

# COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA NA REGIÃO ARARIPE PERNAMBUCANA

Msc. Ivan Ighour Silva Sá  
Pós-Graduação em Geografia da UFPE  
Embrapa Semiárido BR 428, Km 152, Zona Rural – Caixa Postal 23 - CEP 56302-970, Petrolina (PE), Brasil  
Fone: (55 87) 3862-1711 Fax: (55 87) 3862-1744 - ighour@hotmail.com

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Josicléda Domiciano Galvêncio  
josicleda@hotmail.com

Magna Soelma Beserra de Moura  
magna@cpatsa.embrapa.br

Iedo Bezerra Sá  
iedo@cpatsa.embrapa.br

## RESUMO

O presente estudo se desenvolve nos municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade. Estes municípios formam o pólo gesseiro do Araripe e estão localizados no extremo oeste de Pernambuco. Essa região sofre intensas modificações em sua paisagem pela remoção da cobertura vegetal para a utilização da lenha nas calcinadoras da região bem como para práticas agrícolas tradicionais. O objetivo deste estudo é o de analisar a cobertura vegetal desta região com base na classificação não-supervisionada do NDVI e levantamentos de campo. Na região encontram-se as fisionomias Savana Estépica nas suas fácies Florestada e Arborizada que estão localizadas na Unidade de Paisagem da Depressão Sertaneja, as áreas de contato de vegetação do tipo Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional que estão localizadas na Chapada do Araripe bem como as áreas onde essas fisionomias se encontram em regeneração e em áreas de agropecuária.

**Palavras-chave:** Mapeamento, Região do Araripe, cobertura vegetal

## ABSTRACT

The present study was developed in the municipal districts of Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri and Trindade. These municipal districts form the “Pólo Gesseiro do Araripe” and they are located in the extreme west of Pernambuco. That area suffers intense modifications in its landscape for the removal of the vegetable covering for the use of the firewood in the manufacture of plaster of the area as well as for traditional agricultural practices. Of there, the objective of this study went analyze to vegetable covering of this area with base in the no-supervised classification of NDVI and field risings. It was verified that meet the physiognomies Arborized Estepic Savanna and Florested that are located in the Unit of Landscape of the “Depressão Sertaneja”, the areas of contact of vegetation of the type Savanna, Estepic Savanna and Semi-deciduous Forest they are located in Plated her of Araripe as well as the areas where those physiognomies meet in regeneration and the areas of agricultural.

**Key words:** Mapping, Região Araripe, vegetable covering.

## RESUMEN

Este estudio desarrolla los municipios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri y Trinidad. Estos distritos forman el eje de Araripe y se encuentran en el extremo oeste de Pernambuco. Esta región sufre intensos cambios en el paisaje mediante la eliminación de la cubierta vegetal para el uso de leña en la calcinación de la región, así como para las prácticas agrícolas tradicionales. El objetivo de este estudio es analizar la vegetación de esta región, basado en la clasificación no supervisada de NDVI y encuestas sobre el terreno. En la región son las caras Savana facies Estépica en sus bosques y cubierta de árboles que se encuentran en la Unidad de Paisaje Depresión país, las áreas de contacto de tipo de vegetación Savana, Savana Estépica y el bosque de hoja caduca que se encuentran en la Araripe y áreas donde estas caras están en la regeneración y en áreas de la agricultura.

**Palabras-clave:** Cartografía, Araripe, cubierta de árboles.

---

## INTRODUÇÃO

O termo uso da terra denota a forma pela qual o espaço está sendo ocupado, quer por aspectos naturais quer por atividades antrópicas. Em se tratando de atividades antrópicas os fatores sociais e econômicos são os que determinam a dinâmica do uso da terra (TURNER, WEAR, & FLAMM,

1996; WEAR, TURNER, & FLAMM, 1996; PAN, DOMON, MARCEAU, & BOUCHARD, 2001; HIETEL, WALDHARDT, & OTTE, 2005).

Os estudos relacionados ao uso da terra subsidiam então informações para criação de um banco de dados que possibilitam uma melhor utilização do espaço regional, dá indicações sobre a tradição e sobre os conhecimentos empíricos arraigados na cultura dos lavradores e suas ações perante o meio ambiente em que vivem (calendário agrícola, práticas agrícolas adotadas, variedades plantadas) e a cobertura vegetal dá uma idéia de como o ecossistema se apresenta na atualidade, além de permitir em perspectivas futuras, o uso e a conservação do meio estudado (RIBEIRO, et al. 2008).

Existem diversas maneiras e métodos para o levantamento do uso da terra. Os métodos convencionais são mais onerosos e demandam grandes períodos de tempo para sua realização, diferentemente dos métodos modernos como, por exemplo, das fotografias aéreas e imagens de satélite, que proporcionam reduções significativas de tempo e economia no tocante ao custo (FERREIRA et al. 2001). Trata-se então das técnicas de sensoriamento remoto, que ainda segundo estes autores quando se pretende estudar áreas relativamente grandes, a aplicação destas técnicas através da utilização de imagens de satélite, torna-se imprescindível, pelo fato de possibilitar entre outros a análise útil da vegetação.

Por exemplo, Teotia et al. (2001) utilizou imagens do sensor HRV (High Resolution Visible) do SPOT (Système Pour l'Observation de La Terre) em estudos temáticos para o uso da terra e da cobertura vegetal e classificação do solo em região semi-árida do Piauí.

Azambuja Madruga (2004) utilizou imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT para mapeamento de uso da terra diferenciando os diversos tipos de cobertura vegetal natural e antrópica em áreas do Estado do Rio Grande do Sul a partir da técnica de classificação supervisionada.

Barbosa et al (2007) realizou uma análise da dinâmica do uso das terras entre os anos de 1987 e 2003 com imagens do LANDSAT 5 a partir de inúmeras técnicas de sensoriamento remoto e com base na cobertura vegetal avaliou a degradação das terras do município de Picos - PI.

Ribeiro et al. (2008) também utilizando imagens do sensor TM do LANDSAT 5 a partir de interpretação visual e levantamentos de campo obtiveram o mapa de uso atual da terra dos municípios de Pocinhos e Puxinanã ambos localizados no agreste Paraibano.

Souza et al. (2008) utilizando imagens de satélite do LANDSAT 5 e técnicas de geoprocessamento realizou um estudo da evolução temporal da cobertura vegetal dos municípios de Boa Vista-PB chegando a conclusão que a cobertura vegetal deste município foi reduzida ao longo do período de 1987 a 2004.

Barbosa et al. (2009) também realizou um estudo da cobertura vegetal e uso agrícola do solo utilizando imagens do LANDSAT 5 para o município de Lagoa Seca-PB.

Sá et al. (2009) realizou o mapeamento e caracterização da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do São Francisco utilizando imagens do sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) do LANDSAT 7 com base na interpretação visual das imagens e do NDVI – Normalized Difference Vegetation Index.

O NDVI é um produto de sensoriamento remoto que pode ser utilizado para avaliar tanto a variação espacial como temporal das condições da vegetação e a dinâmica dos ecossistemas (Perry and Lautenschlager, 1984; Cohen,1991). Este é o índice de vegetação mais utilizado nos estudos sobre a cobertura vegetal. Segundo Karniely et al., 1996 este índice além de possibilitar o estudo da dinâmica do ecossistema, também pode ser utilizado nos estudos de mudanças do uso da terra, desertificação e processos de mudanças climáticas em escala regional e global.

Sá et. al. (2000) utilizando o NDVI como indicador de degradação ambiental através de análise temporal demonstraram neste trabalho que a frequência dos valores baixos do NDVI teve um considerável aumento nas zonas de menor densidade de cobertura vegetal, que estão associadas às estruturas antrópicas e sua vizinhança, ao passo que foi observado um aumento das frequências

de valores altos do NDVI, indicando uma expressiva melhora nas zonas de maior densidade de cobertura vegetal, normalmente associadas às áreas florestais.

Segundo Liu (2007), o objetivo dos índices de vegetação é condensar as informações espectrais e discriminar o que é vegetação e não vegetação, com a vantagem de corrigir parcialmente os efeitos das variações locais das condições atmosféricas e das variações de ângulo de visada.

Segundo Barbosa et. al. (2006) tornou-se imperativo a utilização do NDVI no mapeamento da cobertura do solo, bem como está sendo amplamente explorado em estudos e projetos de investigação e desenvolvimento relacionados com o monitoramento global da vegetação.

Praticamente todos os estudos realizados sobre o tema uso da terra têm o objetivo de mapear o estágio atual e as alterações na paisagem. Desta forma estes estudos têm grande importância na região Nordeste do Brasil, pois a economia nordestina está fortemente sustentada na exploração dos recursos naturais, principalmente no que se refere ao extrativismo da cobertura vegetal, o superpastejo de áreas nativas e exploração agrícola sem qualquer tipo de preocupação conservacionista (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

A região do Araripe, Semi-árido do Estado de Pernambuco e do Nordeste é formada pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri, que formam o pólo gesso da região do Araripe pernambucano, responsável pela produção de 95% da produção nacional de gesso e pela geração de milhares de empregos diretos e indiretos nas mineradoras, calcinadoras e fabricas de pré-moldados instaladas na região (SINDUSGESSO, 1999).

A matriz energética das fabricas envolvidas no processo de produção do gesso desta região é a lenha proveniente da caatinga muitas vezes resultante de desmatamento ilegal. A demanda energética anual é da ordem de 579.048,75 estereos (st) que resulta numa exploração anual de 3.860ha de floresta nativa (SECTMA, 2007).

Observa-se então que as atividades econômicas do pólo gesso do Araripe têm relação intrínseca com a problemática ambiental causada pela remoção de cobertura vegetal nativa - caatinga.

O objetivo deste estudo é analisar o clima (temperatura e precipitação), o uso e cobertura da terra da Região do Araripe Pernambucano a partir dos métodos e técnicas de geoprocessamento e informações de sensoriamento remoto, como também validar o mapeamento através da estatística Kappa.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### *Caracterização da área de estudo*

Este estudo foi realizado nos municípios de Araripina, Bodocó, Ouricuri, Trindade e Ipubi, no Estado de Pernambuco, que formam o pólo gesso do Araripe Pernambucano, totalizando 7.082,86 km<sup>2</sup>, que representam 7,20% da área total do Estado de Pernambuco. O município de Ouricuri é o maior deles e ocupa 33,55% da região estudada (Figura-1).

A região de estudo está contida no Bioma Caatinga, e segundo Giulietti et al, 2004 é uma área de extrema importância biológica com necessidade de conservação da sua flora, pois se trata de uma região de mosaicos vegetacionais.

A Caatinga é classificada pelo IBGE como Savana Estépica. Este termo foi empregado no Brasil para designar a área do “sertão árido nordestino” com dupla estacionalidade, possuindo dois períodos secos anuais, um com longo déficit hídrico seguido de chuvas intermitentes e outro com seca curta, seguido de chuvas torrenciais que podem faltar durante anos (IBGE, 1992).

De acordo com o Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco, realizado na escala de 1:100.000 (Embrapa, 2004), na região do Araripe existem nove classes de solos: Neossolo Flúvico, cambissolo háplico, latossolo amarelo, luvisolo crômico, argissolo amarelo, argissolo solódico, argissolo vermelho-amarelo, neossolo litólico e vertissolos distribuídos nos cinco municípios (Figura-2).

Figura 1 – Localização da área de estudo

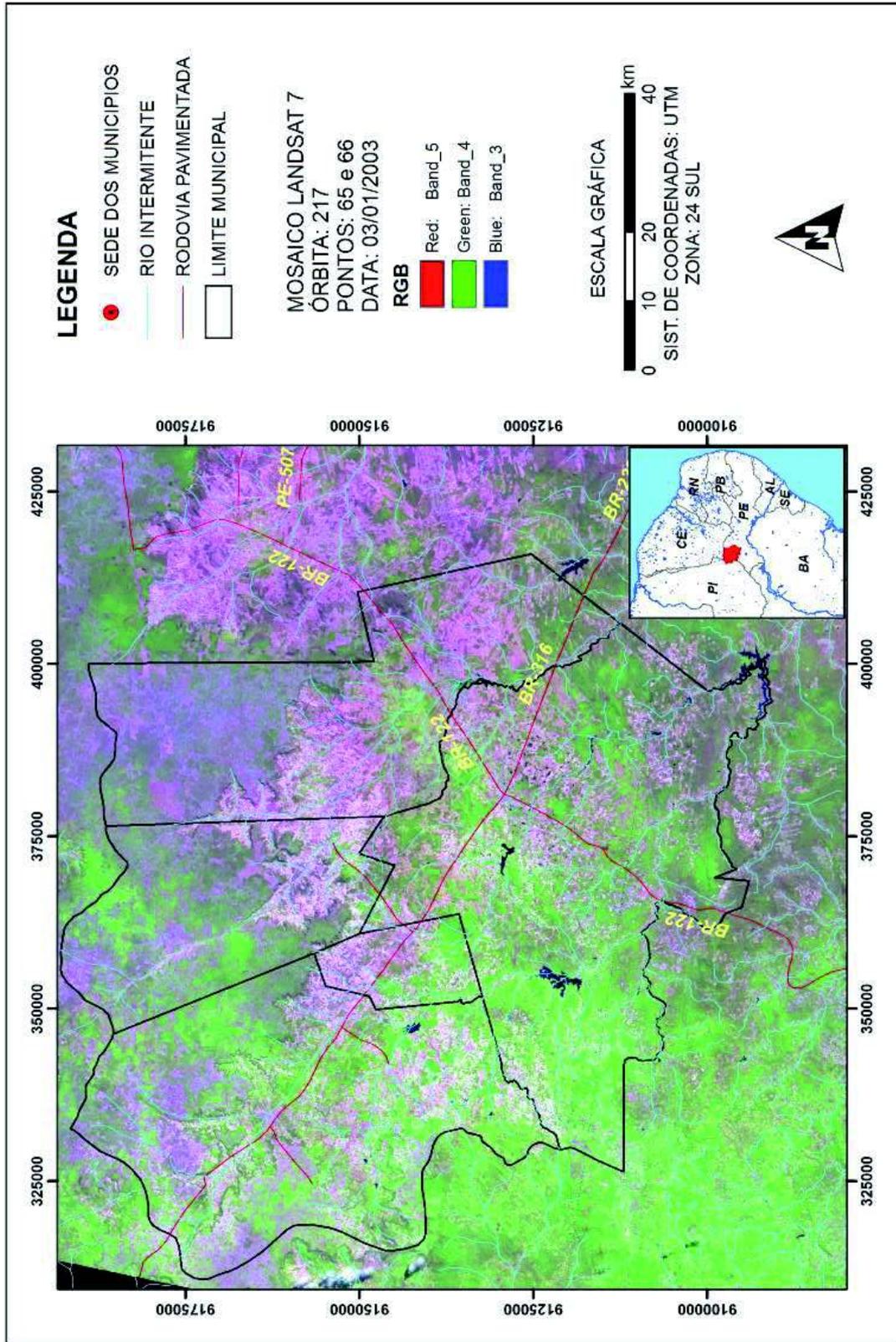
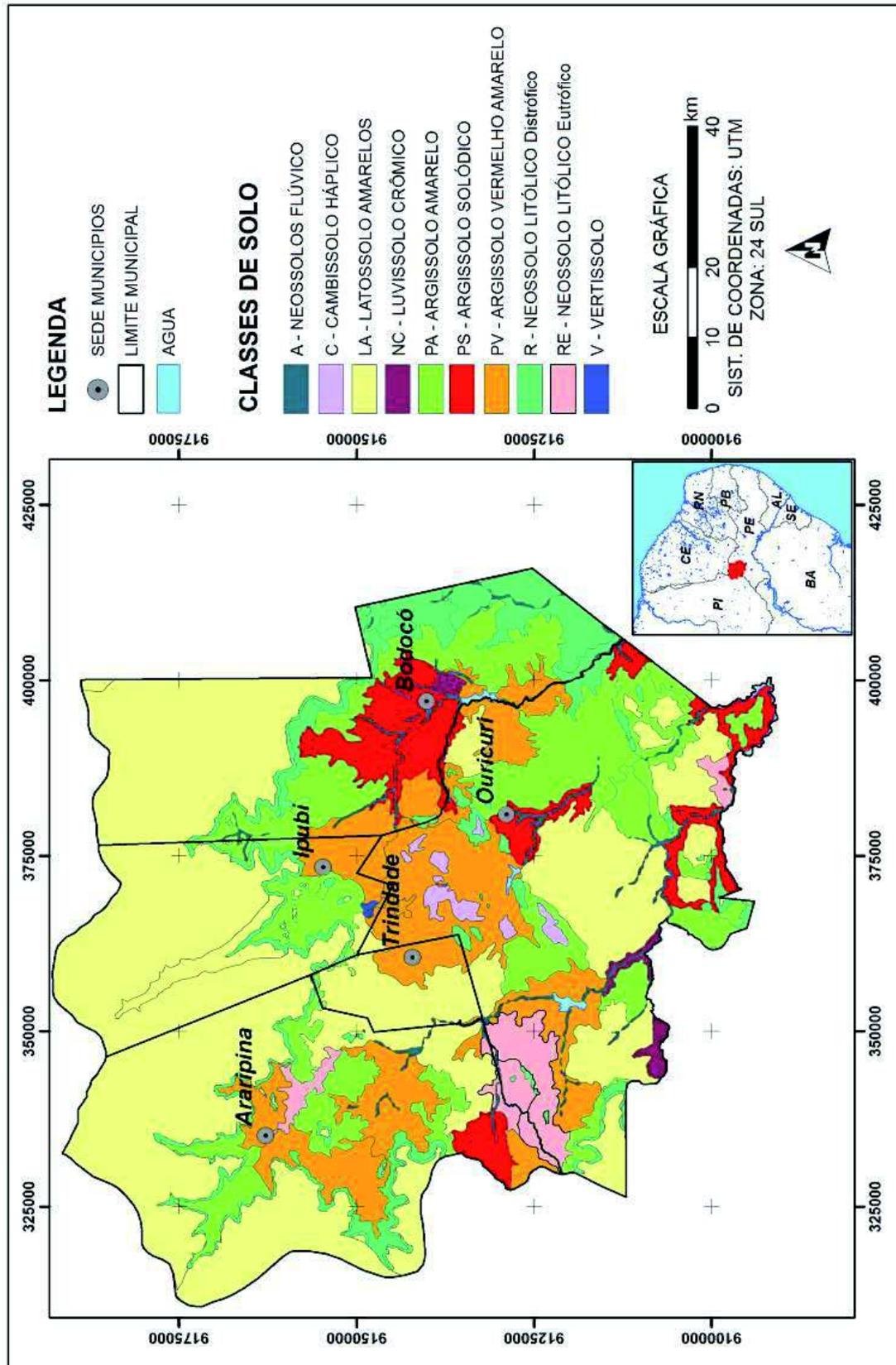


Figura 2 – Solos da região do Araripe Pernambucano



As precipitações são baixas e irregulares em toda a área de estudo, e a estação seca se prolonga por 7 a 10 meses, com temperatura média variando entre 24 a 26 °C. A semi-áridéz é acentuada na parte mais baixa, onde os totais anuais precipitados variam entre 400 e 500 mm. Na região norte, o que corresponde a Chapada do Araripe as precipitações aumentam, atingindo médias entre 700 e 800 mm. O clima predominante da área de estudo é BSw<sup>h</sup> conforme classificação de Koppen. Este tipo climático apresenta-se como quente semi-árido, tipo estepe, com a estação chuvosa atrasada para o outono. O mês mais frio mostra-se com temperatura superior a 18° C (LOPES, 2005).

### Processamento digital das imagens

Neste estudo foram utilizadas imagens digitais do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT 5, obtidas na órbita 217 e pontos 65 e 66 em 21/09/2008 pertencentes então a época seca. Uma base digital de rodovias da região elaborada a partir de levantamento de campo com equipamento de sistema de posicionamento global (GPS) da marca garmin modelo etrex Legend cx com uma precisão em torno de 6 metros para ser utilizada no processo de correção geométrica. No processamento das imagens digitais utilizou-se os software Erdas Imagine 9.3 e ARCGIS 9.3, licença do Departamento de Ciências Geográficas-DCG.

As imagens da órbita 217 e pontos 65 e 66, adquiridas em 21/09/2008, foram obtidas no site de geração de imagens do INPE em formato geotiff com projeção/datum UTM/SAD-69. O ângulo de elevação solar do ponto 65 é 59,51 e do ponto 66 é 58,94, porém o valor utilizado foi uma média aritmética (59,22) da elevação destes dois pontos por a região de estudo compreender a área de intersecção das duas imagens. É de grande importância ressaltar que este satélite possui uma resolução espacial de 30x30 metros cobrindo cada pixel 900m<sup>2</sup>, resolução temporal de 16 dias e radiométrica de oito bits.

O primeiro processamento foi o empilhamento das sete bandas de cada imagem com posterior mosaicação e recorte da imagem para a região de estudo utilizando a malha municipal digital do IBGE na escala de 1:250.00. O empilhamento das bandas foi necessária para a confecção da imagem em composição colorida que auxiliou na interpretação visual da cena.

No processo de correção geométrica (registro) foi utilizado o método polinomial de primeira ordem para ajustar a imagem com a realidade do campo no sentido de se fazer levantamentos acerca da florística e da fisionomia florestal para as classes levantadas.

A retificação radiométrica foi feita a partir da conversão dos números digitais em radiância e posteriormente em reflectância utilizando as equações 1 e 2 no sentido de se atenuar os efeitos atmosféricos sobre as imagens de satélite (Bastiaansen, 2000):

$$L_{\lambda} = ND \cdot \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} + L_{\min} \quad (1)$$

Onde  $L_{\lambda}$  é a radiância de cada banda, ND valor do numero digital do pixel na banda e  $L_{\max}$  e  $L_{\min}$  são a radiância máxima e mínima expressas em Wm<sup>-2</sup> sr<sup>-1</sup> μm<sup>-1</sup> para o sensor e banda em questão.

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi L_{\lambda} d^2}{E_{\text{Sol}} \lambda \cos^2 \theta_s} \quad (2)$$

Onde  $\rho_{\lambda}$  é a reflectância planetária ao nível de satélite para cada banda,  $\pi$  é o ângulo sólido do hemisfério projetado,  $L_{\lambda}$  a radiância espectral na abertura do sensor em W.sr<sup>-1</sup>. m<sup>-2</sup>.μm<sup>-1</sup> para cada banda,  $d$  é a distância do sol à terra em unidades astronômicas,  $E_{\text{Sol}} \lambda$  é a irradiância solar média espectral fora da atmosfera em W.m<sup>-2</sup>.μm<sup>-1</sup>,  $\theta_s$  é o zênite solar no pixel da imagem em questão que para simplificar utiliza-se o ângulo central fornecido na imagem.

A partir dos dados de reflectância foi obtido o NDVI através da equação 3 proposto por Rouse et al. em 1974

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (3)$$

(3) Cálculo do NDVI; onde  $\rho_4$  e  $\rho_3$  são as reflectâncias planetárias ao nível do satélite landsat 5 e 7 na banda 4 e na banda 3 respectivamente.

Após a obtenção da imagem NDVI foi feita uma classificação não supervisionada em 12 classes procurando a diferenciação e a quantificação das fisionomias a partir deste índice.

A partir dos dados levantados e analisados são apresentadas a seguir as considerações importantes obtidas com base na classificação não supervisionada e levantamento de campo para a região analisada.

As classes dos mapas desenvolvidos neste estudo levaram em consideração a classificação do IBGE, (1992).

#### *Critério de avaliação do mapeamento*

A confirmação da qualidade do mapeamento foi realizada com base no coeficiente de Kappa propostos por Landis e Koch (1977). O objetivo da aplicação desta análise Kappa é obter a medida de concordância entre os dados reais e da classificação representados na diagonal principal da matriz de confusão e as ocorrências indicadas nos totais das colunas e linhas. Conforme os autores acima mencionados qualidade do mapeamento a partir do índice de Kappa está baseada na Tabela 1.

Tabela 1. Avaliação segundo o coeficiente K

<i>Qualidade do mapeamento</i>	<i>K</i>
Péssima	< 0
Ruim	0 - 0,20
Acurácia razoável	0,20 - 0,40
Acurácia moderada a boa	0,40 - 0,60
Acurácia muito boa	0,60 - 0,80
Acurácia excelente	0,80 - 1,00

Fonte: Landis e Koch (1977).

Os dados climatológicos utilizados neste estudo foram obtidos junto ao Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco - LAMEPE. Foram efetuadas análises climatológicas de temperatura e precipitação, com séries históricas acima de 30 anos de dados de precipitação e temperatura estimada pelo Estima T. Ainda analisou as precipitações diárias ocorridas no período de 01/05/2008 e 31/09/2008. A escolha desse período se deu em função da data da imagem de satélite utilizada neste estudo. Adotou-se o critério de se analisar os três meses anteriores a imagem de satélite, isto porque é um período suficiente para avaliar as interferências da precipitação na cobertura vegetal.

## *RESULTADOS E DISCUSSÃO*

### *Análise climatológica*

As Figuras 3a e 3b mostram a precipitação média mensal e anual e ainda a temperatura média mensal e anual da Região do Araripe Pernambucano respectivamente. Pode-se observar através da

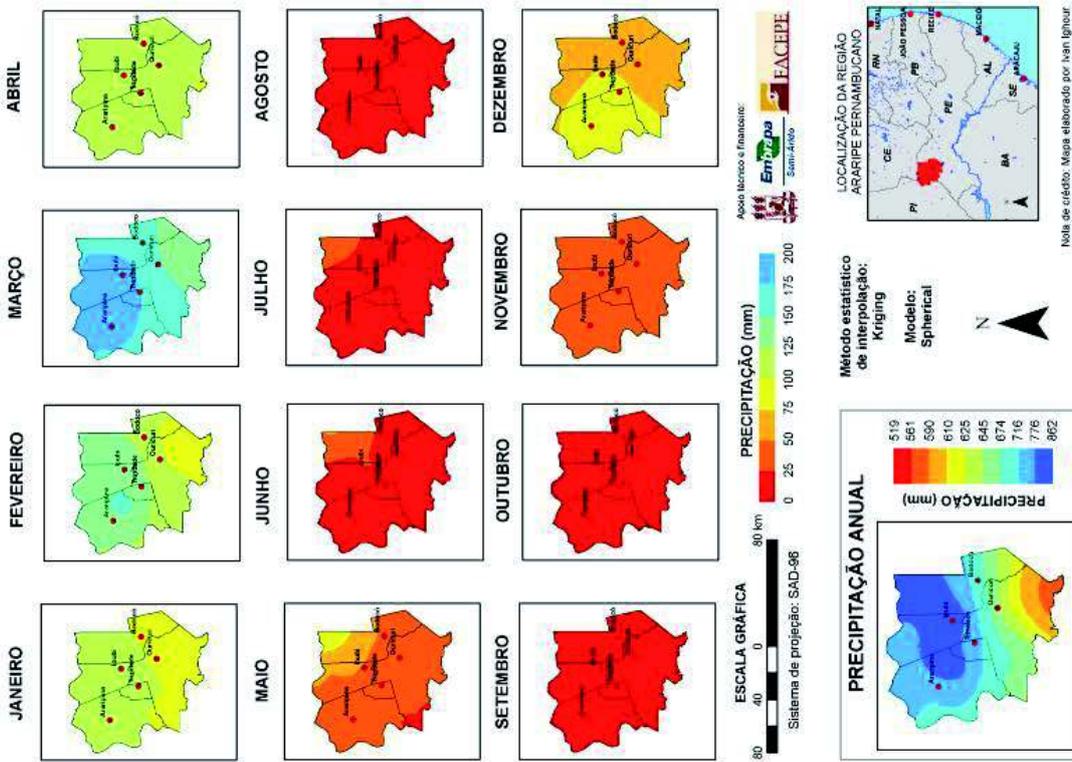


Figura 3a - Precipitação média mensal e anual na Região do Araripe Pernambuco

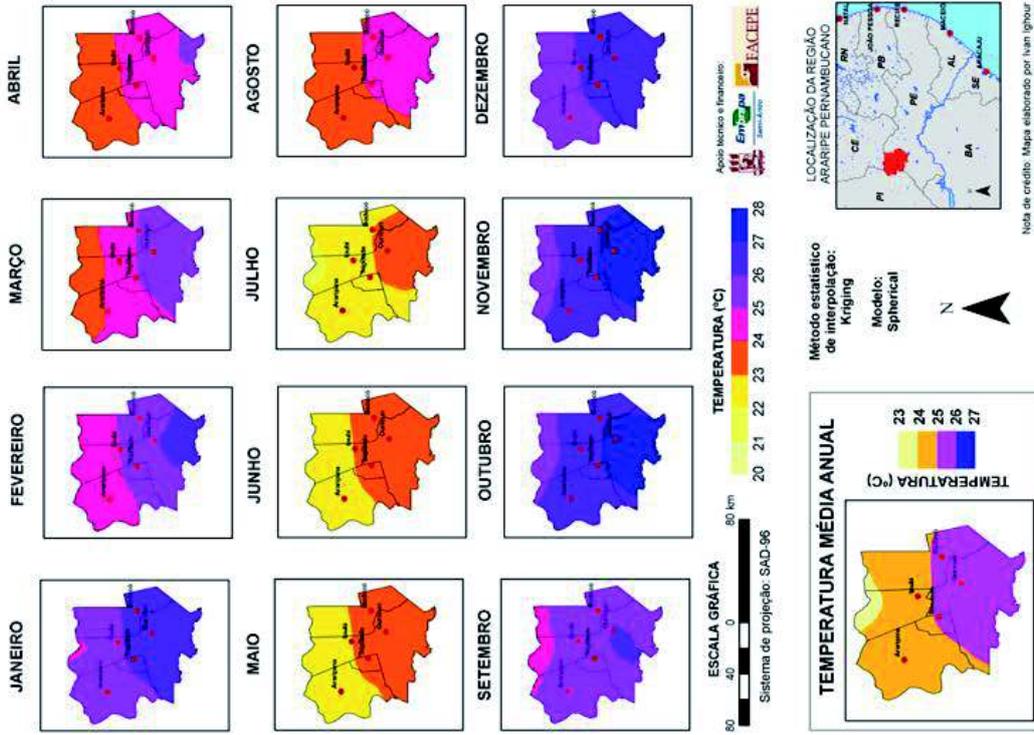


Figura 3b - Temperatura média mensal e anual na Região do Araripe Pernambuco

Figura 3a que em cinco meses do ano as precipitações mensais ficam abaixo de 25 mm e a média anual não ultrapassa 719 mm. As precipitações anuais variam entre 519 mm a 719 mm decrescendo de noroeste para sudoeste. Ainda pode-se observar analisando esta Figura 3a que o quadrimestre mais chuvoso está compreendido entre os meses de janeiro a abril enquanto que o período seco ocorre em praticamente oito meses do ano. Já em relação à temperatura, pode-ser observado na Figura-3b que a região ao sul possui temperatura média mais elevada variando entre 25 e 26° C enquanto que ao norte entre 23 e 25°C. No âmbito da região do Araripe a temperatura média anual pode variar espacialmente em até 40C. Os meses mais frios na região ocorrem entre maio e julho com temperaturas mínimas de até 20C, em especial na área da chapada do Araripe.

A Figura 4 apresenta a precipitação observada no período de 01 de maio de 2008 a 31 de setembro de 2008. Os municípios que receberam maior precipitação total acumulada para o período supracitado foram Bodocó (66 mm), Ipubi (93,3 mm), Ouricuri (39,3) e Araripina (185 mm) de chuva. O período com chuvas cessa por volta do dia 19/07/09 em toda a região analisada, cerca de sessenta e sete dias antes da data da aquisição da imagem. Em geral, a vegetação da região já se encontrava sob estresse hídrico. Desta forma, a resposta espectral da vegetação nativa variou de acordo com o efeito do sombreamento dos troncos e galhos, e com a diminuição da reflectância dos elementos subjacentes dos estratos como assinalado em Maldonado (1999).

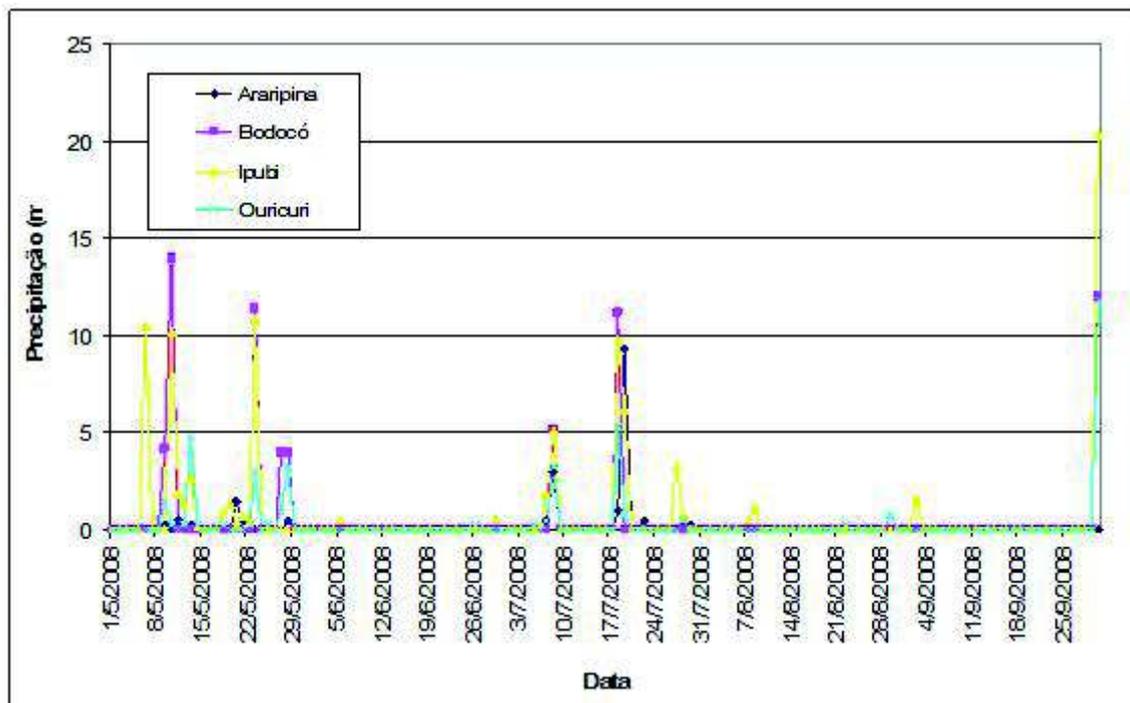


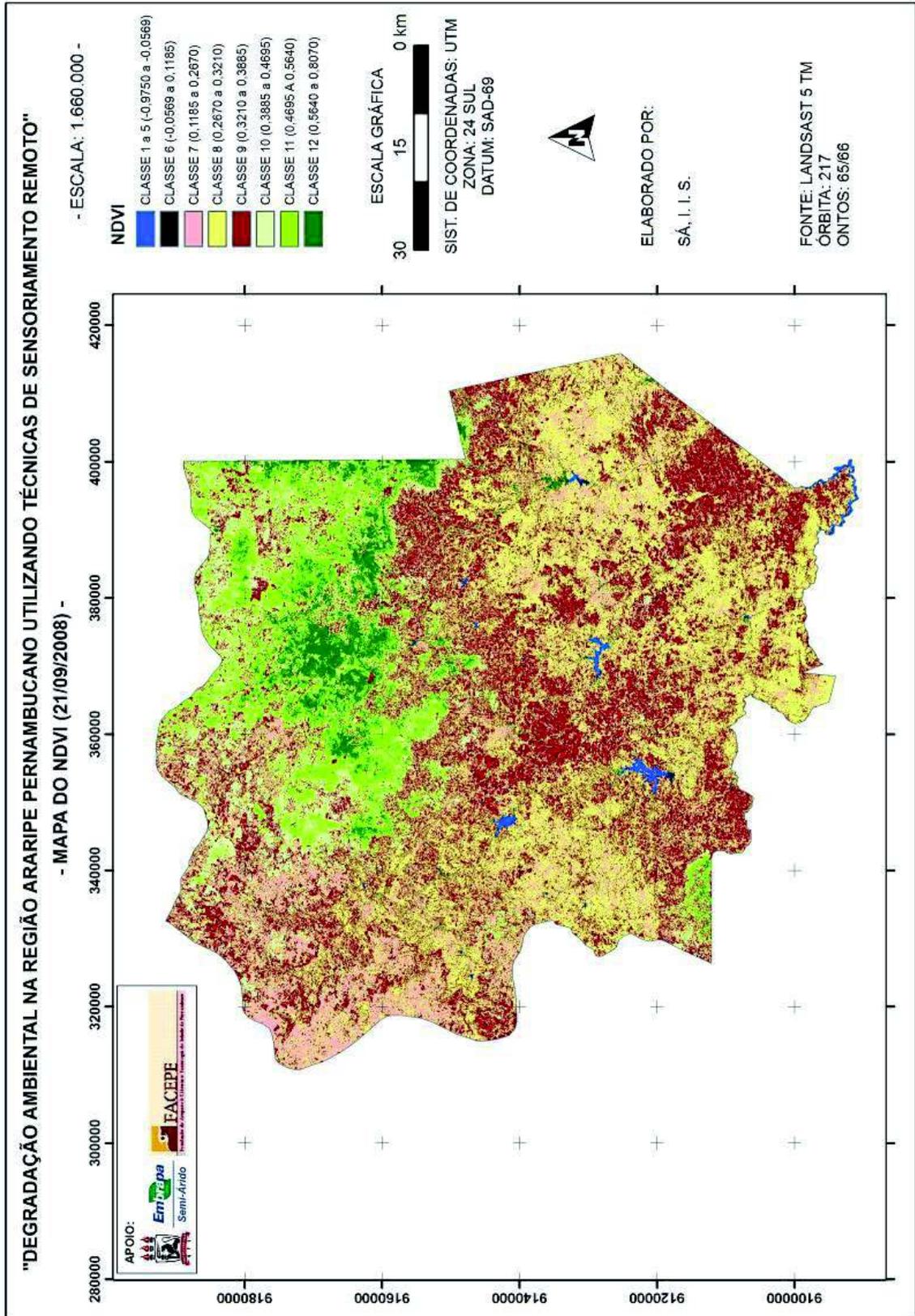
Figura 4 - Precipitação registrada na região do Araripe Pernambucano entre o período de 01/05/2008 e 31/09/2008.

#### *Avaliação da cobertura vegetal e uso da terra*

A Figura 5 apresenta o NDVI de 21/09/2008. Nota-se que o valor mínimo do NDVI para a área de estudo foi de -0,9750 e o valor máximo de 0,8070 correspondendo água e áreas de floresta densa localizadas na Chapada do Araripe, respectivamente. A moda foi de 0,3025. Espig et al. (2008), estudando variações sazonais na vegetação de caatinga em seis áreas do Semi-árido Nordestino utilizando dados do MODIS, estimou os valores máximos em 0,87; 0,78; 0,63; 0,69; 0,76; 0,66.

Os valores do NDVI variando entre 0,3885 a 0,8070 (classe 10 a 12) estimados na região central e mais ao sul da área de estudo, demonstram uma cobertura vegetal que fisionomicamente se apresenta na forma arbórea-arbustiva (Figura-6) com uma boa diversidade florística. Segundo

Figura 5 – NDVI



o IBGE, (1992) este estrato florestal pode ser classificado como Savana Estépica Florestada (Td). Pôde-se identificar em campo como parte desta comunidade florestal os seguintes indivíduos: Marmeleiro (*Croton hemiargyreus*), Pinhão Bravo (*Jatropha pohliana*), Caatingueira (*Caesalpinia pyramnidalis*), Caroá (*Neoglaziovia variegata*), Mandacarú (*Cereus jamacaru*), Faxeiro (*Cereus squamosus*), Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*), Feijão-Bravo (*Capparis flexuosa*), Pau-Branco (*Poppigia procera*), Jurema-branca (*Piptadenia stipulacea*), Calumbi (*Mimosa malacocentra*), Cipó Grajaú (*Arrabidea* sp), Favela (*Cnidocolus phyllacanthus*) e Umburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*).

Na região mais ao norte onde o índice de cobertura vegetal variou entre 0,3885 a 0,8070 (classe 10 a 12) está localizada a cobertura vegetal mais densa da região em estudo. Neste estrato a vegetação de cerrado, floresta estacional e caatinga (STN) se apresentam com estruturas fisionômicas muito semelhantes. Segundo IBGE (1992) as estruturas fisionômicas não podem ser diferenciadas com imagens de satélite de baixa resolução, que é o caso das utilizadas neste trabalho. As espécies identificadas neste estrato foram a Violeta (*Dalbergia* sp.), Canafistula de bode (*Senna macranthera*), o Calumbi (*Mimosa malacocentra*), a Braúna (*Schinopsis glabra*), o Angico de Bezerra (*Parapiptadenia zehntneri*), a Banha de galinha (*Swartzia flaemingii*), Velame (*Croton* sp.), Marmeleiro Branco (*Croton argyrophyloides*), Alho brabo (*Mansoa hirsuta*), Quina-quina (*Strychnos pseudoquina*), Cipó Grajaú (*Arrabidea* sp), Calumbi (*Mimosa malacocentra*), Grão-de-Galo (*Eugenia* sp.), Jacarandá (*Machaerium opacum*), Agave (*Agave rígida*), Quipembe (*Piptadenia moniliformis*) (Figura 7 e 8).



Figura 6 - Fisionomia da Savana Estépica Florestada (Td) – (24 M 375718 9119270)

O NDVI variando entre 0,2670 a 0,3210 (classe 9) foi estimado do centro ao sul da região em estudo correspondendo as áreas de Savana Estépica Arborizada-Ta (Figura 9) em estágio de regeneração-reg, (Ta\_reg). A fisionomia deste estrato possui baixa diversidade florística e indivíduos com porte médio em torno de 2,5 metros de altura. Já na região ao norte esses valores de NDVI correspondem a área de contato com vegetação de Savana-S (Cerrado), Savana Estépica-T (Caatinga) e Floresta Estacional-N em regeneração (STN\_reg).

As áreas onde não se observou intervenção antrópica em vegetação do tipo Ta, o NDVI variou entre 0,3210 a 0,3885 (classe 8) com porte médio da vegetação de 3,5 metros de altura. As espécies

identificadas neste grupo foram: Marmeleiro (*Croton hemiargyreus*), Caatingueira (*Caesalpinia pyramnidalis*), Jurema preta (*Mimosa hostilis*), Pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*), Pereiro (*Aspidosperma pyriforme*), Mandacaru (*Cereus jamacaru*). As fisionomias deste estrato encontram-se na Figura 10.

O NDVI variando entre 0,1185 a 0,2670 (classe 7) correspondem as atividades agropecuárias-Iu e áreas urbanas-Ag (Iu\_Ag). As atividades agropecuárias da região são praticadas por pequenos produtores através de relações sociais de produções familiares e também pelos médios produtores com certo grau de mecanização em toda a área de estudo. As práticas agrícolas são desenvolvidas por sistemas tradicionais e dependentes quase que na sua totalidade da água de chuva sendo a abertura de novas áreas para os cultivos agrícolas e a formação das pastagens as atividades que promovem a remoção da cobertura florestal e agravam os problemas ambientais da região. Observou-se nos trabalhos de campo que as principais culturas agrícolas da região são: Milho (*Zea mays*), Macaxeira (*Manihot utilissima*), Mandioca (*Manihot sculenta* Crantz.) (Figura-11) e o Feijão (*Phaseolus vulgaris*) enquanto que para pasto as espécies mais utilizadas são o Capim-corrente (*Urochloa mosambicensis*) (Figura-12) e o Capim-búfel (*Cenchrus ciliaris*).



Figura 7 - Área de contato entre Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional (24 M 345467 9172391).



Figura 8 - Área de contato entre Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional (24 M 368124 9175431).

O alvo área urbana foi agrupado nesta classe por serem heterogêneos e similares a muitos alvos que não pertence a área urbana com foi assinalado em Lobão et al (2003).



Figura 9 - Fisionomia de Savana Estépica Arborizada em estágio de regeneração natural (24 M 377396 9122700).



Figura 10- Fisionomia da Classe sem intervenção antrópica (24 M 377314 9122553).

A rotulação baseada no IBGE (1992) tornou fácil a delimitação da classe agropecuária uma vez que engloba os usos agrícolas (agricultura/pecuária) em um só nível se apresentando na imagem classificada com formas retangulares.

O NDVI variando entre -0,0569 a 0,1185 representa solo exposto/solo úmido (solo\_exp/solo\_umi), Figura 13. Neste trabalho observou-se que as áreas de solo exposto/áreas de solo úmido são de pequeno tamanho o que ocasionou dificuldade de identificação na imagem classificada, assim como sua representação no mapeamento.



Figura 11 - Área com plantio de mandioca (24 M 318243 9176234).



Figura 12 - Área de pasto com Capim-corrente (24 M 377686 9122838).

O NDVI entre -0,9750 e -0,0569 representam os reservatórios de água da região. Os corpos hídricos mais representativos da área são: O açude Tamboril e Algodões (Figura 14 e 15) no município de Ouricuri-PE.

Na etapa do levantamento em campo pôde ser observado que grande parte das Áreas de Preservação Permanente (APP) pertencentes aos riachos e corpos d'água da região estudada sofreu remoção da cobertura vegetal nativa, e como consequência houve a substituição de forma espontânea pela espécie exótica algaroba (*Prosopis juliflora*) disseminada pelos animais que consomem a vargem e vão beber água na beira dos riachos, Figura 16.



Figura 13 - Área de solo desnudo localizada no município de Trindade-PE para a implantação de loteamento residencial (24 M 362351 9140389).



Figura 14- Açude Tamboril (24 M 372744 9126610)



Figura 15 - Açude Algodões (24 M 354376 9117808)



Figura 16 – Foto de mata ciliar invadida por algaroba (24 M 379059 9126354).

### 3.3 Exatidão do mapeamento/Distribuição espacial dos estratos/classes definidas

A Tabela 2 apresenta os valores percentuais de acurácia de cada intervalo de classe do NDVI, utilizando a classificação não supervisionada. Nota-se que a maior precisão em termos percentuais ocorreu para as classes corpos hídricos, solo exposto/solos úmidos e agropecuária/Área de influência urbana ambas apresentando um percentual de acerto de 100%. A fisionomia que se obteve menor precisão foi a Ta\_Reg/STN\_Reg, com 69,23%. Em geral, o erro percentual de 31,77% dessa fisionomia se deu por causa da mistura espectral entre a vegetação de caatinga e o solo em algumas áreas de regeneração inicial. Na verificação de campo observou-se que onde o foi mapeado a fisionomia Ta\_Reg/STN\_Reg se encontrou a Ag/Iu. No tocante a precisão total do mapeamento pode-se observar que foi satisfatória apresentando um percentual de 83,33%, como mostra a Tabela 1.

Tabela 2. Valores de acurácia do mapeamento por classe analisada

<i>Qualidade do mapeamento</i>	<i>K</i>
Péssima	< 0
Ruim	0 - 0,20
Acurácia razoável	0,20 - 0,40
Acurácia moderada a boa	0,40 - 0,60
Acurácia muito boa	0,60 - 0,80
Acurácia excelente	0,80 - 1,00

A estatística de Kappa apresentou uma média geral de 0,78 demonstrando uma precisão satisfatória para o método de classificação não supervisionado com posterior reclassificação após visita de campo (Figura 17), permitindo demonstrar através do mapeamento a distribuição espacial do uso atual e a cobertura da terra na Região do Araripe Pernambucano com base no NDVI. Como também quantificar as áreas (km<sup>2</sup>) de cada fisionomia analisada, Figura 18. Resultado semelhantes foram obtidos por Ribeiro et al (2008) que alcançou um precisão semelhante a obtida neste estudo (k=81,02%) no mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal nos municípios de Pocinhos e Puxinanã utilizando classificação supervisionada.

De acordo com a Figura 18, as classes de vegetação remanescentes que predominam na região do Araripe são a Savana Estépica Arborizada (23%), às áreas do ecótono entre Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional (20%) e a Savana Estépica Florestada (8%). Ambas promovem uma cobertura do solo da ordem de 50% da região estudada. As fisionomias Savana estépica arborizada

em regeneração e as áreas de ecótono também em regeneração representam 39% da região de estudo e juntamente com a classe agropecuária/zona urbana (10%) demonstram que a paisagem está sofrendo extensas alterações. Estes valores corroboram com os estudados por Sá et al. (2008) quando este analisou a cobertura vegetal da região tendo como base imagens de satélite da época chuvosa.

A Tabela 3 apresenta os totais de cada classe de vegetação e uso da terra para os municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade para o ano de 2008.

Tabela-3. Quantificação das fisionomias existentes na região divididas por municípios - Fisionomias (km<sup>2</sup>)

Municípios	Corpos hídricos	Solos exp/	Ag/	Ta/Reg	STN/Reg	Ta	Td	STN
		solo úmd	Zu					
Araripina	5,16	1,68	321,21	367,85	571,14	207,47	83,75	349,79
Bodocó	1,99	1,52	96,26	384,57	96,27	318,15	167,65	531,71
Ipubi	0,52	0,67	43,41	28,55	161,94	63,07	124,24	547,97
Ouricuri	23,26	4,40	209,40	1090,96	-	891,53	156,06	-
Trindade	0,12	0,07	13,48	61,82	0,30	111,21	41,15	1,09
<b>Total</b>	31,04	8,34	683,76	1933,75	829,65	1591,42	572,86	1430,56

Proporcionalmente o município que apresenta a maior cobertura vegetal remanescente (Ta, Td e STN) é o município de Ipubi que tem 75,77% de sua área coberta por estes tipos de vegetação. Ao analisar-se a área absoluta, o município de Ouricuri é o que possui maior quantidade de remanescente com 1.047,60 km<sup>2</sup> do seu território.

É perceptível que a região de estudo apresenta duas unidades de paisagem, a da chapada do Araripe localizada na região ao norte e a depressão sertaneja que ocupa quase toda a região central e todo o sul da área de estudo, sendo observadas mudanças na composição florística das duas unidades o que modifica a classificação da vegetação com base na terminologia referenciada pelo sistema de classificação fitogeográfica do IBGE (1992). Os critérios adotados por este sistema se baseiam no porte e densidade da vegetação o que faz com que o NDVI torne-se adequado no processo de classificação da vegetação em uma mesma unidade de paisagem, porém em unidades diferentes poderá se obter os mesmos valores de NDVI com composições florísticas distintas.

Após a avaliação da classificação e o levantamento de campo pode-se observar que na região de estudo apresenta a fisionomia Savana estépica em suas fácies Florestada e Arborizada que tem sua ocorrência na paisagem da depressão sertaneja, as áreas de tensão ecológica onde são encontradas vegetação do tipo Savana (Cerrado), Savana Estépica (Caatinga) e Floresta Estacional localizadas na chapada do Araripe, bem como as áreas de usos agropecuários encontradas nas duas unidades geoambientais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

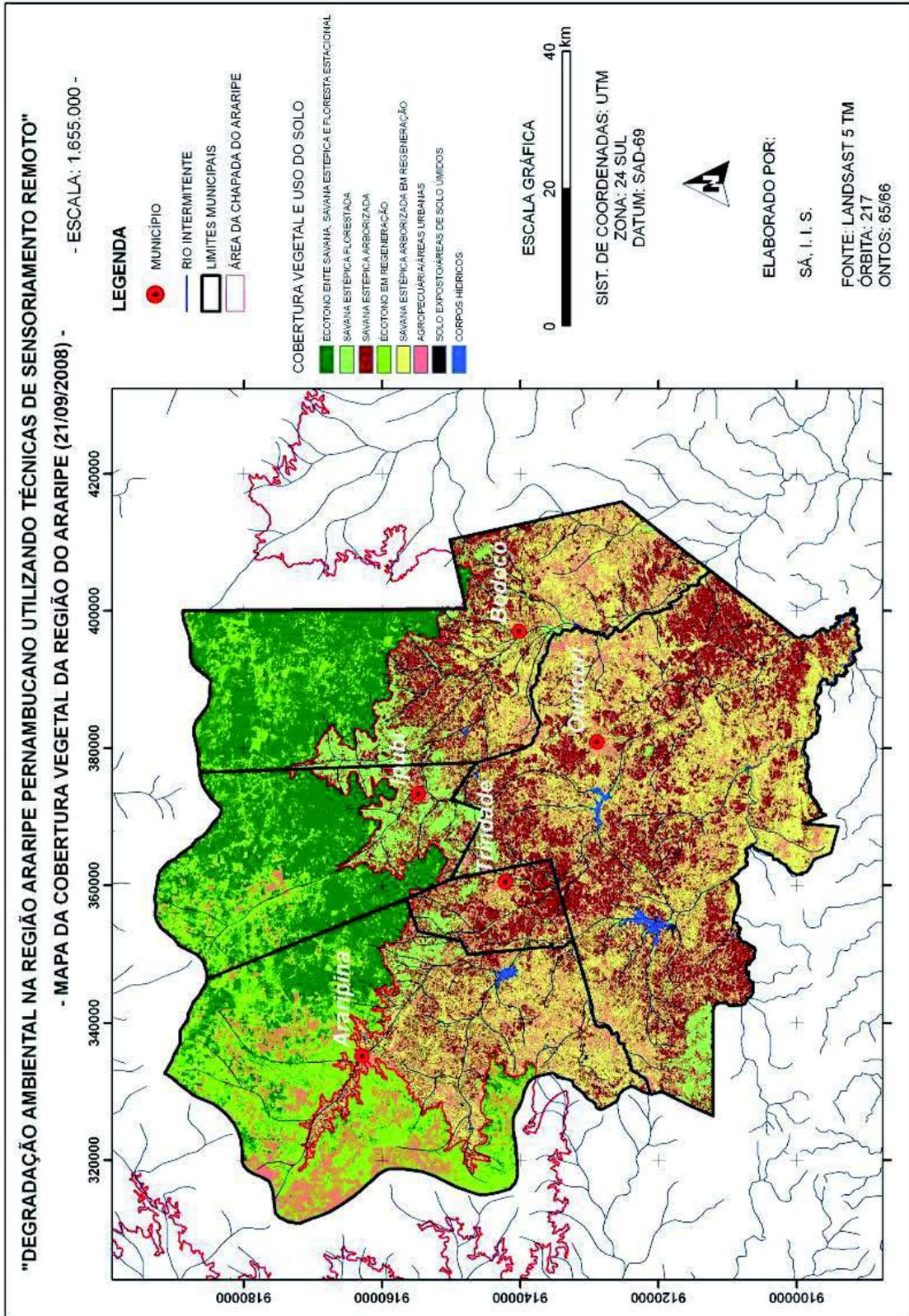
As classes de vegetação remanescentes que predominam na região do Araripe são a Savana Estépica Arborizada (23%), as áreas do ecótono entre Savana, Savana Estépica e Floresta Estacional (20%) e a Savana Estépica Florestada (8%). Ambas promovem uma cobertura do solo da ordem de 50% da região estudada.

As fisionomias Savana estépica arborizada e as áreas de ecótono em regeneração representam 39% da região de estudo e juntamente com a classe agropecuária/zona urbana (10%) demonstram que a paisagem está sofrendo extensas alterações.

Em área absoluta, o município de Ouricuri é o que possui maior quantidade de remanescente de cobertura vegetal.

Há mudanças na composição florística das duas unidades de paisagem existentes na chapada do Araripe, usando o critério do NDVI.

Figura 17 - Cobertura vegetal e uso do Solo da Região do Araripe



A região do Araripe apresenta a fisionomia Savana estépica em suas fácies Florestada e Arborizada que tem sua ocorrência na paisagem da depressão sertaneja, as áreas de tensão ecológica onde são encontradas vegetação do tipo Savana (Cerrado), Savana Estépica (Caatinga) e Floresta Estacional localizadas na chapada do Araripe, bem como as áreas de usos agropecuários encontradas nas duas unidades geoambientais.

A análise da cobertura vegetal e uso do solo com NDVI na Região do Araripe Pernambucano foi satisfatória, uma vez que a estatística de Kappa apresentou uma média geral de 0,78 demonstrando uma precisão muito boa para o método de classificação não supervisionado com posterior reclassificação após visita de campo.

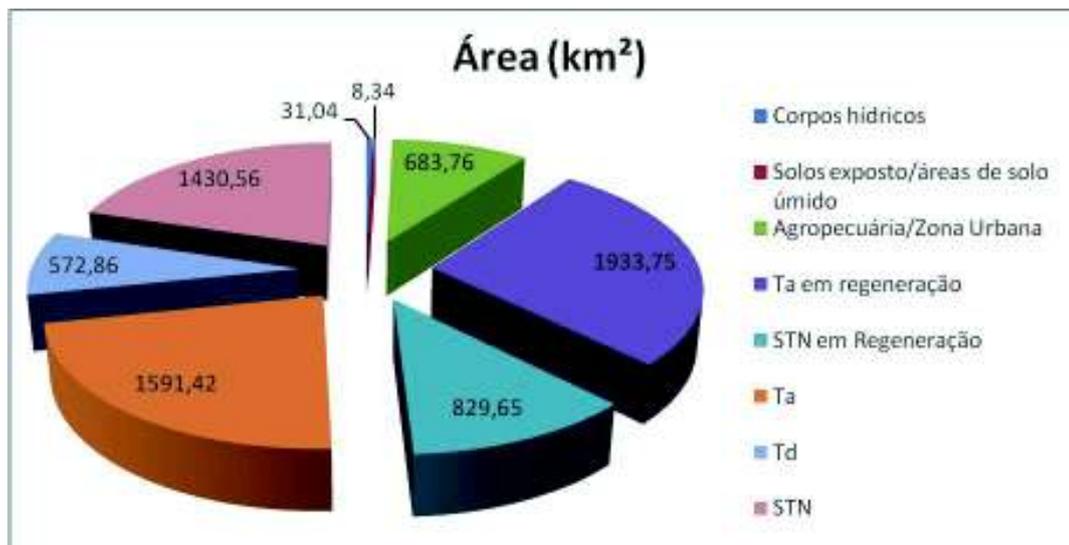


Figura 18 - Quantificação das classes mapeadas para a Região do Araripe

O mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra da região do Araripe Pernambucano com base na classificação não-supervisionada do NDVI a partir da imagem Landsat forneceram uma idéia de estágio da vegetação uma vez que este índice reflete o grau de cobertura do terreno por parte da vegetação.

O mapa de cobertura vegetal e uso da terra que se apresenta neste estudo por ser usado como ferramenta bastante útil para o planejamento do espaço territorial da região da Chapada do Araripe.

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a Fundação de Amparo a Ciência do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro aos estudos. E ao CNPq pelo apoio financeiro de auxílio a pesquisa.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AZAMBUJA MADRUGA, P. R. de. Uso de geoprocessamento no inventário florestal do Rio Grande do Sul: Uma abordagem crítica. In: **Aplicações de Geotecnologias na Engenharia Florestal**. Curitiba, PR: Copiadora Gabardo Ltda, 2004.
- BARBOSA, M. P.; MORAES NETO, J. M.; FERNANDES, M. F.; SILVA, M. J. Estudo da degradação das terras - município de Picos – PI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 4357-4363. CD-ROM, Online. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.11.17>>.
- BARBOSA, I. do S.; ANDRADE, L. A. de.; ALMEIDA, J. A. P. de.; Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no Município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 5, p. 614-622, 2009.

- BARBOSA, H. A.; ACCIOLY FILHO, J. B. P.; MELCÍADES, W. L. B.; MELLO, N. G. S.; SOUZA J. M. de.; Determinação do Índice de Vegetação Através de Imagens Meteosat-8. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 3 (Geonordeste), 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: CPATC, 2006.
- 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.
- Cohen, W. B. (1991), Response of vegetation indices to changes in three measures of leaf water stress, *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 57:195-202.
- EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE**. Recife, Embrapa Solos – UEP Recife. II. 1CD Rom. 2004.
- ESPIG, S. A., SOARES, J. V., SANTOS, J. R. dos. VARIAÇÕES SAZONAIS DO EVI E NDVI EM ÁREAS DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO. In: VIII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 2008. Curitiba. **Anais do VIII Seminário em Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal**, 2008. v. único. p. 219-226.
- FERREIRA, L. A.; TEOTIA, H. S.; COSTA FILHO, J. F.; SANTOS, J. R. Levantamento e classificação da vegetação nativa do Município de Patos, através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1609-1616. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. (INPE-8243-PRE/4032). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.17>>.
- Giulietti, A.M., et al. 2004. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. pp. 48-90. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Hietel, E., Waldhardt, R., & Otte, A. (2004). Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. **Landscape Ecology**, 19, 473–489.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº1. Rio de Janeiro, IBGE, 1992.
- Wear, D. N., Turner, M. G., & Flamm, R. O. (1996). Ecosystem management with multiple owners: Landscape dynamics in a southern Appalachian watershed. **Ecological Applications**, 6, 1173–1188.
- Karnieli, A., Shachak, M., Tsoar, H., Zaady, E., Kaufman, Y., Danin, A., Porter, W., 1996. The effect of microphytes on the spectral reflectance of vegetation in semiarid regions. **Remote Sensing of Environment**, 57, 88–96.
- Landis, J.; Koch, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometric**, v.33, p.154-174. Jan 1977.
- LIU, W. T. H. . **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007. v. 1. 908 p.
- LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1207-1214. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.14.18>>.
- LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de riscos à desertificação**. 2005. 101 p. Dissertação (Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 1999.
- MALDONADO, F. D. **Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro**: Quixaba-PE. 1999. 134 p. (INPE-7180-TDI/680). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1999. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/10.20.17.19>>.
- Pan, D., Domon, G., Marceau, D., & Bouchard, A. (2001). Spatial pattern of coniferous and deciduous forest patches in an Eastern North America agricultural landscape: The influence of land use and physical attributes. **Landscape Ecology**, 16, 99–110.

- PEREIRA, J. A. A.; ROSANGELA, A. T. B.; CLEVERSON, M. S. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. (Textos acadêmicos).
- PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA). **Região do Araripe: diagnóstico florestal/** Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- Perry, C. R., Jr., and Lautenschlager, L. F. (1984), Functional equivalence of spectral vegetation indices, **Remote Sens. Environ.** 14:169-182.
- RIBEIRO, G. do N., TEOTIA, H. S.; MARACAJÁ, V. P. B. B.; BARRO, D. F.; Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal no Agreste Paraibano: Municípios de Pocinhos e Puxianã. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n. 2, p. 231-244, mai/jun de 2008.
- ROUSE, J.W.; HAAS JR., R.H.; DEERING, D.W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**, NASA/GSFC type III final report: Greenbelt, Maryland, NASA, 1974, 371 p.
- o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) como indicador de degradação ambiental. In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Resumos técnicos**. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 603-604.
- SÁ, I. I. S. GALVINCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. de.; SÁ, I. B. USO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO DA DIFERENÇA NORMALIZADA (IVDN) PARA CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA REGIÃO DO ARARIPE PERNAMBUCANO. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 01, n. 01, p. 28-38, mai/ago. 2008.
- SÁ, I. B.; TAURA, T. A.; CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. I. S. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 6305-6312. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.07.17.41>>.
- SAMPAIO, E. V. S. B. & SALCEDO, I. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro, 1997. CD-ROOM.
- SINDUSGESSO (SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO GESSO DE PERNAMBUCO). **O Pólo Gesseiro**. Recife, Brasil, 1999.
- SOUZA, R. F. de.; BARBOSA, M. P.; SOUZA JUNIOR, S. P. de.; NERY, A. R.; LIMA, A. N. de.; Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista-PB, utilizando Geoprocessamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n. 3, p. 22-30, jun/ago de 2008.
- TEOTIA, H. S.; COSTA FILHO, J. F.; SANTOS, J. R.; FERREIRA, L. A. Integração do sensoriamento remoto e SIG/SIT na preparação de modelo de desenvolvimento da terra para planejamento rural. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz de Iguaçu – PR. **Anais...** São José dos Campos-SP: INPE, 2001.
- Turner, M. G., Wear, D. N., & Flamm, R. O. (1996). Land ownership and land-cover change in the southern Appalachian highlands and the Olympic peninsula. **Ecological Applications**, 6, 1150–1172.

Trabalho enviado em maio de 2010  
Trabalho aceito em agosto de 2010