

ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DO IVAS E DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO SABUGI – PB

Célia Cristina Clemente MACHADO¹

Josicléda Domiciano GALVÍNCIO²

Tiago Henrique de OLIVEIRA³

Resumo

O índice de vegetação ajustado ao efeito do solo (IVAS) e o albedo da superfície, obtidos por técnicas de sensoriamento remoto, têm-se revelado importantes ferramentas no monitoramento e gestão dos recursos naturais. Este estudo visa analisar a variação espaço-temporal do IVAS e do albedo da superfície no município de São José do Sabugi. Para isso, foram utilizadas três imagens do Mapeador Temático do satélite Landsat 5, cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, da órbita e ponto 215/065 com datas de passagem em 15 de Agosto de 1988, 11 de Agosto de 1998 e 6 de Agosto de 2008. A grave seca observada no nordeste em 1998 e as precipitações intensas verificadas em 2008 refletiram-se sobre as estimativas de IVAS e de albedo da superfície. As estimativas do IVAS da imagem de 1998 reduziram significativamente em relação à imagem de 1988 e aumentaram na imagem de 2008. O albedo da superfície sofreu um processo inverso. Verificou-se que a estimativa do albedo da superfície permite a distinção entre vegetação muito seca de solo exposto, tornando-se a sua análise, nesse aspecto, mais vantajosa do que o IVAS. No entanto, uma análise conjunta de ambos permite uma análise ambiental mais robusta e completa.

Palavras-chave: IVAS. Albedo da superfície. São José do Sabugi. Landsat 5 TM.

Abstract

Spatial and temporal analysis of the ivas and surface albedo in the São José do Sabugi-PB municipality

The soil adjusted vegetation index (SAVI) and the surface albedo, computed through remote sensing techniques, have shown to be important tools in the monitoring and management of natural resources. This study aims to analyze the spatial and temporal variation of the SAVI and the surface albedo in the São José do Sabugi municipality. In order to accomplish that, three images of the Landsat Thematic Mapper were used, yielded by the National Institute of Space Research, from orbit and point 215/65 with dates of passage in August 15, 1988, August 11, 1998 and August 6, 2008. The serious drought observed in the Brazilian northeastern in 1998 and the intense precipitations verified in 2008 were reflected in the results. IVAS estimates of the 1998 image reduced significantly in relation to the 1988 image and increased in the 2008 image. The surface albedo suffered an inverse process. It was verified that the surface albedo allows a better distinction between very dry vegetation and exposed soil, being its analysis, in this aspect, more advantageous than the IVAS. However, a united analyze of both of them allows a more complete analysis.

Key words: IVAS. Surface albedo. São José do Sabugi. Landsat 5 TM.

¹ Doutoranda em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Departamento de Ciências Geográficas-DCG - Av. professor Moraes Rego, s/n. Cidade Universitária, Recife-PE - E-mail: cmachado@ci.uc.pt

² Professora da UFPE/DCG - E-mail:josicleda.galvinctio@pq.cnpq.br

³ Mestrando em Geografia pela UFPE/DCG - E-mail:thdoliveira5@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os cientistas têm dedicado significativos esforços no sentido de desenvolver sensores e algoritmos de processamento visual e digital de imagens para extrair informações biofísicas da superfície terrestre. A vegetação tem sido um dos principais alvos destas pesquisas, tendo sido criadas medidas radiométricas adimensionais, chamadas de índices de vegetação, que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação (JENSEN, 2009, p.384). Os índices de vegetação usam os dados digitais de reflectâncias espectrais da radiação eletromagnética para monitorar e quantificar as condições e distribuições espaciais da vegetação (LIU, 2007, p.217).

Um índice de vegetação amplamente utilizado é o índice de vegetação ajustado por solo (IVAS), proposto por Huete (1988). O IVAS foi desenvolvido a partir do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) ao qual foi introduzido um fator com o intuito de minimizar os efeitos da presença do solo. Pesquisas realizadas por Haboudane et al. (2004) para avaliar a performance de diversos índices de vegetação revelaram que o IVAS minimiza os efeitos do conteúdo de clorofila da folha e, dessa forma, apresenta uma boa resposta às variações do índice de área foliar (IAF). Apesar de menos afetado pela saturação do que outros índices, o IVAS não é recomendado para a caracterização da vegetação em áreas de copas densas com IAF elevado (IAF >4) (HABOUDANE et al., 2004), no entanto, o fator de correção para minimizar as variações de brilho dos solos, o torna preferível em regiões semi-áridas, de vegetação tendencialmente mais esparsa onde a resposta do solo predomina em relação à resposta da vegetação. Oliveira et al. (2009) realizaram um estudo comparativo entre índices de vegetação no semi-árido paraibano e concluíram que o IVAS é um dos índices mais eficientes na identificação da caatinga arbustiva levando em consideração as variações de sazonalidade, da exposição e da inclinação do terreno. Desta forma, a utilização do IVAS é adequada para o São José do Sabugi, município inserido no bioma da caatinga.

O albedo da superfície, correspondente a reflectância da radiação solar pela superfície terrestre, pode igualmente ser calculado por técnicas de sensoriamento remoto (LIU, 2007, p.253). O albedo demonstra mudanças da cobertura da superfície e é sensível ao ciclo de desenvolvimento da planta, ao grau de cobertura vegetal, tipo e estado de umidade do solo e do ar e a cobertura de nuvens (AZEVEDO et al., 1990). O albedo tem sido largamente utilizado na avaliação ambiental de regiões semi-áridas (BASTIAANSEN, 2000, SILVA et al., 2006, GOVAERTS; LATTANZIO, 2008). Xu et al. (2009) utilizaram o albedo da superfície como indicador de desertificação para representar as condições da superfície terrestre em termos de biomassa de vegetação, padrões da paisagem e micrometeorologia.

O sensor TM da série Landsat, o único que continua imageando, providencia imagens a longo termo e bandas multispectrais de elevada qualidade para o monitoramento e gestão ambiental em escala regional, nacional e global (WULDER et al., 2008).

Este trabalho teve como objetivo analisar a variação espaço-temporal do IVAS e do albedo da superfície no município de São José do Sabugi utilizando imagens do satélite Landsat 5 TM.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município do São José do Sabugi, localizado no estado da Paraíba – Brasil (figura 1), insere-se na mesoregião da Borborema e no bioma da Caatinga (PROBIO, 2004). Situa-se na área de abrangência do semi-árido, apresentando um clima quente e seco, com um total anual de precipitação de cerca de 600 mm (AESAs – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) e temperaturas que oscilam de 21°C à 36°C (GALVÊNCIO et al., 2009). Em termos de uso e cobertura do solo, apresenta predomínio de agropecuária, savana estépica arborizada e savana estépica parque (PROBIO, 2004), caracterizadas por uma cobertura arbórea composta por árvores de pequeno porte espinhoso e várias cactáceas, cobrindo um estrato graminoso (IBGE, 1992).

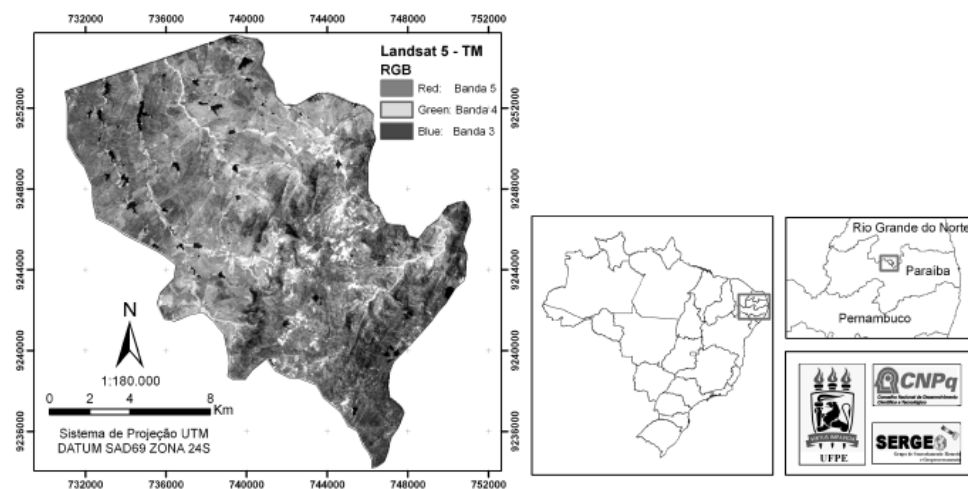


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo

PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

As imagens de satélite utilizadas foram do Mapeador Temático do satélite Landsat 5, cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da órbita e ponto 215/065 com datas de passagem em 15 de Agosto de 1988, 11 de Agosto de 1998 e 6 de Agosto de 2008. O pré-processamento das imagens de satélite, o cômputo do IVAS e do albedo da superfície e a montagem final dos layout foram realizados utilizando os programas Eidas Imagine 9.3 e ArcGis 9.3 (licença do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE).

CÔMPUTO DO ALBEDO DA SUPERFÍCIE E DO IVAS

Para obtenção do IVAS e da temperatura da superfície, seguiram-se as primeiras etapas do *SEBAL*, um algoritmo desenvolvido por Bastiaanssen (1998a; 1998b) e amplamen-

te utilizado por Silva *et al.* (2008, 2006, 2005), cujos passos de obtenção são descritos abaixo.

Calibração radiométrica ($L_{\lambda i}$)

A calibração radiométrica (Eq. 1) é o processo de conversão do Número digital – ND de cada pixel da imagem, em Radiância espectral monocromática $L_{\lambda i}$. O cômputo da radiância ou calibração radiométrica é obtido pela equação proposta por Markham e Baker (1987):

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

onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$), ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003), apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das bandas do Mapeador Temático (TM) do satélite Landsat 5 com os correspondentes intervalos de comprimento de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiancias espectrais no topo da atmosfera (TOA)

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficiente de Calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)				Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera (Wm ² μm ⁻¹)
		De 01/03/1984 até 04/05/2003		Após 05/05/2003		
		a	b	a	b	
Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	-1.52	152.10	-1.52	193.00	1957
Banda 2 (verde)	0,52 – 0,60	-2.84	296.81	-2.84	365.00	1826
Banda 3 (vermelho)	0,63 – 0,69	-1.17	204.30	-1.17	264.00	1554
Banda 4 (IV-próximo)	0,76 – 0,90	-1.51	206.20	-1.51	221.00	1036
Banda 5 (IV-médio)	1,55 – 1,75	-0.37	27.19	-0.37	30.20	215.0
Banda 6 (IV-termal)	10,4 – 12,5	1.2378	15.303	1.2378	15.303	-
Banda 7 (IV-médio)	2,08 – 2,35	-0.15	14.38	-0.15	16.50	80,67

Reflectância ($\rho_{\lambda i}$)

A reflectância é a razão entre o fluxo radiante refletido e o fluxo radiante incidente obtida segundo a equação (ALLEN *et al.*, 2002) (Eq. 2):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $K_{\lambda i}$ é a irradiancia solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$, Tabela 1), Z é o ângulo zenital solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Albedo planetário (α_{toa})

O albedo não corrigido (Eq. 3) representa o cômputo do albedo no topo da atmosfera e é obtido pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas:

$$\alpha_{toa} = 0,293p_1 + 0,274p_2 + 0,233p_3 + 0,157p_4 + 0,033p_5 + 0,011p_7 \quad (3)$$

onde p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , p_5 e p_7 são as reflectâncias das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Transmissividade Atmosférica (τ_{sw})

Em condições de céu claro, pode ser obtida por Allen *et al.* (2002) (Eq. 4)

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2 \cdot 10^{-5} z \quad (4)$$

Onde z é a altitude de cada pixel (m). Tratando-se de uma grande área com grande variação de altitude, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDT) da área.

Albedo à superfície (α)

O cômputo do albedo da superfície ou albedo corrigido os efeitos atmosféricos é obtido pela equação (Eq. 5):

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}} \quad (5)$$

onde α_p é a radiação solar refletida pela atmosfera e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica (Eq.4). O valor de α_p utilizado foi 0,03, recomendado por Bastiaanssen (2000).

Índice de vegetação ajustado por solo (IVAS)

Para o cálculo do índice de vegetação ajustado para os efeitos do solo (IVAS) utilizou-se a expressão (Huete, 1988) (Eq. 6):

$$IVAS = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad (6)$$

onde L é constante. Utilizou-se $L = 0,1$ baseado em Silva (2009).

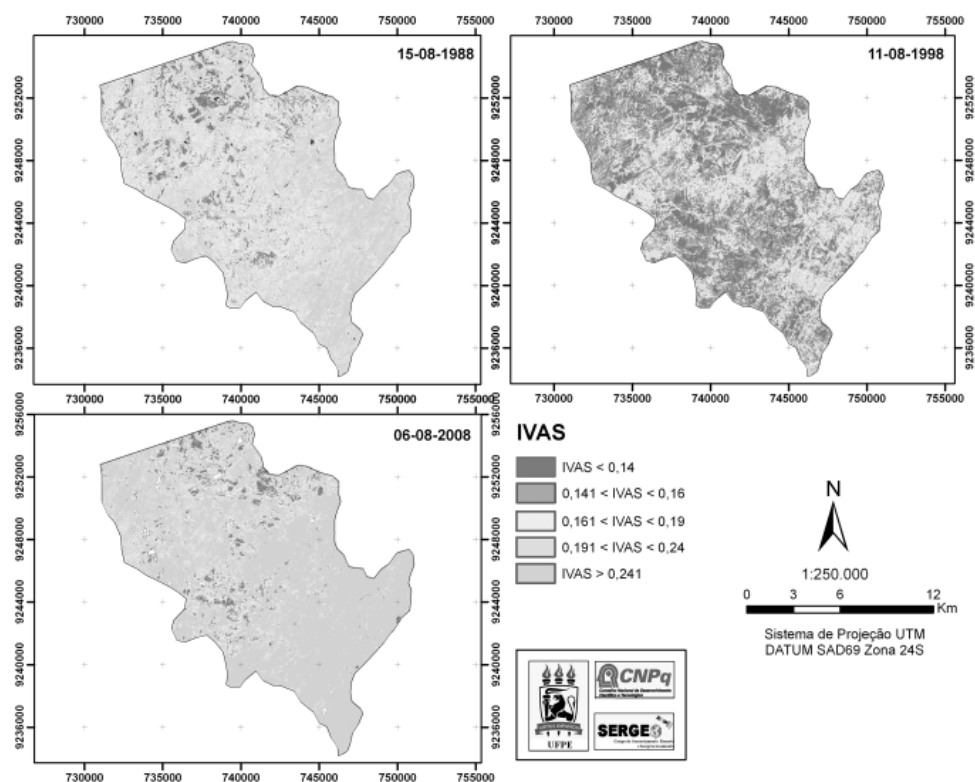
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise dos IVAS computados (figura 2 e tabela 2) é possível verificar que a imagem de 1998 apresentou os valores mais baixos de IVAS, com uma média de 0,16, representando uma diminuição na média da cobertura vegetal de aproximadamente 24% em relação à imagem de 1988.

Tabela 2 - Valores estatísticos do IVAS para os dias 15-08-1988, 11-08-1998 e 06-08-2008

IVAS	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
15-08-1988	0,003	0,753	0,205	0,050
11-08-1998	0,004	0,544	0,155	0,024
06-08-2008	0,001	0,689	0,269	0,086

Em oposição, a imagem de 2008 demonstrou os valores mais elevados de IVAS, com uma média de 0,27, representando um aumento na média da cobertura vegetal de cerca de 30% em relação a imagem de 1988.

**Figura 2 - IVAS computados na área do município do São José do Sabugi, para as datas em estudo**

Para os valores de IVAS obtidos na imagem de 1998 contribuiu significativamente a seca acentuada verificada no nordeste nesse ano (MELO, 1999). Algumas espécies do bioma caatinga perdem suas folhas em resposta à seca, refletindo-se, de acordo com Asner et al. (2000), nas estimativas do IVAS. Em adição, Maldonado (2004) afirma que a baixa atividade fotossintética dos estratos secos que compõe as fisionomias da caatinga provoca uma

resposta espectral onde o sombreamento da porção lenhosa (troncos e galhos) constitui um importante componente.

O aumento significativo da cobertura vegetal observado na imagem de 2008 em São José do Sabugi em muito se deve às precipitações acima da média histórica verificadas no nordeste em vários meses desse ano (SEMA; INGÁ, 2008).

Plantas com quantidade adequada de água, além de não perderem suas folhas, apresentam elevadas taxas fotossintéticas que se refletem em valores de IVAS superiores. Outra justificativa para esse aumento seria o abandono agrícola, permitindo a subsequente cobertura pela vegetação secundária.

Pela análise do albedo da superfície computado (figura 3 e tabela 3) é possível observar que a imagem de 1998 apresentou os maiores valores de albedo com valor médio de 0,23, representando um aumento de 15% na média em relação à imagem de 1988. Por sua vez, a imagem de 2008 apresentou os menores valores de albedo com valor médio de 0,18, uma diminuição de 10 % em relação à imagem de 1988.

Tabela 3 - Valores estatísticos do Albedo da superfície para os dias 15-08-1988, 11-08-1998 e 06-08-2008

Albedo da superfície	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
15-08-1988	0,024	0,500	0,200	0,058
11-08-1998	0,055	0,520	0,230	0,061
06-08-2008	0,020	0,500	0,180	0,046

A baixa disponibilidade hídrica no solo verificada em 1998 (MELO, 1999) e as precipitações acima da média histórica em 2008 (SEMA; INGÁ, 2008), refletiram-se nos valores de albedo. Wang & Davidson (2006) demonstraram em seus resultados que o albedo da superfície é grandemente afetado pela precipitação.

É também visível que nas zonas de maior declividade (figura 4) do município, os valores de albedo permanecem baixo, com valores inferiores a 0,14. Estas áreas correspondem, de acordo com a PROBIO (2004), a savana estépica arborizada e parque que contrastam com as áreas de relevo suave, situadas a noroeste do município onde predomina a agropecuária e onde os valores de albedo variam entre 0,18 e 0,40. Em cinturão da costa oeste do Srilanka, Chandrapala e Wimalasuriya (2003) obtiveram albedo de 0,34 a 0,36 em grandes extensões de dunas de areia. Graças à conservação da vegetação de porte arbóreo e arbustivo encontrada nas áreas de maior declividade, menos propícias a exploração humana, o solo permanece protegido da radiação eletromagnética. Este resultado foi também visível em Machado et al. 2010, onde se verificou, através da análise do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo, que a zona noroeste do município de São José do Sabugi apresenta maior potencial para desenvolver os efeitos da seca e maior dificuldade para o gerenciamento dos recursos hídricos.

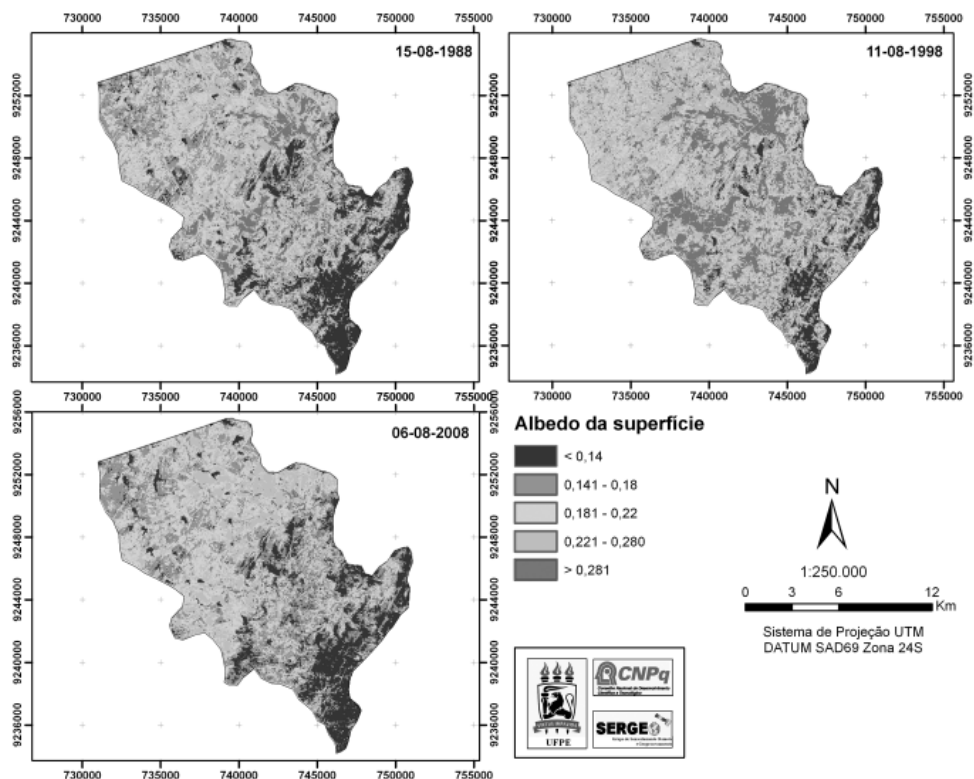


Figura 3 - Albedo da superfície computado na área do município do São José do Sabugi, para as datas em estudo

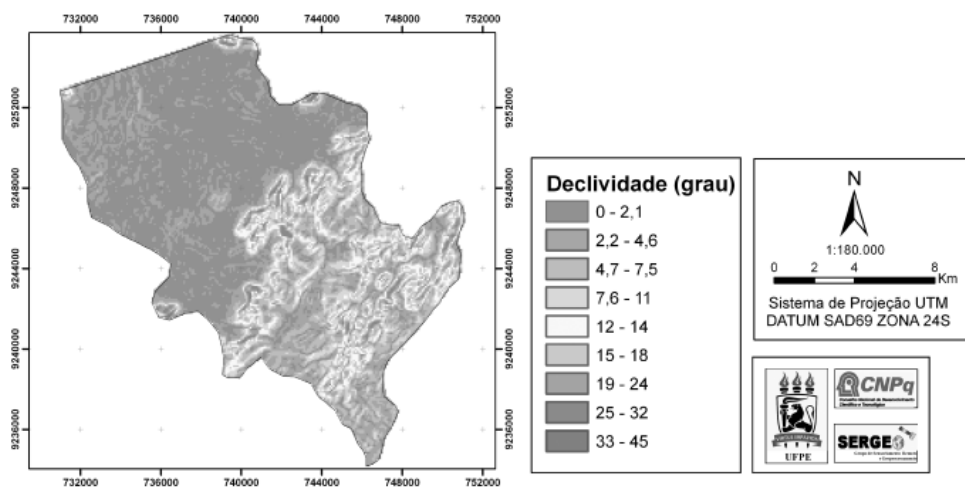


Figura 4 - Declividade (graus) no município do São José do Sabugi

Uma análise conjunta do IVAS e do albedo permite concluir que o IVAS, apesar do seu fator de correção para os efeitos do solo, não distingue com clareza áreas de solo exposto de áreas de vegetação muito seca. No entanto, o albedo responde de forma diferente entre esses alvos, pois apesar da ausência de folhagem, ramos e troncos refletem valores de albedo menores do que solo exposto. Isso é particularmente visível na imagem de 1998, onde o IVAS não detectou com clareza a vegetação existente nas áreas de maior declividade do município.

CONCLUSÕES

A grave seca observada no nordeste em 1998 e as precipitações intensas verificadas em 2008 refletiram-se sobre as estimativas de IVAS e de albedo da superfície.

As áreas de maior declividade do São José do Sabugi, predominantes na área sudeste do município, apresentam maior conservação da cobertura vegetal protegendo o solo da radiação solar directa.

Quando analisados índices de vegetação, albedo da superfície e outros elementos da superfície terrestre em anos de eventos extremos em termos climatológicos, é necessária prudência na análise das mudanças ambientais e ter presente que as respostas observadas nos índices em muito se deve ao regime de temperatura e precipitação particular da data do imageamento e não a interferência humana. Por esse motivo, em uma análise espaço-temporal de mudanças ambientais através de imagem de satélite, aconselha-se a utilização de grande número de imagens de anos diferentes.

O albedo da superfície permite a distinção entre vegetação muito seca de solo exposto, tornando-se a sua análise, nesse aspecto, mais vantajosa do que o IVAS. No entanto, uma análise conjunta de ambos permite uma análise ambiental da área mais robusta e completa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL: Surface Energy Balance Algorithms for Land. Advance Training and Users Manual: Idaho Implementation. S.I.:s.n, Version 1.0, 2002.**
- ASNER, G.P.; WESSMAN, C.A.; BATESON, C.A.; PRIVETTE, J.L. Impact of Tissue, Canopy, and Landscape Factors on the Hyperspectral Reflectance Variability of Arid Ecosystems. **Remote Sensing of Environment**, v.74, n.1, p.69-84, 2000.
- AZEVEDO, P.V.; LEITÃO, M.M.V.B.R.; SOUSA, I.F.; MACIEL, G.F. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v.5, n.1, p.403-410, 1990.
- 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, 1998a.
- BASTIAANSEN, W.G.M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MORENO, Y.M.J.; ROERINK, G.J.; VAN DER WAL, T. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v.212-213, p.213-229, 1998b.

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.

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.

CHANDRAPALA, L.; WIMALASURIYA, M. Satellite measurements supplemented with meteorological data to operationally estimate evaporation in Sri Lanka. **Agricultural Water Management**, v.58, p.89-107, 2003.

HABOUDANE, D.; MILLER, J.R.; PATTEY, E.; ZARCO-TEJADA, P.J.; STRACHAN, I.B. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. **Remote Sensing of Environment**, v.90, p.337-352, 2004.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

GALVÍNCIO, J.D.; DANTAS, L.G.; FERNANDES, J.G.; SILVA, J.B.; MOURA, M.S.B.; MACHADO, C. Análise da temperatura do ar e da superfície no sítio Boa Felicidade em São José do Sabugi – PB no semi-árido do Brasil. **Revista de Geografia**, v.26, n.2, p.124-141, 2009.

GOVAERTS, Y.; LATTANZIO, A. Estimation of surface albedo increase during the eighties Sahel drought from Meteosat observations. **Global and Planetary Change**, v.64, p.139-145, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92p.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 598p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande – MS: UNIDERP, 2006. 908 p.

MACHADO, C.; GALVÍNCIO, J.D.; OLIVEIRA, T.H. Estimativa dos valores de Saldo de Radiação e de Fluxo de Calor no Solo no município de São José do Sabugi – PB (Brasil), utilizando o algoritmo SEBAL. In: VI SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA E II SEMINÁRIO IBERO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 6. 2., Coimbra-Portugal, 2010. **Anais...** Coimbra, 2010.

MALDONADO, F. D. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido**. 2004. 311 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE – São José dos Campos, São Paulo (INPE-12679-TDI/1007), 2004.

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.

MELO, J.C. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes**, Ano XVIII, n.20, p.13-21, 1999.

OLIVEIRA, W.M.; CHAVES, I.B.; LIMA, E.R.V. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semi-árido paraibano. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal-RN, 2009. **Anais...** Natal-RN, 2009.

PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO. Edital PROBIO 02/2004. **Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, abril de 2004, 14p.

QI, J.; KERR, Y. H.; MORAN, M. S.; WELTZ, M.; HUETE, A. R.; SOROOSHIAN, S.; BRYANT, R. Leaf area index estimates using remotely sensed data and BRDF models in a semiarid region. **Remote Sensing of Environment**, v.73, p.18– 30, 2000.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE (SEMA) & INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS E CLIMA (INGÁ). **Relatório do VII Reunião de Análise e Previsão Climática para o Nordeste do Brasil**. S.I.:s.n, 2008. 5p.

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

SILVA, B.B.; BEZERRA, M.V. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, p.174-186, 2006

SILVA, B.B.; BEZERRA, M.V.C.; BRAGA, A.C.; SILVA, S.T.A. Obtenção de albedo de áreas irrigadas e de vegetação nativa em Petrolina e vizinhanças com imagens Landsat 7 – ETM+. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO, 3., Aracaju-SE, 2006. **Anais...** Aracaju-SE, 2006.

SILVA, B.B.; MENDONÇA, R.R.O.; SILVA S.T.A.; FERREIRA, R.C. Mapeamento do albedo de áreas heterogêneas do estado do Ceará com imagens TM – Landsat 5. **Revista de Geografia**, v.25, n.2, p.33-52, 2008.

SILVA, B.B. **Determinação da evapotranspiração com imagens Landsat 5 – TM e SEBAL**. (mini-curso) S.I.:s.n, Recife, 2009.

WANG, S.; DAVIDSON, A. Impact of climate variation on surface albedo of a temperate grassland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.142, p.133-142, 2006.

WULDER, M.A.; WHITE, J.C.; GOWARD, S.N.; MASEK, J.G.; IRONS, J.R.; HEROLD, M.; COHEN, W.B.; LOVELAND, T.R.; WOODCOCK, C.E. Landsat continuity: Issues and opportunities for landcover monitoring. **Remote Sensing. Environment**, v.112, p.955-969, 2008.

XU, D.; KANG, X.; QIU, D.; ZHUANG, D.; PAU, J. Quantitative assessment of desertification using Landsat data on a regional scale – a case study in the Ordos Plateau, China. **Sensors**, v.9, p.1738-1753, 2009.

Recebido em agosto de 2010

Aceito em dezembro de 2010

