da ordem de 50%



Figura 1 - Composição das bandas 2, 3 e 4 do Mapeador Temático do satélite Landsat 5 e uma visão geral da área de estudo.

e 7%, respectivamente. Os maiores valores observados em áreas com solo mais descoberto, estão dentro da faixa esperada. Esses valores corroboram com resultados de OKE (1987), que encontrou para o deserto albedo que chega a 40%. Para as regiões que nas imagens correspondem a áreas irrigadas, os valores de albedo encontrados foram em torno de 17% e 16%. Em cinturão (dunas de areia) da costa oeste do Srilanka, CHANDRAPALA & WIMALASURIYA (2003) obtiveram albedo de 34 a 36%, em grandes extensões de dunas de areia, com grande estabilidade no período de julho de 1999 a julho de 2000. Aqueles autores constataram que o albedo do mar, nas proximidades da área continental estudada, foi de 5%, menor que os encontrados nesta pesquisa no lago de Sobradinho, entre 11 e 12%.

Na Figura 2 (*c* e *d*) estão representados os histogramas de frequência do albedo de todos os pixels da área estudada, nos anos de 2000 e 2001. Conforme se observa, há duas modas em cada ano, com diferentes valores. A menor delas, melhor definida no ano de 2000, refere-se ao albedo dos pixels correspondentes ao lago de Sobradinho e pequenos açudes interiores à área estudada. A média, a mediana e o valor mínimo do albedo da cena de 2000 foram respectivamente iguais a 20,5%, 19,9% e 6,8%, enquanto que em 2001 essas estatísticas foram iguais a 21,0%, 20,1% e 7,4%, ou seja, não houve uma diferença apreciável do albedo entre os anos estudados. No entanto, há diferenças consideráveis entre o albedo de algumas áreas, como fica evidenciado na Figura 3, nas áreas A, B, C, D e E, das cartas de albedo dos anos de 2000 e 2001. Na área A o albedo de 2000 (tom mais claro evidenciando maior albedo que as áreas mais escuras) foi virtualmente superior ao de 2001. Esse mesmo padrão foi verificado nas áreas C e D, sendo verificado o oposto nas áreas B e E. Em todas essas áreas demarcadas pratica-se a agricultura irrigada, a exemplo de grandes áreas da cena estudada. Em estudos realizados em áreas irrigadas no Arizona (USA), KUSTAS et al. (1990), usando técnicas de sensoriamento remoto, obtiveram albedo de 21%, 23% e 22%, em áreas com trigo, alfafa e algodão, respectivamente. Em outro estudo, DUBAYAH (1992) obteve mapas de albedo em Manhattan, Kansas, USA, quando avaliava efeitos da topografia no saldo de radiação solar, utilizando algoritmo de

transferência radiativa para efetuar a correção atmosférica das medições do Landsat 5 - TM. Nesse trabalho, avaliou-se, também, a interferência da declividade do terreno sobre o albedo e, como conseqüência, do saldo de radiação de onda curta, concluindo que grande parte da variabilidade do saldo de radiação solar decorre da topografia e não da variabilidade do albedo, que apresentou pequena variabilidade em grande parte da área estudada. Já BOEGH et al. (2002) obtiveram o albedo de uma área com vegetação densa igual a 18% e índice de área foliar (IAF) da ordem de 4,0 próximo a Viborg, Dinamarca, baseado apenas nas refletâncias das bandas 2 e 4 (infravermelho próximo) do Landsat 5 - TM, e método proposto por BREST & GOWARD (1987).

Já na área de solo descoberto esses mesmos autores encontraram valor de albedo igual a 35%, valores esses próximos aos encontrados nesta pesquisa para esse tipo de alvo. LEITÃO (1989), analisando um campo de soja irrigada, encontrou valores de albedo iguais a 10% no mês de outubro e de 18% na mesma cultura para o mês de dezembro, às 10 horas da manhã. Esses valores estão de acordo com os encontrados nesta pesquisa, para alvos que se caracterizam como vegetação irrigada.

IZIOMONS & MAYER (2002), avaliando o comportamento do albedo em áreas de pastagens no sudoeste da Alemanha, entre 1991 e 1996, constataram acentuada variabilidade no período estudado, com valores situados entre 22,2% a 36%. Foram considerados três tipos de áreas: solos, montanhas intermediárias e montanhas mais elevadas, com albedos médios correspondentes a 22,2%, 25,8% e 36,0%, respectivamente. No lago de Sobradinho os menores valores do albedo situaram-se entre 7 e 9%. Esses valores aproximam-se daqueles encontrados por BASTIAANSSEN et al. (1998) e BASTIAANSSEN (2000) para imagens do mesmo satélite na Bacia de Gediz – Turquia, também próximos aos dados de OKE (1987), que encontrou albedo da água entre 3% e 10%.

As quatro áreas demarcadas na Figura 1 resultaram, cada uma, em 51 x 51 pixels, ou seja, totalizaram 2601 pixels. Foram extraídas as médias de cada uma das 51 colunas de cada área e ano selecionados e o resultado dessas médias está

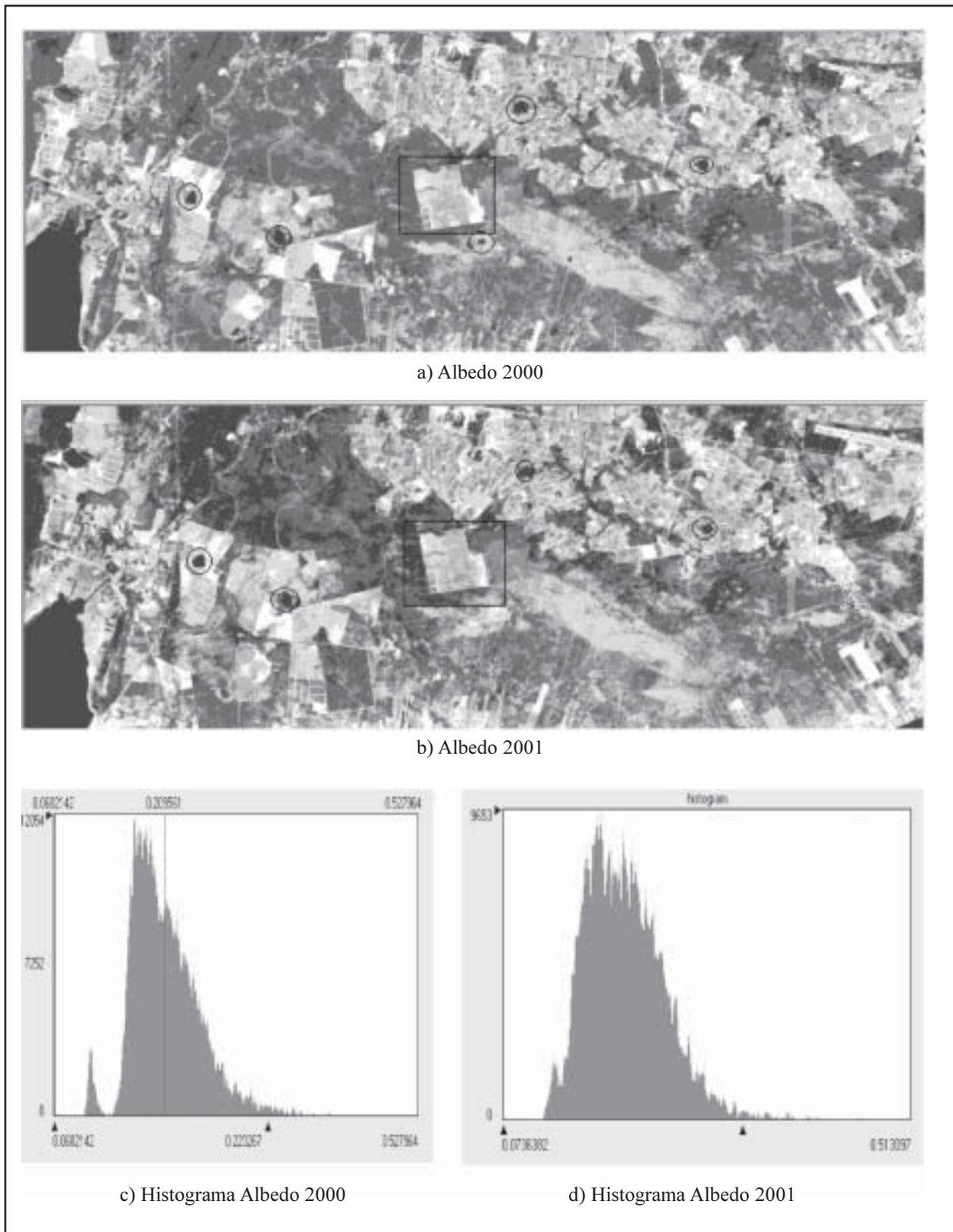


Figura 2 – Albedo das áreas estudadas e histogramas de frequência correspondentes.

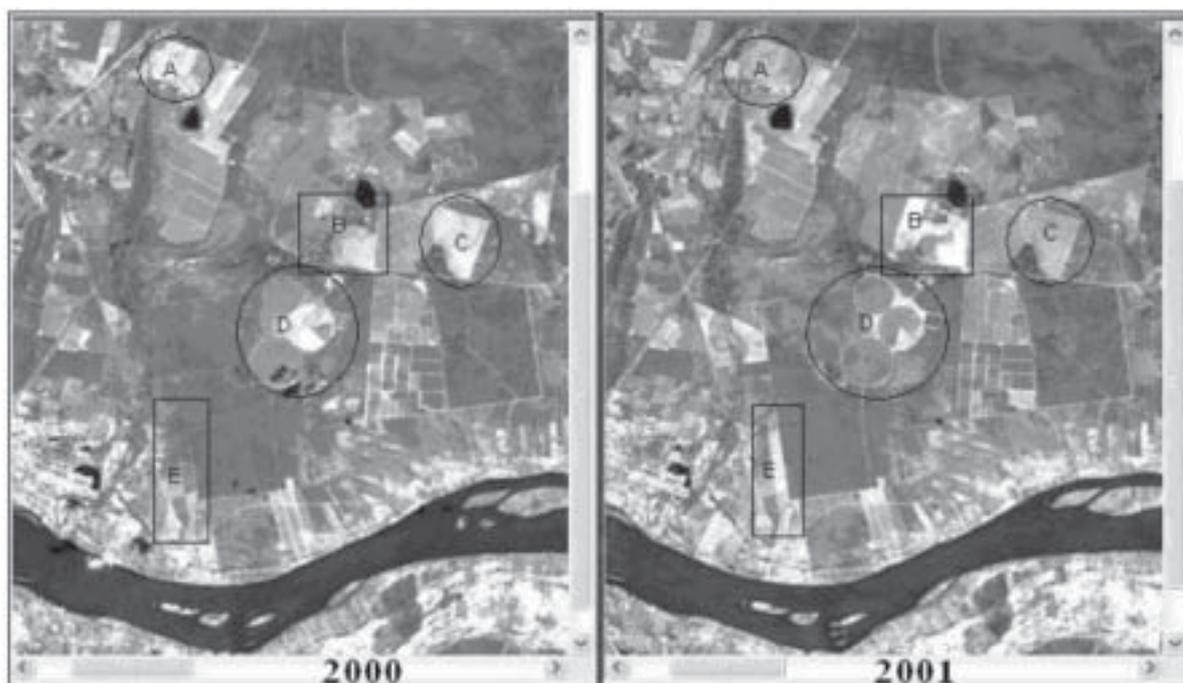


Figura 3 – Albedo da superfície de áreas selecionadas para os anos de 2000 e 2001.

representado nas Figuras 4 e 5. Observa-se que o albedo da Caatinga (Figura 4) em 2001 foi superior ao de 2000, sugerindo uma associação com a sazonalidade do regime pluviométrico das áreas estudadas. Essa característica é corroborada com os histogramas correspondentes, representados nessa mesma Figura. Fica claro que em 2001 há uma maior dispersão dos valores, embora as médias sejam muito próximas (23,7 % em 2000 e 23,8 % em 2001).

Na área com frutíferas há uma alternância entre as curvas correspondentes de cada ano, o que resultou em médias de 22,5% (2000) e 22,1% (2001), conforme histograma da Figura 4. Esses histogramas indicam haver uma maior variabilidade no albedo de 2000, em comparação ao de 2001. MOURA (2001), trabalhando em pomar de goiabeira, na mesma região, observou valores médios de albedo em torno de 24% às 9h30min, valores próximos aos obtidos nesta pesquisa. Também OKE (1987) obteve albedo em pomares que variaram de 15% a 20%.

Para o pivô central (Pivô) observa-se na Figura 5 que em 2000 o albedo foi maior que em 2001, quando se encontrava quase que totalmente ocupado

por cultura irrigada. Os histogramas correspondentes indicam maior dispersão em 2000, com médias de 26,5% em 2000 e 23,8% em 2001. Verifica-se ainda que o albedo do lago é muito regular (Figura 5) e que os histogramas são muito semelhantes, resultando em médias de 11,4% e 12,9%, para 2000 e 2001, respectivamente. Essas diferenças podem estar relacionadas a alterações na turbidez da água ou imprecisão associada à correção atmosférica intrínseca do Sebal.

Conclusões

Diante dos resultados obtidos destacam-se as seguintes conclusões: a) o albedo correspondente aos pomares de frutíferas irrigadas situou-se entre 17 e 20 % e corrobora com outros estudos conduzidos nas áreas estudadas; b) houve pequena diferença entre o albedo de um ano e outro, quando considerado a cena como um todo; no entanto, em algumas áreas irrigadas constatou-se diferença marcante entre os anos de 2000 e 2001, decorrentes do manejo agrícola de tais áreas; c) a vegetação nativa e reservatórios de água apresentaram albedo com menor variação temporal.

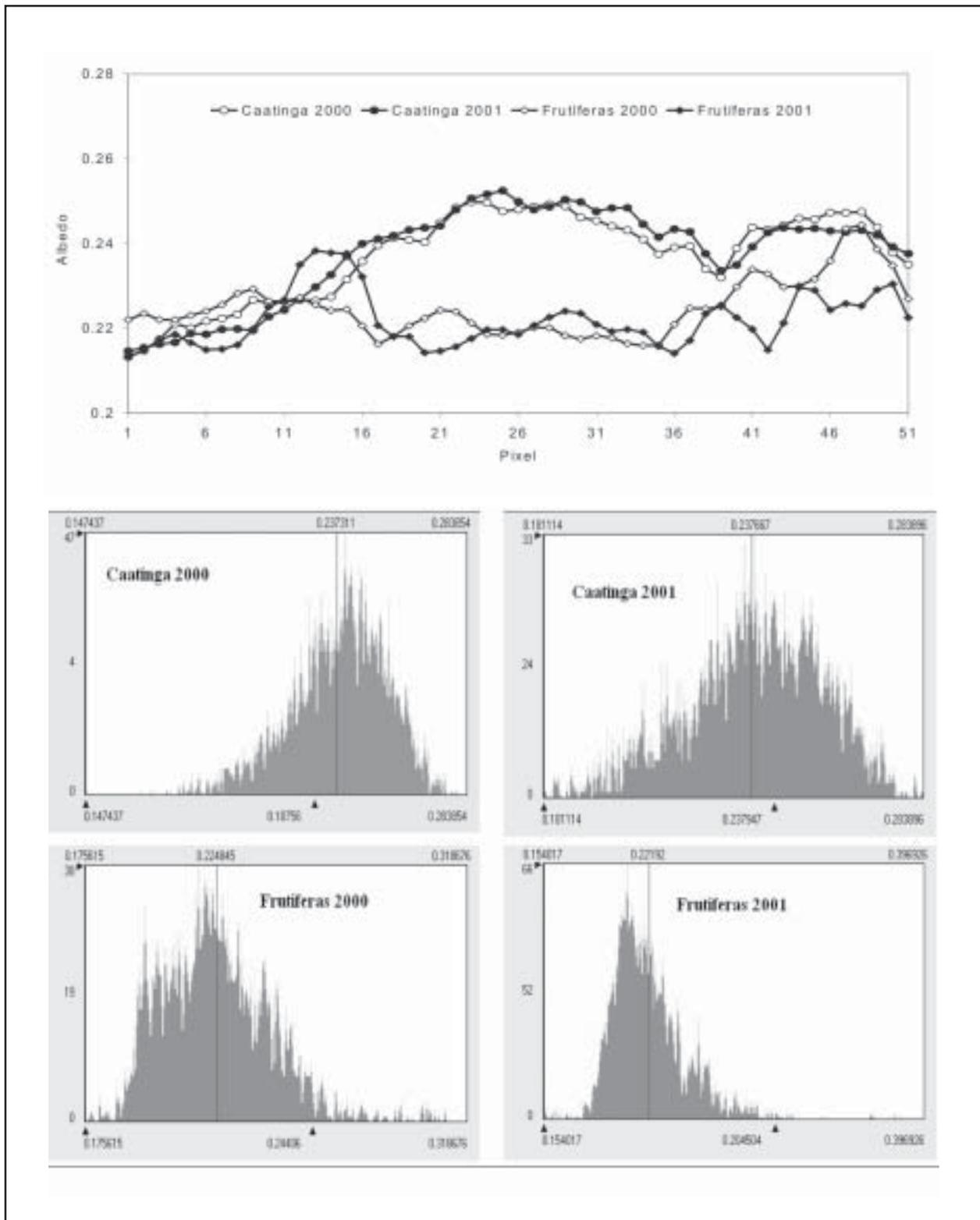


Figura 4 – Albedo da Caatinga e Frutíferas e histogramas correspondentes.

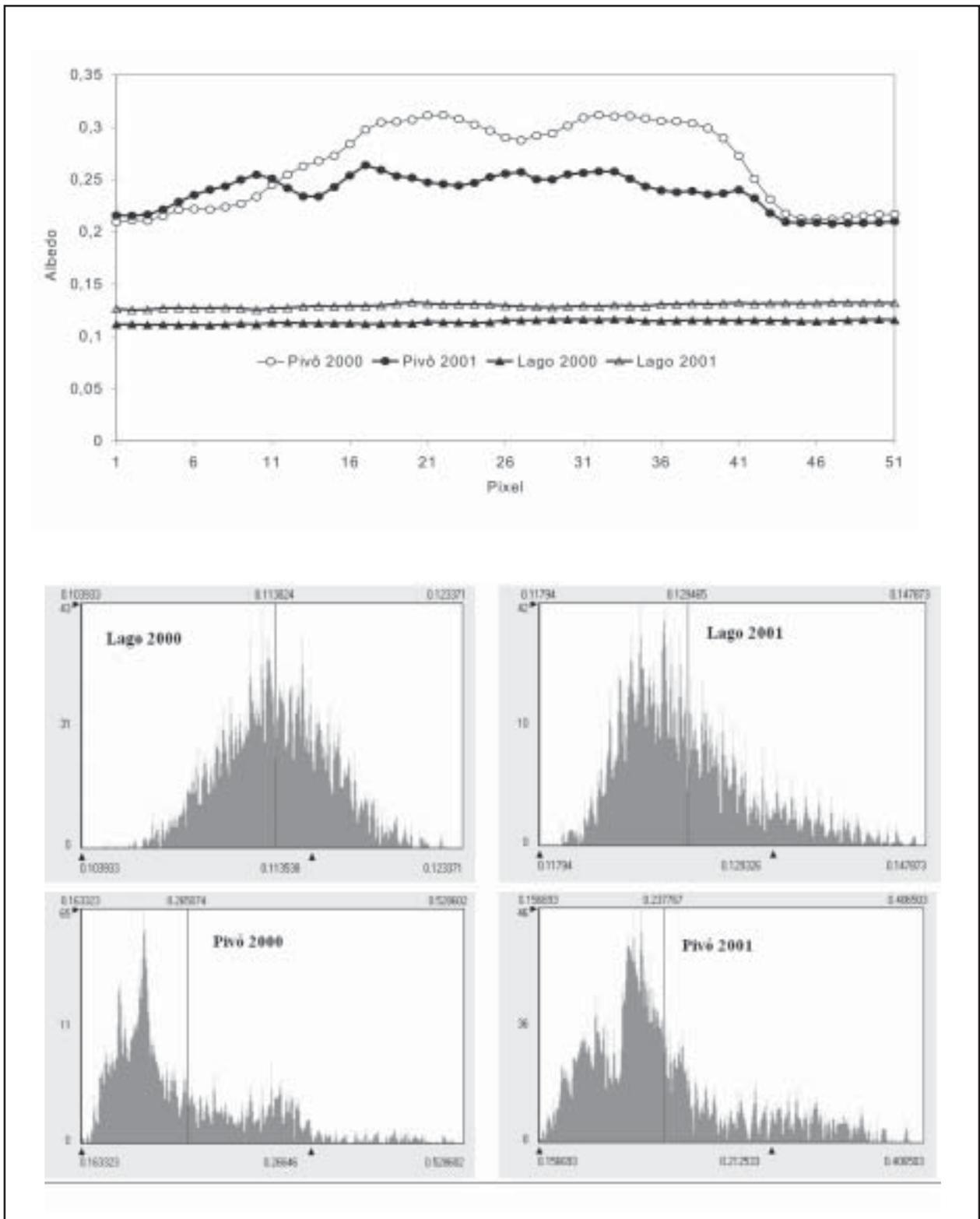


Figura 5 – Albedo do Lago e Pivô e histogramas correspondentes.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G., TREZZA, R., TASUMI M. **Surface energy balance algorithms for land**. Advance training and users manual, version 1.0, pp.98, 2002.
- 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., H. PELGRUM, J. WANG, Y. M., J. MORENO, G. J. ROERINK and T. VAN DER WAL. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): Part 2: validation. **Journal of Hydrology**, V.212-213: P.213-229, 1998.
- 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.
- 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).
- BOEGH, E., SOEGAARD, H., THOMSEN, A. Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. **Remote Sensing of Environment**: 79:329-343, 2002.
- BREST, C. L., and GOWARD, S. N. Deriving surface albedo measurements from narrow band satellite data. **International Journal of Remote Sensing**. 8:351-367, 1987.
- CHANDRAPALA, L. & WIMALASURIYA, M. Satellite measurements supplemented with meteorological data to operationally estimate evaporation in Sri Lanka. **Agricultural Water Management**, 58: 89-107, 2003.
- DUBAYAH, R. Estimating Net Solar Radiation using Landsat TM and Digital Elevation data. **Water Resources Research**, 28 (a): 2469-2484, 1992.
- HUCEK, R. & JACOBOWITZ, H. Impact of scene dependence on AVHRR albedo models. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, 12: 697-711, 1995.
- IZIOMONS, M. G. & MAYER, H. On the variability and modeling of surface albedo and long-wave radiation components. **Agricultural and Forest Meteorology**. 111:141-152, 2002.
- KUSTAS, W. P.; MORAN, M. S. and JACKSON, R. D.; GAY, L. W.; DUELL, L. F. W.; KUNKEL, K. E.; MATTHIAS, A. D. Instantaneous and daily values of the surface energy balance over agricultural fields using remote sensing and a reference field in an arid environment. **Remote Sensing of Environment**, 32:125-141, 1990.
- LEITÃO, M. M. V. B. R. Balanço de Radiação e Energia numa cultura de soja irrigada. Campina Grande-PB, UFPB, 1989, 110p. (Dissertação de Mestrado).
- LIANG, S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo – I Algorithms. **Remote Sensing of Environment**, 76:213-238, 2002.
- MARKHAM, B. L. & BARKER, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.
- 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, 220 p, 2000.
- MOURA, M. S. B. Fenologia e consumo hídrico da goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 2001. 124p. (Dissertação de Mestrado).
- OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2ed. Methuen, 289p, 1987.
- REDDY, & AMORIM NETO, M. S. Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação

climática do Nordeste do Brasil. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA, 280 p., 1983.

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.

SONG, J. & GAO, W. An improved method to derive surface albedo from narrowband AVHRR satellite data: narrowband to broadband conversion. **Journal of Applied Meteorology**, 38:239-249, 1999.

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