

## Determinação do albedo e índice de área foliar usando o sensor TM / LANDSAT 5

Célia Campos Braga<sup>1</sup>  
Felipe da Rocha Soares<sup>2</sup>  
Fabiane Regina da Cunha Dantas<sup>1</sup>  
Leonardo Fagner Ponciano Barbieri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande – UFCG  
Caixa Postal 10041 – 58429-900 – Campina Grande – PB, Brasil  
celia@dca.ufcg.edu.br , fabiane@dca.ufcg.edu.br , poncianolf@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Divisão de Geofísica Espacial - DGE  
Caixa Postal 515 – 12227-010 – São José dos Campos – SP, Brasil  
felipe@dge.inpe.br

**Abstract:** Remote sensing data were utilized to determine the spatial and temporal variability of the albedo and the leaf area index (IAF). The data were collected over the eastern region of Ceara close to city of Quixere. Five images of Landsat 5 with a high spatial resolution of 30m x 30m for the years of 2005 and 2006 were utilized for this purpose. The image processing was developed by using the software ERDAS (Surface Energy Balance Algoritmo for Land) 8.7. The albedo and the IAF were estimated from the spectral radiances obtained from the channels 1, 2, 3, 4, 5 and 7 of TM Landsat 5. Spatial distribution maps of the albedo and the IAF for the above region were prepared for the five days considered. The results showed significant differences in the spatial variability of the albedo for the days of 28<sup>th</sup> January and 24<sup>th</sup> August of 2006, due to the presence of the clouds and the growth of vegetation provoked by the rainfall occurred in the month of August. For the other selected days there was a very little spatial variability of the mentioned parameters. The values of the IAF varied between 1.2 and 2.4 in the research area located at the Fazenda Frutacor and its surroundings. However in July and August the values obtained were more than 3.6 in the northeast and southeast regions due to the increased rainfall in 2006. For the remaining days the values obtained indicated coherence between the albedo and the IAF.

**Palavras-chave:** spatial variability, SEBAL, imagens, variabilidade espacial, imagens.

## 1.Introdução

O sensoriamento remoto é uma técnica de obter informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno. Para tal, usa-se um meio que, neste caso, é a radiação eletromagnética, supondo que esta possa chegar diretamente ao sensor instalado nos satélites meteorológicos e ambientais. Isto, no entanto, não é possível em todas as partes do espectro eletromagnético, porque a transmissividade atmosférica é variável para os diversos comprimentos de onda. Os dados de sensoriamento remoto tem sido de fundamental importância em pesquisas direcionadas ao estudo do comportamento dinâmico da vegetação. Tal abordagem procura tornar mais operacional o sistema de monitoramento da vegetação principalmente de extensas áreas, tendo como apoio informações coletadas de satélites meteorológicos e ambientais, tais como, Landsat/TM e AVHRR/NOAA. Os dados obtidos do sistema de sensores de alta resolução temporal e espacial AVHRR (Advance Very High Resolution Radiometer) e TM (Thematic Mapper) instalados nestes satélites são capazes de fazer o monitoramento da resposta espectral da vegetação de uma determinada área geográfica. A resposta espectral detectada pelos os sensores nas bandas do visível (VIS) e no infravermelho próximo (NIR), em particular dos satélites meteorológicos da série NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration) e LANDSAT/TM informam sobre a refletância da superfície vegetada, o que possibilita identificar e mapear áreas de cobertura vegetada no globo terrestre (PARKINSON, 1997).

A partir das radiações refletidas no infravermelho próximo e no visível obtidas através do sistema de sensores do AVHRR e TM, é possível fazer a distinção entre uma superfície vegetada e outros alvos da superfície, podendo assim definir o mapeamento da vegetação.

Devido a sua pigmentação, a cor verde da vegetação sadia reflete mais no infravermelho próximo e menos no canal do visível, o que ocasiona altos valores para o IVDN (Índice de Vegetação por Diferenças Normalizada). Quando a folha começa a secar ela perde a sua pigmentação verde, aumentando sua reflectância no visível e diminuindo no infravermelho próximo, produzindo valores menores de IVDN. Entretanto, esses valores ainda são maiores do que alvos da superfície, ajudando a distinguir vegetação verde e seca e demais alvos da superfície (PARKINSON, 1997).

Séries de dados obtidas de sensoriamento remoto de diferentes satélites meteorológicos e ambientais têm sido amplamente utilizadas com diferentes finalidades em todo mundo. SRIVASTAVA et al. (1997) utilizou os dados remotos para estudar a relação entre IVDN e totais sazonais da precipitação e transpiração no estado de Karnataka (Índia). GUTMAN & IGNATOV (1998) utilizaram dados mensais do IVDN para produzir fração vegetação e incorporaram em modelos numéricos de previsão de tempo e clima. HÁ et al. (2001) analisou a variabilidade do IVDN, do IAF (Índice de Área Foliar) e temperatura da Superfície estimada a partir de dados do AVHRR/NOAA na Coreia. Os autores observaram que a variabilidade interanual do IAF depende do tipo de vegetação e que as mudanças do IAF não estão relacionadas com as variações do IVDN.

WESSEL et al. (2004) utilizaram dados do IVDN para identificar a quantidade de áreas degradadas e não degradadas. SILVA et al. (2005) utilizam dados do Landsat/TM na região do Vale do São Francisco para estimar o albedo da vegetação. BRAGA et al., (2006) utilizaram séries temporais do IVDN para estimar a fração vegetação no leste da Bahia. Os autores concluíram que na década de 1990 houve uma queda considerável da vegetação no setor leste da Bahia. Recentemente Dantas et al. (2008) utilizaram dados dos satélites NOAA e Landsat 5 para encontrar uma relação entre o albedo médio em áreas de frutífera, Caatinga e área mista (Caatinga e agricultura irrigada). A relação funcional entre os dados do AVHRR

e TM apresentou um coeficiente de correção linear (ar) igual a 0,75, com erro médio de 1,67%.

Considerando a importância da utilização de parâmetros da vegetação em modelos de previsão de tempo e clima que visam melhorar os fluxos de superfície, o objetivo deste estudo foi estimar e avaliar a variabilidade espacial e temporal do albedo e Índice de Área Foliar (IAF) na região de Quixeré–CE utilizando dados do satélite Landsat-5/TM.

## 2. Material e Métodos

As imagens do Landsat-5/TM utilizadas neste trabalho foram adquiridas na Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram selecionadas cinco imagens da região para os dias (24-10-05; 28-01-06; 23 -07-06; 08-08-06 e 24-08-06) situada nas proximidades de Quixeré – Ce, que corresponde à órbita 216/64.

A região escolhida é bastante interessante por se tratar de uma área onde no extremo nordeste se encontra a Fazenda experimental Frutacor, a qual é delimitada pela latitude ( $5^{\circ} 03' 58, 49''$  S e  $5^{\circ} 59' 22, 88''$  S;  $5^{\circ} 06' 30, 52''$  S e  $6^{\circ} 18' 03, 49''$  S) e longitude ( $37^{\circ} 23' 46, 85''$  W e  $37^{\circ} 08' 48, 05''$  W;  $38^{\circ} 33' 35, 92$  W e  $38^{\circ} 33' 37, 38''$  W) e faz parte de várias pesquisa. A Figura 1 ilustra a região e sua cobertura vegetal. Pode-se observar que vegetação é bastante heterogênea formada pelas fazendas de agricultura irrigadas, em destaque, a fazenda Frutacor e áreas de vegetação nativa (Mata e Caatinga), reservatórios de água e solo sem vegetação.

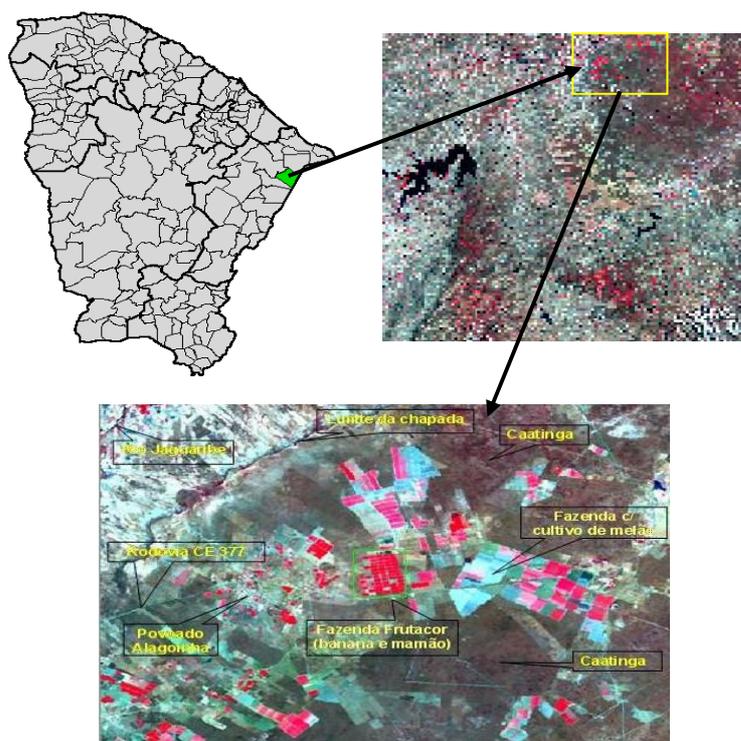


Figura 1 - Localização da área de estudo nas proximidades do município de Quixeré–Ce, com destaque para fazenda Frutacor

O processamento das imagens do sensor TM / Landsat foi desenvolvido pelo algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) a partir do software ERDAS utilizando a Calibração radiométrica, proposta por MARKHAM & BAKER (1987):

$L_\lambda = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \times ND$  (1) em que,  $a_i$  e  $b_i$  são as radiâncias espectrais mínimas e máxima ( $W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ), ND é a intensidade do pixel (número inteiro de 0 a 255),  $i = 1, 2, \dots, 7$ , corresponde às bandas do TM / Landsat. Na Refletância espectral planetária em cada banda empregou-se a expressão de BASTIAANSEN (2000) dada por:  $r_{p_i} = \frac{L_\lambda \times \pi}{K_\lambda \times \cos Z \times d_r}$  (2) em que  $r_{p_i}$  é a reflectância planetária da banda  $i$ ,  $K_\lambda$  é a irradiância no topo da atmosfera,  $Z$  é o ângulo zenital do Sol e  $d_r$  é o inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol.

O albedo é a relação (razão) entre a radiação solar incidente e a refletida. Seu valor está entre 0 e 1. Em geral, superfícies secas e de cores claras refletem mais radiação que superfícies úmidas. O albedo da maior parte das superfícies varia com o comprimento de onda e com o ângulo de incidência dos raios luminosos. A maioria dos tipos de solo e vegetação, por exemplo, tem albedo muito baixo no ultravioleta, aumentando no visível e no infravermelho (SELLERS, 1965). A estimativa do albedo da superfície e do IAF foi feita a partir de imagens geradas pelo sensor TM (Thematic Mapper) a bordo do Landsat 5.

O cálculo albedo planetário ( $\alpha_{toa}$ ) para cada banda, isto é, o albedo não ajustado a transmissividade atmosférica obtido através de uma combinação linear entre as reflectâncias monocromáticas ( $\rho_\lambda$ ) e o coeficiente de regressão ( $\varpi_\lambda$ ), de acordo com a equação:

$$\alpha_{toa} = \sum (\varpi_\lambda \cdot \rho_\lambda) = (\varpi_1 \times \rho_1) + (\varpi_2 \times \rho_2) + (\varpi_3 \times \rho_3) + (\varpi_4 \times \rho_4) + (\varpi_5 \times \rho_5) + (\varpi_7 \times \rho_7) \quad (3)$$

em que  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$  e  $\rho_7$  são os albedos planetários das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Os valores dos coeficientes de regressão linear ( $\varpi_\lambda$ ) da equação 3 para o Landsat-5/TM, são apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de regressão ( $\varpi_\lambda$ )

	$\varpi_1$	$\varpi_2$	$\varpi_3$	$\varpi_4$	$\varpi_5$	$\varpi_6$	$\varpi_7$
Landsat 5-TM	0.293	0.274	0.233	0.157	0.033	-	0.011

Fonte: Allen et al., (2002), Trezza (2002)

A obtenção do albedo da superfície ou albedo corrigido foi obtido através da equação seguinte equação:

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

em que  $\alpha_{toa}$  é o albedo no topo da atmosfera,  $\alpha_{path\_radiance}$  é a porção da radiação solar refletida pela atmosfera, o qual considerou-se neste trabalho igual a 0,03 (BASTIAANSEN, 2000) e  $\tau_{sw}$  é a transmitância atmosférica, definida como a fração da radiação solar incidente que é transmitida pela atmosfera e representa o seu efeito de absorção e reflexão (ALLEN et al., 2002).

Uma das medidas de caracterizar o dossel da vegetação é através do Índice de Vegetação. Esses índices são obtidos remotamente de medidas radiométricas da vegetação, utilizadas para avaliar a variabilidade espacial e temporal de dados biofísicos como o IAF, albedo, fração

vegetação, fração fotossinteticamente ativa absorvida, dentre outros (HUETE, 1988). A base biofísica do IVs é atribuída à absorção pela clorofila da planta, pela absorção da radiação no espectro do visível (V) e ao espalhamento pelas folhas no infravermelho próximo (IV). A combinação dessas duas bandas espectrais dos sistemas de sensores do AVHRR/NOAA ou Landsat / TM, possibilita encontrar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) pela seguinte proporção:  $IVDN = (IV - V)/(IV + V)$ . Cada banda é um indicador do total da vegetação, porém contribuições do solo e da atmosfera farão com que ocorra uma incerteza na estimativa dos parâmetros biofísicos da vegetação.

Em 1988 Huete propôs um modelo, com o deslocamento da origem, adicionando a constante L para IV e V onde o índice de vegetação passa a ser:

$$SAVI = \left( \frac{IV - V}{IV + V + L} \right) \cdot (1 + L) \quad (5)$$

em que o autor mostrou que a constante L varia com a quantidade de vegetação; todavia, L=0,5 seria o valor ótimo para várias condições da vegetação.

O IAF é definido como sendo a razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e será calculado, pela equação empírica proposta por ALLEN et al. (2002):

$$IAF = - \frac{\ln \frac{0,69 - SAVI}{0,59}}{0,91} \quad (6)$$

### 3. Resultados e Discussão

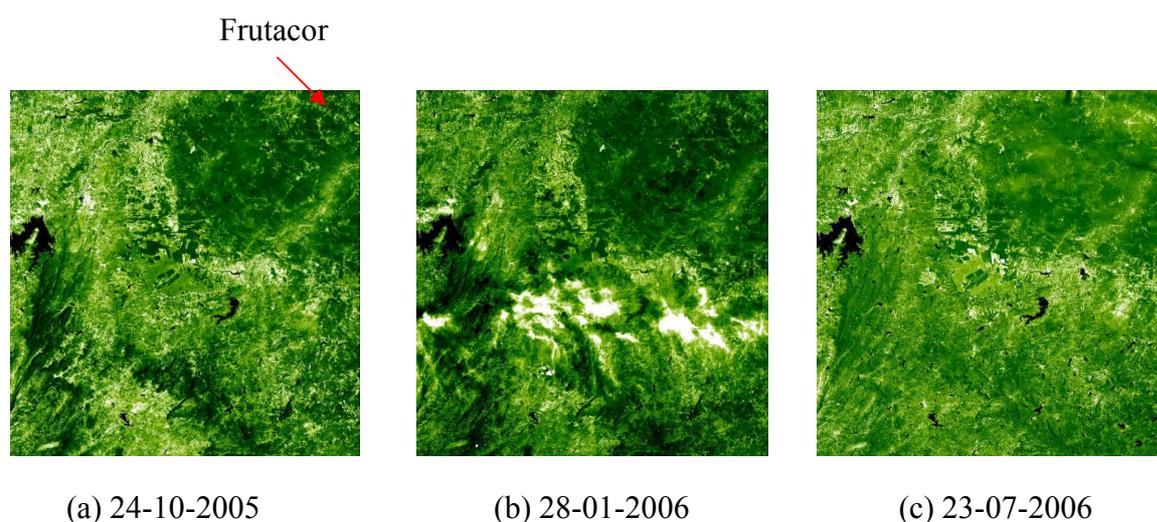
A seguir serão apresentados os resultados e discussões concernentes a variabilidades de parâmetros da vegetação obtidos em vários alvos no leste do Ceará nas proximidades do município de Quixeré. Para determinar a variabilidade espacial e temporal do Albedo e Índice de Área Foliar (IAF) e estimá-lo em na região de estudo que compreende a órbita 216/64 foram obtidas cinco imagens nos anos de 2005 e 2006. Na tabela 1 constam as respectivas médias diárias do albedo e Índice de Área Foliar obtidas das imagens do sistema de alta resolução de 30m x30m do TM Landsat -5. Os dados indicam que valores mais altos de albedo foram encontrados em 2008, pois essas imagens são de agosto, onde as chuvas são mais escassas conseqüentemente diminuindo o IAF. Para os outros dias o albedo se apresenta menor e IAF mais elevado, pois a região apresenta cobertura mais densa, conforme se observa nas Figuras dos respectivos dias a seguir.

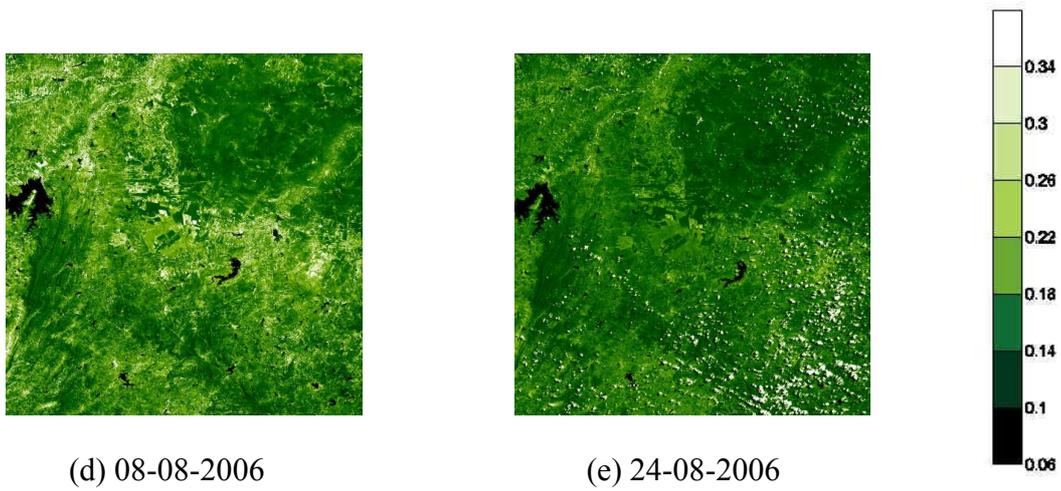
Tabela 1. Médias diárias do Albedo e IAF para região estudada.

Imagem Landsat/TM	Dia (Juliano)	Albedo (médio) (SEBAL)	IAF (médio) (SEBAL)
24/10/05	297	0,156	0,326
28/01/06	28	0,152	0,482
23/07/06	204	0,168	0,229
08/08/06	220	0,227	0,173
24/08/06	236	0,226	0,160

As Figuras 2 (a), (b), (c), (d) e (e), representam os valores em percentagem do albedo calculado a partir da imagem do Landsat 5/TM para cinco dias, seleccionado na área de estudo situada nas proximidades de Quixeré-Ce, com composição colorida de diferentes tonalidades de acordo com os imageados pelo sensor Landsat/TM. As áreas com tonalidades mais escuras correspondem a solo úmido e reservatórios de água com albedo variando de 6 a 13 %. Nas áreas de culturas irrigadas ao nordeste da imagem (Fazenda Frutacor) indicadas nas Figuras abaixo, o albedo variou entre 14 e 20% (verde escuro). Para os diferentes tipos de vegetação nativa compreendendo a diagonal noroeste–sudeste, o albedo apresentou variabilidade de 19 a 22 %. Valores altos de albedo superiores a 34% são identificados nas áreas sem vegetação e topo das nuvens com mais ocorrência na imagem do dia 28 de janeiro de 2005, os quais representados pela cor branca e Figuras 2b. Já para a imagem do dia 23 de julho de 2006 a variabilidade espacial e temporal apresentou valores mais elevados do albedo em relação às demais. Isto pode está relacionado com o período de estiagem. Para o mês de agosto o albedo diminui principalmente na parte nordeste da região proximidade da fazenda (Figura 2e). Considerando a área irrigada da fazenda Frutacor, os resultados encontrados para o albedo concordam com os estudos realizados por SILVA et al. 2005 em áreas irrigadas de frutífera e vegetação nativa na região semi-árida do Rio Francisco em Petrolina-PE.

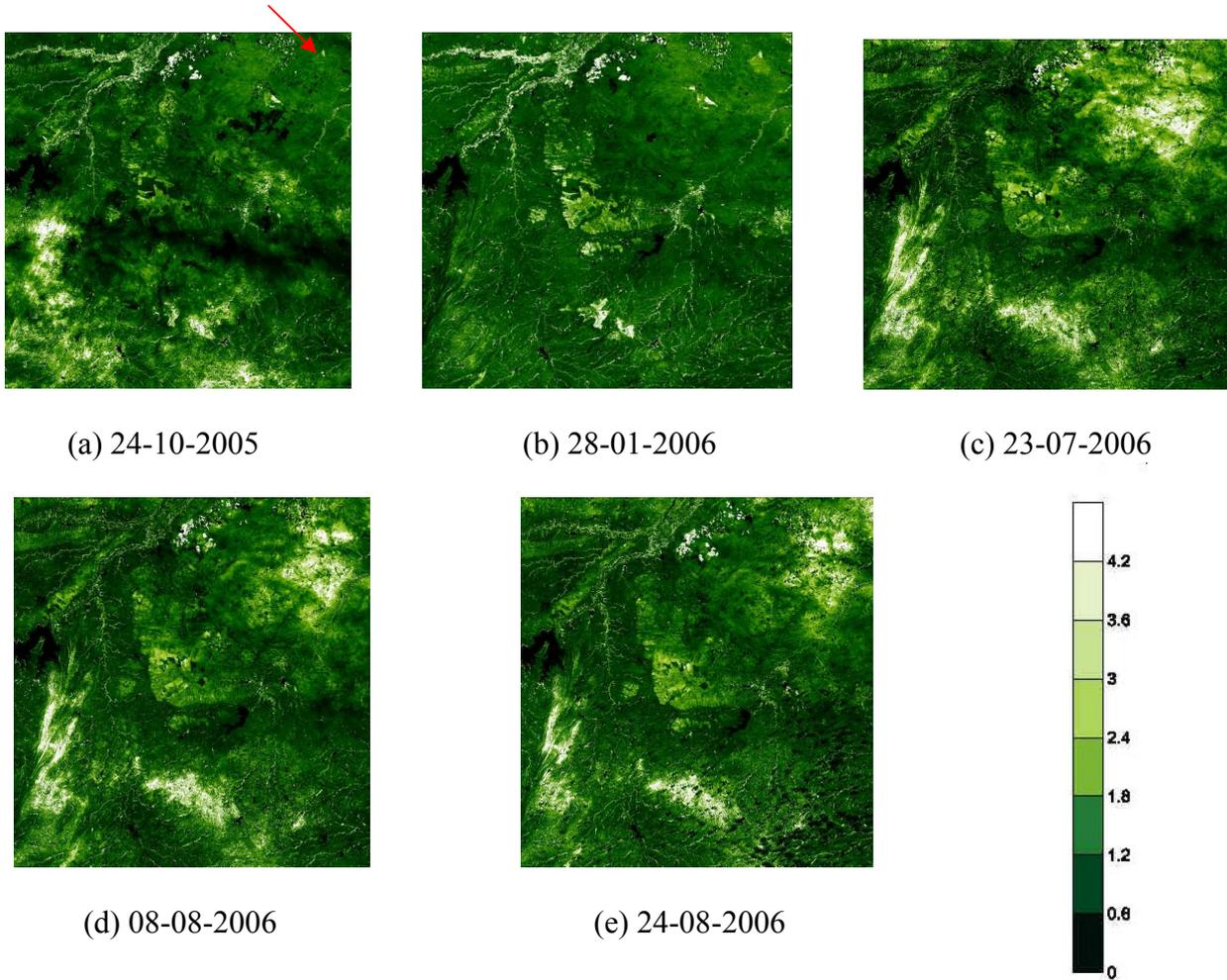
As Figuras 3 (a), (b), (c), (d), e (e), apresentam a variabilidade espacial e temporal do IAF para os dias seleccionados de 2005 e 2006, Tabela 1. O IAF em toda região variou de 0 a 4,2 para todos os dias do ano. Os valores mais altos da ordem variando de 3 a 4,2 (cores mais claras) são encontrados no nordeste e sudoeste da região nas imagens do dia julho e agosto de 2006 (Figuras 2c, 2d e 2e), a média para estes dias foram 0,482 e 0,326 respectivamente, este período corresponde ao fim da estação chuvosa em todo Ceará, conseqüentemente a vegetação se encontra bem desenvolvida nestas regiões indicadas nas Figuras. Analisando as imagens pode-se observar que elas apresentam IAF bem baixo, em quase toda a região, com variação de 0 a 0,8 (cor escura), exceto a região da fazenda Frutacor (Figura 1 cuja área é frutífera e irrigada, onde o IAF variou entre 1,2 a 2,4 (verde vide escala) e as pequenas áreas mencionada acima onde são cobertas por matas vegetação nativa. Os resultados obtidos através das imagens no Landsat 5 na região estudada estão coerentes com os encontrados na literatura para diferentes tipos de cultura e solo (HUETE, 1988, FIDELES et al. 2005).





**Figura 2** – Variabilidade espacial albedo da superfície na região de estudo para os dias (a) 24-10-2005, (b) 28-01-2006, (c) 23-07-2006, (d) 08-08-2006, (e) 24-08-2006.

**Frutacor**



**Figura 3** – Variabilidade espacial IAF na área estudada para os dias (a) 24-10-2005, (b) 28-01-2006, (c) 23-07-2006, (d) 08-08-2006, (e) 24-08-2006.

#### 4. Conclusões

A variabilidade espacial e temporal média do albedo nas áreas de frutíferas irrigadas (Fazenda frutacor) teve variação média entre 14 e 20% concordando com outros estudos realizados em outras regiões do Nordeste. A vegetação nativa e reservatórios de água na região apresentaram menores valores do albedo. Diferenças significativas na variabilidade espacial do albedo para os dias 28 de janeiro e 24 de agosto de 2006 devido à presença de nuvens (cor branca) e vegetação mais desenvolvida (verde escuro) ocasionado pelas chuvas em agosto. Para os demais dias estudados a variabilidade espacial foi mais homogênea. Na Fazenda Frutacor e vizinhanças o IAF variou entre 1,2 a 2,4. Entretanto em Julho e agosto os valores foram superiores a 3,6 no nordeste e sudeste da região favorecido pelo aumento das chuvas no ano de 2008.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

#### Referências Bibliográficas

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual** – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BASTIAANSSEN, W.G.M. 2000. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **J. Hydrology** 229:87-100.
- DANTAS, C.F.R.; BRAGA,C.C; SILVA. A. S.T; SILVA.B.B. Estimativa do albedo sobre diferentes alvos utilizando dados remoto. In. XV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA , 2008, São Paulo. Anais.CDROM.
- BRAGA, C.C; NEVES, D.G; BRITO, J.I.B. **Estimativa da fração vegetação no leste da Bahia no período de 1982 a 1999**. Rev. Bras. Agrometeorologia, v. 14, n.3, p.252-260, 2006.
- FIDELES, J.F; NÓBREGA, J.Q; RAO, T.V.R; BELTRÃO, N.E.M. **Monitoramento de área foliar e biomassa do feijoeiro usando índice de vegetação por diferença normalizada**. Rev. Bras. Agrometeorologia, v. 13, n.2, p.212-218, 2005.
- GUTMAN, G.; IGNATOV, A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. **International Journal Remote Sensing**. 19, no.8, 1533-1543.1998.
- HA, K.; OH, H. e KIM, K. Inter – Annual and Intra – Annual Variabilities of NDVI, LAI and T<sub>s</sub> Estimated by AVHRR in Korea. Korea Journal of Estimated by AVHRR in Korea. **Korea Journal of Remote Sensing**. 2, 111-119. 2001.
- HUETE, A.R. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**.v. 25, p.295-309,1988.
- PARKINSON, C. L. “**Earth from above**”. University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, 107-111, 1997.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, J.L. **Landsat MSS and TM postcalibration on dynamic ranges of exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Lanham: EOSAT, 1987. 21 p. (Landsat Technical, 1).
- SELLERS, W.D. **Physical Climatology**. Chicago, University of Chicago Press, 1965.
- SILVA, B.B; LOPES, G.M; AZEVEDO, P.V. **Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM**. Rev. Bras. Agrometeorologia, v. 13, n.2, p.201-211, 2005.
- WESSELS, K.J. et al. Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. **Remote Sensing of Environment**. v. 91, p. 47-67, 2004.