



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**



**MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA VEGETAL DO  
MUNICÍPIO DE FLORESTA-PE**

**EMANUEL ARAÚJO SILVA**

**RECIFE – PE**

**2011**

**EMANUEL ARAÚJO SILVA**

**Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Município de Floresta-  
PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, área de concentração: Manejo Florestal.

Orientador:

Profº. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Co-orientadores:

Profº. Ph. D. José Antônio Aleixo da Silva

Dr. Iêdo Bezerra Sá

Recife – PE  
2011

Ficha catalográfica

S586e Silva, Emanuel Araújo  
Mapeamento do uso e cobertura vegetal do município de  
Floresta - PE / Emanuel Araújo Silva. -- 2011.  
56 f.: il.

Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
de Ciência Florestal, Recife, 2011.  
Referências.

1. Sensoriamento remoto 2. Uso e ocupação da terra  
3. Semiárido 4. Caatinga I. Ferreira, Rinaldo Luiz Caraciolo,  
orientador II. Título

CDD 634.9

**EMANUEL ARAÚJO SILVA**

**Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Município de Floresta-  
PE**

Data: 18/02/2011

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira  
(Orientador- Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto  
(Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola /UFCG)

---

Prof. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque Moura  
(Departamento de agronomia/UFRPE)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Simone Mirtes Araújo Duarte  
(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano  
(Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)  
(Suplente)

Recife-PE  
2011

*Sem titubear e sem pestanejar vou seguindo, mesmo se um dia minha sombra  
não mais me acompanhar, serei o guia do meu destino, pois sou a face da  
minha alma.*

Emanuel Araújo Silva

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e aos seres superiores, por me orientarem frequentemente quando minha fé tornava-se abalada e por demonstrar a perfeição da natureza através da ciência;

À minha mãe, Eunice Maria Araújo, pelo exemplo de pessoa e companheira, por sempre ter me ajudado em todas as situações, por ensinar-me o sentido da família, do amor e da importância que a educação tem em nossas vidas;

Ao meu pai, Antônio José da Silva, pela sua simplicidade, alegria e determinação em vencer os obstáculos, sendo um exemplo de vida para mim.

A minha avó Eulina Matos de Araújo, por ser uma segunda mãe, por fazer de tudo para me ajudar, pela garra, força e coragem.

Ao meu avô, Antônio Araújo, pela inteligência, destreza e por ter contribuído desde minha graduação até hoje.

Ao meu tio, Hércules José de Araújo, pois foi ele quem despertou minha mente para a Engenharia Florestal, e se assim não fosse não estaria realizando mais um passo importante na minha vida.

Aos meus irmãos, Rodrigo Araújo Silva e Ramatis Silva Araújo, por acreditarem no meu trabalho e na minha capacidade;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de ingressar no mestrado;

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), pela importante ajuda financeira por meio da bolsa de estudos;

Ao Professor Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira, pela orientação constante, pela confiança depositada em mim, pelos ensinamentos, paciência e por ter se tornado acima de tudo um grande amigo;

À Professora Dr<sup>a</sup> Simone Mirtes Araújo Duarte, pelos conhecimentos compartilhados, pela disponibilidade, pelo carinho e por ajudar nas dificuldades encontradas ao longo da pesquisa;

Aos co-orientadores Prof<sup>o</sup>. Dr. José Antônio Aleixo da Silva e Dr. Iêdo Bezerra Sá pela ajuda quando solicitada.

Aos Amigos Gabriel Paes Marangon e David Fagner de Souza e Lira, pelo companheirismo, amizade desde a graduação e que foram de extrema importância para que eu pudesse concluir essa dissertação, contribuindo não somente para a questão acadêmica, mas também para a vida;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelos ensinamentos ao longo desses dois anos;

Aos amigos Francisco Tarcísio Alves Junior, Carlos Frederico Brandão e José Ferraz, pelos momentos engraçados e por terem contribuído na dissertação.

Mayara Pessoa, Cybelle Souto Maior e Andréa Vasconcelos, pelo carinho e amizade.

Aos Índios Pipipã, pela ajuda no trabalho de campo e que foram de suma importância na finalização desse trabalho.

Aos amigos que moram longe, e que mesmo a distância, foram importantes ao longo desses dois anos.

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA

**Emanuel Araújo Silva**, filho de Antônio José da Silva e Eunice Maria Araújo, nasceu em 28 de janeiro de 1984, na Cidade de Olinda, Pernambuco.

Cursou o ensino fundamental no Colégio Vera Cruz na cidade de Recife-PE e ensino médio no Colégio e Curso Especial, na cidade de Jaboatão dos Guararapes-PE.

Em 2004 foi aprovado no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, obtendo nível superior ao final do ano de 2008.

No início de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como discente do curso de Mestrado.



## RESUMO

A perda da diversidade das comunidades florestais, por meio de ações antrópicas, vem reduzindo drasticamente as áreas naturais do bioma Caatinga, aumentando assim, a preocupação de avaliar as mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra. Este trabalho teve como objetivo mapear a dinâmica de mudança do uso da terra e da cobertura florestal nos últimos 21 anos (1987 a 2008), no município de Floresta, Sertão de Pernambuco visando subsidiar a gestão florestal, além de monitorar os processos de transformações em que o município vem passando ao longo do período. Foram utilizadas imagens de satélite LANDSAT 5 nos períodos de 1987, 1997 e 2008. Utilizou-se o aplicativo SPRING para elaboração da base de dados cartográficos e do processamento digital das imagens. As imagens foram segmentadas e classificadas pelo algoritmo de Bhattacharya, com a finalidade de produzir mapas temáticos nos seguintes usos da terra: vegetação densa, vegetação semi-densa, solo exposto, agropecuária (cultivos/pecuária), corpos d'água e mata ciliar. Posteriormente efetuou-se a análise de confiança da classificação supervisionada através do índice de *Kappa*, que, com base no desempenho geral, obteve probabilidade maior do que 98% de ter mapeado as classes corretamente. Em seguida obtiveram-se mapas dos anos de 1987, 1997 e 2008. Para um período de 21 anos a cobertura florestal recuou de 42,21% do total do território em 1987, para 27,38% em 2008. O solo exposto teve um ganho de 8,61%, a classe agropecuária acumulou um ganho de 5,75%, os corpos d'água, ao longo do tempo, demonstraram um aumento de 4,03% e a mata ciliar teve tendência à queda ao longo dos períodos analisados com uma perda total de 3,57%. Esses dados refletem as transformações que o município de Floresta vem passando quanto o uso da terra. A diminuição da cobertura florestal do município entre 1987 e 2008 foi a principal consequência da interação clima e pressão antrópica por recursos florestais, necessidade de expansão urbana e atividades agropecuárias. Os resultados obtidos demonstram o potencial de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no mapeamento do uso da terra, por sua praticidade e rapidez, podem ser úteis para apoiar a gestão florestal sustentável visando subsídios para definição de políticas públicas.

**Palavras chaves:** Sensoriamento remoto, Uso e ocupação da terra, Semiárido, Caatinga.

## **ABSTRACT**

The loss of diversity of forest communities by human actions has been reducing dramatically the natural areas of the Caatinga biome, thus increasing the concern to evaluate changes in usage patterns and land cover. This study aimed to mapper the dynamic of change in land use and forest cover in the last 21 years (1987-2008), municipality of Floresta, Pernambuco Outback aiming to subsidize forest management, beyond to monitor the transformation processes in which the town has experienced over the period. It had been used LANDSAT 5 satellite images for the periods May 1987, 1997 and 2008. In addition, SPRING application were utilized for preparation of base map data and digital processing of images. The images were segmented and classified by the algorithm Bhattacharya, in order to produce thematic maps in the following land uses: dense vegetation, semi-dense vegetation, bare soil, agriculture (crop / livestock), water bodies and riparian vegetation. Afterward were made reliability analysis of supervised classification by the Kappa index, which based on general performance, obtained a probability greater than 98% of classes had been mapped properly. Then was obtained maps of the years 1987, 1997 and 2008. For a period of 21 years the forest cover decreased from 42.21% of the total territory in 1987 to 27.38% in 2008. The exposed soil had a gain of 8.61%, the agricultural class has accumulated a gain of 5.75%, water bodies, over the time, showed an increase of 4.03% and the riparian forest had a tendency to fall over the study periods with a total loss of 3.57%. These data reflect the changes that the council has been going on forest land use. The decrease of forest cover in the town of Floresta-PE between 1987 and 2008 was the main consequence of the interaction of climate and human impact forest resources, urban expansion requirement and agricultural activities. The results demonstrate the potential of Remote Sensing techniques and GIS mapping of land use, for its convenience and speed, may be useful to support sustainable forest management aiming at definition of subsidies to public policy.

**Keywords:** Remote sensing, land use and occupation, SemiArid, Caatinga.

## Lista de Figuras

Figura 1 - Esquema de localização do Município de Floresta-PE .....	- 18 -
Figura 2 - Dados mensais pluviométricos em 1987, 1997 e 2008 no Município de Floresta-PE. ....	- 21 -
Figura 3 - Uso e cobertura da terra do ano de 1987 .....	- 30 -
Figura 4 - Uso e cobertura da terra do ano de 1997 .....	- 33 -
Figura 5 - Retirada de madeira na Caatinga sem plano de manejo adequado.....	- 34 -
Figura 6 - Supressão de vegetação para as obras de transposição do Rio São Francisco.....	- 34 -
Figura 7 - Criação de caprinos pelo modo extensivo e área de pastagem no Município de Floresta-PE .....	- 35 -
Figura 8 - Área de Plantação de milho e melão .....	- 35 -
Figura 9 - Plantação de milho no entorno do Rio Pajeú e supressão de mata ciliar.....	- 36 -
Figura 10 - Uso e cobertura da terra do ano de 2008 .....	- 37 -
Figura 11 - Tendência Evolutiva das classes de uso e cobertura da terra ...	- 38 -
Figura 12 - Solo preparado para cultivo em grau de declividade significativa e solo exposto de uma área abandonada depois de cultivada.....	- 39 -
Figura 13 - Mapa das classes de altitude do Município de Floresta-PE .....	- 41 -
Figura 14 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 1987, Floresta-PE....	- 42 -
Figura 15 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 1997, Floresta-PE .....	- 43 -
Figura 16 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 2008, Floresta-PE .....	- 44 -
Figura 17 - Reserva Ecológica Serra Negra e a presença de atividades antrópicas.....	- 45 -
Figura 18 - Abertura de picada na floresta para retirada de minérios .....	- 46 -

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente <i>Kappa</i> .....	- 14 -
Tabela 2 - Características das imagens Landsat/TM5 obtidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).....	- 17 -
Tabela 3 - Uso da terra segundo IBGE .....	- 21 -
Tabela 4 - Chave de interpretação das classes de uso da terra referentes a cor e forma .....	- 25 -
Tabela 5 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1987, Floresta-PE.....	- 26 -
Tabela 6 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1997, Floresta-PE.....	- 27 -
Tabela 7 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 2008, Floresta-PE.....	- 27 -
Tabela 8 - Desempenho das classes mapeadas conforme a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1987, 1997 e 2008, Floresta-PE... ..	- 28 -
Tabela 9 - Classes de uso e cobertura da terra no ano de 1987, 1997 e 2008, Floresta-PE .....	- 29 -

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>x</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>- 4 -</b>
2.1 Gestão Florestal.....	- 4 -
2.2 Importância do uso e ocupação da terra .....	- 5 -
2.3 Degradação.....	- 7 -
2.4 A Caatinga .....	- 8 -
2.5 Sensoriamento Remoto.....	- 10 -
2.6 Classificação de Imagens .....	- 12 -
2.7 Geoprocessamento .....	- 14 -
2.8 Satélite LANDSAT.....	- 15 -
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>- 17 -</b>
3.1. Localização e caracterização da área de estudo .....	- 17 -
3.2. Dados Utilizados .....	- 20 -
3.4. Processamento de imagem.....	- 22 -
3.4.1. Segmentação .....	- 24 -
3.4.2. Classificação .....	- 24 -
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>- 26 -</b>
4.1. Avaliação da confiabilidade da classificação a partir das imagens de satélites em 1987, 1997 e 2008 .....	- 26 -
4.2 Dinâmica do uso e cobertura da terra .....	- 28 -
4.3 Evolução do Uso da terra entre os anos de 1987, 1997 e 2008 .....	- 38 -
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>- 47 -</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>- 49 -</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Semi-Árido brasileiro tem sido definido como tendo 855 mil km<sup>2</sup> (BNB, 2005) e abrange boa parte do Nordeste. Nesta área a degradação dos recursos naturais tem ocasionado a diminuição da fertilidade do solo, acarretando a perda de áreas naturais e, conseqüentemente, podendo reduzir a composição e diversidade das comunidades (METZGER, 1999) e formar paisagens estruturalmente pobres (TILMAN et al., 2001). Um exemplo preocupante disto é a degradação do bioma Caatinga, exclusivamente brasileiro, onde a vegetação é considerada como a mais rica floresta seca da América do Sul (LEAL et al., 2005).

Além disso, a exploração dos recursos naturais nessa região ocorre sem qualquer tipo de preocupação conservacionista para o uso sustentável, desequilibrando três fatores de bases sustentáveis: o social, econômico e ambiental.

A vegetação natural da Caatinga vem sofrendo grande pressão antrópica, sendo explorada de forma desordenada e se fazendo presente em boa parte dos recursos florestais na região, caracterizando-se pela ausência de critérios técnicos no corte da vegetação e, conseqüentemente, pondo em risco a extinção de várias espécies vegetais e animais (RIBEIRO et al., 2001). Portanto, medidas que visem prevenir impactos negativos ou reduzir sua magnitude, devem ser tomadas para evitar esse cenário.

O Estado de Pernambuco, localizado no Nordeste do Brasil, tem 98.938km<sup>2</sup>, 80% de sua superfície corresponde ao domínio Caatinga (MMA, 2010). Em inventários de planos de manejo em Caatinga do Estado estimou-se, para 2007, uma produção aproximada de 232.000 stereo de lenha nas áreas manejadas, que somada a lenha autorizada em desmatamentos, tem-se uma oferta total de 549.000 stereo de lenha por ano, no entanto essa oferta legalizada oriunda da vegetação nativa atende apenas 13,7% da demanda, resta uma quantidade muito significativa da demanda que é atendida pelo desmatamento ilegal (PAREYN, 2010).

Esta acentuada ilegalidade da produção florestal madeireira pode explicar parcialmente a não adoção do manejo florestal, em função da ampla

disponibilidade de produtos florestais ilegais e por isso mesmo, barato no mercado.

O monitoramento e planejamento para uso sustentável dos recursos naturais é necessário em todas as áreas das sociedades, associado ao gerenciamento desses, por meio de práticas agrícolas, florestais e da expansão urbana. Neste contexto, se faz necessário conhecer a importância da cobertura e uso da terra, buscando-se identificar, em diferentes paisagens, subsídios para a compreensão dos aspectos físicos, econômicos e sociais considerando em nível de escalas local ao global (PEREIRA, 2008).

Para o estudo do uso da terra e da cobertura vegetal existem várias opções de modelos que podem ser implementados para representar a realidade, com base em produtos derivados do Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas. Entre eles, destaca-se a modelagem das mudanças no uso e cobertura da terra, que ao longo do tempo tem tido um crescimento científico por ser um dos mais importantes meios do homem influir no ambiente. (PONTIUS JÚNIOR et al., 2001).

Os dados obtidos com o sensoriamento remoto têm sido utilizados como uma importante ferramenta no auxílio de diversas áreas de pesquisa, tais como, agricultura, cartografia, geologia, engenharias florestal e ambiental. O desenvolvimento de novas tecnologias e de novos sensores, capazes de coletar informações em diferentes porções do espectro eletromagnético, tem fornecido subsídios importantes para o avanço da pesquisa científica (KNUST, 2007).

As informações que podem ser produzidas com os dados dos sensores do satélite possuem uma grande importância para o estudo do uso da terra e da cobertura vegetal no Bioma Caatinga, pois poderá proporcionar um suporte para tomada de decisões, como por exemplo, medidas de prevenção e recuperação de regiões atingidas por processos de desertificação em consequência de ação antrópica ou natural.

Neste trabalho objetivou-se mapear a dinâmica de mudança do uso da terra e da cobertura vegetal nos últimos 21 anos (1987 a 2008), no município de Floresta, Sertão de Pernambuco visando subsidiar a gestão florestal. Especificamente procurou-se:

- Realizar mapeamento do uso e cobertura florestal do município de Floresta-PE nos anos de 1987, 1997 e 2008, identificando as diversas alterações na paisagem por meio de imagens Landsat.

- Comparar mapas de uso e cobertura vegetal de 1987, 1997 e 2008, para identificar e analisar as alterações que o ambiente sofreu ao longo de 21 anos;

- Apresentar os processos de transformação do Município quanto ao uso e ocupação do solo.

- Formar banco de dados para simular a cobertura vegetal no Município de Floresta-PE.



## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Gestão Florestal**

Um sistema de gestão florestal é aquele que define como deverão ocorrer as intervenções florestais em cada unidade de manejo sob o ponto de vista das consequências para a floresta como um todo (RODRIGUEZ et al., 1997).

No decorrer do século XX, com o aumento do desenvolvimento industrial e o acelerado crescimento demográfico, levaram a um agravamento da pressão dos recursos naturais através da ação do Homem. Paralelamente, assistiu-se a uma crescente conscientização dos problemas que ameaçam estes recursos, que se manifesta na necessidade de aplicar práticas de gestão que garantam a sustentabilidade dos mesmos.

Com a grande evidência que as florestas vem passando ao longo do tempo, com explorações e desmatamentos, veio a necessidade de agregar um maior valor a conservação o que preconizou o desenvolvimento de conceito de Gestão Florestal Sustentável que tem a premissa de administrar o uso das florestas e áreas florestais de uma forma que mantenham as suas biodiversidades, produtividade, capacidade de regeneração, vitalidade e potencialidade para realizar tanto no presente como também no futuro, funções ecológicas, econômicas e sociais relevantes aos níveis local, nacional e global, não interferindo e influenciando negativamente outros ecossistemas.

Para alguns aspectos mencionados se procura agregar valor aos produtos florestais para assim valorizar a gestão florestal. Para melhorar a eficiência e competitividade do setor, a estratégia em vigor propõe, entre outros pontos, a organização da gestão dessas áreas a fim de assegurar a sua sustentabilidade econômica. É uma forma evolutiva natural do pensamento da humanidade em relação à utilização dos recursos naturais de modo consciente e sustentável.

Como elemento central da gestão dos recursos florestais, a sustentabilidade colocou definitivamente a questão do longo prazo na aplicação de modelos de gestão, mas simultaneamente pôs em evidência a necessidade de intervenções mais controladas sobre os ecossistemas florestais. A questão

que se deve colocar é a de saber o que pretendemos sustentar, por que e para quem, e quais os objetivos de gestão e valores que fundamentam os mesmos (CARVALHO, 1998).

Para Silva (2007), a gestão das florestas naturais do Brasil tem três grandes desafios: 1) manter e ampliar a cobertura florestal, 2) ampliar as áreas de proteção integral em áreas de alto valor para conservação e 3) promover o desenvolvimento socioeconômico, a partir do uso sustentável das florestas.

Vale ressaltar que no contexto de uma estratégia de gestão sustentável de florestas naturais para o Brasil deve-se levar em conta algumas peculiaridades de cada uma de suas regiões e de seus biomas.

## **2.2 Importância do uso e ocupação da terra**

A transformação do espaço natural pelo homem vem ocorrendo ao longo do tempo, desde a história de sua ocupação. Mais do que conviver, o homem ocupou e modificou o meio de forma a atender às suas necessidades e desejos (DORNELES, 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 a 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 expansão urbana, 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.

O mau uso das terras, o uso de tecnologia inadequada e a falta de um planejamento são fatores que concorrem para o empobrecimento, não apenas dos recursos naturais, mais também da população que sobrevive desses recursos (DUARTE, 2009).

Porém, ao longo dessas últimas cinco décadas o processo de degradação das terras, causado pelo desmatamento desordenado e por práticas de cultivos agropecuários rudimentares, aumentou de forma consideravelmente. Estas práticas podem provocar o desaparecimento de

muitas espécies nativas da fauna e da flora consideradas importantes para o desenvolvimento de uma região, concorrendo, para o empobrecimento de toda população, ocasionando enormes prejuízos para a economia (DUARTE, 2009).

Conforme Alier (1998), essa degradação ocorre tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, tanto no meio urbano como no rural, por meio, sobretudo, da pressão que a população exerce sobre os bens e serviços gerados pelo uso dos recursos naturais.

A natureza quando sofre algum grau de antropização pode acarretar na redução da cobertura vegetal, presença de processos erosivos, aumento de áreas impermeabilizadas, contaminação de cursos d'água. Quando iniciado tais processos sem que aja uma rápida ação de recuperação, tornam-se inviáveis de solucionar a degradação do ponto de vista econômico.

De acordo com Souza (2000), as causas da desertificação e degradação do ambiente são variadas e estão relacionadas a fenômenos naturais (quando ocorrem mudanças climáticas) e à ação antrópica (uso inadequado do solo, queimadas, desmatamentos, uso de tecnologias pesadas etc.) ou aos dois simultaneamente (fenômenos naturais e ação antrópica); de acordo com a EMBRAPA (2007), as causas mais frequentemente que induzem uma área à desertificação são sobrepastejo; cultivos excessivos, desenvolvimento de culturas impróprias para o clima e o solo da região; irrigação inadequada; desmatamento ou queimada generalizada da cobertura vegetal; mineração; crescimento populacional e urbanização

Vale salientar que, além de serem correlacionadas, algumas dessas causas possibilitam o aparecimento de problemas de extrema gravidade como é o caso do assoreamento de cursos de água e reservatórios, que por sua vez, é desencadeado pelo desmatamento e por atividades antrópicas desenvolvidas sem cuidados com o meio ambiente.

Os processos de degradação ambiental, através do desenvolvimento e ocupação dos ambientes naturais pelas atividades humanas, podem ser minimizados por estudos da paisagem que gerem subsídios para a elaboração de planos ordenados para equilibrar a relação entre o homem e a natureza.

### **2.3 Degradação**

Entende-se como degradação a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas de sequeiro, das terras de cultivo irrigado, dos pastos, das florestas e dos bosques em zonas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, pelos sistemas de utilização da terra ou por um ou pela combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento (UNCCD, 1994).

As regiões de clima árido apresentam extensos períodos de seca que diminuem a capacidade do solo de desenvolver e suportar cobertura vegetal, e por conseqüência, tornam-se vulneráveis aos processos de desertificação. Além das causas naturais, atividades antrópicas como agricultura e pecuária, são os principais agentes que aceleram esse processo de degradação.

Chagas (1999) adverte que a ocupação do espaço agrícola vem sendo realizada sem que se disponha de um instrumento básico que oriente as atividades de planejamento e uso de seus recursos naturais. Isso intensifica o problema nas áreas vulneráveis e em risco a desertificação, como por exemplo, no semiárido brasileiro, onde as atividades agropecuárias desenvolvidas, a exemplo das queimadas para formação de pastagens, plantio de culturas de autoconsumo em encostas de serras e a pecuária bovina extensiva, fortemente influenciada pelo sistema de desenvolvimento imposto desde a época da colonização, comprometeram negativamente a sustentabilidade dos recursos naturais.

As terras se tornam mais susceptíveis à perda de solo à medida que são desmatadas, pois desprotegidas da cobertura vegetal são diretamente atingidas pela chuva. As práticas de manejo inadequadas ao tipo de solo também proporcionam uma maior vulnerabilidade e aceleração aos processos erosivos (GUERRA et al., 2005).

Os processos de degradação, principalmente nos níveis mais graves, provocam impactos sociais, econômicos, culturais, políticos e ambientais correlacionados entre si e que ao longo dos anos vêm se intensificando, o que tem reduzido a cobertura vegetal, a perda da fauna silvestre e produzido severas perdas sociais e econômicas. Assim, é necessário utilizar técnicas que identifiquem as atividades mais rentáveis que possibilitem uma convivência

harmoniosa com o ambiente, técnicas ecologicamente favoráveis para exploração agrícola e pecuária, economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis para que os riscos de degradação das terras sejam reduzidos (SOUZA et al., 2007).

A ação de monitorar e analisar os impactos do uso e cobertura da terra sobre regiões naturais são importantes para gerar um planejamento que se aplique às áreas afetadas, por isso o sensoriamento remoto é de suma importância nos estudos sobre a cobertura e uso da terra, pois oferece uma maior viabilidade e agilidade em adquirir dados pelas imagens de satélite.

Sendo assim, importante a realização de mais estudos de sensoriamento remoto voltados para o problema da degradação ambiental, de forma a aumentar a capacidade do homem em responder de uma maneira eficaz e rápida aos processos erosivos que assolam o semi-árido nordestino.

## **2.4 A Caatinga**

A Caatinga é a vegetação predominante na Região Nordeste, cobrindo 54,53% dos 1.548.672 km<sup>2</sup> da área da região (IBGE, 2004). Está compreendida entre os paralelos de 2° 54' S a 17° 21' S e envolve áreas dos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, o Sudoeste do Piauí, partes do interior da Bahia e do Norte de Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005).

Segundo Rodal & Sampaio (2002), Caatinga é o tipo de vegetação da área com clima semi-árido que cobre a maior parte da região Nordeste do Brasil. O termo Caatinga, de etimologia indígena significando mata aberta e clara, é utilizado para designar áreas com uma vegetação reconhecidamente xerófila, sendo essa condição de sobrevivência ligada a um ambiente seco, pois a água disponível às plantas procede das chuvas em um curto período do ano e seus solos são incapazes de acumular água (FERNANDES, 1998).

Chamada de savana estépica nordestina, a Caatinga abrange várias formações que constituem um tipo de vegetação estacional-decidual, com características definidas, com árvores baixas e arbustos (IBGE, 2004).

Em ambiente de Caatinga, as temperaturas médias são, geralmente, elevadas (26 °C), as umidades relativas médias são baixas e as precipitações

pluviométricas médias anuais situam-se entre 250 e 750 mm, aproximadamente. A duração da estação seca é muito variável, em geral duram sete meses (SÁ, 1991). Segundo Trovão et al., (2004) o déficit hídrico dessa região não está condicionado apenas à precipitação, decorrente da irregularidade das chuvas, mas também da associação a outros fatores edafoclimáticos característicos de cada região.

Geralmente as espécies da Caatinga apresentam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas que possibilitam a sobrevivência em condições de seca (SILVA, 2004). Não existe uma lista completa para as espécies da caatinga, encontradas nas suas mais diferentes situações edafoclimáticas (agreste, sertão, cariri, seridó, carrasco, entre outros).

Em trabalhos qualitativos e quantitativos sobre a flora e vegetação da caatinga, foram registradas cerca de 596 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 180 endêmicas. Possivelmente, o número de espécies da caatinga tende a aumentar se considerarmos as herbáceas. As famílias mais frequentes são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium* com maiores números de espécies. A catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento realizados em área de Caatinga. (PEREIRA, 1998).

A Caatinga encontra-se em acentuado processo de degradação, ocasionado, principalmente, pelo desmatamento e uso inadequado dos recursos naturais apresentando menos de 50% de sua cobertura vegetal original. Segundo Correia et al., (2009), 80% da caatinga são sucessionais e cerca de 40% são mantidas em estado pioneiro de sucessão secundária, consequência de uma utilização meramente extrativista-predatória, onde já se verificam perdas irrecuperáveis da diversidade florística e faunística, aceleração do processo de erosão e declínio da fertilidade dos solos. Neste sentido, garantir a sobrevivência da caatinga nativa, em diferentes pontos do Nordeste significa preservar um valioso patrimônio de recursos naturais (DUQUE, 1980).

Vale salientar que na Caatinga, nem sempre a degradação é regida pelo antropismo, pois devem ser considerados, também, fatores abióticos como o

clima, que tem grande influência sobre a vegetação. Por exemplo, ao estudar a dinâmica da Caatinga submetida a diferentes intensidades de uso por bovinos, Albuquerque (1999), constatou que a mortalidade das espécies arbustivas se deu mais em consequência da seca prolongada ocorrida no período do experimento, do que pela intensidade de uso.

## **2.5 Sensoriamento Remoto**

Os recursos naturais e o meio ambiente estão em mudanças contínuas em resposta à evolução natural e às atividades humanas. Para compreender o complexo interrelacionamento dos fenômenos que causam essas mudanças, é necessário fazer observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais. A observação da Terra por meio de satélites, utilizando as técnicas de Sensoriamento Remoto, é um das maneiras mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar esses fenômenos, especialmente em países de grande extensão territorial como o Brasil. (SAUSEN, 2000).

Sensoriamento Remoto (SR) pode ser definido como a aquisição de informação sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico direto com ele. Assim, o SR eletromagnético também pode ser entendido como o conjunto de atividades que têm por objetivo determinar propriedades de alvos pela detecção, registro e análise da radiação eletromagnética por eles refletida e/ou emitida, gerando informações seja sobre o objeto, área ou fenômeno que seja analisado (PEREIRA, 1997).

Atualmente as informações por meio do SR são obtidas através de sensores acoplados em satélites que geram imagens. Portanto, o sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2002).

O SR moderno como “descendente” natural da fotografia convencional, teve seu crescimento lado a lado com a ciência da computação, a partir do final dos anos 50, devido a grande necessidade do Programa Espacial Norte Americano. O desenvolvimento conjunto dessas tecnologias fez com que o SR viesse a englobar não apenas diferentes tipos de imagens e sensores, mas

também, devido ao emprego de técnicas de processamento de imagens digitais, propiciar a geração de uma gama de produtos bem mais variada que a oferecida até então pelas técnicas e sensores fotográficos tradicionais (PEREIRA, 1997).

Hoje os dados de sensoriamento remoto são provenientes de satélites e são imediatamente registrados digitalmente. Nesses satélites, os sistemas sensores são discriminados tipicamente se possuem sensores passivos isto é, se registram a radiação refletida ou emitida da superfície terrestre, ou se dispõem de um modo de mapeamento ativo, que lhes permite ter uma fonte de iluminação praticamente própria, e assim permitir o imageamento diurno e noturno. Dentre eles incluem-se o sistema laser e radar (OLIVEIRA, 2010).

As imagens advindas de sistemas sensores possuem parâmetros como: resolução espacial, espectral, radiométrica, temporal e largura da faixa imageada.

A resolução espacial é definida como o menor elemento de área que um sistema sensor é capaz de distinguir, em que se determina se o alvo pode ser identificado na imagem, em função de seu tamanho. Já a resolução espectral é definida como a menor porção do espectro eletromagnético que um sistema sensor é capaz de segmentar, onde se determina se o alvo pode ser visto na imagem, em função de seu comportamento espectral. Trata-se de um conceito inerente às imagens multiespectrais de SR. Quanto mais estreitas, espectralmente falando, as bandas (canais) de um dado sistema, maior é a capacidade desse sistema de discriminar variações no comportamento espectral do alvo a ser estudado (PEREIRA, 1997).

A resolução radiométrica é a menor diferença de brilho que um sistema sensor é capaz de perceber (INPE, 2010). Nela se determina a diferença do brilho de um sistema sensor, ou seja, se o alvo pode ser visto na imagem, em função do seu contraste com os alvos vizinhos, representado pelos níveis de cinza, sendo que quanto maior o número de cinzas, maior a resolução.

A resolução temporal (repetitividade) é definida como a frequência com a qual um sistema sensor é capaz de imagear um mesmo alvo (PEREIRA, 1997). Nela se determina o período mínimo a ser aguardado para um novo imageamento de determinado alvo. Trata-se de um parâmetro somente aplicável aos satélites de SR, uma vez que estes possuem órbitas de períodos



regulares como característica imposta pela mecânica orbital, ao contrário das aeronaves, por exemplo.

A largura da faixa imageada ou largura da faixa de varredura é uma característica que varia de acordo com o satélite imageador (ROCHA, 2000). Como exemplo disso, o satélite LANDSAT, que possui a largura da faixa de imageamento de 185 km; já o satélite CBERS possui largura de 120 km.

A utilização do sensoriamento remoto por meio de técnicas, busca fornecer subsídios para elaborar, executar e monitorar projetos de forma que se possa manusear e atingir os objetivos esperados, como por exemplo, a utilização de imagens de satélite para elaborar mapa de uso da terra, mapa de conflitos de uso entre outros, visando a caracterização, planejamento e monitoramento de uma determinada área. Assim, o sensoriamento remoto apresenta vários sensores abordados de satélites artificiais, entretanto, vale ressaltar, que serão utilizados no presente estudo para análise da cobertura e uso da terra, o satélite LANDSAT (PEREIRA, 2008).

## **2.6 Classificação de Imagens**

A coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que representam a situação real de campo à época da obtenção da imagem, é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados obtidos por meio de sensoriamento remoto. Esses dados são usados para verificar a exatidão da classificação entre classes e como entrada no processo de refinamento da classificação (CONGALTON; BIGING, 1992).

No entanto, todo o processo de classificação está sujeito a erros dos mais diversos tipos e fontes. A avaliação da acurácia dos dados extraídos das imagens está diretamente relacionada com a qualidade do mapeamento. Todas as classes que compõem a imagem ou o mapa temático devem estar associadas a um controle de qualidade para que estas possam ser validadas. Entende-se que um mapeamento temático só deve ser utilizado como fonte fidedigna de informações quando associados a processos de avaliação da acurácia dos dados que o compõem (FERRARI, 2008).

A avaliação da acurácia pode ser obtida por meio de coeficientes de concordância, sendo que estes podem ser expressos como concordância total

ou para classes individuais. Entre os coeficientes de concordância se podem citar: *Kappa* (COHEN, 1960) e *Tau* (KLECKA, 1980).

Um dos coeficientes mais utilizados e eficientes para quantificar a exatidão de levantamentos, segundo Congalton e Green (1999), é o coeficiente *Kappa* (*K*), obtido mediante a adoção de uma referência para comparação dos mapeamentos produzidos, e neste caso, a análise da exatidão é obtida através de matrizes de confusão ou matrizes de erro, que apresentam a distribuição de percentagem de *pixels* classificados correta e erroneamente, sendo posteriormente calculado o índice *Kappa* de concordância. Vale ressaltar que a confiabilidade da matriz de erros depende da amostragem, registro e conhecimento, sendo importante que a amostra de treinamento seja homogênea e representativa da classe de interesse.

Congalton; Biging (1992) destacaram que o índice *Kappa* é um coeficiente baseado na diferença entre a concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência) e a chance de concordância entre os dados de referência de uma classificação aleatória (produto entre os totais marginais da matriz). A equação que fornece o valor de *Kappa* é apresentada a seguir:

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Em que:

**r** = número de classes;

**X<sub>ij</sub>** = número de elementos classificados corretamente;

**X<sub>i+</sub>** = total de elementos classificados para uma categoria *i*;

**X<sub>+i</sub>** = total de elementos de referência amostrados para uma categoria *i*;

**N** = número total de amostras.

O Valor do coeficiente *Kappa* varia entre -1 e 1; o valor 1 representa o maior valor de concordância, ou seja, uma concordância completa entre a imagem e o dado de referência. Esses valores obtidos podem ser comparados com os valores e conceitos na Tabela 1, desenvolvidos por Landis e Koch

(1977), podendo, dessa forma, avaliar o mapa temático obtido a partir da classificação da imagem.

Tabela 1 - Qualidade da classificação segundo intervalos do coeficiente *Kappa*

<b>Valor do <i>Kappa</i></b>	<b>Qualidade da classificação</b>
< 0,00	Péssima
0,0 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977)

## **2.7 Geoprocessamento**

O geoprocessamento não é considerado uma ciência e sim um conjunto de técnicas em prol desta. Portanto, o geoprocessamento é a tecnologia que abrange o conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados. Para conseguir atingir um tratamento e análise de dados satisfatórios o geoprocessamento incorpora tecnologias de última geração, envolvendo desde satélites de observação da Terra, técnicas de mensuração por sistemas de posicionamento, até sofisticados sistemas e equipamentos de informática (HENDGES, 2007).

Para Câmara et al., (2001), as questões básicas do geoprocessamento envolvem a representação e a manipulação computacional de fenômenos do mundo real (mapas, cadastros, dados topográficos, imagens) por meio de estruturas de dados e algoritmos.

Essa tecnologia tem influenciado de maneira crescente, diversas áreas, dentre as quais se pode citar a cartografia, a geografia, a agricultura e a geologia, lembrando que a introdução do geoprocessamento ocorreu no Brasil no início dos anos 80, a partir dos esforços do professor Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MOREIRA, 2003).

Num país de proporção continental como o Brasil, com uma grande carência em nível de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o geoprocessamento apresenta um enorme potencial, pois se baseia em tecnologias de custo relativamente baixo,

em que o conhecimento seja adquirido localmente (ASSAD; SANO, 1998), por exemplo, por meio de sistemas de informações geográficas (SIG).

Um SIG refere-se a um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georeferenciados. Também é considerado como um sistema de captação, armazenamento, visualização, análise e apresentação de dados. (ARANOFF, 1989).

Segundo Burrough & McDonnell (1998), uma das principais vantagens do SIG é a facilidade que oferece ao estudo de dados que demandam interação entre análises estatísticas e mapeamento. Já para caracterizar as mudanças da paisagem é importante a possibilidade de experimentar combinações com diferentes representações gráficas, além da facilidade na produção de mapas e sua atualização e correção, devido os dados estarem armazenados em formato digital

A base de dados de um sistema de informação geográfica admite a relação de elementos e atributos que podem gerar um conjunto de informações temáticas gerenciáveis por meio de “temas” ou “camadas”, e este conjunto de informações possuem tipos de dados alfanuméricos e gráficos. A representação digital destas informações pode apresentar-se de dois modos distintos, no que diz respeito aos aspectos espaciais (gráficos): em formato vetorial, onde o desenho é representado por vetores (ou mais especificamente, pontos, linhas e polígonos), ou raster (ou matricial), no qual os desenhos são representados por células (*pixels* ou *picture elements*) (SILVA et al., 2004).

## **2.8 Satélite LANDSAT**

De acordo com Silva (1995), originalmente o LANDSAT foi lançado em 1972 com o nome de EARTS-1 (Earth Resources Technology Satellite-1), tendo seu nome alterado para LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite), desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) em 1975, tendo sequência LANDSAT 2, 3, 4 e, sobretudo o LANDSAT 5 e 7 cuja finalidade é coletar dados sobre os recursos da superfície terrestre.

No Brasil a série LANDSAT está em atividade desde 1973 através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Este instituto é o responsável

pela recepção, processamento e distribuição destes dados no Brasil, desde 1974, além de possuir acervo de dados históricos sobre o país. (INPE, 2010).

Entre as principais melhorias técnicas do LANDSAT-7, se comparado ao satélite LANDSAT-5, destacam-se a adição de uma banda espectral pancromática com resolução de 15 metros, melhorias nas características geométricas e radiométricas e o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 metros. Esses avanços tecnológicos habilitam o LANDSAT-7 para a geração de imagens de satélites com aplicações diretas até a escala 1:25.000 (ENGESAT, 2003).

Os satélites Landsat têm o mesmo período de revisita (16 dias), a mesma grade de referência (WRS-2) e a mesma área imageada (185 x 185 km por cena). A conservação destes parâmetros técnicos entre as séries facilita o processo de pesquisa de imagens, que pode ser feito com a mesma grade de referência e a perfeita integração no processamento das imagens do LANDSAT-7 com dados históricos do LANDSAT-5, existentes desde 1985, no caso de utilização de dados simultaneamente no mesmo projeto para a mesma área como, por exemplo, em um estudo multitemporal. Cada banda desta série de satélites representa a resposta em uma faixa espectral, como define Moreira (2003).

De acordo com o INPE (2010) podem-se fazer distintas combinações de bandas espectrais do satélite LANDSAT. Cita-se como exemplo, a combinação das bandas 1, 2 e 3 para as imagens de cor natural, com boa penetração natural, realçando as correntes, a turbidez e os sedimentos, onde a vegetação aparece em tonalidades esverdeadas; por outro lado as bandas 2, 3 e 4 são as que definem melhor os limites entre solo e a água, mantendo algum detalhe em águas profundas e mostrando diferenças na vegetação que aparece em tonalidades de vermelho; já as bandas 3, 4 e 5 demonstram de forma clara os limites entre o solo e a água, com vegetação mais discriminada, aparecendo em tonalidades verde-rosa; e a combinação de bandas 2, 4 e 7 que mostram a vegetação em tons verdes permite discriminar a umidade, tanto na vegetação quanto no solo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente criou-se um banco de dados no Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING 5.1.3) a partir de imagens Landsat dos anos de 1987, 1997 e 2008 (Tabela 2) que cobriram a área denominada de carvoejamento por Sá et al., (2003) e indicada como uma das áreas prioritárias de conservação da Caatinga. Esta área está inserida na região fisiográfica do sertão do Estado de Pernambuco e abrange os municípios de Arcoverde, Buíque, Tupanatinga, Calumbi, Flores, Betânia, Serra Talhada, Ibimirim, Floresta, Sertânia e Custódia.

Tabela 2 - Características das imagens Landsat/TM5 obtidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

IMAGEM	ÓRBITA/PONTO	BANDAS	DATA
TM do satélite LANDSAT 5	216-066	3, 4, 5	07/10/1987
TM do satélite LANDSAT 5	216-066	3, 4, 5	16/09/1997
TM do satélite LANDSAT 5	216-066	3, 4, 5	01/11/2008

Fonte: INPE (2009)

A partir do banco de dados inicial e de acordo com a qualidade das imagens, optou-se por realizar o estudo do município de Floresta.

#### 3.1. Localização e caracterização da área de estudo

O município de Floresta está localizado a 433 km a Oeste da cidade de Recife, na mesorregião São Francisco Pernambucano e microrregião Sertão de Itaparica. Limita-se a Norte com o município de Serra Talhada, Betânia e Custódia, a Oeste com Carnaubeira da Penha e Itacuruba, a Sul com Inajá, Tacaratu, Petrolândia e Estado da Bahia, a Leste com o município de Ibimirim. A área municipal ocupa 3674,9 km<sup>2</sup>. A sede municipal apresenta altitude de 316 m e coordenadas geográficas 8°36'02" S de latitude e 38°34'05" W de longitude (CPRM, 2005) (Figura 1).

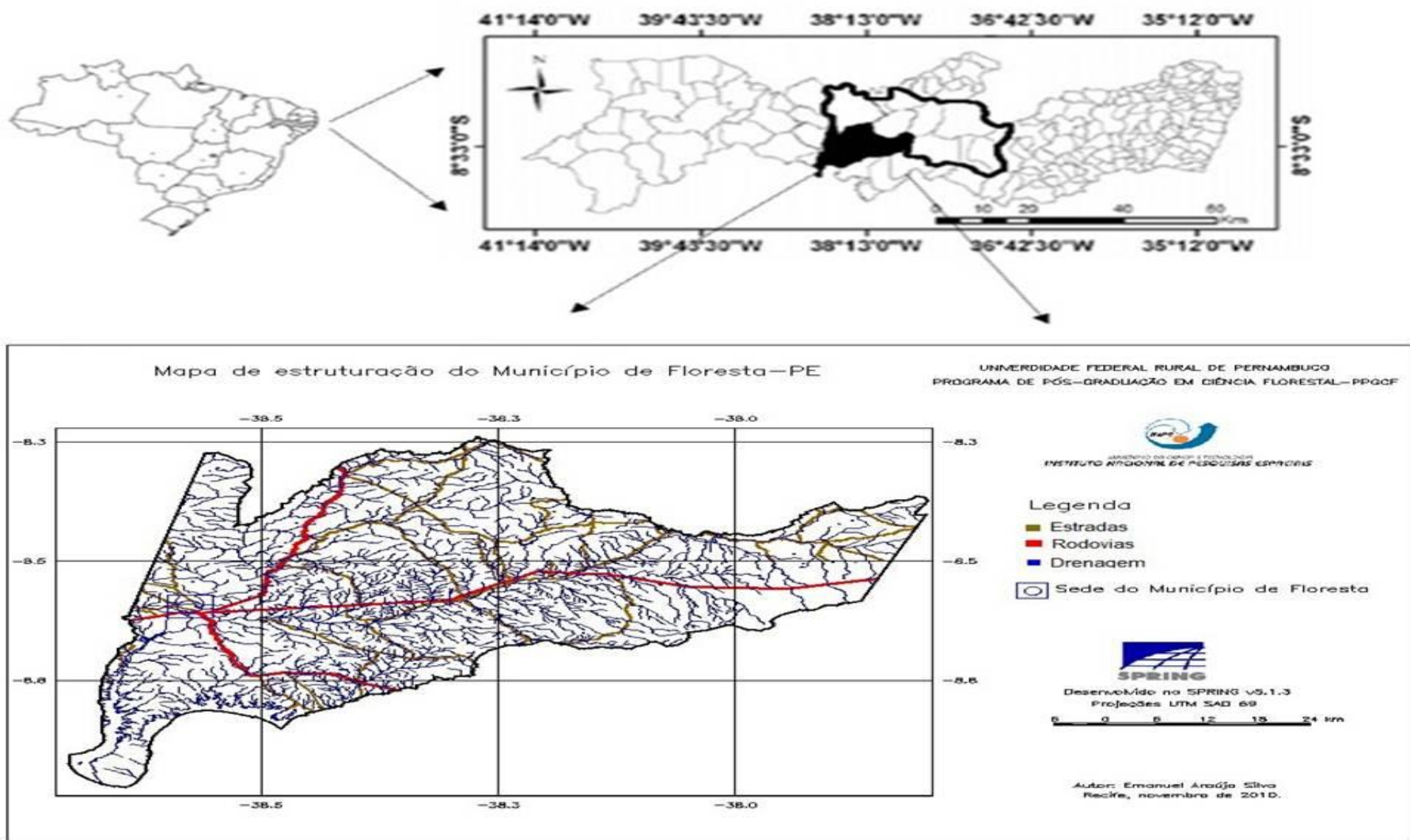


Figura 1 - Esquema de localização do Município de Floresta-PE

O município de Floresta está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semi-árido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. Elevações residuais, cristas e/ou outeiros pontuam a linha do horizonte. Esses relevos isolados testemunham os ciclos intensos de erosão que atingiram grande parte do sertão nordestino. (CPRM, 2005)

De acordo com a classificação de Köppen, o município de Floresta apresenta o clima do tipo BSw'h' (muito quente, semi-árido, tipo estepe) e 4aTh da classificação de Gaussen, tropical quente de seca acentuada (JACOMINE et al., 1973). A temperatura média anual é de 26,5°C e as precipitações variam em torno de 623 mm, concentrando-se nos meses de janeiro a maio, sendo março e abril os mais chuvosos. A evapotranspiração potencial média é de 1646 mm ao ano, com déficit hídrico anual de 1023 mm (EMBRAPA, 2010).

A vegetação é basicamente composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. Com respeito aos solos, nos Patamares Compridos e Baixas Vertentes do relevo suave ondulado ocorrem os Planossolos, mal drenados, fertilidade natural média e problemas de sais; Topos e Altas Vertentes, os solos Brunos *não* Cálcicos, rasos e fertilidade natural alta; Topos e Altas Vertentes do relevo ondulado ocorrem os Podzólicos, drenados e fertilidade natural média e as Elevações Residuais com os solos Litólicos, rasos, pedregosos e fertilidade natural média (CPRM, 2005).

Dentre os cursos d'água que drenam a área em estudo, destaca-se o rio Pajeú (cujo principal afluente é o riacho do Navio, que é intermitente) que deságua no rio São Francisco. Exceto em períodos de seca prolongada, o rio Pajeú, que nasce em São José do Egito (PE), é perene, em razão das barragens sucessivas construídas ao longo do seu curso. Além do mais, a parte sudoeste do município é banhada pelo rio São Francisco (região ribeirinha) (EMBRAPA, 2001).

O município tem como atividades principais a pecuária, a agricultura de sequeiro e, em algumas áreas, a presença da agricultura irrigada. (EMBRAPA, 2001). Em geral, a agricultura de sequeiro é de subsistência e a pecuária é



conduzida de forma extensiva, ambas utilizando baixos padrões tecnológicos, além de estarem descapitalizadas e vulneráveis às variações climáticas. Isso leva as populações dependentes dessas atividades, principalmente as menos favorecidas, na maior parte das situações, ao extrativismo (exploração da caatinga através da venda de lenha e/ou de carvão), com a consequente superexploração dos recursos, como forma de gerar renda (Pernambuco, 1999). Esse tipo de exploração da caatinga acelera o processo de degradação ambiental.

Segundo o último censo demográfico (IBGE, 2010), o município possui uma área de 3.644,15 km<sup>2</sup> e população de 29.284 habitantes, dos quais pouco mais de 1/3 está na zona rural. A densidade demográfica do município é de 8,03 hab/km<sup>2</sup> e o Índice de Desenvolvimento Humano é de 0,698.

### **3.2. Dados Utilizados**

Na presente pesquisa, foram feitas incursões em campo, para marcação de pontos de GPS com o intuito de identificar o uso e a ocupação do solo. Foram demarcados pontos na área, com coordenadas geográficas, observações *in loco* e fotografias para fazer registros da paisagem, visando averiguar a veracidade do que foi obtido nas imagens.

Foram utilizados materiais cartográficos e materiais de processamento e análise. Como materiais cartográficos foram utilizadas imagens TM do satélite LANDSAT 5 órbita-ponto: 216-066 de 07 de outubro de 1987, 16 de setembro de 1997 e 01 de novembro de 2008; e carta de diagnóstico ambiental do Município de Floresta-PE elaborada pela EMBRAPA, na escala 1:100000 com impressão em 2000. Já com materiais de processamento e análise foram utilizados computador, impressora e o aplicativo computacional SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 5.1.3, desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo INPE.

Para facilitar o trabalho em campo e interpretação de imagens digitais, seguiram-se os procedimentos do Manual Técnico de Uso da Terra desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006).

Foram também obtidos dados pluviométricos referentes ao período de estudo através do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (*ITEP/LAMEPE*) no município de Floresta-PE (Figura 2).

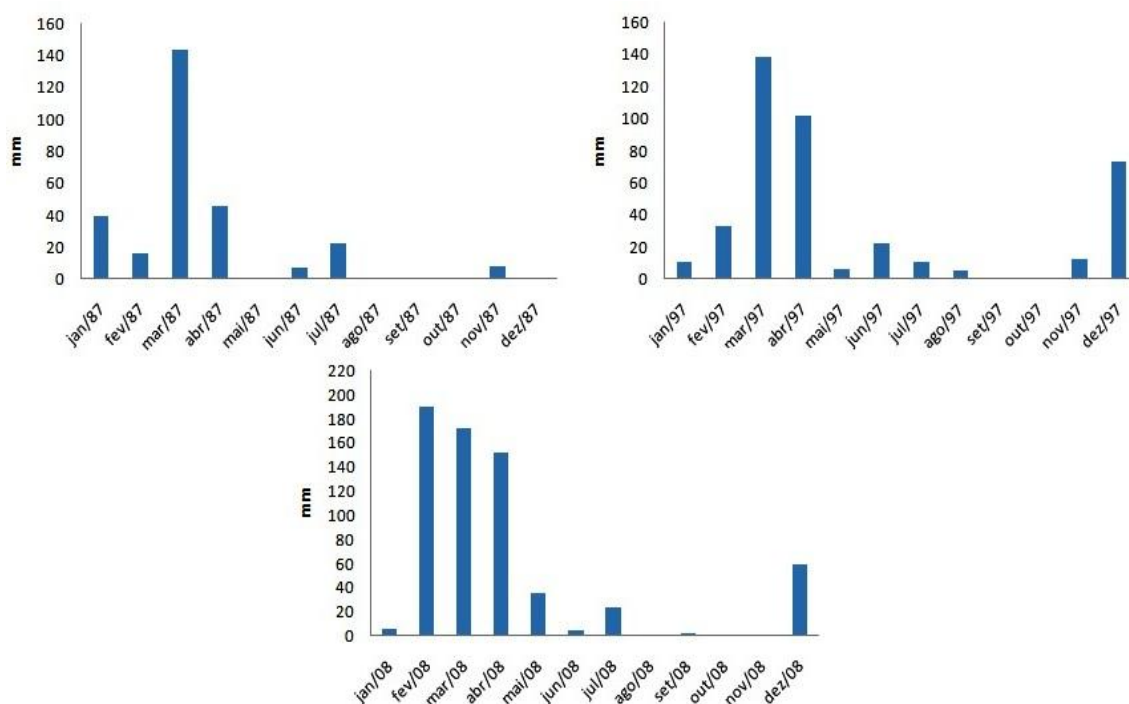


Figura 2 - Dados mensais pluviométricos em 1987, 1997 e 2008 no Município de Floresta-PE.

### 3.3. Levantamento de campo

Os trabalhos de campo foram realizados durante o ano de 2009/2010 e visaram a identificação dos tipos de uso e cobertura da terra, contidos nos padrões de imagem e identificados em gabinete, buscando-se correlacioná-los com a verdade terrestre.

As observações em campo foram tomadas utilizando-se como referência o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Observações em campo (IBGE, 2006)

Uso da Terra	Caracterização da observação
Lavouras	Observou se eram temporárias ou permanentes, mencionando os tipos de culturas existentes, o sistema de cultivo utilizado (monocultivo ou cultivo consorciado), os métodos empregados para o preparo do solo, plantio e colheita. Sempre que faz necessário e possível, recorreu-se a pessoas do próprio local ou da região para confirmar e/ou complementar as informações obtidas através das observações. Correlacionou-se as culturas existentes com o relevo e o solo, registrando possíveis situações de uso inadequado do espaço (plantio em encostas íngremes,

<b>Sistema Florestal</b>	em margens de cursos d'água, etc.). Observou-se os tipos de culturas do sistema e distinguiu se há predomínio de alguma espécie, o espaçamento entre os tipos de culturas, o tempo de instalação para verificar se a área já alcançou porte, verificou se há espécies exóticas, e quais os sistemas de manejo praticados
<b>Pastagens e Plantas Forrageiras</b>	Foram observadas as áreas ocupadas com pastagens, mencionando se são naturais ou plantadas, relacionando as espécies predominantes, relatando a forma como foram implantadas e indicando a maneira como são utilizadas. Sempre que necessário e possível, recorreu-se a pessoas do próprio local ou da região para confirmar e/ou complementar as informações obtidas através das observações
<b>Produção Animal</b>	Observou-se os rebanhos encontrados, indicando a espécie (bovino, eqüino, caprino, etc.), o sistema de criação (extensiva, intensiva ou confinada).
<b>Desmatamentos e Queimadas</b>	Verificou-se ocorrência de desmatamentos em encostas, margens de cursos d'água, e outras áreas de preservação permanente.
<b>Extração Mineral</b>	Foram mencionados a localização, o tipo de produto extraído, os tipos de danos ambientais causados e suas dimensões, bem como as práticas de controle e de recuperação ambiental, que por ventura foram ou seriam adotadas.
<b>Áreas Naturais e Seminaturais</b>	Foram identificados a tipologia vegetal, se florestal ou campestre, o estado de conservação/degradação da cobertura vegetal.

Nesta etapa foram utilizadas Cartas topográficas (vegetação, geomorfologia, solos, etc.), pontos georreferenciados, informações sobre a área e roteiro discriminado da viagem. Além disso, foram realizadas anotações e/ou relatos com o máximo de informação de fatos relacionados ao estudo, objetivando dar consistência ao relatório de campo.

Nos pontos georreferenciados, a área foi fotografada, foram descritos os padrões espectrais e os problemas ambientais.

### **3.4. Processamento de imagem**

Inicialmente, as imagens obtidas foram importadas pelo Impima 5.1.3 no formato TIFF. Cada banda foi salva separadamente, depois cortada na área de estudo e salva no formato GRIB, aí então foi trabalhada no SPRING 5.1.3.

Foram criadas várias categorias que continham os planos de informação com as bandas e composições espectrais em RGB das imagens LANDSAT, com toda a rede de drenagem do Município, estradas, rodovias, limites e uso da terra.

As imagens foram trabalhadas conforme a seguinte ordem:

#### 1. Realce de Contraste de Imagem

A técnica de realce de contraste foi utilizada para melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. Foi utilizada como um pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões.

#### 2. Operações aritméticas entre imagens

Utilizaram-se três bandas (3R, 4G, 5B) de uma mesma área geográfica, previamente georeferenciada. Realizou-se a operação tendo como resultado uma banda representando a combinação das bandas originais, permitindo a compressão de dados.

#### 3. Razão entre bandas (IVDN)

Utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas. Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, foi utilizado a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo, constituindo assim, os chamados índices de vegetação.

A opção  $C = G * ((A-B)/(A + B)) + O$ , do SPRING, quando aplicada para:

- A = banda infravermelho próximo – banda 4
- B = banda vermelho - banda 3
- G = ganho (foi utilizado o valor 256)
- O = offset (foi utilizado o valor 64)

#### 4. Composição Multiespectral Ajustada (b3 + IVDN + b1)

Este procedimento foi realizado utilizando a luz vermelha na banda 3, a luz verde na imagem IVDN e a luz azul na banda 1. E como resultado dessa composição é que as áreas de alto valor de IVDN são representadas pelo verde (ocorrência de vegetação), ao passo que as áreas de baixa ocorrência de IVDN são representadas pela cor magenta.

#### 5. Eliminação de Ruído

A eliminação de ruídos teve como objetivo recuperar a imagem para aproximá-la da cena original tanto quanto possível eliminando os distúrbios causados por falha do detetores.

### **3.4.1. Segmentação**

Neste processo, dividiu-se a imagem em regiões que correspondem às áreas de interesse da aplicação. Foi trabalhado com imagens segmentadas porque as regiões de imagens são caracterizadas com tonalidades e texturas mais uniformes do que uma área inteiramente global, logo se tornou muito mais prático trabalhar com segmentos de imagens que possuem evidências visuais e numericamente comprovadas da região alvo.

### **3.4.2. Classificação**

Nesta etapa foi realizado o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos.

O classificador utilizado foi o BHATTACHARYA, algoritmo disponível no Spring para classificar regiões de uma imagem segmentada. Este algoritmo de agrupamento de dados supervisionado, foi aplicado sobre o conjunto de regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, medindo a distância média entre as distribuições de probabilidade de classes espectrais.

A partir da análise e interpretação visual das imagens TM e observações preliminares de campo, foram identificadas classes de interesse (vegetação densa, vegetação semi-densa, agropecuária (cultivos/pecuária), corpos d'água e mata ciliar) para geração do mapa de uso e ocupação da terra.

Após a montagem do banco foi realizada a compatibilização das classes de uso da terra considerando-se vegetação densa, vegetação semi-densa, solo exposto, agropecuária (cultivos/pecuária), corpos d'água e mata ciliar.

Essa classificação foi realizada devido ao nível de reflectância dos componentes da imagem, em cada classe, ser diferentes, dessa forma elaborou-se a seguinte tabela de classificação (Tabela 4).

Tabela 4 - Chave de interpretação das classes de uso da terra referentes a cor e forma

Classe	Cor	Forma
Vegetação densa	Verde escuro	Irregular
Vegetação semi-densa	Verde Claro	Irregular
Solo exposto	Marrom	Irregular
Agropecuária	Amarelo	Geométrica
Corpos d'água	Azul escuro	Geométrica/Irregular
Mata ciliar	Azul céu	Irregular

Após definido os padrões de uso e cobertura da terra a serem classificados, foi realizado o treinamento das amostras, que consistiu na digitalização de um número de amostras para o reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes de uso e cobertura da terra da área imageada, servindo de base para a classificação do algoritmo BHATTACHARYA.

Em seguida foi realizada a confiabilidade da classificação digital do uso e cobertura da terra do Município de Floresta, por meio do desenvolvimento da matriz de confusão das áreas de treinamento das amostras, aplicando-se a fórmula do índice de *Kappa*, no qual é gerado um relatório pelo aplicativo SPRING após a classificação, pois é considerado um ótimo teste estatístico na análise de confiança da classificação supervisionada através do algoritmo BHATTACHARYA.

Por meio da classificação digital das imagens, foram confeccionados os mapas de uso e cobertura da terra para todos os períodos analisados. Esses mapas temáticos foram criados no módulo SCARTA do SPRING depois de todos os processamentos das imagens, visando identificar os padrões de mudanças do uso e cobertura da terra através das suas respectivas cores dentro dos limites do Município de Floresta-PE.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Avaliação da confiabilidade da classificação a partir das imagens de satélites em 1987, 1997 e 2008

Nas Tabelas 5, 6 e 7, estão representadas respectivamente as matrizes de confusão relativas a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1987, 1997 e 2008 e que foram calculados pelo aplicativo SPRING 5.1.3.

Os desempenhos das classes também foram analisados em virtude da exatidão do usuário e a exatidão do produtor (Tabela 8). Observa-se que na maioria das classes houve 100% de exatidão do produtor e do usuário. A divergência de classificação encontrada entre as classes de vegetação densa e semi-densa pode estar relacionadas as questões de dificuldades quanto as peculiaridades da Caatinga, já que essa vegetação é bastante diversa quanto a sua tipologia, a qual é definida, principalmente, de acordo com a interação clima e solo.

Tabela 5 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1987, Floresta-PE

<b>Classes</b>	Vegetação densa	Vegetação semi-densa	Solo Exposto	Agropecuária	Corpos d'água	Mata ciliar	<b>Total</b>
Vegetação densa	<b>10422</b> <b>0,52%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>10422</b>
Vegetação semi-densa	<b>106</b> <b>0,01%</b>	<b>16747</b> <b>0,83%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>16853</b>
Solo Exposto	0 0,00%	0 0,00%	<b>1862345</b> <b>92,70%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>1862345</b>
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>53221</b> <b>2,65%</b>	0 0,00%	0 0,00%	<b>53221</b>
Corpos d'água	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>64749</b> <b>3,22%</b>	0 0,00%	<b>64749</b>
Mata ciliar	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>1319</b> <b>0,07%</b>	<b>1319</b>
<b>Total</b>	<b>10528</b>	<b>16747</b>	<b>1862345</b>	<b>53221</b>	<b>64749</b>	<b>1319</b>	<b>2008909</b>

Tabela 6 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1997, Floresta-PE

<b>Classes</b>	Vegetação densa	Vegetação semi-densa	Solo Exposto	Agropecuária	Corpos d'água	Mata ciliar	<b>Total</b>
Vegetação densa	<b>229750</b> <b>20,81%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>229750</b>
Vegetação semi-densa	<b>106</b> <b>0,01%</b>	<b>178378</b> <b>16,17%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>178484</b>
Solo Exposto	0 0,00%	0 0,00%	<b>11725</b> <b>1,06%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>11725</b>
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>1753</b> <b>0,16%</b>	0 0,00%	0 0,00%	<b>1753</b>
Corpos d'água	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>680604</b> <b>61,66%</b>	0 0,00%	<b>680604</b>
Mata ciliar	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>1493</b> <b>0,14%</b>	<b>1493</b>
<b>Total</b>	<b>229750</b>	<b>178484</b>	<b>11725</b>	<b>1753</b>	<b>680604</b>	<b>1493</b>	<b>1103809</b>

Tabela 7 - Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 2008, Floresta-PE

<b>Classes</b>	Vegetação densa	Vegetação semi-densa	Solo Exposto	Agropecuária	Corpos d'água	Mata ciliar	<b>Total</b>
Vegetação densa	<b>38405</b> <b>3,51%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>38405</b>
Vegetação semi-densa	<b>11001</b> <b>1,01%</b>	<b>291090</b> <b>26,64%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>302091</b>
Solo Exposto	0 0,00%	0 0,00%	<b>24800</b> <b>2,27%</b>	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>24800</b>
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>37344</b> <b>3,42%</b>	0 0,00%	0 0,00%	<b>37344</b>
Corpos d'água	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>688662</b> <b>63,02%</b>	0 0,00%	<b>688662</b>
Mata ciliar	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	<b>1396</b> <b>0,13%</b>	<b>1396</b>
<b>Total</b>	<b>49406</b>	<b>291090</b>	<b>24800</b>	<b>37344</b>	<b>688662</b>	<b>1396</b>	<b>1092698</b>



Tabela 8 - Desempenho das classes mapeadas conforme a classificação realizada a partir das imagens de satélite em 1987, 1997 e 2008, Floresta-PE

Classes	1987		1997		2008	
	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário
	----- (%) -----					
Vegetação densa	<b>98,99</b>	100,00	100,00	100,00	<b>77,73</b>	100,00
Vegetação semi-densa	100,00	<b>99,37</b>	100,00	100,00	100,00	<b>96,36</b>
Solo Exposto	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Agropecuária	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Corpos d'água	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mata ciliar	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>Desempenho geral (%)</b>	<b>99,99</b>		<b>100,00</b>		<b>98,99</b>	
Confusão média (%)	0,01		0,00		1,01	
Abstenção média (%)	0,00		0,00		0,00	
<b>Estatística Kappa (%)</b>	<b>99,96</b>		<b>100,00</b>		<b>98,09</b>	
Variância Kappa	$1,36 \times 10^{-9}$		0,00		$3,24 \times 10^{-8}$	

Observa-se ainda que conforme a estatística Kappa (KHAT), mostrando uma variação entre 0,8 a 1,0 para todos os anos (Tabela 8), pode-se considerar a classificação realizada como excelente segundo Landis e Koch (1977). Além disso, com base no desempenho geral o mapeamento obtido tem probabilidade maior do que 98% de ter mapeado as classes corretamente. Assim, com os resultados obtidos no processo de classificação foi possível analisar a distribuição espacial, bem como, quantificar as classes de uso e cobertura da terra nas áreas de estudo.

#### 4.2 Dinâmica do uso e cobertura da terra

No período de 1987 a vegetação tanto densa como a semi-densa, tinha 42,21% da área do município de Floresta, ou seja, o município possuía uma boa cobertura vegetal nesse período (Tabela 9). Em relação a classe de solo exposto, a área possuía 108.570 ha ou 29,32% do território do Município. A classe agropecuária encontrava-se em maior concentração no entorno dos corpos d'água e possuía uma área de 81.223 ha ou 21,94% do território do Município. Essa concentração deveu-se a maior disponibilidade de água que é de suma importância tanto para as áreas agrícolas como de pastagem.

Tabela 9 - Classes de uso e cobertura da terra no ano de 1987, 1997 e 2008, Floresta-PE

Classe de Uso	Outubro de 1987		Setembro de 1997		Novembro de 2008	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Vegetação densa	8.324	2,25	14.658	3,96	10.434	2,82
Vegetação semi-densa	147.940	39,96	128.462	34,70	90.942	24,56
Solo exposto	108.570	29,32	134.564	36,34	140.431	37,93
Agropecuária	81.223	21,94	64.382	17,39	102.537	27,69
Corpos d'água	3.871	1,04	17.673	4,77	18.805	5,08
Mata ciliar	20.320	5,49	10.509	2,84	7.098	1,92
<b>Total</b>	<b>370.248</b>	<b>100,00</b>	<b>370.248</b>	<b>100,00</b>	<b>370.248</b>	<b>100,00</b>

Os corpos d'água totalizaram 3.871 ha apresentando apenas 1,04% de todo o Município, o que pode ser explicado, pois na época ainda não existia uma política forte de combate a seca, como criações de barragens, poços e açudes. Apesar do pouco volume d'água nesse período, a classe mata ciliar apresentou 20.320 ha com 5,49% do território do município de Floresta. Como a drenagem do Município é intermitente em sua maioria e nesse ano foi constatado que já não havia precipitação há dois meses, isto explica o porquê da classe Mata ciliar ter sido superior aos corpos d'água.

Dessa maneira a partir da Figura 3, pode ser visualizado o Mapa da cobertura e uso da terra no período de 1987:

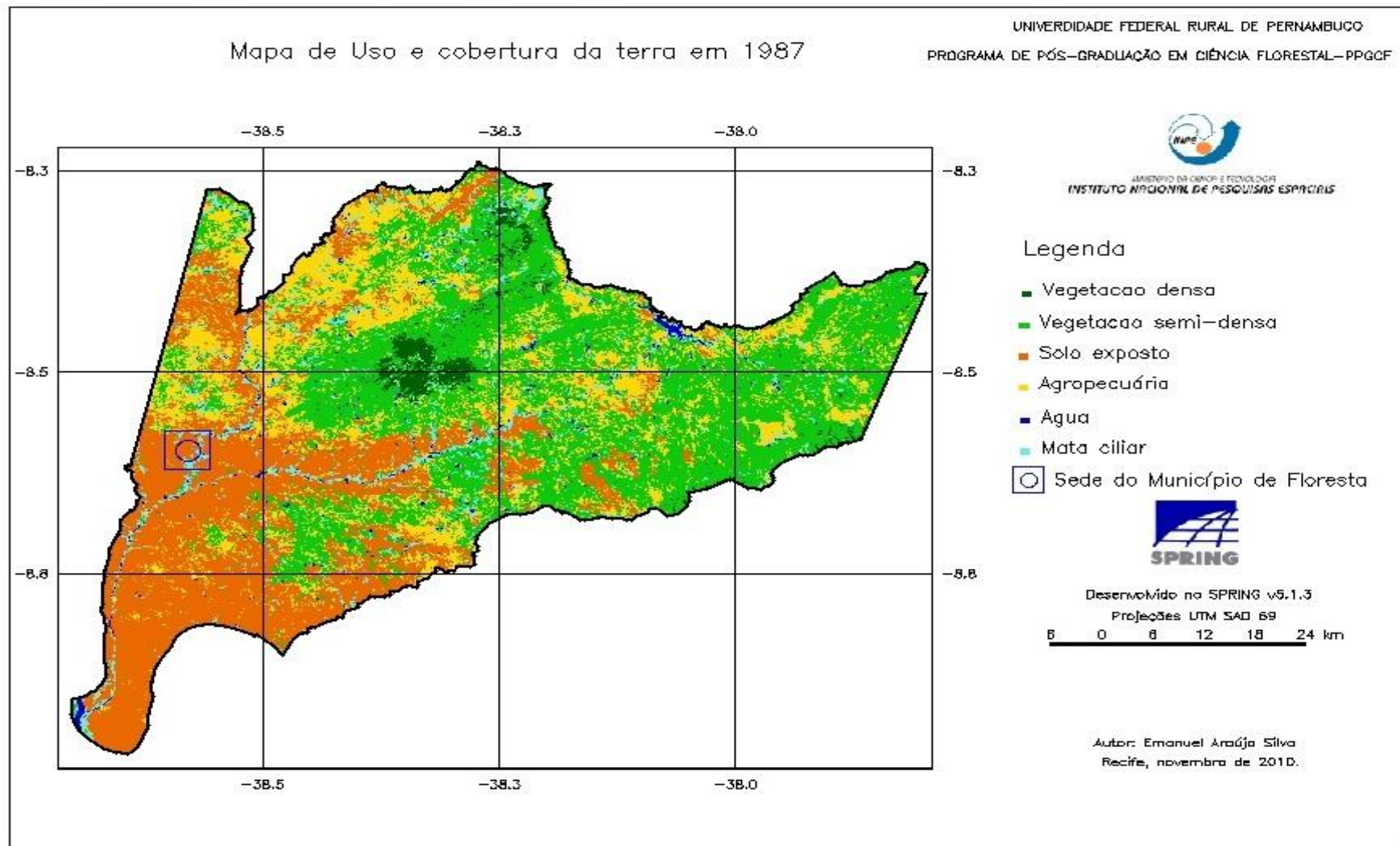


Figura 3 - Uso e cobertura da terra do ano de 1987

No período de 1997 houve um aumento na classe de vegetação densa de 1,71% o que equivale a 6.334 ha (Tabela 9), em compensação quando analisado vegetação densa e vegetação semi-densa como uma única classe, houve uma diminuição na vegetação em 3,55% o equivalente a 13.144 ha de perda florestal.

Houve também uma mudança na posição da vegetação densa em relação ao ano de 1987, uma vez que, na obtenção da imagem de 1997 o solo encontrava-se úmido naquela região, pois nesse ano as precipitações ocorreram de uma forma bem mais distribuída ao longo do ano, o que pode ter causado uma migração e conseqüentemente um aumento da vegetação densa em relação ao período anterior.

Em relação ao solo exposto, houve um aumento de 7,02% o equivalente a 25.994 ha. A classe agropecuária teve um decréscimo de 16.841 ha o que correspondeu por 4,55% a menos em relação a mesma classe do período de 1987. De acordo com Kleinpaul (2005), essa diminuição pode ser explicada em virtude que a agropecuária e solos expostos estarem intimamente ligados, pois fazem parte de áreas agrícolas. Solos expostos geralmente estão em pousio ou em fase de preparo para cultivos agrícolas. Por este fato, é que houve bastante variação entre essas duas classes, dependendo da época do ano e também das condições climáticas.

Outro fator também bastante plausível para a diminuição da classe agropecuária foi a diminuição da população de Floresta-PE, com os desmembramentos dos seus distritos sendo elevados a categoria de Municípios e pelo êxodo rural nessa época, totalizando aproximadamente 10.000 habitantes a menos em relação ao período anterior.

Os corpos d'água tiveram um aumento considerável de 13.802 ha o que equivale a um acréscimo de 3,73% em relação ao período anterior, que pode ser explicado pela criação em 1988 da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga (Itaparica) – Petrolândia /PE, a qual produziu uma maior vazão d'água para o Município de Floresta com o alargamento do Rio São Francisco, pois o reservatório inundou uma área de 834 km<sup>2</sup> e também por esse período ter tido uma maior presença governamental no sentido de aliviar a seca na construção de poços e açudes.

A perda de mata ciliar de 9.811 ha o equivalente a 2,65%, pode estar associada com o aumento da vazão de água, pois onde há uma maior disponibilidade hídrica a população se concentra nesses locais e conseqüentemente retiram a mata ciliar para preparar o solo para a agricultura.

A partir da Figura 4, pode ser visualizado o Mapa da cobertura e uso da terra no período de 1997:

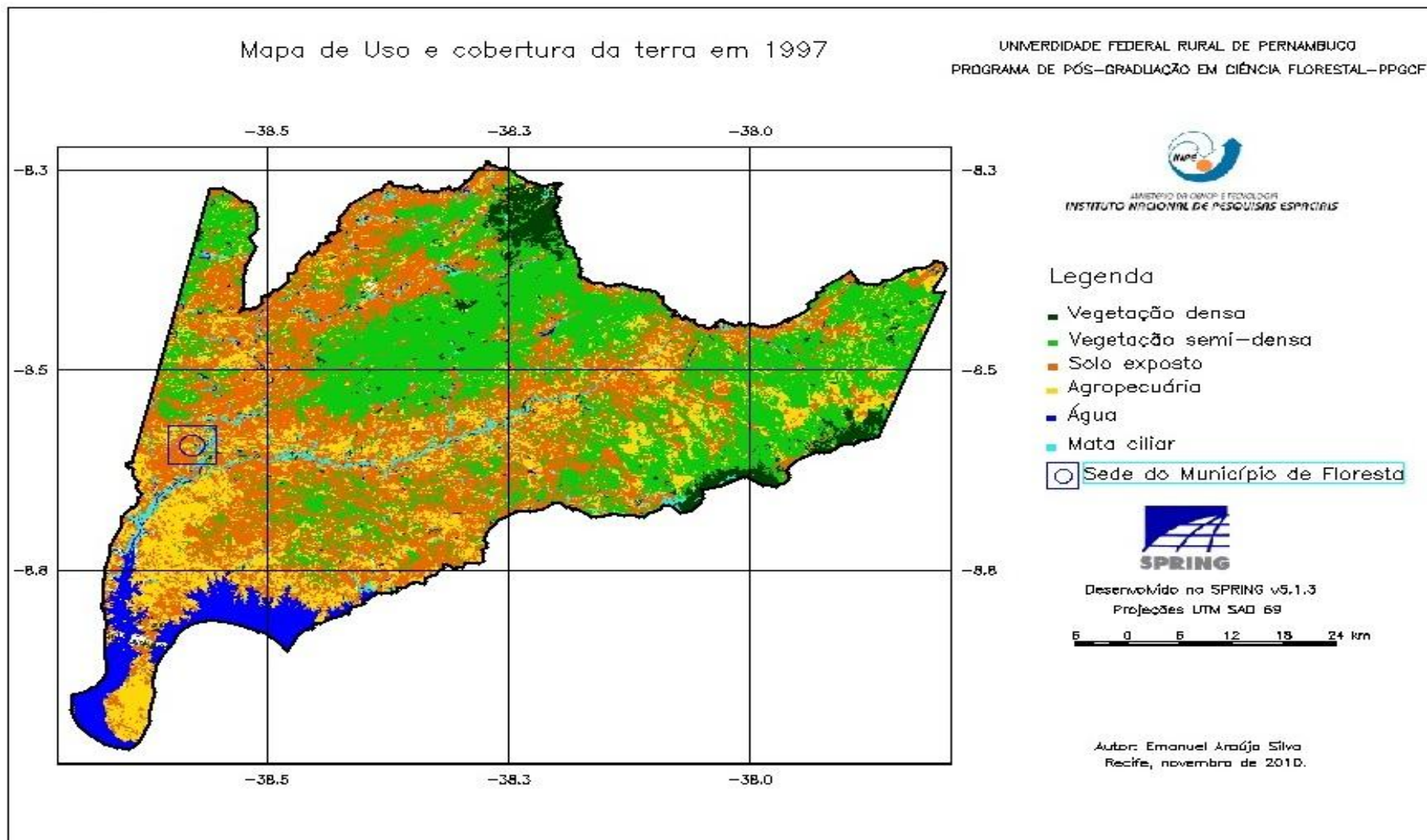


Figura 4 - Uso e cobertura da terra do ano de 1997

Ainda na Tabela 9, para 2008, observa-se que todas as classes de vegetação diminuíram, assim como a vegetação densa que perdeu 4.224 ha a vegetação semi-densa foi suprimida em 37.520 ha, o que totalizou uma perda de 11,24% de vegetação em comparação com o período de 1997, que passou de 38,66% para 27,38%. Esse fato pode ser explicado pela retirada indiscriminada de madeira sem qualquer plano de manejo adequado ou desmatamento, confirmada em trabalho de campo e documentado com a Figura 5.

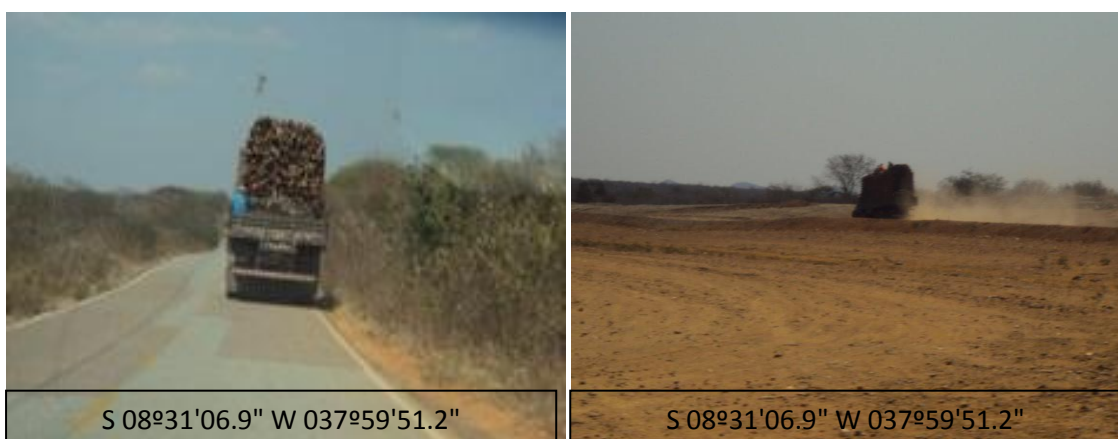


Figura 5 - Retirada de madeira na Caatinga sem plano de manejo adequado

Outro fator também que evidenciou a supressão de vegetação, é a necessidade das obras da transposição do Rio São Francisco do eixo leste, que vai de Floresta-PE a Monteiro-PB, num percurso de 220 km e que já desmatou 430 ha para dar lugar aos canais, reservatórios, canteiros de obra, estradas de serviço e locais de extração de terra e pedra como nota-se na Figura 6.



Figura 6 - Supressão de vegetação para as obras de transposição do Rio São Francisco

A classe solo exposto teve um aumento de 5.868 ha o equivalente a um incremento de 1,59% em relação a todo território do Município, devido principalmente as obras de transposição do Rio São Francisco e a falta de chuvas que já duravam três meses, contribuindo dessa forma ao aumento de áreas degradadas, causando uma maior pressão nas áreas que já apresentavam certo grau de degradação.

A classe agropecuária obteve um ganho de 38.155 ha, ou seja, um aumento de 10,3% em relação a 1997. Este aumento pode estar associado ao fato que de acordo com a CONDEPE (2010), o Município possui 154.000 cabeças de caprinos sendo líder da produção em Pernambuco e terceiro produtor estadual de ovinos e de melão, atividades estas favorecidas por uma maior disponibilidade de água, apesar da seca, onde se fez necessário expandir as fronteiras agrícolas para abastecer a uma maior demanda da população e mercados regionais, além do mais, com o aumento atualmente de incentivos governamentais (Figuras 7 e 8).

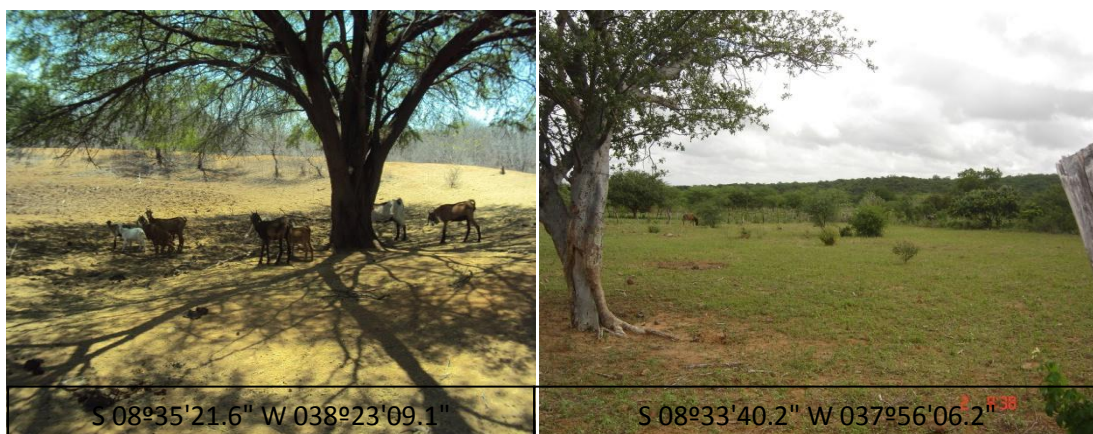


Figura 7 - Criação de caprinos pelo modo extensivo e área de pastagem no Município de Floresta-PE

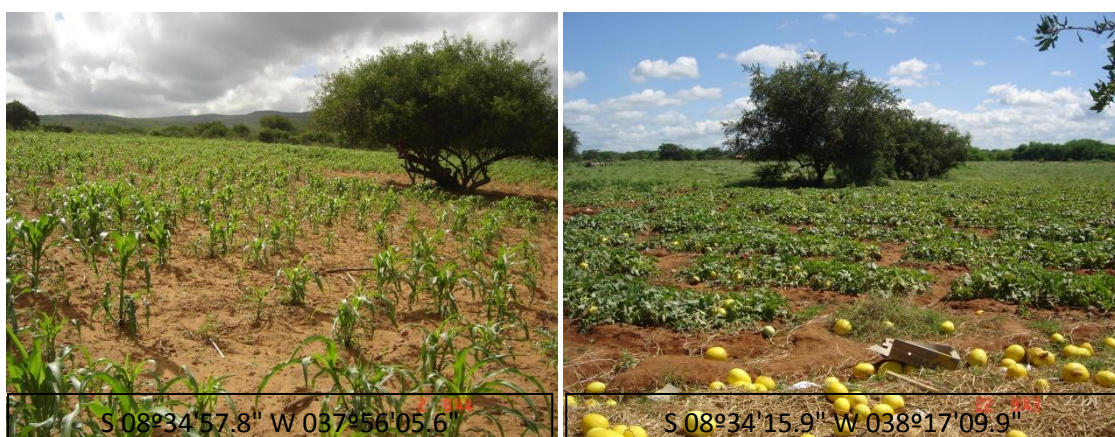


Figura 8 - Área de Plantação de milho e melão



Em 2008 houve um acréscimo de 1.132 ha de corpos d'água, equivalente a um aumento de 0,32% devido principalmente a construções de açudes. A classe mata ciliar teve um decréscimo de 3.411 ha com uma diminuição percentual de 0,92%. A retirada desse tipo de vegetação para a entrada de cultivos agrícolas, pode acarretar aumento significativo dos processos de erosão do solo, com prejuízos à hidrologia regional, evidente redução da biodiversidade e a degradação de imensas áreas que altera o volume natural das nascentes, este processo de eliminação da vegetação ciliar pode resultar num conjunto de problemas ambientais, como a extinção de espécies da fauna e flora, mudanças climáticas locais e o assoreamento do leito dos rios e seus afluentes (Figura 9).



Figura 9 - Plantação de milho no entorno do Rio Pajeú e supressão de mata ciliar

Uma real extensão dos problemas encontrados no período de 2008 fica evidente a partir da Figura 10 da visualização do Mapa da cobertura e uso da terra no período de 2008:

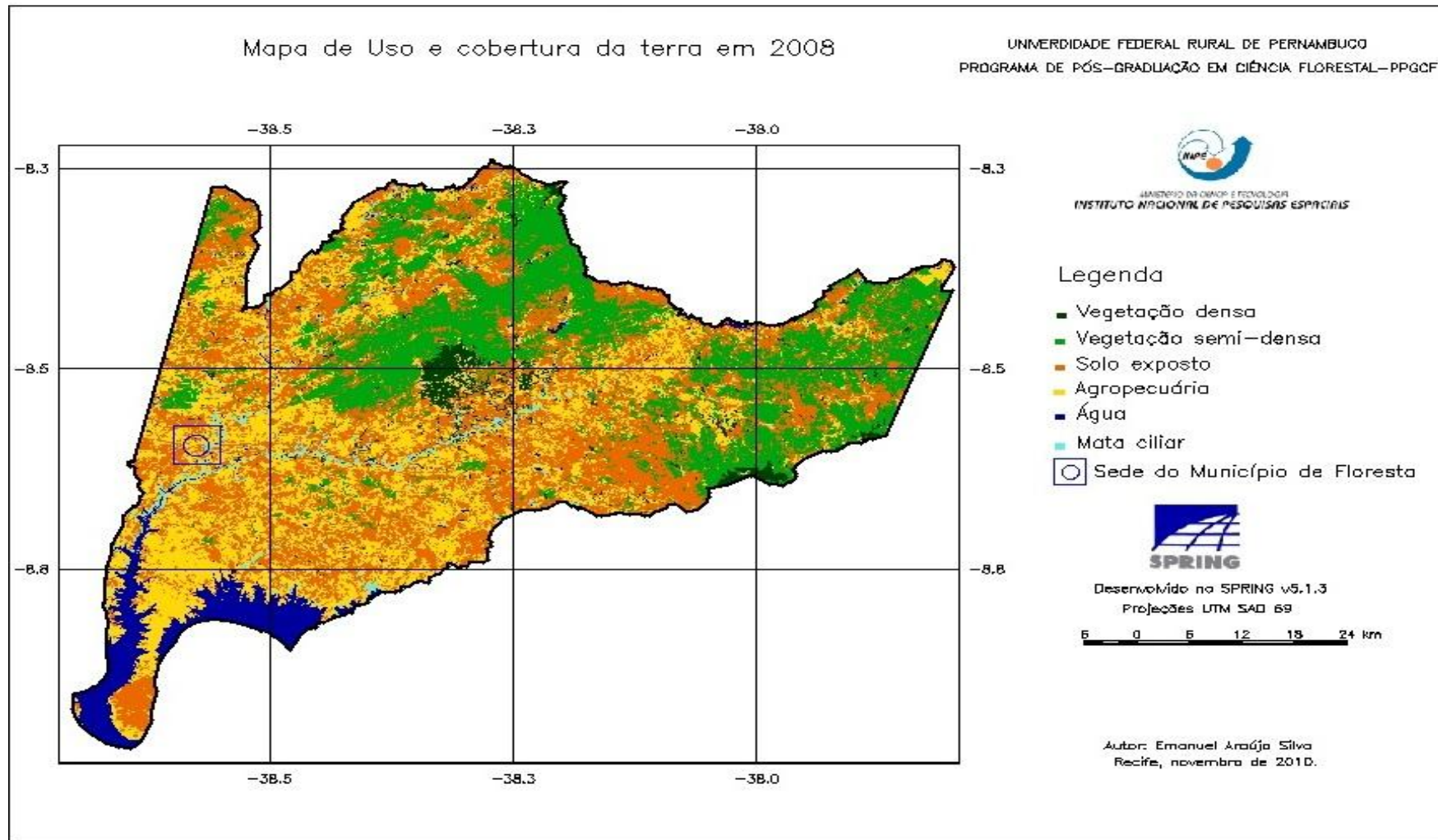


Figura 10 - Uso e cobertura da terra do ano de 2008

### 4.3 Evolução do Uso da terra entre os anos de 1987, 1997 e 2008

Pode-se evidenciar uma real noção do que cada uso da terra sofreu ao longo do tempo de uma época para outra (Figura 11). Dessa forma, nota-se claramente o recuo da vegetação ao longo do tempo, sendo a classe em que mais perdeu área, no início da análise (1987) a vegetação possuía em torno de 42,21% do total do território, em 2008 passou para 27,38%.

O solo exposto teve um aumento significativo no segundo período quando comparado com o primeiro, mas manteve-se praticamente estável no terceiro período, no total teve um ganho de 8,61%. A classe agropecuária houve uma queda em relação ao primeiro período, entretanto no último período analisado foi recuperada a perda e acumulou um ganho de 5,75%. Os corpos d'água, ao longo do tempo, demonstraram aumento com tendência à estabilidade no último período, teve um ganho de 4,03%. A mata ciliar teve tendência à queda ao longo dos períodos analisados com uma perda total de 3,51% em relação a todo o Município.

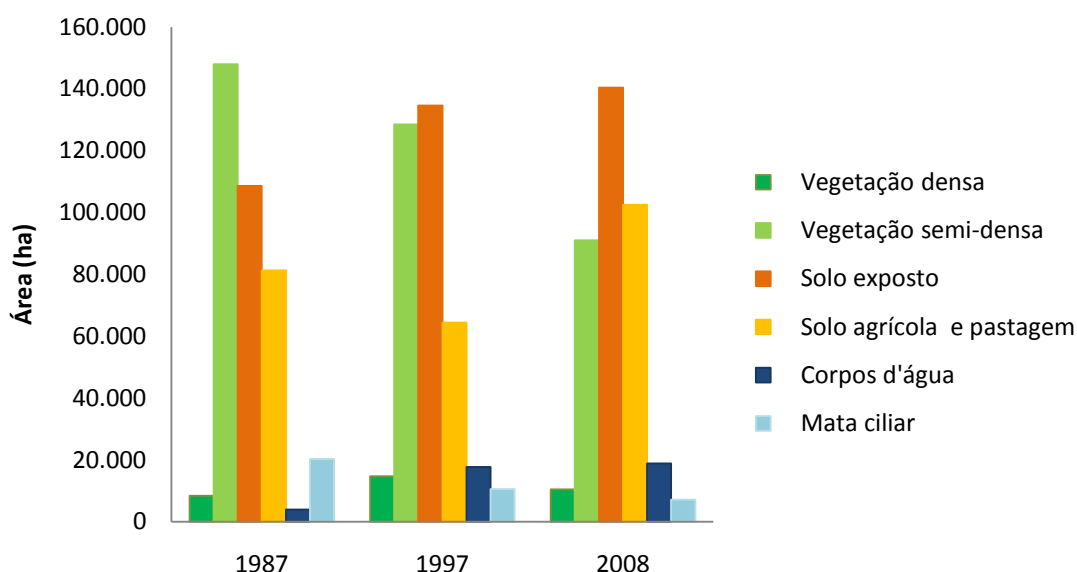


Figura 11 - Tendência Evolutiva das classes de uso e cobertura da terra

A perda da cobertura florestal ficou evidente ao longo do tempo analisado, a vegetação teve uma perda total de 54.887 ha entre 1987 e 2008. Essa supressão ficou evidente com o trabalho de campo realizado, pois ao longo do percurso foram encontrados atividades antrópicas no Município, ocasionando a perda de sua massa florestal. Entretanto no semi-árido, o clima

é bastante irregular com baixas precipitações e grandes períodos de estiagem, exercendo dessa forma, ainda mais pressão na vegetação, assim, o antropismo agregado ao fator clima, torna ainda mais grave a situação do Município de Floresta. A compreensão a cerca da importância do estudo da degradação do Município pode contribuir como uma ferramenta de aumento da produtividade e ao mesmo tempo de conservação dos seus recursos florestais.

É necessário avaliar a capacidade do uso da terra em consequência das ações humanas inseridas no contexto, pois essas ações podem gerar desastres naturais e que dependendo do grau e da intensidade pode ser inviável tentar de alguma forma recuperar esses ambientes degradados. Dessa forma a qualidade de vida da comunidade fica bastante comprometida, em virtude de suas próprias ações impensadas e pela falta de políticas públicas próximas a essas comunidades.

Com o trabalho de campo foi possível verificar o preparo do solo em declividade e perceber que conforme o Código Florestal cuja Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965 - (D.O.U. DE 16/09/65) - Art. 2º - Consideram-se de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas: no topo de morros, montes, montanhas e serras; nas encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% na linha de maior declive; não está sendo respeitada, pois está em completo abandono (Figura 12), que deveria ser área preservada.

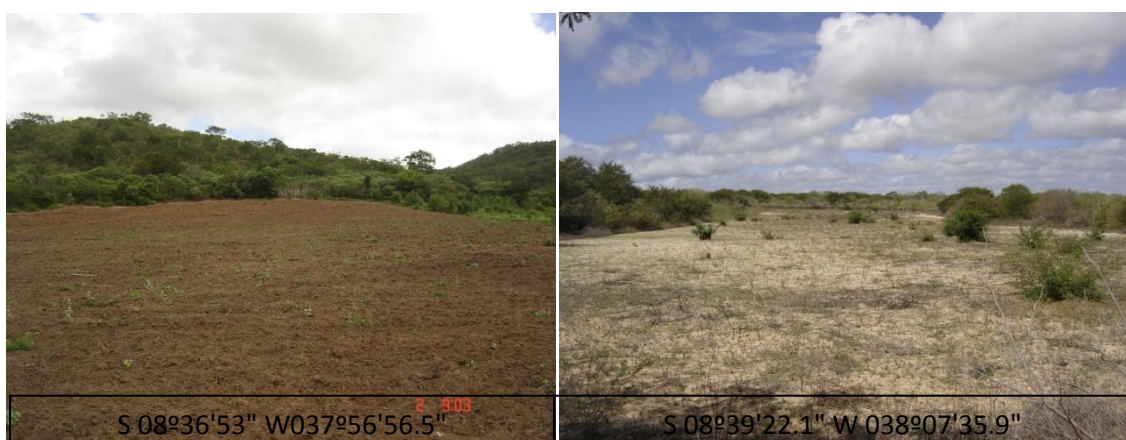


Figura 12 - Solo preparado para cultivo em grau de declividade significativa e solo exposto de uma área abandonada depois de cultivada

A evolução da vegetação ao longo dos períodos analisados é de suma importância para o entendimento de como vem ocorrendo a dinâmica florestal do Município. Há uma grande preocupação com a diminuição da cobertura florestal em virtude de aumento das fronteiras agrícolas, da expansão urbana, da exploração irracional de material lenhoso e a não conservação dos seus recursos.

O relevo do Município de Floresta (Figura 13) evidencia que a cobertura vegetal foi, ao longo do tempo, sendo suprimida das altitudes mais baixas (250 – 350m), onde há uma maior disponibilidade de água, para as altitudes mais altas (750 – 850m) e conseqüentemente de difíceis acessos. Entretanto a supressão dessa vegetação vem avançando nos períodos analisados, pois à medida que os recursos florestais vão se exaurindo, a população tende a migrar suas atividades predatórias onde esses recursos ainda estão presentes (Figuras 14, 15 e 16).

De forma geral, considerando-se que a estrutura fundiária do município é formada por propriedades, observa-se que na maioria não são respeitados as áreas de reserva legal e de preservação permanente previstos no Código Florestal vigente (Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965 - (D.O.U. DE 16/09/65) - § 2º Para os efeitos deste Código, entende-se por:

II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas;), já que os 27,38% de vegetação em 2008 era formada por fragmentos da mesma.

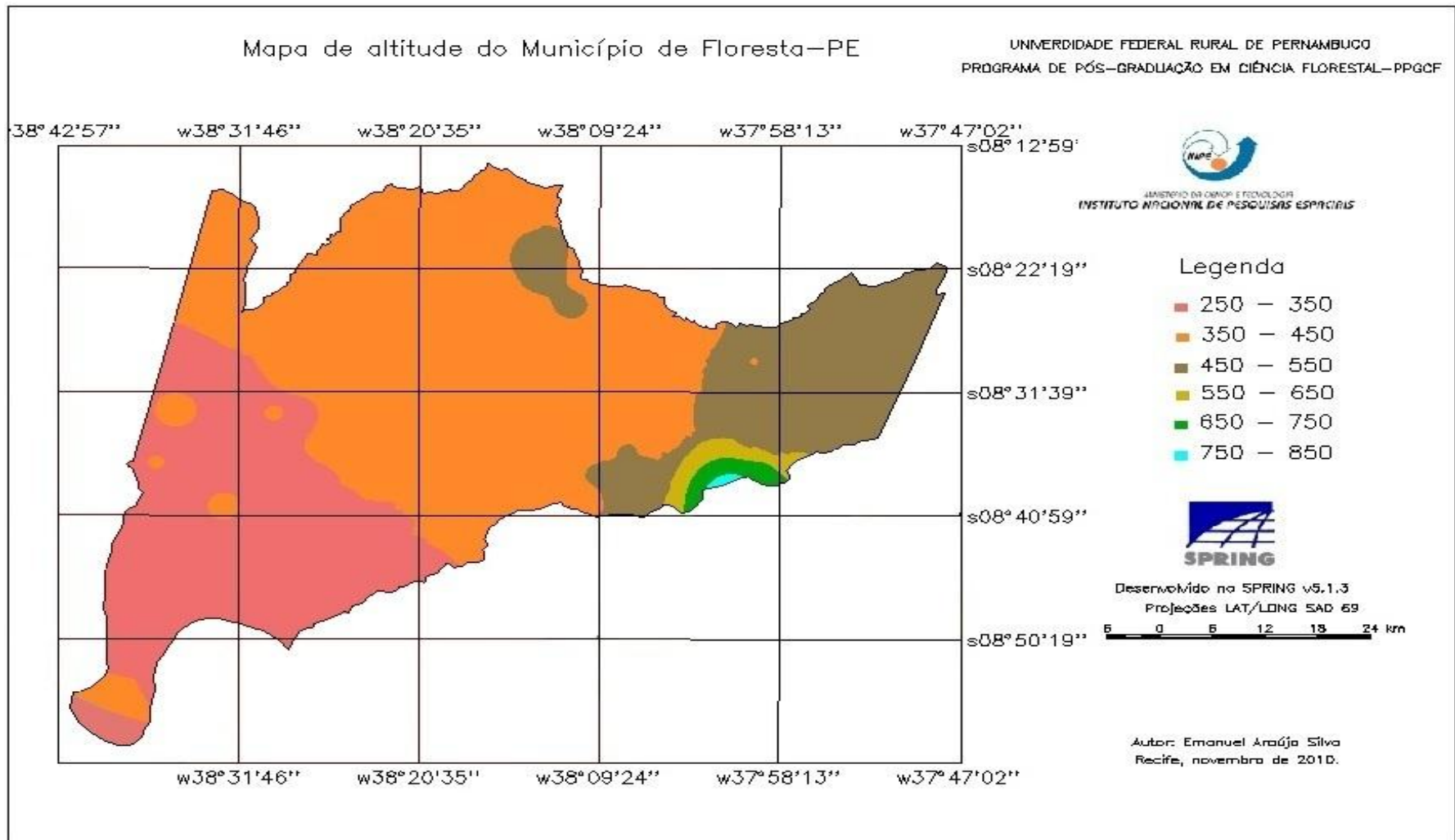


Figura 13 - Mapa das classes de altitude do Município de Floresta-PE

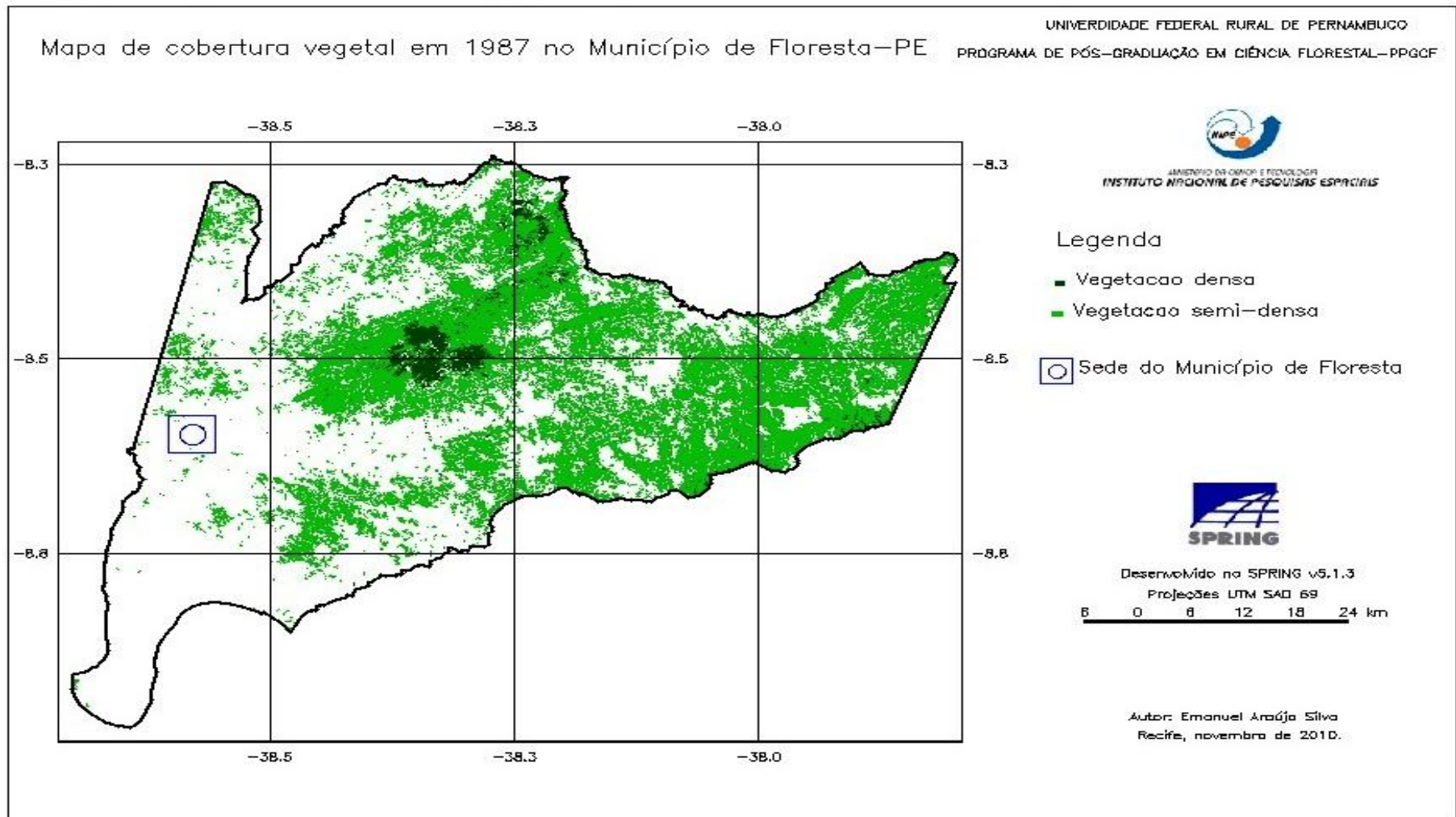


Figura 14 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 1987, Floresta-PE

# Mapa de cobertura vegetal em 1997 no Município de Floresta-PE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL-PPGCF

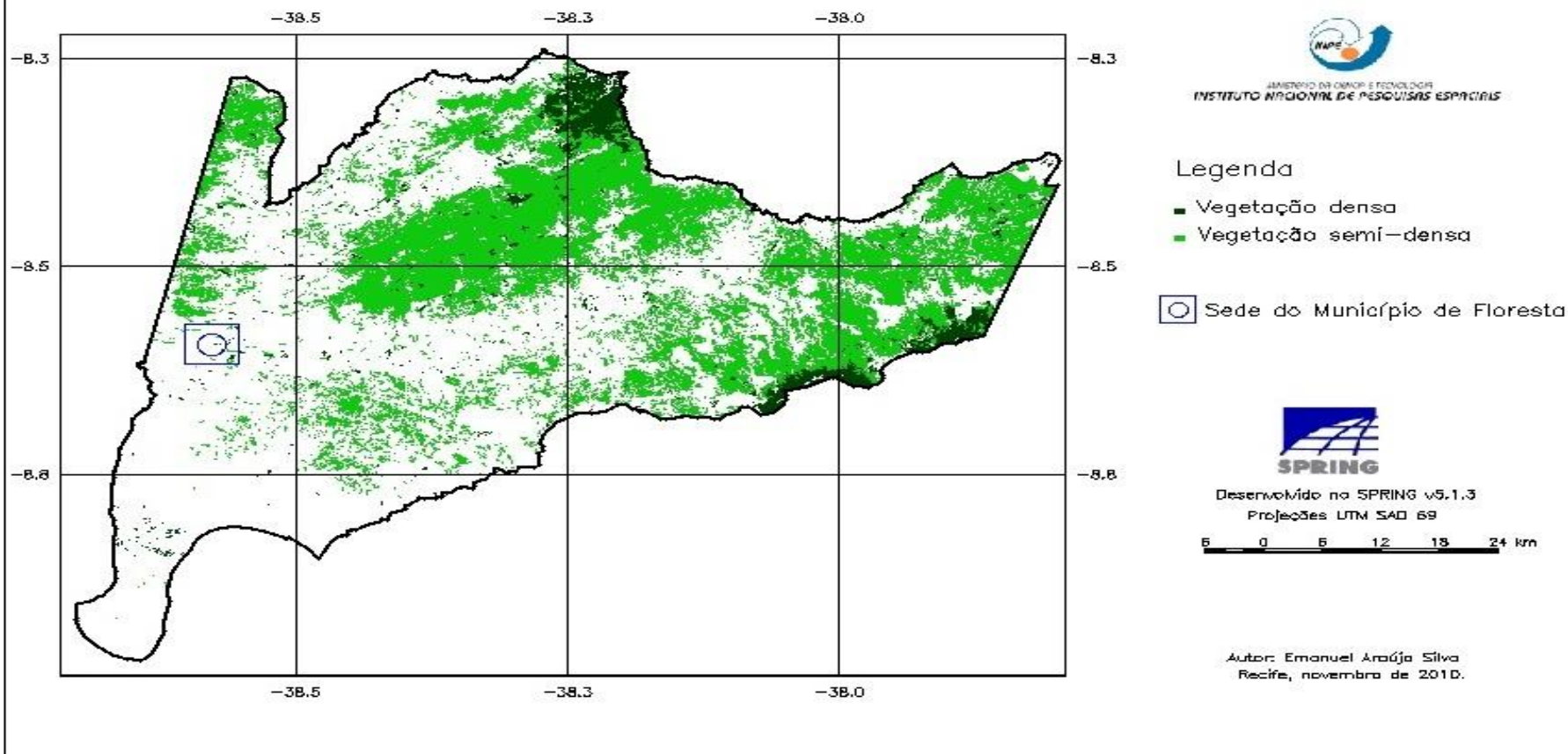


Figura 15 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 1997, Floresta-PE



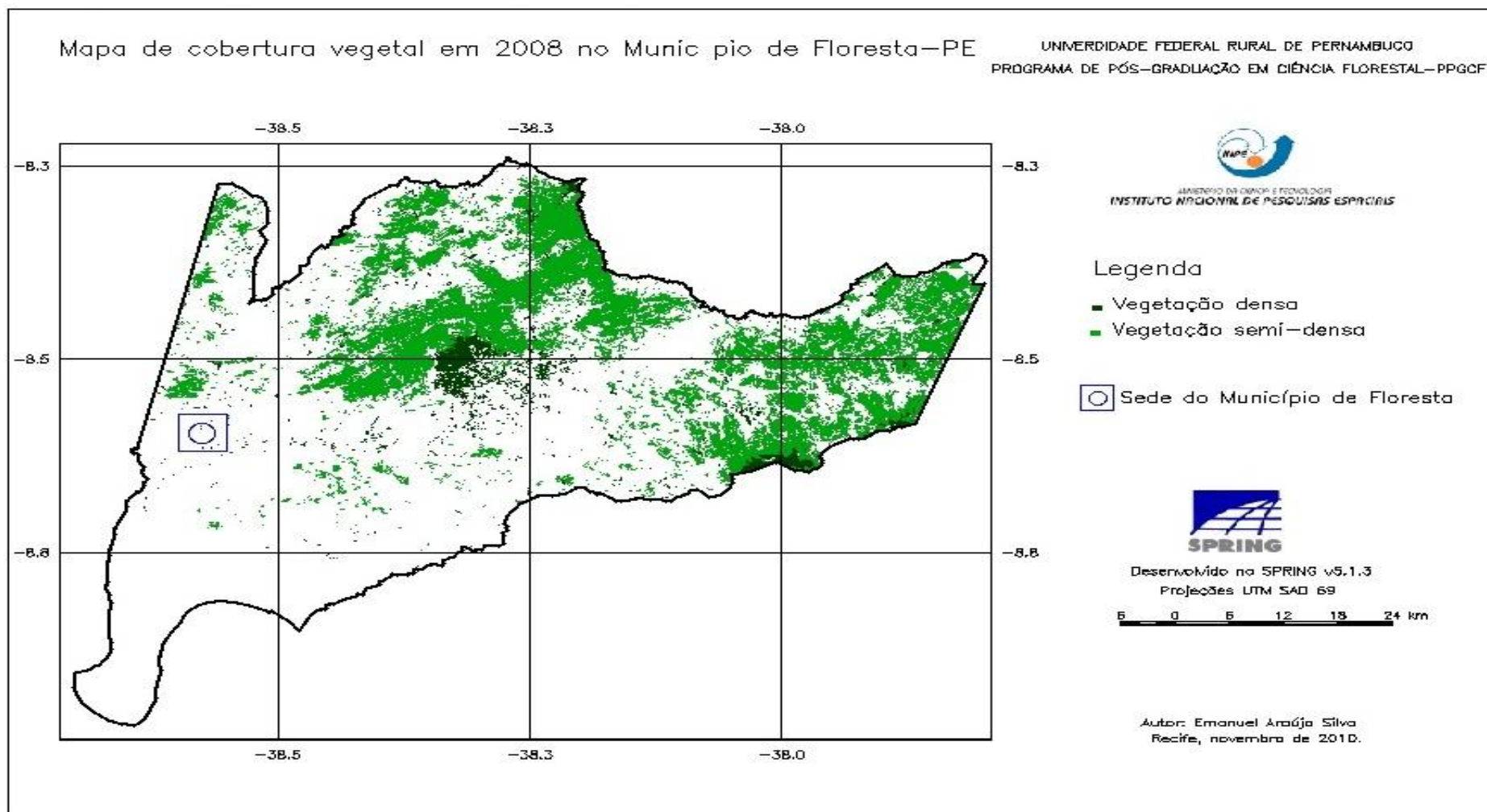


Figura 16 - Avanço da supressão da vegetação no ano de 2008, Floresta-PE

Vale ressaltar que nessas áreas de altitudes elevadas do Município (750 – 850 m) encontram-se parte da mais antiga unidade de conservação do Brasil, a Serra Negra, criada pelo Decreto nº 28.348, de 7 de junho de 1950, com uma área de 1.100 ha e 5 km de extensão, e mesmo assim, nota-se que há exploração de atividades antrópicas na área.

No brejo de altitude foram encontradas árvores com até 30 metros de altura, em contraste com a Caatinga no seu entorno, incomuns no Sertão. A fiscalização é precária fazendo com que a entrada na reserva não tenha controle. Com isso é facilitada a ação de caçadores, de lixo depositado pelos visitantes, da extração de mel, dentre outras ameaças à preservação da reserva. O desmatamento em volta da reserva e o uso abusivo de agrotóxicos também representam ameaças (Figura 17).



Figura 17 - Reserva Ecológica Serra Negra e a presença de atividades antrópicas

No entorno da reserva notou-se que a vegetação já sofre algum tipo de pressão em virtude das ações antrópicas, como abertura de picadas para a retirada de minérios deixando o solo exposto, e abandono sem nenhum tipo de recuperação da vegetação suprimida (Figura 18).

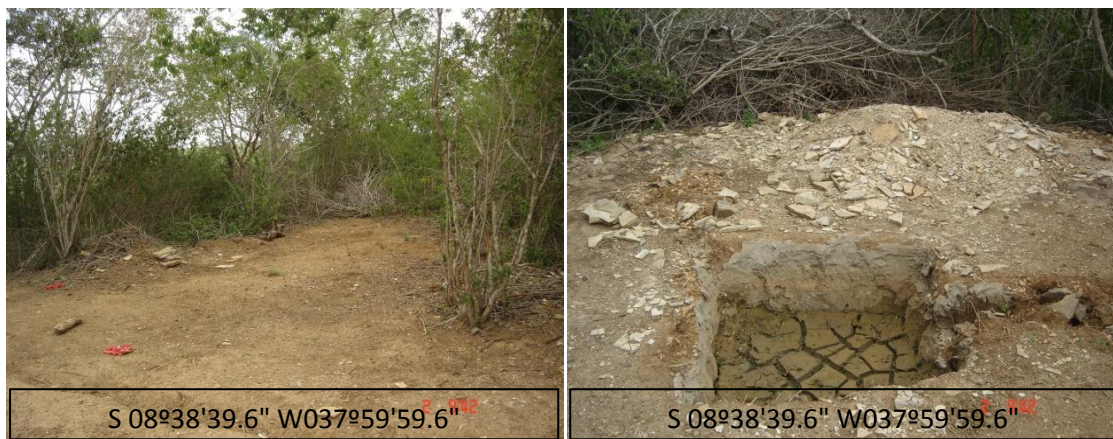


Figura 18 - Abertura de picada na floresta para retirada de minérios

Salienta-se a importância da gestão florestal no semiárido para combater a perda de vegetação, formando conhecimento científico acerca da dinâmica florestal, tendo acesso a dados climatológicos, planialtimétricos, socioeconômicos e etc, gerando políticas públicas para gerir e explorar sustentavelmente a cobertura florestal do Município de Floresta e da região de carvoejamento, fiscalizando ações que levam ao antropismo. Sendo assim criando bases sólidas de conhecimento e formando banco de dados para administrar o uso das florestas e áreas florestais de uma forma que mantenham as suas capacidades de uso no presente como também no futuro, agregando valores aos produtos florestais.

## 5. CONCLUSÕES

As imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT 5, possibilitaram a classificação supervisionada de todos os usos da terra do Município de Floresta para todas as datas pesquisadas, de forma adequada, rápida e confiável.

Por meio dos dados obtidos em campo e dos mapas temáticos produzidos foi possível monitorar de forma satisfatória as transformações que o Município de Floresta vem passando quanto o uso da terra.

A vegetação no início da análise (1987) possuía em torno de 42,21% do total do território, em 2008 passou para 27,38%, com uma perda total de 54.887 ha. A diminuição da cobertura florestal do município de Floresta-PE entre 1987 e 2008 foi a consequência principal da interação clima e pressão antrópica por recursos florestais, necessidade de expansão urbana e atividades agropecuárias.

O solo exposto teve um aumento significativo de 8,61%, totalizando 31.861 ha e como principais agentes as obras da transposição do Rio São Francisco e o desmatamento ilegal.

A classe agropecuária acumulou um ganho de 5,75% em relação aos períodos de 1987 a 2008 e 21.314 ha de novas áreas, onde se concentrou em torno dos cursos d'água. O aumento deveu-se a uma maior disponibilidade de água no Município, que é de suma importância para a agropecuária.

Os corpos d'água, ao longo do tempo, demonstraram aumento com tendência à estabilidade, teve um ganho de 4,03% com uma área de 14.934 ha. Esse aumento foi proporcionado pela construção da Barragem de Itaparica, na qual, inundou boa parte do Município de Floresta e também devido a construção de açudes e poços.

A mata ciliar teve tendência à queda ao longo dos períodos analisados com uma perda total de 3,57% ou 13.222 ha a menos em relação a todo o Município. Essa queda refletiu numa maior concentração da comunidade em torno dos cursos d'água e conseqüentemente havendo a retirada da mata ciliar para a entrada de novas áreas agrícolas.

Com o banco de dados criado será possível confeccionar modelos capazes de simular a cobertura florestal no município de Floresta-PE e

subsidiar os poderes públicos municipal, estadual e federal quanto a definição de políticas de gestão florestal sustentável.

As técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento no mapeamento do uso da terra, por sua praticidade e rapidez, podem ser úteis para apoiar a gestão florestal sustentável visando subsídios para definição de políticas públicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO - CONDEPE. **Cadeias e Arranjos Produtivos**. Região de Desenvolvimento Sertão de Itaparica. Disponível em: <[HTTP://200.238.107.167/c/portal/layout?p\\_\\_id=PUB.1557.139](http://200.238.107.167/c/portal/layout?p__id=PUB.1557.139)> Acesso em 20 de novembro de 2010.

ALBUQUERQUE, S. G. de. Caatinga vegetation dynamics under various grazing intensities by steers in the Semi-Arid Northeast, Brazil. **Journal of Range Management**, v. 52, n. 3, p. 241-248, 1999.

ALIER, J. M. **Da economia ecológica ao ecologismo popular**. Blumenau: Editora da FURB, 1998. 402 p.

ANDRADE, L. A. et al.,. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, v. 11, n.3, p.253-262, 2005.

ARANOFF, S. **Geographical Information Systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989. 294 p.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. 2ª Ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. 434 p.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL – BNB. **Proposta de dimensionamento do semi-árido brasileiro**. Fortaleza: BNB, 2005. 108 p.

BURROUGH, P. A. MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.

CÂMARA, G.; et. al. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001 344 p.

CARVALHO, P. O. Gestão florestal sustentável e certificação. **Revista Floresta**, v.11, n.1, p.16-21, 1998.

CHAGAS, C. da S. **Zoneamento Agropedoclimático do Brasil**. 1999. Disponível em :<<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj02/proj02.html#11>>. Acesso em: 20 de novembro de 2010.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G., BIGING, G. S. A pilot study evaluating ground reference data collection efforts for use in forest inventory. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 58, n.12, p.1669-1671, 1992.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1999. 136 p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM - **Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico do município de Floresta, estado de Pernambuco, 2005. 33 p.

CORREIA, K. G.; et al.,. Atividade microbiana do solo em quatro estágios sucessionais da caatinga no município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 534-549, 2009.

DORNELES, A. C. B. A ocupação do homem: uma análise biocêntrica e antropocêntrica do meio ambiente. **Direitos Culturais**, v. 4, n. 7, p. 171-184, 2009.

DUARTE, S. M. A.; BARBOSA, M. P. Estudo dos Recursos Naturais e as Potencialidades no Semi Árido, Estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa tecnológica**, v. 6, n. 3, p. 168-189, 2009.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: ESAM, 1980. 76 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Diagnóstico Ambiental do Município de Floresta, Pernambuco**. Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA, 2001. (Circular Técnica, ISSN 1517-5146). Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/circular tecnica10diagambfloresta.pdf> > Acesso em: 11 de maio de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **A Desertificação é uma Realidade no Brasil**. Campina Grande, PB. 2007. 28 p.

ENGESAT. **LANDSAT 7 ETM + Ficha técnica resumida**. Curitiba, PR. 2003. Disponível em: <[HTTP://www.engesat.com.br/?system=news&action=read&id=526](http://www.engesat.com.br/?system=news&action=read&id=526)> Acessado em: 6 de novembro de 2010.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. Multigraf, Fortaleza, 1998. 340 p.

FERRARI, R. **Modelagem Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra da Quarta Colônia, RS**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satellite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

GUERRA, A. T. G.; et. al. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 2º edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 340 p.

HENDGES, E. R. **Modelos Estocásticos da Dinâmica da Paisagem Florestal e Simulação de Cenários para o Estado do Rio Grande do Sul no Período de 1988 a 2020**. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2007.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Biomass e vegetação do Brasil**. comunicação social. 2004. Disponível em: <[HTTP://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtml](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtml)> Acesso em: 3 de maio de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. (Manuais técnicos em Geociências, n. 7). Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 91 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010 - Primeiros Resultados**. Disponível em: <[HTTP://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)> Acesso em: 10 de janeiro de 2011.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Manual do Usuário SPRING** (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Disponível em: <[HTTP://www.dpi.inpe.br/spring/usuarios/indice](http://www.dpi.inpe.br/spring/usuarios/indice)>. Acesso em: 19 de maio de 2010.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; et. al. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife, MA/DNPEA – SUDENE/DRN, 1973. v.1. (Boletim técnico, 26).

KLECKA, W. R. **Discriminant Analysis**. Beverly Hills, California: SAGE Publications, 1980. 71 p.

KLEINPAUL, J. J. **Análise multitemporal da cobertura florestal da Microbacia do Arroio grande, Santa Maria, RS**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

KNUST, S. S. A. **Avaliação das imagens RADARSAT-1 sob diferentes geometrias de observação em aplicação geológica no Vale do Rio Curuçá (Bahia)**. 146 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**. v. 33, n.1, p.159-174, 1977.

LEAL, I. R. et. al. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. 2ª ed. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. 822 p.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.71, n.3, p.445-463, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais**. Brasília – DF: MMA. 2010, 388 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação**. 2ª Ed. São José dos Campos, São Paulo. 2003. 403 p.

OLIVEIRA, K. A. **Classificação de imagens LANDSAT 5 para mapeamento do Cacaueiro Nativo (*Theobroma cacao* L.), do Rio Purus – Amazonas. 2010**. 67 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, AC, 2010.

PAREYN, F. G. C. **Gestão dos recursos florestais da Caatinga**. Os recursos florestais nativos e sua gestão no Estado de Pernambuco – O papel do manejo florestal sustentável. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

PEREIRA, I. M. **Avaliação qualitativa e quantitativa da forragem produzida pela jurema-preta (*Mimosa hostilis*, Benth), pelo estrato herbáceo em área de reflorestamento**. 37 f. (Monografia em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos, 1998.

PEREIRA, L. V. **Análise espacial da evolução da cobertura e uso da terra no distrito de Santa Flora, Santa Maria, RS**. Santa Maria: Universidade

Federal de Santa Maria. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

PEREIRA, R. S. **Princípios Físicos de Sensoriamento Remoto**. Santa Maria, RS, 1997. 72 p.

PERNAMBUCO. Secretaria da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Política Estadual de controle da desertificação**. Recife: Sectma-PE, 1999. 36 p.

PONTIUS JUNIOR., R. G. et. al. Modelling the spatial pattern of land use change with geomod 2: application e validation for Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 85, n. 1-3, p.191- 203, 2001.

RIBEIRO, C. A. S. *et al.*,. Seleção de modelos volumétricos para leucena no agreste de Pernambuco. **Brasil Florestal**, v. 20, n.72, p. 37-45, 2001.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora. 2000. 220 p.

ROCHA, J. S. M. **Manual de Projetos Ambientais**. 1. ed. Brasília-DF: Gráfica Supercor Produtos Gráficos Ltda., 1997. 423 p.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B. Uso das plantas da caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L. (Eds.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste – APNE, Centro Nordestino de Informações sobre Plantas – CNIP, 2002. p. 49-90.

RODRIGUEZ, L. C. E. et al.,. Rotações de eucaliptos mais longas: análise volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, n.51, p.15-28, 1997.

SÁ, I. B. **Aplicações da abordagem multiestágio em sensoriamento remoto para mapeamento da vegetação de Caatinga**: estudo de caso, Petrolina, PE.

178 f. Dissertação (mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1991.

SÁ, I. B. et al.,. Fatores abióticos: áreas e ações prioritárias para conservação da caatinga. In: SILVA, J. M. C. da, TABARELLI, M., FONSECA, M. T. da, LINS, L. V. (Org.). **Biodiversidade da caatinga: e ações prioritárias para conservação da caatinga**. Brasília: MMA, 2003. p. 37-44.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento Remoto e Suas Aplicações para Recursos Naturais Coordenadoria de Ensino**. SJ dos Campos/SP: Documentação e Programa Especiais INPE, 2000. p. 31–45.

SILVA, A. N. R. da; et al., **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais**. Ed. Dos Autores, São Carlos, SP, 2004. 228 p

SILVA, D. A. da. **Sistemas Sensores Orbitais**. São José dos Campos: INPE – CTA, 1995. 69 p.

SILVA, M. **Os desafios da gestão das florestas naturais**. Revista Opiniões, mar-mai, 2007. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=273>>. Acesso em: 18 Fevereiro. 2010

SOUZA, M. R. **A desertificação e suas implicações no desenvolvimento sustentável**. [S.l: s.n.]. 2000. Disponível em: <[http://www.seagri.ba.gov.br/RevBa-Agr/rev\\_112000/desertifica.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/RevBa-Agr/rev_112000/desertifica.htm)>. Acesso em: 11 de maio de 2010.

SOUZA, R. F. de. et. al Estudo da degradação das terras do Município de Boa Vista – Paraíba. **Engenharia Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 005-013, 2007

TILMAN, D. et al.,. Forcasting agriculturally driven global enviromental change. **Science**, v. 292, p. 281-284, 2001.

TROVÃO, D. M. B. M. et. al. Estudo comparativo entre três fisionomias de Caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, p. 1-5, 2004.

UNITES NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION- UNCCD. **In those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa**. Interim Secretariat for the Convention to Combat Desertification. Geneve Executive Center – C.P.76-1219 Châtelaine/Geneve: 1994, 71 p.