

USO E COBERTURA DO SOLO EM ÁREAS SEMIÁRIDAS DO NORDESTE DO BRASIL

USE AND LAND COVER IN AREAS OF NORTHEAST BRAZIL SEMIARID

Tiago Henrique de Oliveira¹; Josicléda Domiciano Galvínio²

¹Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: thdoliveira@yahoo.com.br

²Professora da Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Ciências Geográficas. E-mail: josicleda@hotmail.com. Tel: 558121267375

Artigo recebido em 06/09/2010 e aceito em 03/06/2011

RESUMO

A ocupação desordenada dos espaços pela sociedade vem pressionando os recursos naturais que, muitas vezes, são utilizados de forma inadequada. O objetivo deste estudo é o de analisar o uso e ocupação do solo em área semiárida do Nordeste do Brasil, com especial atenção ao município de São José do Sabugi, utilizando imagens do Landsat TM 5. O município possui: Savana-Estéptica Arborizada, áreas com utilização antrópica (agropecuária), áreas com uma maior presença de solo exposto e as áreas com vegetação ciliar. O método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) apresentou uma boa resposta na classificação da imagem do município de São José do Sabugi, podendo ser perceptível a discriminação entre os diferentes níveis de Savana-estéptica Arborizada condicionadas ao uso do solo. A influência topográfica exerce grande influencia na distribuição da Savana-estéptica Arborizada no município. Esses resultados podem servir para tomada de decisão de políticas públicas em áreas semiáridas do Nordeste do Brasil. Em geral, sugere-se que esses resultados sejam encontrados com bastante semelhança para outras áreas semiáridas do Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Savana estéptica, São José do Sabugi, Landsat 5-TM, Verossimilhança.

ABSTRACT

The disorderly occupation of space by company is pushing natural resources that often are used inappropriately. The objective of this study is to analyze use and occupation of land in semiarid area of northeastern Brazil, with special attention to the city of São do Sabugi, using images from Landsat 5 – TM. The city has: Savannah-steppe wooded areas using anthropogenic (agricultural) areas with greater presence of bare soil and with riparian vegetation. The method of mazimum likelihood (MAXVER) showed a good response in the classification of image of the São José do Sabugi, can be perceptible to discriminate between different levels of Savanna – conditioned Arboreous steppe land use. The topographic influence exerts great influence on distribution of Savannah-steppe Arboreous in the city. These results can be used for decision making of public policies in semi-arid areas of northeastern Brazil. In general, it is suggested that these results are found quite similar to other semi-arid areas of northeastern Brazil.

Keywords: Savannah-steppe, São José do Sabugi, Ladsat 5-TM, likelihood.

INTRODUÇÃO

A grande extensão geográfica do Brasil, associada à complexidade dos ecossistemas que o compõe, requer o uso de tecnologias de ponta no levantamento/monitoramento dos recursos naturais existentes, para promover a racionalização de sua utilização e assegurando seu desenvolvimento sustentável. A ocupação desordenada e a falta de cuidados com áreas do semiárido nordestino, expostas à ação de fortes processos de erosão e passíveis de sofrerem fortes processos de degradação ambiental, associadas a crescente falta de recursos hídricos, têm produzido no Nordeste do Brasil, ilhas com avançados fenômenos de desertificação que vem se espalhando de forma assustadora. Restos de áreas verdes e encostas continuam sendo inadequadamente ocupadas, resultando em degradação ambiental e em riscos à preservação da vida. A implementação de políticas de conservação dessas áreas passa pelo estudo e zoneamento como forma de subsidiar o manejo, a gestão e o monitoramento (PETTA et al. 2005).

A ocupação desordenada dos espaços pela sociedade vem pressionando os recursos naturais que, muitas vezes, são utilizados de forma inadequada. Os processos como erosão, lixiviação e modificação da cobertura vegetal, independentemente da ação humana, também ocorrem de forma natural, porém quando o ser humano interfere no ambiente, superando a sua capacidade de suporte, esses processos são acentuados, trazendo consigo impactos negativos, não apenas sobre o meio, mas também afetando o próprio ser humano, que sofrerá as conseqüências dessas intervenções, numa relação de causa-efeito (BATISTA et al. 2009).

Segundo Rocha (1997), os recursos naturais são componentes próprios ou vinculados aos parâmetros ar, água, solo/rocha, vegetação e fauna silvestre, que o ser humano utiliza para sua

sobrevivência. Pela ação antrópica, tais recursos podem ser degradados ou mesmo extintos. A intensificação da retirada da vegetação natural para implementação de áreas agrícolas, para o pastoreio e para extração da madeira vem, ao longo dos anos, trazendo problemas ambientais como erosão dos solos, degradação ambiental, desertificação, desaparecimento de espécies, comprometendo todo o equilíbrio de uma região.

Adicionado a isso, a mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global e a maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos extremos. A temperatura média global vem se elevando desde a Revolução Industrial, e a comunidade científica especializada no tema afirma que a ampliação do efeito estufa é causada pelo aumento da concentração de gases estufa na atmosfera terrestre. O Quarto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, em inglês) da ONU, revela que a mudança do clima global está ocorrendo por conta das atividades humanas e que há uma alta confiança de que as mudanças regionais recentes na temperatura tenham tido impactos discerníveis em muitos sistemas físicos e biológicos.

Seja por mudanças climáticas globais ou por ação antrópica local acredita-se que o clima local tenha mudando em função das mudanças do uso do solo, seja pela urbanização e/ou pela substituição da cobertura vegetal. Diante do exposto, o objetivo deste estudo é o de analisar o uso e ocupação do solo do município de São José do Sabugi, utilizando imagens do Landsat TM 5.

MATERIAL E MÉTODO

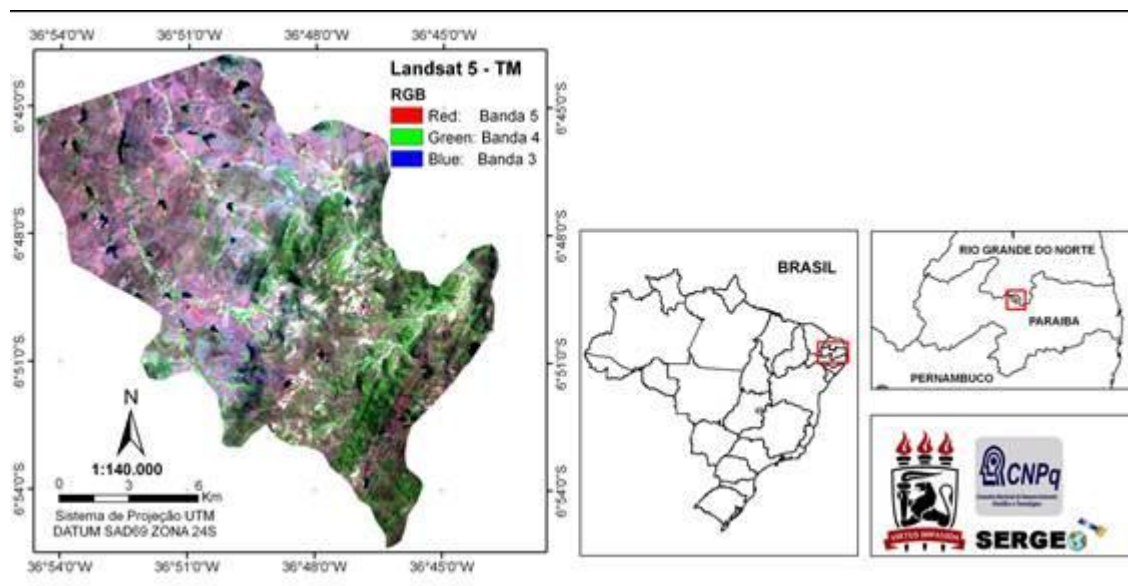
Descrição da área de estudo

O município de 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 semiárido, 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.

Figura 1 - Localização espacial da área de estudo.



Dados radiométricos

As imagens utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho foram do sensor TM (*Thematic Mapper*) a bordo do satélite Landsat-5 obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Foram utilizadas as imagens da órbita e ponto 215/65 com datas de passagem do satélite nos dias 17 de junho de 1984, 18 de junho de 1990, 05 de junho de 1997, 19 de junho de 2008 e 09 de junho de 2010.

Processamento de imagem e montagem do layout

Inicialmente foi realizado o registro de todas as imagens utilizadas a partir de imagem Landsat registrada obtida junto ao Centro de Sensoriamento Remoto - SISCOM - IBAMA e posterior

verificação do registro através de pontos de GPS coletados durante atividade de campo realizado no município.

Para o processamento das imagens do satélite Landsat-5 em relação ao *SEBAL* foram criados modelos na ferramenta *Model Maker* do software *ERDAS Imagine* 9.3. A divisão em classes e a montagem final dos mapas foi realizado através do software *ArcGIS* 9.3. Ambos possuem licença do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

Obtenção dos valores de Reflectância e IVDN

Para a obtenção dos valores de reflectância foi utilizada a equação proposta por Allen *et al.* (2002) e utilizada por Bastiaanssen (1995, 1998a e 1998b),

e utilizado amplamente por Silva (2005a;b) e Oliveira & Galvncio (2008) descritas abaixo:

Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica (Equação 1)  dada pela intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido. Essas radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7. O conjunto da radiância ou calibração radiométrica  obtida 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 (numero inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde as 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 irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Bandas	Comprimento de Onda (μm)	Coeficiente de Calibração ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$)				Irradiância Espectral no Topo da Atmosfera ($Wm^2\mu m^{-1}$)
		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	1967
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	1.237	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

A reflectância (Equação 2) de cada banda ($\rho_{\lambda i}$)  definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, que é obtida através da equação (Allen *et al.*, 2002):

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

onde $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $K_{\lambda i}$ é a irradiância 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  o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_o) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

IVDN

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Equação 3) ou Normalized Difference Vegetation Index – (NDVI) é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (IV ρ) e do vermelho (V ρ), e a soma das mesmas:

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (3)$$

onde IV ρ e V ρ correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 3 do Landsat 5 – TM. O IVDN atua como um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Seus valores variam de -1 a +1. Para superfícies com alguma vegetação o IVDN varia de 0 e 1; já para a água e nuvens o IVDN geralmente é menor que zero.

Declividade e Hipsometria

Para a obtenção dos valores de Declividade e Hipsometria foram utilizados os dados de radar oriundos da missão SRTM obtidos através de acesso a página do Brasil em Alto Relevo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Miranda, 2009). Foi obtida a cena SB.24-Z-B, disponibilizada em folha com escala de 1:250.000 sendo realizado o recorte da SRTM para à área correspondente a área do município de São José do Sabugi.

Para a avaliação do relevo através das classes de declividade foi utilizado o Manual técnico de geomorfologia (IBGE, 2009) que tem por base a avaliação morfodinâmica da paisagem visando “identificar as categorias de relevo em função de suas características e sua dinâmica atual, bem como os efeitos das atividades antrópicas e sua reciprocidade sobre a morfodinâmica.” Deste modo foram adotadas cinco classes segundo IBGE (2009):

- Muito Fraca – Geralmente corresponde aos relevos planos (0 a 3%)

- Fraca – Caracteriza-se geralmente por relevos com declividade entre 3% e 8

- Moderada – Relaciona-se geralmente a relevos com declividade de 8% a 20%

- Forte – É traduzida geralmente por relevos com declividade de 20 a 45%

- Muito Forte – Identifica-se geralmente por relevos com declividades superiores a 45%

Atividade de campo

Durante os dias 09, 10 e 11 de maio de 2010 foi realizada uma atividade de campo no município de São José do Sabugi. A mesma visou à obtenção de pontos, com o GPS Garmim eTrex, que demonstravam características de uso e cobertura do solo.

Classificação supervisionada

Autores como Rennó (1999) e Queiroz (2004) afirmam que a classificação pode ser compreendida como uma partição do espaço de atributos segundo alguns critérios. Os classificadores por região, ou contextual (Rodrigues *et al* 2003) leva em consideração as informações de um conjunto de pixels vizinhos.

Os classificadores utilizados podem ser supervisionados ou não supervisionados. O primeiro é baseado na existência de classes definidas com base em informações previamente reconhecidas em campo e localizadas na imagem. Já a não supervisionada as classes são geradas pelo próprio classificador utilizado (Bittencourt 2001).

Deste modo através da classificação supervisionada foi possível realizar o treinamento com base nas informações da assinatura espectral dos alvos para cada ponto de GPS coletado. Como classificador foi utilizado o método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) citado por Queiroz (2004) como o mais utilizado em sensoriamento remoto dentro da abordagem estatística.

É um método considerado paramétrico, pois envolve parâmetros (vetor média e matriz de covariância) da distribuição gaussiana multivariada e é supervisionado, pois estima estes parâmetros através das amostras de treinamento (Erbert 2001). Segundo INPE (2002), citado por Queiroz (2004), “este classificador avalia a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma categoria a qual ele tem maior probabilidade de associação”.

A imagem utilizada para realização de treinamento e posterior classificação de uso e ocupação do solo foi a imagem do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 com data de passagem do satélite no dia 19 de junho de 2008.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição espacial das coletas realizadas em trabalho de campo está apresentada na Figura 2. Nota-se que foram coletados 27 pontos e bem

distribuídos no âmbito do município de São José do Sabugi-PB. Nesse trabalho de campo foi possível identificar e classificar os usos e cobertura do solo do município. Deste modo foram identificadas e definidas 5 classes principais de usos divididas em: Savana-Estépica Arborizada, áreas com utilização antrópica (agropecuária e agricultura), áreas com uma maior presença de solo exposto e as áreas com vegetação ciliar, Figura 3. Nota-se que a vegetação de Savana-estépica arborizada se apresenta em grande parte do município. Segundo o IBGE (1992) a savana-estépica arborizada caracteriza-se como uma área que apresenta uma dupla estacionalidade. Devido a fatores como uso, à qual a savana-estépica arborizada encontra-se submetida, diversificação e/ou predominância de espécies vegetais que apresentam uma maior ou menor sazonalidade e a altimetria é possível verificar a subdivisão desta classe em três subclasses.

Figura 2 - Pontos de uso e cobertura do solo do município de São José do Sabugi.

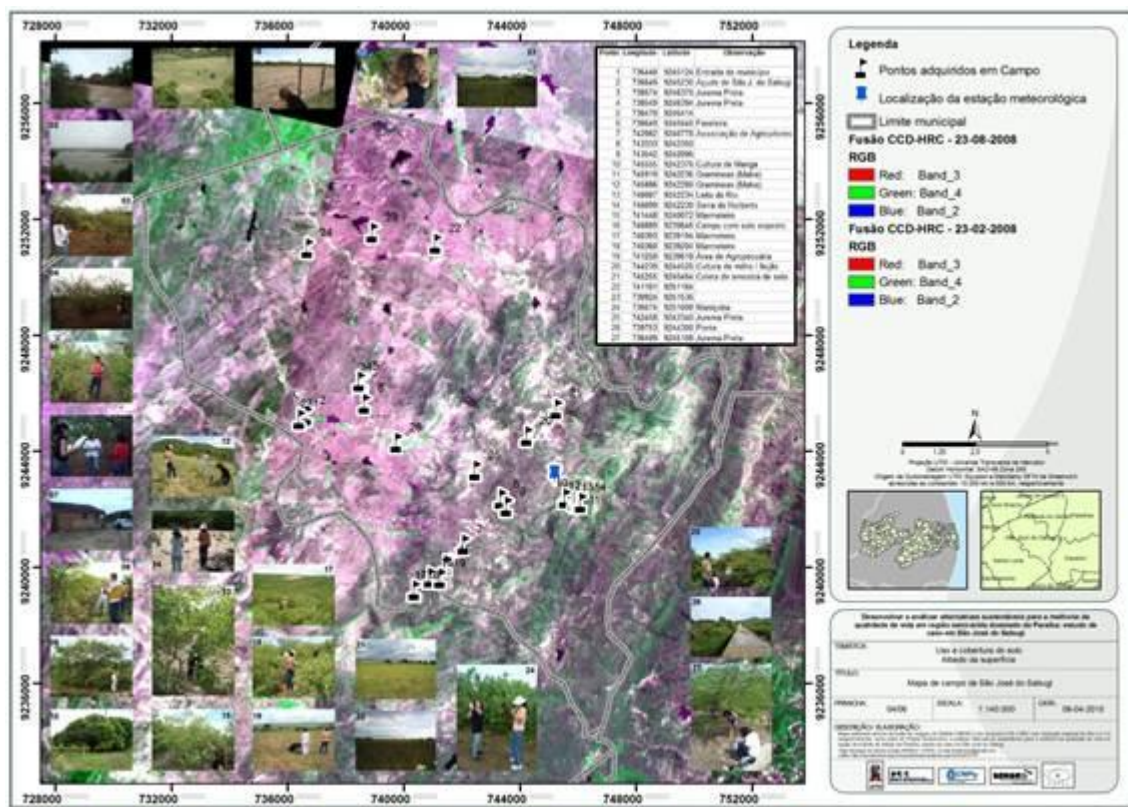
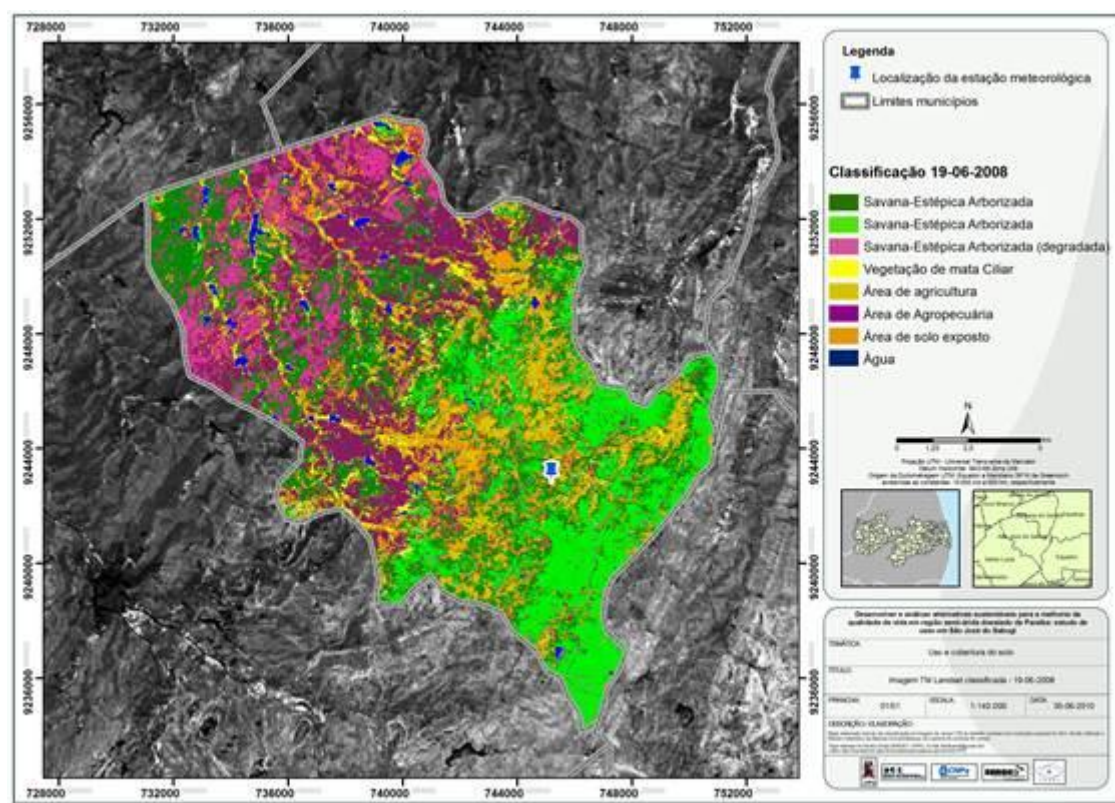


Figura 3 - Uso e cobertura do solo do município de São José do Sabugi.



A primeira subdivisão pode ser destacada como a área em que a mesma apresenta algum tipo de degradação causada por atividades agropastoris, localizadas principalmente na parte noroeste do município, topograficamente compreendidas entre 243-320m, Figura 4 e com declividade, Figura 5, inferiores à 3% (predominantemente) e 3 à 8% em alguns pontos. As demais subdivisões desta classe se apresentam localizadas espacialmente mais na parte central e na parte sudeste e sul do município. Nas Figuras 3 e 4 é possível observar que as áreas que compreendem a Savana-estépica arborizada mais preservada apresentando-se topograficamente compreendidas nas áreas mais elevadas do município de São José do Sabugi, entre 440 -560m e 560 – 720m com declividades, Figura 5, superiores à 8% consideradas moderada, forte e muito forte. Deste modo a declividade se

apresentou como um fator preponderante para a utilização do solo o que veio a proporcionar uma maior preservação.

A classe de Agropecuária é a segunda classe com maior dominância espacial do município, localizando-se predominantemente nas áreas com topografia compreendida entre 243-320m. Estas áreas apresentam declividades consideradas muito fraca e fraca, com declividades inferiores à 3% (predominantemente) e de 3 à 8% em alguns pontos. Deste modo a declividade se apresenta favorável à utilização pela agropecuária nestas áreas. As áreas utilizadas para desenvolvimento de agricultura no município de São José do Sabugi encontram-se inseridas topograficamente entre 480 e 600m, Figura 4, com declividades variando entre 3-8% e 8-20%, Figura 5, consideradas fraca e moderada.

Figura 4 - Hipsometria do município de São José do Sabugi

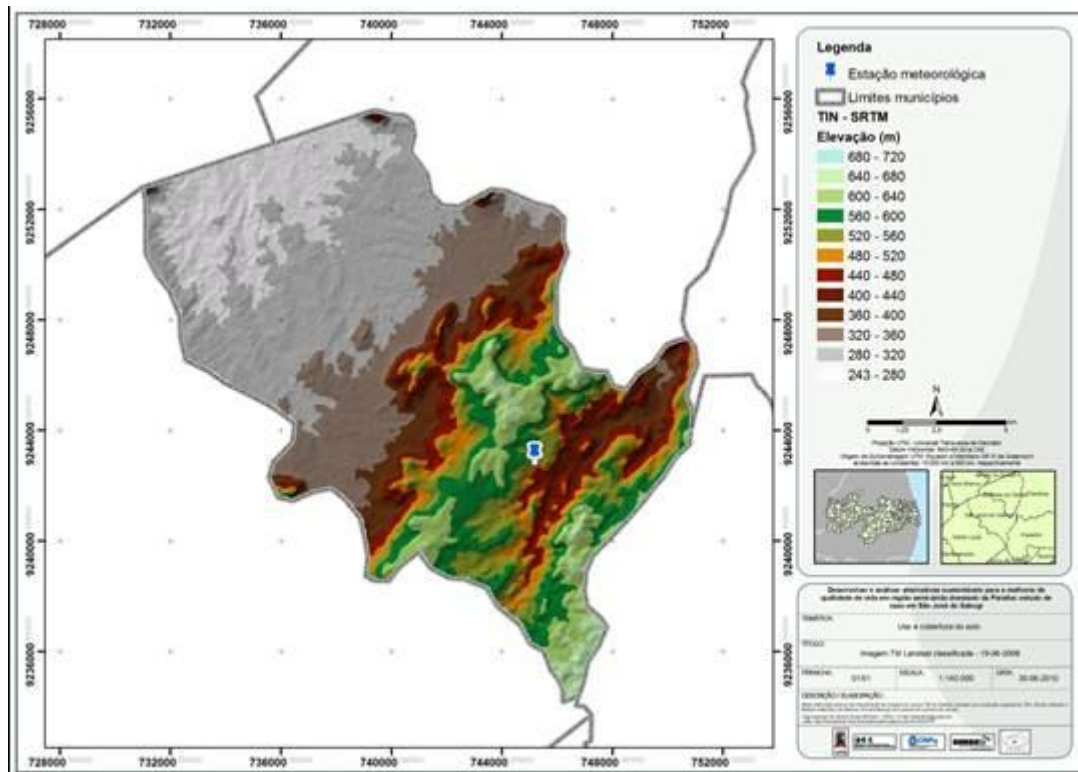
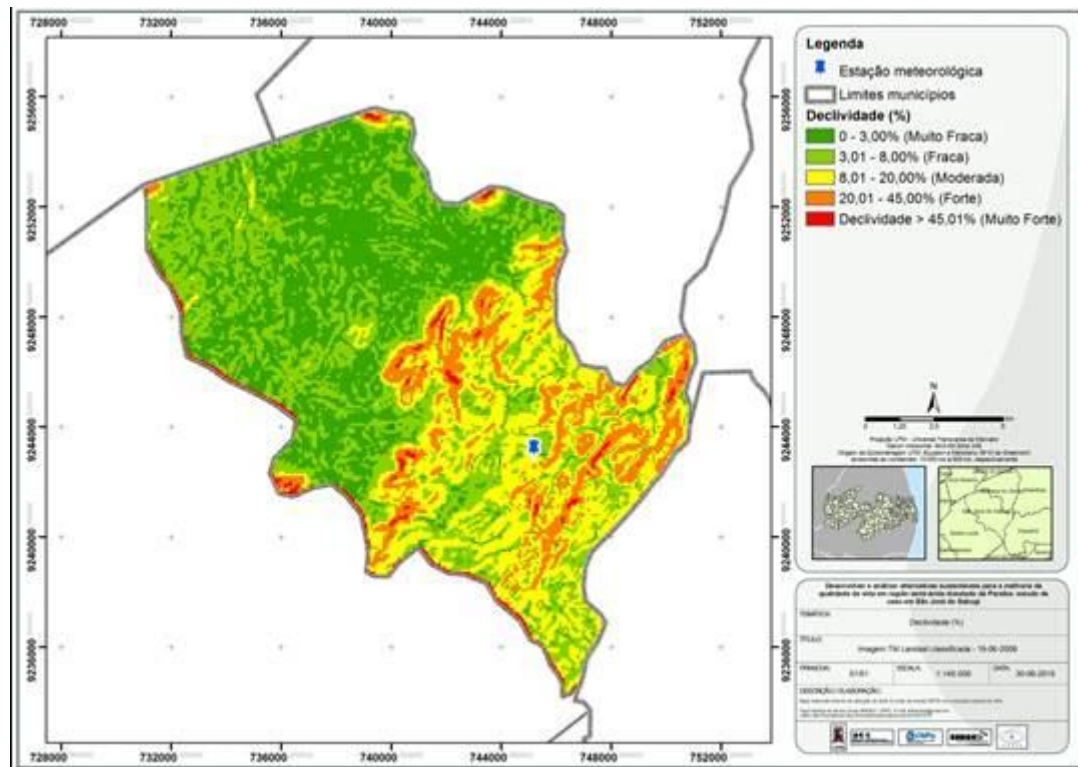


Figura 5. Declividade do município de São José do Sabugi.



Para o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), Figura 6, foram definidas 6 classes principais de IVDN onde as áreas classificadas como Savana-estépica arborizada degradada, Figura 7, área de agropecuária, Figura 8, e áreas de solo exposto, Figura 9, apresentaram IVDN inferiores à 0,50. Isto se deve ao fato que é observado, através da média histórica de precipitação dos postos Santa Luzia, Figura 10, e Juazeirinho, Figura 11, no estado da Paraíba e postos Parelha, Figura 12, e Ouro branco, Figura 13, no estado do Rio Grande do Norte, que o mês de junho apresenta um decréscimo no valor de precipitação apresentando uma média mensal de precipitação (mm) inferior a 30mm.

Deste modo para evitar a perda excessiva de água através da evapotranspiração, a vegetação diminui a área foliar dos dosséis apresentando um baixo valor de reflectância. Maldonado (2004) afirma que a baixa atividade fotossintética refletida pelo aspecto seco dos estratos que compõem as fácies de caatinga faz com que a resposta espectral desta formação tenha um importante componente de sombreamento da porção lenhosa (troncos e galhos).

Asner *et al.* (2000) afirma que a ausência de material foliar verde em grande número de espécies, diminui a influência da componente foliar na resposta espectral. Deste modo Choudhury (1992) afirma que as características da vegetação natural da caatinga contrastam com as das culturas implantadas que apresentam alta atividade vegetativa (atividade fotossintética), devido as

formas artificiais de irrigação da cultura, e a dominância de poucas espécies.

Nota-se que para o ano de 1990, Figura 6, grande parte do município apresenta IVDN inferiores a 0,30, sendo possível a visualização também no histograma, com a presença de grande parte dos pixels desta imagem nesta classe. Logo após este ano nota-se que as áreas de IVDN classificadas abaixo de 0,30 diminuem espacialmente entre as imagens de 1997 e 2008 e apresenta um novo aumento nas imagens de 2008 e 2010 sendo possível também a visualização desta diminuição e posterior aumento nos histogramas das duas imagens.

No caso de áreas com vegetação nativa os valores de índices de vegetação podem sofrer grandes alterações quando realizada a comparação no período interanual e intra-anual. Na região semiárida brasileira, essas variações anuais são muito mais marcantes, uma vez que a disponibilidade hídrica é um dos principais condicionante.

As áreas classificadas, Figura 3, como vegetação de Savana-estépica Arborizada mais preservada, Figura 14, compreendidas topograficamente entre 440 e 720m, apresentou valores de IVDN superiores à 0,51, com exceção da imagem de junho de 1990. Nota-se, através da visualização da imagem de junho de 2010, uma diminuição da densidade da cobertura vegetal de IVDN > 0,61, que passaram a apresentar IVDN classificado entre 0,52 - 0,60 o que pode ter sido influenciado pelos menores índices de precipitação observadas.

Figura 6. Índice de vegetação da diferença normalizada – IVDN para o município de São José do Sabugá.

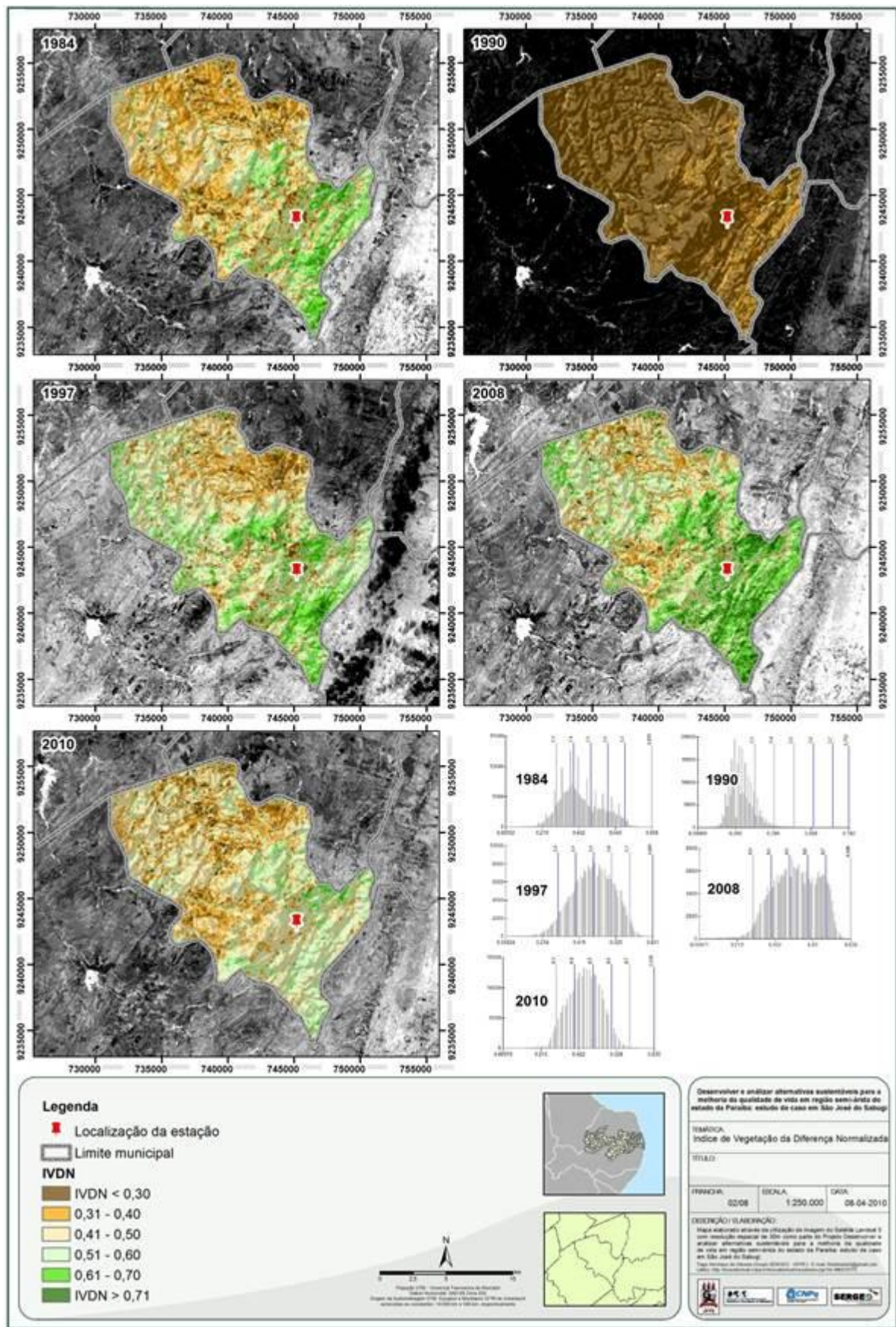


Figura 7 - Área com Savana-estéptica Arborizada degradada no município de São José do Sabugí. (UTM – Datum SAD69 ; Zona 24S UTM-N 9251008 UTM-E 736674)



Figura 8 - Área de pecuária no município de São José do Sabugí. (UTM – Datum SAD69 – Zona 24S; UTM-N 9239618 UTM-E 741250).



Figura 9 - Área com presença de solo exposto no município de São José do Sabugí. (UTM – Datum SAD69 – Zona 24S UTM-N 9242234 UTM-E 746007; UTM – Datum SAD69 – Zona 24S UTM-N 9239646 UTM-E 740889)



Figura 10 - Media histórica de precipitação (mm) e temperatura média (°C) para o posto Santa Luzia, PB.

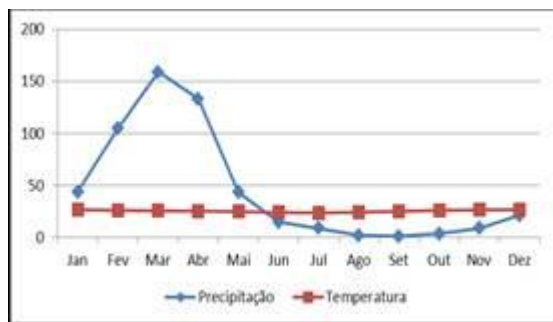


Figura 12 - Media histórica de precipitação (mm) e temperatura média (°C) para o posto Parelha, RN

Figura 11 - Media histórica de precipitação (mm) e temperatura média (°C) para o posto Juazeirinho, PB

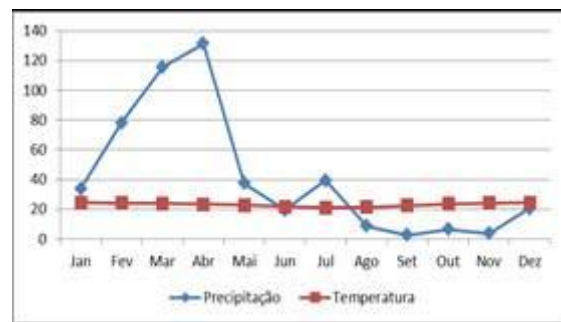


Figura 13 - Media histórica de precipitação (mm) e temperatura média (°C) para o posto Ouro Branco, RN

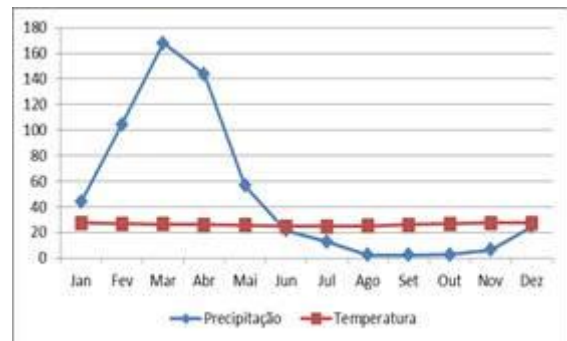
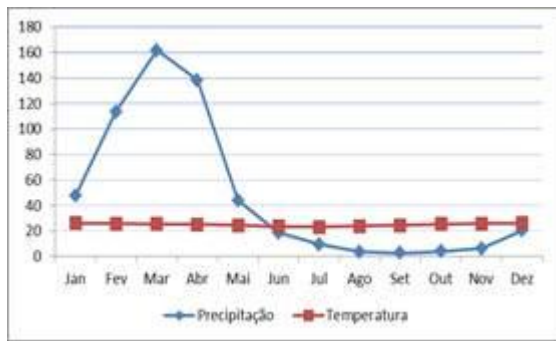


Figura 14. Área com Savana-estépica Arborizada no município de São José do Sabugí. (UTM – Datum SAD69 – Zona 24S UTM-N 9239194; UTM-E 740393 UTM – Datum SAD69 – Zona 24S UTM-N9246414 UTM-E 738470).



CONCLUSSÕES

O município de São José do Sabugí apresenta cinco diferentes classes de uso e ocupação do solo: Savana-Estépica Arborizada, áreas com utilização antrópica (agropecuária e agricultura), áreas com uma maior presença de solo exposto e as áreas com vegetação ciliar. Em geral, a cobertura do solo do município de São José do Sabugí é a Savana-estépica arborizada.

O método da Máxima Verossimilhança (MAXVER) apresentou uma boa resposta na classificação da imagem de junho de 2008 do município de São José do Sabugí, podendo ser perceptível a discriminação entre os diferentes níveis de Savana-estépica Arborizada condicionadas ao uso do solo.

A influência topográfica exerce grande influencia na distribuição da Savana-estépica Arborizada no município de São José do Sabugí.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de auxílio financeiro, através do projeto de pesquisa com processo número 560033/2008-7. As Geógrafas: Josimary Santos Silva e Jéssica Bezerra Menezes pelo auxílio na coleta de dados em campo. A doutoranda Célia Cristina Clemente Machado pelo auxílio no processamento dos dados. Ao grupo de pesquisa Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO/UFPE pela disponibilização de infraestrutura.

REFERENCIAS

- ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 97p., 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, Feb 2000.
- BASTIAANSEN, W. G. M.. Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain. A remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climates. Agricultural University of Wageningen. PhD Thesis. 273 pp, 1995.
- 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.
- BITTENCOURT, H. R., 2001. Reconhecimento estatístico de padrões: o caso da discriminação logística aplicada a classificação de imagens Digitais obtidas por Sensores remotos. In *Congresso Brasileiro de Computação – CBComp 2001*.
- 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. 2003.
- CHOUDHURY, B.J. Multispectral satellite observations for arid land studies. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.47, p.101-126, 1992.
- ERBERT, M., 2001. Introdução ao Sensoriamento Remoto. Master Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- GALVÍNCIO, J.D., DANTAS, L.G., FERNANDES, J.G., SILVA, J.B., MOURA, M.S.B. & MACHADO, C. (2009). 2005, ‘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*, vol. 26, no. 2, pp. 124-141.
- IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Série manuais técnicos em geociências. N.01. Rio de Janeiro – RJ. 94p. 1992.
- IBGE. Manual técnico de geomorfologia / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 181 p. – (Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598 ; n. 5)
- INPE, 2002. Tutorial SPRING. INPE, São José dos Campos.
- QUEIROZ, R.B.; TODRIGUES, A.G.; GOMÉS, A.T. Estudo Comparativo entre as Técnicas Máxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais na Classificação de Imagens IR-MSS CBERS 1. WORKCOMP 2004.
- MALDONADO, F. D. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), 311 f. Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais INPE – São José dos Campos, São Paulo (INPE-12679-TDI/1007). 2004.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). *Brasil em Relevo. Dados SRTM*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> . Acesso em: 01 de maio 2009.

OLIVEIRA, T.H. & GALVÍNCIO, J.D. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó – PE usando sensoriamento remoto termal. *Revista Brasileira de Geografia Física - Recife-PE Vol.1 n.02 Set/Dez 2008*,30-49. 2008

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.

RENNÓ, C. D., 1999. Avaliação das Incertezas nas Classificações de Máxima Verossimilhança e Contextual de Modas Condicionais Iterativas em Imagens. In *GISBRASIL '99*, Salvador.

RODRIGUES, A. G., Queiroz, Rossana B., Gómez, A. T., 2003. Estudo comparativo entre os Métodos de Classificação de Imagens de Satélite Máxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais. In *Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia – CRICTE 2003*.

SILVA, B. B. da; 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, p. 243-252, 2005a.

SILVA, B. B. da; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. de. Determinação do albedo de áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 – TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2005b.