



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA

**MODELAGEM DINÂMICA DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO
DE FLORESTA-PE**

RECIFE - PERNAMBUCO

2015

CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA

**MODELAGEM DINÂMICA DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO
DE FLORESTA-PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Florestais, na área de concentração de Biometria e Manejo Florestal.

Orientador:

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Co-orientadores:

Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva

Prof. Dr. Francisco Tarcísio Alves Junior

RECIFE - PERNAMBUCO

2015

Ficha Catalográfica

O48m Oliveira, Cinthia Pereira de
Modelagem dinâmica da cobertura florestal do município de
Floresta-PE /Cinthia Pereira de Oliveira. -- Recife, 2015.
99 f.: il.

Orientador (a): Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Ciências Florestais, Recife, 2015.
Inclui apêndice(s) e referências.

1. Sensoriamento remoto 2. Análise multitemporal
3. Modelagem I. Ferreira, Rinaldo Luiz Caraciolo,
orientador II. Título

CDD 634.9

CINTHIA PEREIRA DE OLIVEIRA

**MODELAGEM DINÂMICA DA COBERTURA FLORESTAL DO MUNICÍPIO
DE FLORESTA-PE**

Data: 23/02/2015

Banca Examinadora



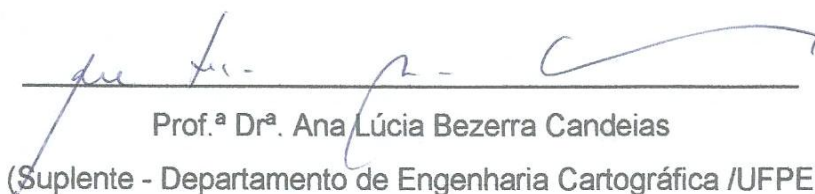
Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
(Orientador - Departamento de Ciência Florestal/UFRPE)



Prof. Dr. Geber Barbosa de Albuquerque Moura
(Titular - Departamento de Agronomia/UFRPE)



Prof. Dr. João Rodrigues Tavares Junior
(Titular - Departamento de Engenharia Cartográfica/UFPE)



Prof.^a Dr.^a Ana Lúcia Bezerra Candeias
(Suplente - Departamento de Engenharia Cartográfica /UFPE)

RECIFE - PERNAMBUCO

2015

AGRADECIMENTOS

DEUS, por todas as bênçãos concedidas.

A minha família, meu pai Antônio José Viana de Oliveira, minha mãe Emilia Zenóbia Pereira de Oliveira e meus irmãos Valéria e Leandro, que mesmo longe estiveram presentes a cada passo dessa jornada.

À minha avozinha querida Alice, minhas tias Elciane, Elvira e Simone, tios Emanuel e Edmilson, primas Suzane e Camila pela torcida e apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa mestrado, que propiciou a realização deste trabalho;

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, aos discentes pelo ensinamento empregado estrutura e acolhimento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira pela orientação, apoio, disponibilidade, amizade, a paciência de todas as horas e a dedicação que tornou tudo isso possível.

Aos meus co-orientadores Prof. Ph.D. José Antônio Aleixo da Silva Prof. Dr. Francisco Tarcísio Alves Junior pelos ensinamentos e por sempre estarem disponíveis para tirar qualquer dúvida.

Aos meus colegas e amigos conquistados no mestrado Cybelle, Anderson, Adelson, Edson, Nara Lucia, Jorge Irapuan, Aldo, Lucia Sena e Salomé pela amizade e companheirismo.

Aos meus amigos que jamais saíram dos meus pensamentos sejam em horas tristes ou alegres Breno Henrique, Livia, Aldine e Jadson.

Ao meu namorado Robson Borges de Lima meu companheiro, melhor amigo e amor, por todo o carinho, paciência, dedicação, ensinamentos, estando presente. Te amo!

A cidade de Recife por ter um povo tão acolhedor e caloroso.

A todos que com sua torcida e orações me ajudaram a chegar no dia de hoje.

Muito

Obrigada!!!!

“Quando abro a porta de uma nova descoberta já encontro Deus lá dentro.”

Albert Einstein

Dedico esta dissertação meu pai Antônio José, minha querida mãe “mana” Emília Zenóbia e as minhas avós Ceci (in memória) e Alice.

OLIVEIRA, CINTHIA PEREIRA. Modelagem dinâmica na cobertura florestal no município de Floresta-PE. 2015. Orientador: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Co-orientadores: José Antônio Aleixo da Silva e Francisco Tarcísio Alves Júnior.

RESUMO

A vegetação natural da Caatinga vem sofrendo uma grande pressão antrópica devido as atividades agropecuárias, demanda energética industrial e residencial e expansão urbana. Esta pressão vem acarretando padrões de diminuição da cobertura vegetal. Nessa concepção, este trabalho tem como objetivo estabelecer diretrizes metodológicas para analisar a dinâmica desses padrões no município de Floresta-Pernambuco. Foram utilizadas imagens Landsat 5 (*TM*) nos anos de 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e Landsat 8 (*OLI*) no ano de 2014, as quais passaram por processamento digital pelo método de BHATTACHARYA, classificação e validação, a partir da programação em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico – LEGAL, foi realizada a evolução da transição da vegetação utilizando as classes temáticas manutenção, desmatamento e expansão. A modelagem dinâmica foi realizada utilizando o software Dinamica EGO, no qual o modelo foi simulado, validado, pela similaridade de fuzzy, e gerado os cenários futuros de 2014 à 2024. Os resultados reportaram que: todas as imagens obtidas a partir da classificação digital tiveram resultados considerados excelentes de acordo com níveis de aceitação do Índice de Kappa, os mapas temáticos de uso e cobertura de solo em todos os anos analisados, as classes “vegetação” e “solo exposto” foram as que tiveram uma ocupação mais significativa na área de estudo. A análise dos resultados do mapeamento de evolução da transição da vegetação foi possível perceber que houve alteração significativa da cobertura na vegetação da área de estudo com a ausência da vegetação, tomando proporções consideráveis. O modelo foi considerado satisfatório, obtendo o valor de similaridade *fuzzy* para janelas de 11x11 e função de decaimento constante de 0,73, em dez anos sendo previsto um aumento na vegetação e agropecuária e diminuição de 20,59% de solo exposto e 48,46% de água para o município de Floresta-PE.

Palavras-chave: Análise multitemporal, modelagem, sensoriamento remoto

OLIVEIRA, CINTHIA PEREIRA. Dynamic modeling of forest cover in the municipality of Floresta – PE, 2015. Supervisor: Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira. Co-supervisors: José Antônio Aleixo da Silva e Francisco Tarcísio Alves Júnior.

ABSTRACT

The natural vegetation of the Caatinga has suffered a great human pressure because the needs of agricultural activities, industrial and residential energy demand and urban sprawl. Therefore, this pressure is resulting decrease in patterns of vegetation cover. In this conception, this work aims to establish methodological guidelines for analyzing the dynamics of these patterns in the city of Floresta-Pernambuco. Landsat images were used 5 (TM) in the years 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 and Landsat 8 (OLI) in 2014, which passed through digital processing by the Bhattacharya method, classification and validation from the programming language for GIS Algebraic Space - LEGAL, the evolution of the transition of vegetation was conducted using the thematic classes maintenance, deforestation and expansion, .a dynamic modeling was done using Dinamica EGO software, in which the model was simulated, validated, by fuzzy similarity, and generated future scenarios 2014 to 2024. The results reported that: all images obtained from the digital classification had results considered excellent according to levels of acceptance of the Kappa index, thematic maps of land use and land cover in all years studied, the classes "vegetation" and "bare soil" were those who had a more significant occupation in the area of study. The analysis of the evolution of mapping the transition of vegetation was observed that there was a significant change in the vegetation cover of the study area with the absence of vegetation, taking considerable proportions. The model was considered satisfactory, obtaining the fuzzy similarity value for 11x11 windows and constant decay function of 0.73 in ten years being provided for an increase in vegetation and agricultural and decreased of 20.59% of exposed soil and 48.46% of water for the Floresta-PE municipality.

Keywords: Multitemporal analysis, modeling, remote sensing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação de modelos.....	19
Figura 2 - Localização do município de Floresta, Pernambuco, Brasil.	23
Figura 3 - Pontos de controle na imagem Geocover e Lansat 5 TM, respectivamente.	30
Figura 4 - Recorte da imagem LANDSAT 8, sensor OLI, composição colorida R6G5B4 do ano de 2014.....	30
Figura 5 - Aplicação da técnica de contraste linear nas composições coloridas LANDSAT 5 (R4G5B2 e R7G4B2) e LANDSAT 8 (R5G4B3 e R7G5B3).....	31
Figura 6 - Imagens dos satélites Landsat 5 e 8 segmentadas através do algoritmo “por regiões” no município de Floresta-PE.	32
Figura 7 - Mapas de variáveis estáticas no município de Floresta-PE.	37
Figura 8 - Esqueleto da criação do Cubo de variáveis estáticas.	39
Figura 9 - Esquema para o cálculo da categorização das variáveis.	40
Figura 10 - Modelo de Cálculo para matriz de transição.	41
Figura 11 - Esquema para o cálculo dos Coeficientes de Pesos e Evidências.	42
Figura 12 - Esquema do cálculo da correlação entre as variáveis do modelo.	44
Figura 13 - Método de aplicação dos algoritmos de similaridade fuzzy.	46
Figura 14 - Esquema de validação utilizando o decaimento exponencial no Dinamica EGO.	47
Figura 15 - Esquema de validação utilizando o decaimento constante no Dinamica EGO.	47
Figura 16 - Esquema do modelo para simulação dos cenários futuros.	48
Figura 17 - Pontos de validação de campo na área de estudo.....	51
Figura 18 - Fotos do município de Floresta-PE: A) linhão; B) fazenda; C) tranposição do Rio São Francisco; D) Vila do Airi; E) área de vegetação; e F) Riacho do Navio.	51
Figura 19 - Vegetação identificada nas imagens do satélite Landsat analisadas. A) vegetação menos densa; B) vegetação mais densa; e C) vegetação com formato irregular.	53

Figura 20 - Maior e menor área por hectare de vegetação entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.	53
Figura 21 - Pluviosidade mensal da área de estudo para os anos de data de aquisição das imagens analisadas.	54
Figura 22 - Áreas identificadas na classe "solo exposto" visualizadas, respectivamente, em imagens Landsat e Google Earth: A) área com nenhuma vegetação; B) área urbana; C) linhas de transmissão; D) estradas; e E) áreas com pouca vegetação.	55
Figura 23 - Maior e menor área por hectare de solo exposto entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.	55
Figura 24 - Áreas identificadas na classe "agropecuária" nas imagens do satélite Landsat. A) área com forma geométrica; e B) áreas com formas irregulares.	56
Figura 25 - Maior e menor área por hectare de agropecuária entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.	57
Figura 26 - Rios identificados na classe "água" nas imagens do satélite Landsat. A) rio Pajeú; B) rio São Francisco; C) riacho do Navio; e D) canais do rio São Francisco.	58
Figura 27 - Menor e maior área por hectare de água entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.	58
Figura 28 - Áreas (ha) de transição da vegetação no município de Floresta-PE.	59
Figura 29 - Períodos de maior e menor preservação de áreas com vegetação.	60
Figura 30 - Períodos de menor e maior ausência de vegetação.	61
Figura 31 - Períodos de menor e maior expansão da vegetação.	62
Figura 32 - Comparação de cenários do ano de 2014 com um mapa classificado e o simulado do município de Floresta-PE.	65
Figura 33 - Resultado da simulação anual entre 2014 e 2024 para o município de Floresta-PE.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Imagens Landsat 5 e 8 órbita ponto 216/66, selecionadas nos diferentes anos analisados.....	27
Tabela 2 - Níveis de aceitação do Índice de Kappa de acordo com a classificação de Congalton e Green (1998)	34
Tabela 3 - Categorias estabelecidas no <i>LEGAL</i> para confecção dos mapas de transições.....	35
Tabela 4 - Descrição dos mapas referentes às variáveis estáticas para modelagem dinâmica da cobertura florestal no município de Floresta-PE.....	36
Tabela 5 - Níveis de aceitação encontrados nos valores do Índice de Kappa gerados a partir das imagens de 1985 à 2014.	49
Tabela 6 - Áreas identificadas na validação dos dados em campo.	50
Tabela 7 - Períodos em que ocorreu o El niño e sua intensidade.....	61
Tabela 8 - Variáveis contínuas e estáticas que mais influenciaram nas transições de uso e cobertura da terra no município de Floresta-PE.....	63
Tabela 9 - Maiores valores de Índice de Cramer e de Incerteza de Informação Conjunta nas variáveis do modelo.	64
Tabela 10 - Índices de similaridade <i>fuzzy</i> obtidos a partir das funções de decaimento constante e exponencial para diferentes tamanhos de janela nos períodos entre 2009 e 2014.	66
Tabela 11 - Quantificação do cenário futuro do município de Floresta-PE e comparação com o ano de 2014.	68

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Sensoriamento Remoto	16
2.2. Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (<i>Land Use Land Cover Change - LULCC</i>)	17
2.3. Modelagem Dinâmica Espacial	18
2.3.1. Modelos computacionais.....	20
2.3.1.1. O simulador Dinamica EGO.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1. Área de estudo	23
3.1.1. Localização	23
3.1.2. Caracterização	24
2.1.2.1 Características Biofísicas	24
3.1.2.1.1. Solos	24
3.1.2.1.2. Geologia e Geomorfologia	24
3.1.2.1.3. Condições Climáticas	24
3.1.2.1.4. Hidrologia.....	25
3.1.2.1.5. Flora.....	25
3.1.2.2. Características Agrossocioeconômicas	25
3.2. Material.....	26
3.3. Processamento Digital das imagens	28
3.3.1 Pré-processamento	28

3.3.1.1. Georeferenciamento	29
3.3.2. Realce das Imagens.....	31
3.4. Mapas Temáticos	31
3.4.1. Segmentação	32
3.4.2. Classificação Digital	32
3.4.3. Validação da Classificação Digital	33
3.4.3.1. Índice de <i>Kappa</i>	33
3.4.3.2. Reconhecimento de Campo.....	34
3.5. Mapas de Transições	34
3.6. Mapas Estáticos	35
3.7. Modelagem dinâmica	38
3.7.1. Preparação dos dados	38
3.7.2. Modelagem dos Dados	38
3.7.2.1. Entrada de dados.....	39
3.7.2.1.1. Cubo	39
3.7.2.1.2. Esqueleto	39
3.7.2.2. Calibração do Modelo	41
3.7.2.2.1. Matrizes de transição	41
3.7.2.2.2. Coeficientes dos Pesos de Evidência	42
3.7.2.2.3. Correlação entre as variáveis	42
3.7.2.3. Simulação e Validação.....	44
3.7.2.3.1. Rodando o modelo de simulação.....	44
3.7.2.3.2. Teste de validação do modelo de simulação	45
3.7.2.4. Obtenção de cenários futuros	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1. Validação da Classificação Digital.....	49
4.2. Dinâmica de alteração do uso e cobertura da terra.....	52

4.2.1.	Análise por Classe	52
4.2.1.1.	Vegetação.....	52
4.2.1.2.	Solo exposto	54
4.2.1.3.	Agropecuária.....	56
4.2.1.1.	Água	57
4.3.	Evolução das Transições da Vegetação	59
4.4.	Modelagem dinâmica	62
4.4.1	Pesos e evidências	62
4.4.2	Correlação dos mapas	63
4.4.3.	Simulação	64
4.4.3.1.	Validação	66
4.4.4.	Simulação dos cenários futuros	66
5	CONCLUSÃO.....	69
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
7	APÊNDICE	74

1. INTRODUÇÃO

A vegetação natural da Caatinga por suprir em grande parte a demanda por recursos florestais no estado de Pernambuco vem sofrendo um enorme pressão antrópica ao ser explorada de forma desordenada devido as atividades agropecuárias, demanda energética industrial e residencial e a expansão urbana. Assim, o crescimento acelerado e desordenado de exploração dessas áreas indica a necessidade de estudos voltados à sua gestão e seu ordenamento.

Ribeiro et al. (2001) alegam que dentre as várias atividades que afetam o domínio morfoclimático Caatinga, a ausência de critérios técnicos no corte de sua vegetação é o que mais põem em risco a extinção de espécies vegetais e animais. Isso leva a necessidade de medidas que visem prevenir seus impactos negativos ou minimizar o nível de sua magnitude.

Com base nisso, o monitoramento e planejamento para uso sustentável dos recursos naturais são necessários em todas as áreas da sociedade, associados ao seu gerenciamento, por meio de boas práticas agrícolas, florestais e de expansão urbana. E em conformidade com o contexto trabalhado, 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 escala local a global (PEREIRA, 2008).

O Sensoriamento Remoto vem sendo uma das tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoração dos recursos terrestres em escala global. Essa tecnologia possibilita as aplicações nas áreas de levantamentos de recursos naturais e mapeamentos temáticos, monitoração ambiental, detecção de desastres naturais, desmatamentos, previsões de safras, cadastramentos multifinalitários, cartografia de precisão, defesa e vigilância, entre outras (MENESES; ALMEIDA, 2012).

As técnicas e os produtos compreendidos pelas geotecnologias passaram a apresentar um destacado desenvolvimento com o advento tecnológico, com maior disponibilidade de dados e informações sobre o espaço

geográfico, como os resultantes do sensoriamento remoto, possibilitando assim a abertura de muitos caminhos nas pesquisas vinculadas à análise da informação espacial (TRENTIN; FREITAS, 2010).

Para Jensen (2009) é de grande valor a análise de dados obtidos por sensores remotos em apenas uma data visando extrair informações importantes biofísicas da paisagem frequentemente. No entanto, ao analisar a dinâmica de um ecossistema é necessário monitorá-la através do tempo e determinar as sucessões das mudanças, tendo assim a possibilidade da projeção das mesmas ao longo do tempo.

A modelagem refere-se à etapa de construção de modelos, ao procedimento de pesquisa que conduz ao modelo, ou seja, à representação do sistema. Esse processo desenvolvendo-se a partir da definição de um conjunto de hipóteses ou predições, as quais poderão ser comparadas com medidas do mundo real. O modelo gerado poderá ser aceito, rejeitado ou modificado, mas somente após a comparação entre o resultado gerado e o observado para novamente ser testado (SOARES-FILHO, 1998).

Os modelos de simulação espacial estão recebendo uma maior atenção de pesquisadores de diversas áreas e se tornaram um promissor campo de pesquisar. Fazendo parte de uma classe especial de modelos de simulação encontram-se os modelos espaciais ou modelos de paisagem, simulam mudanças dos atributos do meio ambiente através do território geográfico visando auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e dos processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de um conjunto de circunstâncias (SOARES-FILHO et al.,2007).

A presente pesquisa, tem como objetivo geral a aplicação de uma ferramenta para a modelagem da dinâmica da vegetação, com vistas à cobertura florestal, no município de Floresta-PE, no período de 1985 a 2014 e, com base nesse modelo, efetuar a projeção de cenários futuros de 10 anos (ano de 2024). E como objetivos específicos:

- Realizar o mapeamento do comportamento do uso cobertura florestal na área de estudo, com base em uma série temporal de imagens Landsat, produto das classificações dos anos 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014;

- Aplicar uma ferramenta de modelagem dinâmica para simular processos de transição na vegetação ocorridos durante o período de análise;
- Avaliar como a presença de dados históricos e dos fatores clinográficos do terreno, rede viária, rede hidrográfica, geologia, classes hipsométricas, solos e zonas urbanas contribuem para a dinâmica espacial-temporal da cobertura florestal nas áreas de estudo; e
- Com base no modelo dinâmico, projetar simulações futuras, de intensidade e localização de mudanças na vegetação da área de estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como a tecnologia que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos. Estas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MORAES, 2002).

De acordo com Florenzano (2011) a obtenção de dados por sensoriamento remoto, requer o uso de energia, que operam os sensores remotos, podendo ser proveniente de uma fonte natural, como a luz do Sol e o calor emitido pela Terra, ou pode ser uma fonte artificial como, por exemplo, o sinal produzido por um radar ou o flash de uma máquina fotográfica.

O Sensoriamento Remoto por meio de imagens orbitais também é conhecido pelo relativo baixo custo de seus produtos, quando comparado com tradicionais métodos fotogramétricos e topográficos. Outra vantagem desta tecnologia é a frequência com que cada região na superfície da terra é visitada (coberta), possibilitando o monitoramento temporal de fenômenos e recursos naturais (CÂMARA et al., 1999).

A utilização de dados de sensoriamento remoto, sobretudo o orbital, como auxílio ao planejamento das atividades ligadas aos recursos naturais e ao meio ambiente está consagrada mundialmente e vem facilitando sobremaneira as pesquisas executadas nos diferentes ecossistemas (SÁ, 2004).

As técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas ao uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são de grande importância no estudo e na preservação dos recursos naturais da terra, uma vez que nos leva a lugares de difícil acesso bem como facilita no acompanhamento dos processos dinâmicos da natureza (RIBEIRO; MARACAJÁ, 2008).

As aplicações de sensoriamento remoto têm-se espalhado pelo mais diversos campos do conhecimento. Isso se deve principalmente à facilidade de acesso aos dados de sensores remotos, à disponibilidade de equipamentos adequados ao processamento de informações e à crescente necessidade de compreensão do funcionamento dos diversos sistemas componentes da Terra (EPIPHANIO et al. 1996)

2.2. Mudanças no Uso e Cobertura da Terra (*Land Use Land Cover Change* - LULCC)

Os termos uso e cobertura da terra são palavras derivadas do inglês, Land Cover e Land Use. Pela análise do uso da terra (Land use) se percebe como as alterações promovidas para atender as necessidades humanas sobre as mais diversas coberturas (agricultura, pecuária, recreação, entre outros) e o conceito de cobertura do solo (Land cover) referem-se à caracterização física, química e biológica (floresta, gramínea, área urbana, entre outros) (TURNER; MEYER, 1994; ELLIS; PONTIUS, 2009).

Segundo Brito e Prudente (2005) as dinâmicas de uso da terra são um dos principais determinantes da alteração da cobertura do solo. Envolve considerações do comportamento humano, especialmente com papéis cruciais desempenhados por tomadores de decisão, as instituições, as condições iniciais de cobertura do solo, e a integração inter-nível dos processos em um nível com os de outros níveis de agregação. Sem compreender a dinâmica por trás do uso da terra, não podemos entender as mudanças na cobertura da terra, nem prever o resultado das intervenções políticas. Por mudança da cobertura da Terra se entende a mudança dos materiais biofísicos que cobrem a superfície da Terra.

A mudança no uso da terra é a mudança dos usos que o homem faz sobre o solo mantendo uma floresta, ou derrubando-a para transformá-la em um campo de cultivo ou pastagem; tornando áreas rurais em urbanas; inundando vales com a construção de barragens; criando unidades de conservação. Enfim toda a gama de possibilidades de uso que se pode fazer da superfície da terra (JENSEN, 2009).

A questão de mudanças nos padrões de Uso e Cobertura da Terra tem despertado interesse, dentro e fora do meio científico, devido ao acelerado processo de mudança das últimas décadas e aos possíveis impactos ambientais e socioeconômicos dessas mudanças, os quais causam preocupações desde o nível local até o global (AGUIAR, 2002). A maioria dos esforços de pesquisa para monitoramento de mudanças na cobertura da terra com sensoriamento remoto tem sido com estudos de casos localizados de natureza experimental (WYATT, 2000).

O conhecimento sobre o uso e cobertura da terra tornou-se cada vez mais importante para a superação de problemas de desenvolvimento, deterioração da qualidade ambiental, a perda de terras agrícolas e perda de peixes e habitat dos animais selvagens. Seus dados são necessários para a análise de processos ambientais e problemas que devem ser compreendidos para que as condições de vida e padrões possam ser melhorados ou mantidos nos níveis atuais (ANDERSON et al., 1976).

As alterações de uso e cobertura da terra podem ter consequências globais, que exige soluções locais e regionais para os problemas globais e a cooperação dos políticos do mundo, administradores de terras e outras partes interessadas na gestão territorial em escala local, regional e global (MOREIRA, 2009).

2.3. Modelagem Dinâmica Espacial

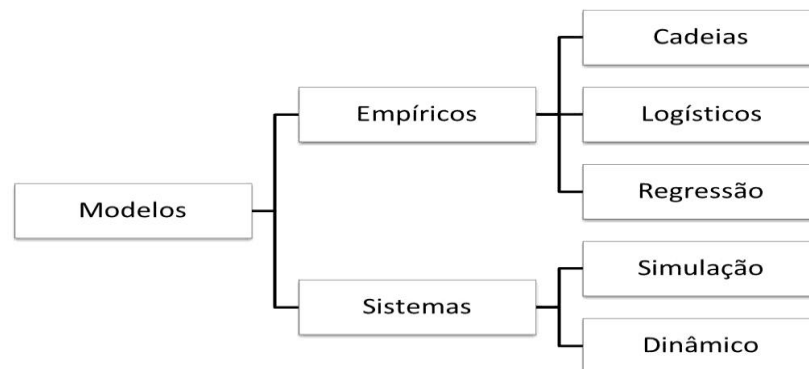
Para compreender a modelagem dinâmica espacial é primeiramente necessário conhecer alguns termos a respeito de modelagem e modelo.

A modelagem refere-se à etapa de construção de modelos, ao procedimento de pesquisa que conduz ao modelo, ou seja, à representação do sistema. Esse processo se desenvolvendo a partir da definição de um conjunto de hipóteses ou predições, as quais poderão ser comparadas com medidas do mundo real. O modelo gerado poderá ser aceito, rejeitado ou modificado, mas somente após a comparação entre o resultado gerado e o observado para novamente ser testado (SOARES-FILHO, 1998).

Lambin (1994) e Druck et al. (2004) explicam que a constituição de um modelo tem pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos, no qual, em sua construção será enfatizado um ou outro desses elementos. Um modelo (Figura 1) pode ser classificado em:

- **Empíricos:** focalizando os relacionamentos entre suas variáveis partindo da suposição de que as relações observadas no passado continuarão no futuro, tendo como exemplo, cadeias de Markov, modelos logísticos de difusão e modelos de regressão; e
- **Sistemas:** correspondem a descrições matemáticas de processos complexos que interagem entre si, com ênfase às interações entre todos os componentes de um sistema, dividido em duas classes os modelos de simulação de ecossistemas e os modelos de simulação dinâmica espacial.

Figura 1 - Classificação de modelos.



Fonte: Lambin (1994), adaptado pela autora.

Ainda Lambin (1994) explica que o modelo deve ter também respostas para indicar as variáveis ambientais e culturais os processos ecológicos e socioeconômicos que contribuem e caracterizam a ocorrência de determinado fenômeno e precisa explicar sua evolução e especializá-lo. Assim sendo capaz de descrever quantitativamente um fenômeno e prever sua evolução, integrando a escala temporal e espacial.

Conforme Almeida (2003) três fases temporais podem ser apontadas para os modelos:

- **Modelos não-dinâmicos:** de base teórica e matemática que buscaram esclarecer processos de mudanças urbanas e regionais ;

- **Modelos dinâmicos:** possuem dimensão temporal explícita, suas entradas e saídas variando com o tempo e seus estados dependem de estados anteriores; e
- **Modelos dinâmicos espaciais:** que passaram a oferecer, a visualização espacial, sobretudo com a utilização de modelos de autômatos celulares (AC).

Segundo Câmara et al. (2003), as representações estáticas não conseguem representar os fenômenos espaciais que são dinâmicos de forma adequada. Assim, sendo um desafio desenvolver técnicas e abstrações que consigam representar os fenômenos dinâmicos, por exemplo, como mudanças de uso da terra, enchentes urbanas, tráfego viário e de pedestres.

Modelos de simulação espacial tendem a auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim definir como que eles evoluem diante de diferentes cenários que se revelam por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (RODRIGUES et al., 2007).

Os modelos de simulação espacial estão recebendo uma maior atenção de pesquisadores de diversas áreas e se tornaram campo de pesquisa promissor. Fazendo parte de uma classe especial de modelos de simulação encontram-se os modelos espaciais ou modelos de paisagem, simulam mudanças dos atributos do meio ambiente através do território geográfico visando auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e dos processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de um conjunto de circunstâncias (SOARES-FILHO et al., 2007).

2.3.1. Modelos computacionais

De acordo com Lévy (1998) a simulação dentre os gêneros aportados pela cibercultura, ocupa um lugar central, constituindo um importante dispositivo heurístico, que só se tornou viável graças ao recente

desenvolvimento científico, tanto na área de informática, como também na modelagem de sistemas.

No processo de simulação a dinâmica de um sistema é modelada em ambiente computacional, no qual se reproduz com a complexidade de seu mecanismo de desenvolvimento, esta operação ocorrendo através de processos de troca de materiais, energia, informação e espécies/estados entre os componentes ou elementos do sistema. (SOARES-FILHO et al.,2007).

A seguir, uma breve descrição sobre o aplicativo utilizado na realização desta pesquisa, sua criação e funcionamento.

2.3.1.1. O simulador Dinamica EGO

Um dos modelos computacionais desenvolvidos para simulação é o Dinamica – *Landscape Dynamic System* (LDS). Trata-se de um software freeware criado e mantido pelo Centro de Sensoriamento Remoto (CSR), pertencente ao Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais (BENEDETTI, 2010).

Segundo Soares-Filho (2001) o aplicativo tem como base a simulação discreta e o Autômatos Celulares, utilizando como parâmetros de entrada mapas temáticos da paisagem (originados usualmente de dados de Sensoriamento Remoto), representados por uma matriz. O processo de modelagem implementado neste aplicativo, classifica as variáveis espaciais em dinâmicas e estáticas. Também, sendo considerados outros parâmetros necessários para compor os dados de entrada: as taxas anuais de transição, tempo mínimo de permanência em cada estado, as percentagens alocadas para cada um dos algoritmos de transição desenvolvidos, entre outros. Como saída, o aplicativo produz mapas temáticos da paisagem e mapas de probabilidade de transição para cada passo de tempo simulado.

O Dinamica-EGO é um simulador possibilita a concepção e a aplicação de modelos de simulação para a gestão ambiental sem fazer uso de técnicas de Inteligência Artificial (IA) ou Sistemas Multiagentes (SMA) (ABREU et al. 2011).

Segundo Almeida (2003) a modelagem no ambiente Dinamica EGO deve seguir a seguinte ordem:

- Geração, coleta e processamento de dados de entrada, tais como dados cartográficos e censitários que devem ser inseridos em um banco de dados geográfico;
- Seleção de variáveis a partir de uma análise exploratória dos dados de entrada;
- Modelagem gerada a partir dos cálculos de taxas de transição que podem ser obtidos através de diferentes métodos, dentre eles cita-se o método de pesos e evidências;
- Execução das simulações, calibração e validação do modelo; e
- Simulação de cenários futuros.

Na área de ciência florestal, o simulador Dinamica EGO já vem sendo utilizado para o desenvolvimento em vários estudos (BENEDETTI, 2010; SILVA et al., 2013; DIAS; WALDE, 2013; SUAREZ; CANDEIAS, 2014).

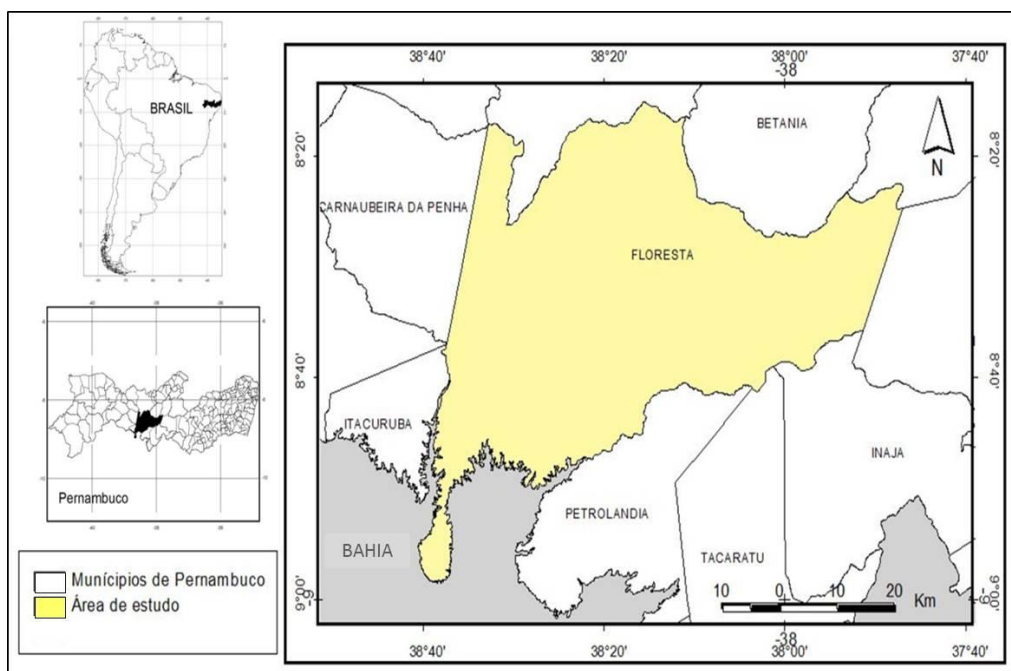
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

3.1.1. Localização

O presente estudo foi conduzido no município de Floresta (Figura 2) que está localizado a 433 km a Oeste da cidade de Recife, na mesorregião São Francisco Pernambucano e microrregião Sertão de Itaparica. Floresta se limita ao norte com Serra Talhada, Betânia e Custódia, a Oeste com Carnaubeira da Penha e Itacuruba, a Sul com Inajá, Tacaratu, Petrolândia e Alagoas, a Leste com Ibimirim, ocupa área de 3674,9 km², apresenta altitude de 316 m e se situa nas coordenadas geográficas 8°36'02" S de latitude e 38°34'05" W de longitude (CPRM, 2005)

Figura 2 - Localização do município de Floresta, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Cinthia Oliveira

3.1.2. Caracterização

2.1.2.1 Características Biofísicas

3.1.2.1.1. Solos

Os 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 Luvisolos, 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).

3.1.2.1.2. Geologia e Geomorfologia

O município de Floresta está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, que representa a paisagem típica do semiárido 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).

3.1.2.1.3. Condições Climáticas

O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com chuvas de verão. O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 431,8mm (CPRM, 2005). 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 ano⁻¹, com déficit hídrico anual de 1023 mm (EMBRAPA, 2001).

3.1.2.1.4. Hidrologia

O rio Pajeú (cujo principal afluente é o riacho do Navio, que é intermitente) destaca-se entre os cursos d'água que drenam o município de Floresta, 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).

3.1.2.1.5. Flora

A vegetação da área é do tipo savana-estépica (VELOSO et al, 19917). De acordo com EMBRAPA (2001) a cobertura vegetal dominante é a caatinga hiperxerófila, de modo geral, pouco densa e arbustiva. A atividade biológica é muito baixa durante a maior parte do ano. O número de espécies tende a ser relativamente reduzido. Esse tipo de cobertura expõe o solo ao impacto direto das gotas de chuvas, geralmente, de alta intensidade, acelerado a erosão dos solos.

3.1.2.2. Características Agrossocioeconômicas

Criado em 20 de junho de 1907, pela Lei nº 867, o município de Floresta é constituído pelos distritos de Floresta (sede), Airi, Carnaubeira e Olho D'agua do Padre, Nazaré do Pico, Carqueija e dos povoados: Varjota, Gravata de São Francisco, Juazeiro de São Francisco, Jaburu, Massapê e Santa Paula (CPRM, 2005).

Segundo o último censo demográfico (IBGE, 2010), Floresta possui população de 29.285 habitantes, dos quais pouco mais de 1/3 está na zona rural. A densidade demográfica do município é de 8,04 hab. km⁻² e o Índice de Desenvolvimento Humano é de 0,698.

O município tem como atividades principais a pecuária, a agricultura de sequeiro e, em algumas áreas, a presença da agricultura irrigada. As principais atividades pecuárias são caprinocultura, ovinocultura, bovinocultura de corte e

leite, suinocultura e avicultura. Nas atividades agrícolas, registram-se as de cultivo permanente e temporário. As culturas permanentes são: banana e coco; enquanto que as temporárias comerciais são: tomate, cebola, melancia, melão e as temporárias de subsistência: feijão e milho (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 super exploração dos recursos, como forma de gerar renda (PERNAMBUCO, 1999). Esse tipo de exploração da caatinga acelera o processo de degradação ambiental.

3.2. Material

Foram utilizados para a realização desta pesquisa, os seguintes materiais:

✓ Imagens de satélite LANDSAT-5 sensor TM (*Thematic Mapper*) dos anos de 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e LANDSAT-8 com o sensor OLI (*Operational Land Imager*) no ano de 2014, com órbita/ponto 216/66, resolução espacial 30 m, disponibilizadas gratuitamente no site do INPE(<http://www.inpe.br/>) e do Earth Explorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Compreendendo uma cena para cada ano que recobre a área de estudo, com índices de nuvens menores que 30% (Tabela 1).

Tabela 1 - Imagens Landsat 5 e 8 órbita ponto 216/66, selecionadas nos diferentes anos analisados.

Satélite	Data de Aquisição	Órbita /Ponto	Resolução Espacial	Bandas Espectrais Usadas	Intervalo Espectral (μm)
Landsat 5	01/10/1985	216/66	30	1 2 3 4 5 7	(0,45-0,52) (0,52-0,60) (0,63-0,69) (0,76-0,90) (1,55-1,75) (2,08-2,35)
	28/10/1989				
	07/10/1993				
	02/10/1997				
	27/09/2001				
	24/10/2005				
	20/11/2009				
Landsat 8	23/03/2014			2 3 4 5 6 7	(0,45-0,51) (0,53-0,59) (0,64-0,67) (0,85-0,88) (1,57-1,65) (2,11-2,29)

Fonte: Elaborado pela autora

✓ Imagem Geocover do satélite LANDSAT-5, ortorretificada da área de estudo, orbita/ponto 216/66, obtida a partir do site da *Global Land Cover Facility* (<http://glcfapp.glcf.umd.edu/>) do ano de 2007, para o registro das imagens utilizadas.

✓ Imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), adquiridas em formato matricial *Tiff/GeoTiff*, que foram convertidas em grades de cotas altimétricas de forma a compor um Modelo Numérico do Terreno (MNT, gerando um mapa de declividade e outro de classes hipsométricas da área de estudo.

✓ O *software* Sistema de SPRING (Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 5.2.4 gratuita obtida no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), utilizado na manipulação dos dados de uso do solo, no qual foi criado um banco de dados para o armazenamento das informações processadas, administrando tanto dados vetoriais quanto matriciais, de forma a integrar dados de Sensoriamento Remoto em SIG.

✓ O *software* DINAMICA EGO 2.2 desenvolvido pelo CRS (Centro de Sensoriamento Remoto), instalado no Instituto de Geociências da UFMG;

- ✓ O *software* ArcGis versão 10.1 para geração do layout dos mapas de uso do solo e mapas simulados dos cenários futuros da área de estudo.
- ✓ O *software* *Google Earth* versão online, utilizando imagens de alta resolução do ano de 2014 da área de estudo para interpretação da imagem na classificação digital da imagem do mesmo ano analisada.
- ✓ Dados vetoriais da área de estudo (redes viárias, hidrografia, limites municipais, solos, geologia, área urbana, Estados (Região Nordeste) e localidades) adquiridos no site do GeoBanck da CPRM (<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>) para análise dos dados e a montagem dos mapas.
- ✓ Dados pretéritos da área de estudo foram pesquisados em instituições locais (INCRA, CPRH, IBGE, etc.) publicações e na web para entender melhor a dinâmica do uso do solo e da cobertura vegetal;
- ✓ Dados de pluviosidade do município de Floresta, obtidos a partir dos dados do monitoramento pluviométrico mensal pela Agência Pernambucana Águas e Clima - APAC, dos períodos de aquisição da imagem (do mês da aquisição e do mês anterior).
- ✓ Dados do fenômeno do El niño dos anos analisados entre 1989 e 2014 adquiridos no site do *Climate Prediction Center* – CPC (http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml), no qual foram levados em consideração somente a intensidade forte e moderada do fenômeno.

3.3. Processamento Digital das imagens

As imagens utilizadas foram analisadas inicialmente quanto à necessidade de melhoria do aspecto visual e geração de produtos para posteriormente serem submetidos a outros processamentos.

3.3.1 Pré-processamento

Nesta etapa, referente ao processamento inicial de dados brutos para calibração radiométrica da imagem, correção de distorções geométricas e

remoção de ruído, das imagens utilizadas apenas as do satélite LANDSAT 5 precisaram passar pelo pré-processamento, e receberam correções geométricas.

3.3.1.1. Georeferenciamento

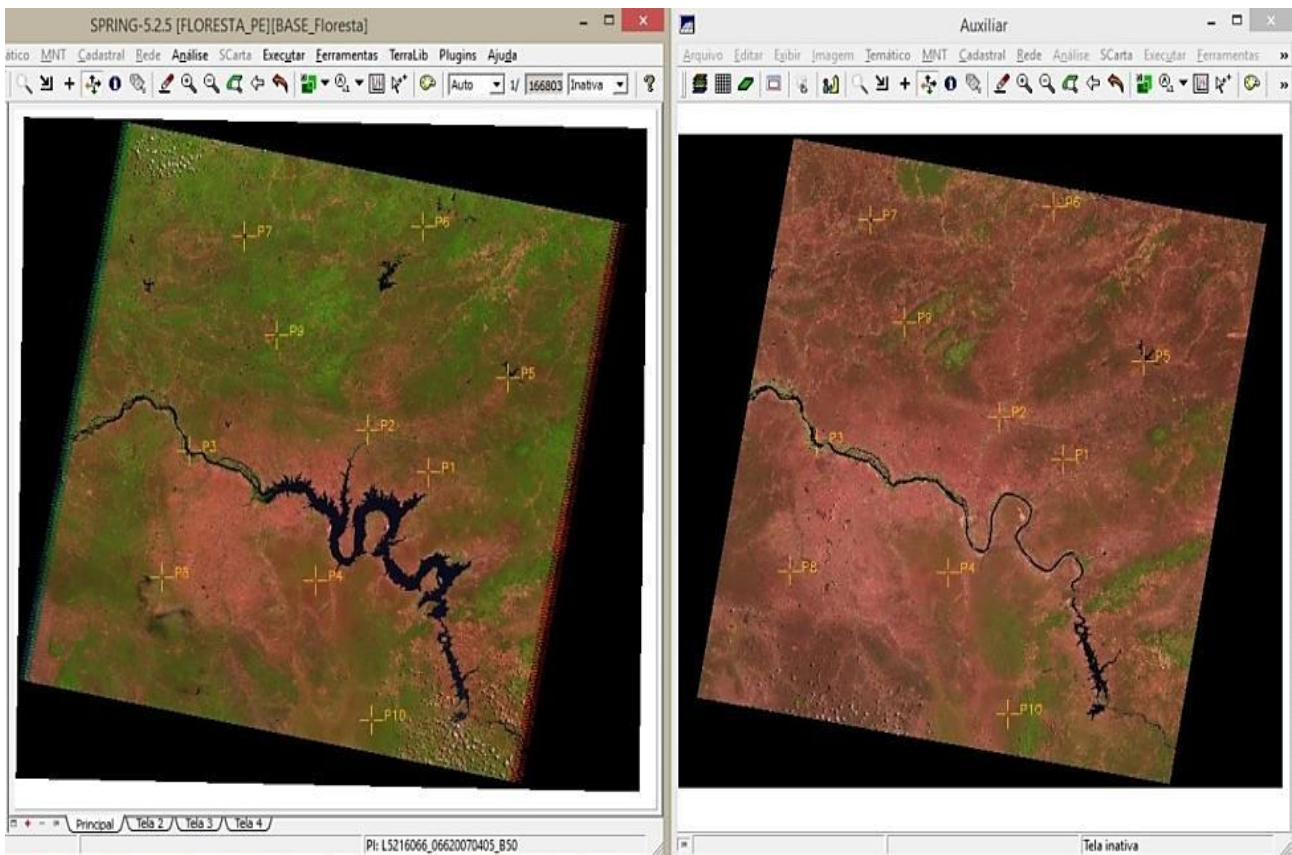
As imagens obtidas a partir do satélite LANDSAT-5 e sensor TM (*Thematic Mapper*), precisaram ser georeferenciadas, procedimento conhecido como registro e passa pela transformação geométrica, no qual, se relaciona as coordenadas da imagem (linha e coluna) com as coordenadas geográficas (latitude e longitude) de um mapa (INPE, 2006).

O registro ocorreu nas imagens do satélite LANDSAT 5 e teve como base imagem Geocover já ortorretificada do mesmo satélite do ano de 2007. E se deu utilizando o programa Spring, a partir do procedimento via Tela, no qual, o Plano de Informação (PI) foi a imagem Geocover.

As imagens que seriam registradas (1985 a 2009) que estavam em formato matricial *Tiff/GeoTiff* foram transformadas em formato “spg” do programa Spring. Com a imagem Geocover como base, o registro se deu na imagem de cada ano, selecionando dez pontos de controle (Figura 3). E o erro dos pontos de controle admitido seguindo como parâmetro estimador o polinômio de 1 grau menor que 1,0.

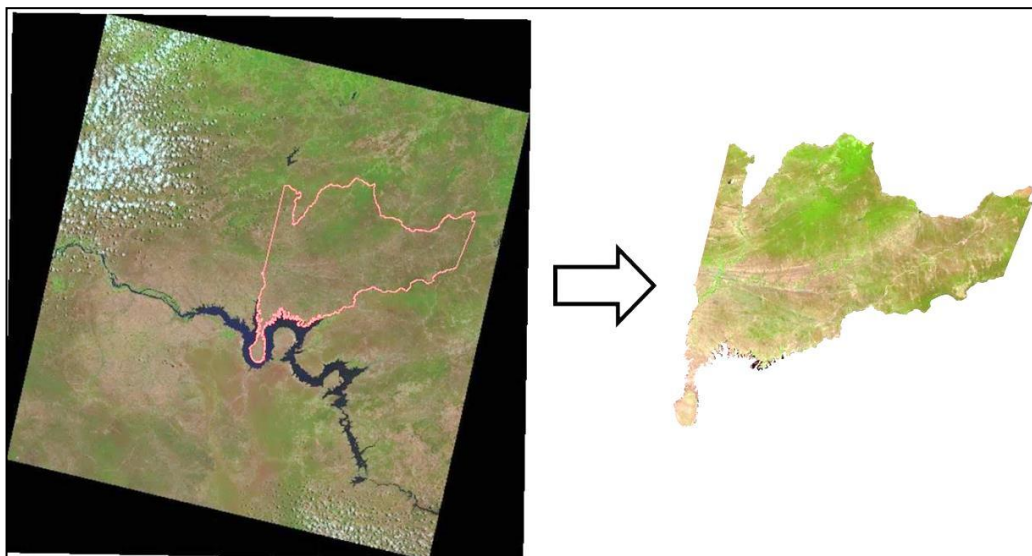
Depois de registradas as imagens para sua melhor visualização e interpretação, foram testadas todas as combinações de bandas possíveis na associação entre os canais RGB (vermelho verde e azul). A estas composições foi aplicada a técnica recorte pela função *Extraction do ArcToolbox* no software ArcGis versão 10.1 (Figura 4) utilizando-se o arquivo do limite da área de estudo em formato *shape* e a imagens combinadas.

Figura 3 - Pontos de controle na imagem Geocover e Lansat 5 TM, respectivamente.



Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 4 - Recorte da imagem LANDSAT 8, sensor OLI, composição colorida R6G5B4 do ano de 2014.

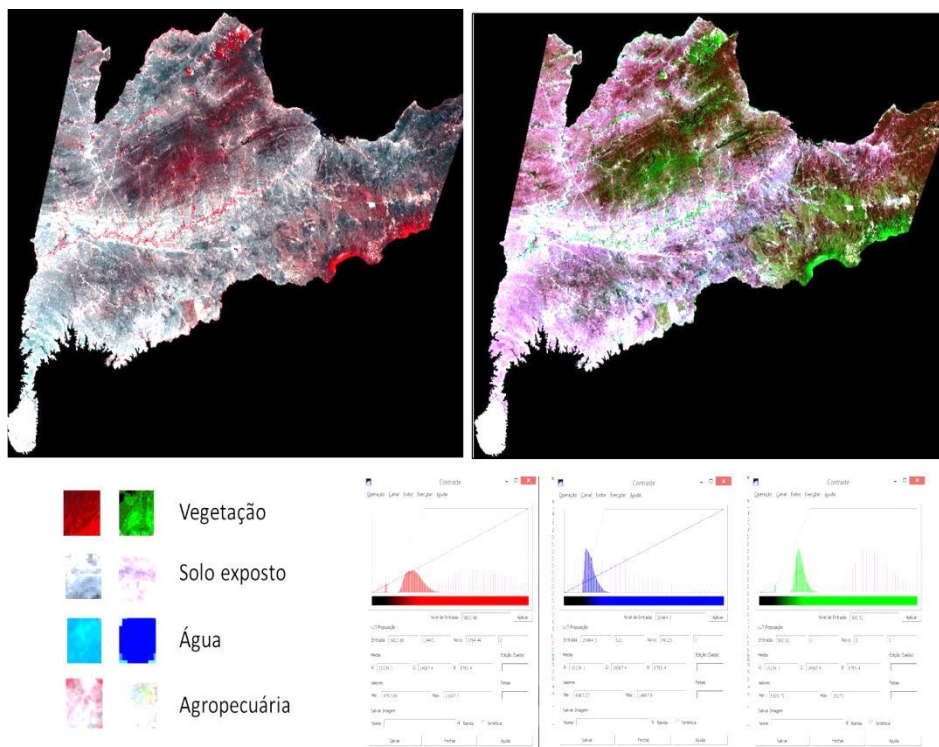


Fonte: Cinthia Oliveira

3.3.2. Realce das Imagens

Para a melhoria da qualidade visual da imagem, visando facilitar a sua interpretação, foi utilizada a técnica de realce de contraste disponibilizado no software SPRING (Figura 5), pelo método linear de contraste, onde no aumento linear de contraste as barras que formam o histograma da imagem de saída são espaçadas igualmente, uma vez que a função de transferência (linear) é uma reta.

Figura 5 - Aplicação da técnica de contraste linear nas composições coloridas LANDSAT 5 (R4G5B2 e R7G4B2) e LANDSAT 8 (R5G4B3 e R7G5B3)



Fonte: Cinthia Oliveira

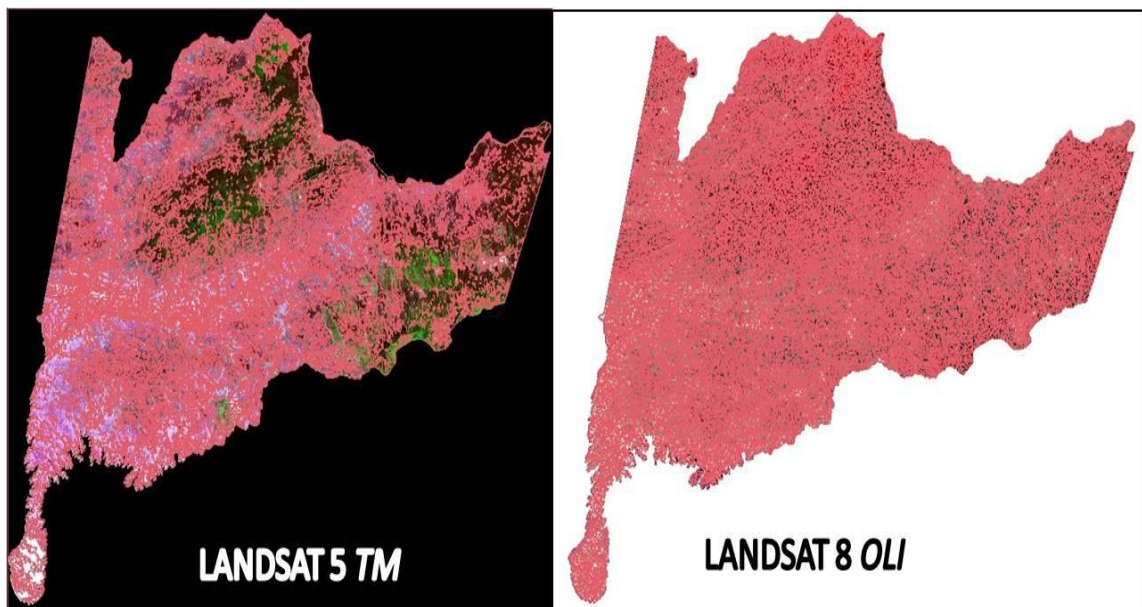
3.4. Mapas Temáticos

A confecção do mapeamento temático foi realizada por meio de procedimentos de segmentação, classificação digital e validação da classificação digital.

3.4.1. Segmentação

Para o desenvolvimento da segmentação fez-se necessário determinar os valores de similaridade espectral e o tamanho da área. No qual para as imagens do satélite Landsat 5 a similaridade foi de 12 e área 15 e para as imagens satélite Landsat 8 a similaridade foi de 10 e área de 100 (Figura 6).

Figura 6 - Imagens dos satélites Landsat 5 e 8 segmentadas através do algoritmo "por regiões" no município de Floresta-PE.



Fonte: Cinthia Oliveira

3.4.2. Classificação Digital

O processo de classificação, com fins de se extrair de informações nas imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos, foi realizado por meio do classificador 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 diferença estatística entre um par de classes espectrais, medindo a distância média entre as distribuições de probabilidade de classes espectrais.

A chave de identificação dos usos foi realizada levando em consideração os elementos de interpretação de imagens digitais celebrados na literatura,

como: cor, textura, padrão, forma, tendo como apoio trabalhos já realizados no município como o de Silva (2011) e as composições coloridas das imagens dos anos analisados.

Sendo assim, as classes temáticas foram da seguinte forma: Vegetação, Agropecuária, Água e Solo exposto, com isso sendo possível gerar mapas do uso e cobertura da terra para as quatro classes mencionadas. Nessa região para a classe “solo exposto”, foram consideradas todas as áreas descobertas de vegetação, no qual o solo está “nu”.

Essa classificação foi possível de se realizar devido ao nível de reflectância dos componentes da imagem, em cada classe, ser diferentes. Após definidos 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.

As imagens geradas a partir das classificações dos anos analisados (1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014) foram salvas em formato matricial *Tiff/GeoTiff* e quantificadas em unidade hectare suas classes.

3.4.3. Validação da Classificação Digital

3.4.3.1. Índice de *Kappa*

Com fins de verificar a confiabilidade da classificação digital do uso e cobertura da terra do município de Floresta, foi construída uma matriz de confusão de cada um dos anos analisados (1985 a 2014) das áreas de treinamento das amostras aplicando-se a fórmula do índice de *Kappa*, gerado em relatório no aplicativo SPRING após a classificação, e considerado um ótimo teste estatístico na análise de confiança da classificação supervisionada através do algoritmo BHATTACHARYA.

O Índice *Kappa* foi calculado a partir dos dados de referência da matriz de erros gerada no processo de classificação digital. Seu cálculo é efetuado por meio da seguinte relação (COLGALTON; GREEN, 1998):

$$K = \frac{D - Q}{T - Q} \quad \text{Onde} \quad Q = \left(\sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i} \right) / T$$

Em que:

D = elementos da diagonal principal

T = numero total de amostras

X_{i+} = total da linha para uma dada categoria informacional

X_{+i} = total da coluna para uma dada categoria informacional

Os intervalos de aceitação dos resultados do Índice de Kappa seguiram de acordo com a classificação sugerida por Congalton e Green (1998) (Tabela 2).

Tabela 2 - Níveis de aceitação do Índice de Kappa de acordo com a classificação de Congalton e Green (1998)

Índice de Kappa (K)	Características
$K \leq 0,4$	Pobre
$0,4 < K \leq 0,8$	Razoável
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: Congalton e Green (1998), Adaptado pela autora.

3.4.3.2. Reconhecimento de Campo

A validação também foi realizada em campo, a partir de pontos georreferenciados *in loco* com auxílio de aparelho GPS, nos quais foram obtidas fotos para comparação com os dados da classificação digital do ano de 2014.

3.5. Mapas de Transições

No aplicativo SPRING versão 5.2.6 foi realizada a geração dos mapas de transições de uso e cobertura da terra, entre os períodos de 1985 e 2009, utilizando programação em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL). Ferramenta esta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas ao utilizar os atributos espaciais e não

espaciais das entidades gráficas armazenadas na base de dados espaciais para fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real.

Partindo dessa programação foi possível gerar mapas temáticos de uso e cobertura da terra para cada par de anos (1985-1989, 1989-1993, 1993-1997, 1997-2001, 2001-2005 e 2005-2009), utilizando o *software* ArcGis versão 10.1 no qual, se verificou a interação da vegetação com as demais categorias dos mapas temáticos do uso e cobertura da Terra (água, agropecuária e solo exposto). As categorias para os mapas de transições estão relatadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Categorias estabelecidas no *LEGAL* para confecção dos mapas de transições

Períodos de transição	Categoria	Ano 1	Ano 2
1985-1989	Manutenção	Vegetação	Vegetação
1989-1993	Ausência de vegetação	Vegetação	Solo exposto
1993-1997			Agropecuária
1997-2001			Água
2001-2005	Expansão	Solo exposto	Vegetação
2005-2009		Água Agropecuária	

Fonte: Cinthia Oliveira

3.6. Mapas Estáticos

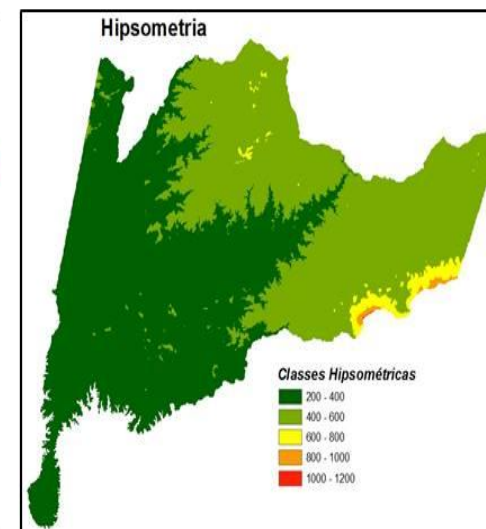
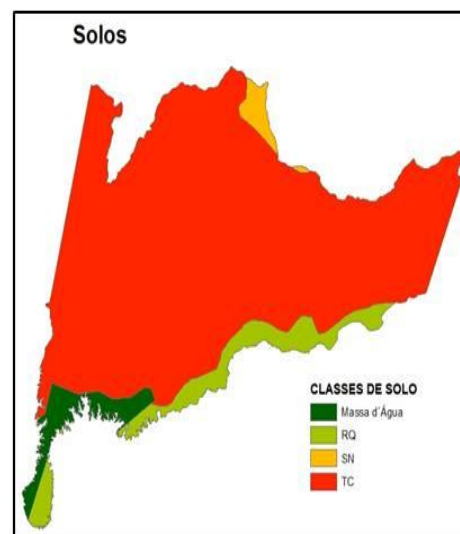
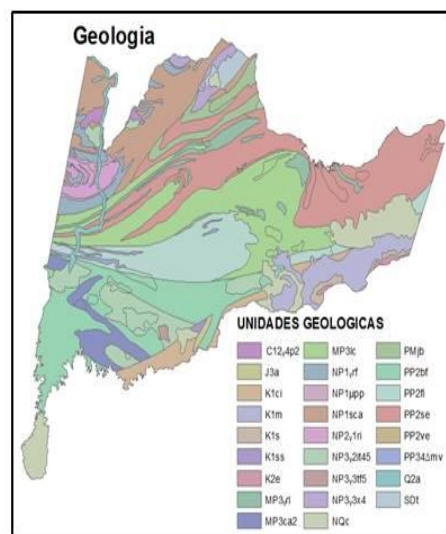
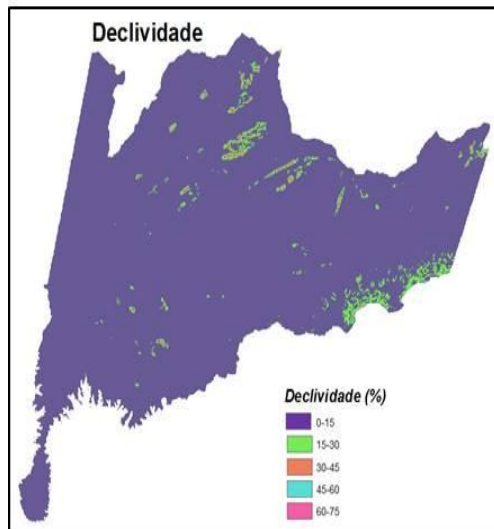
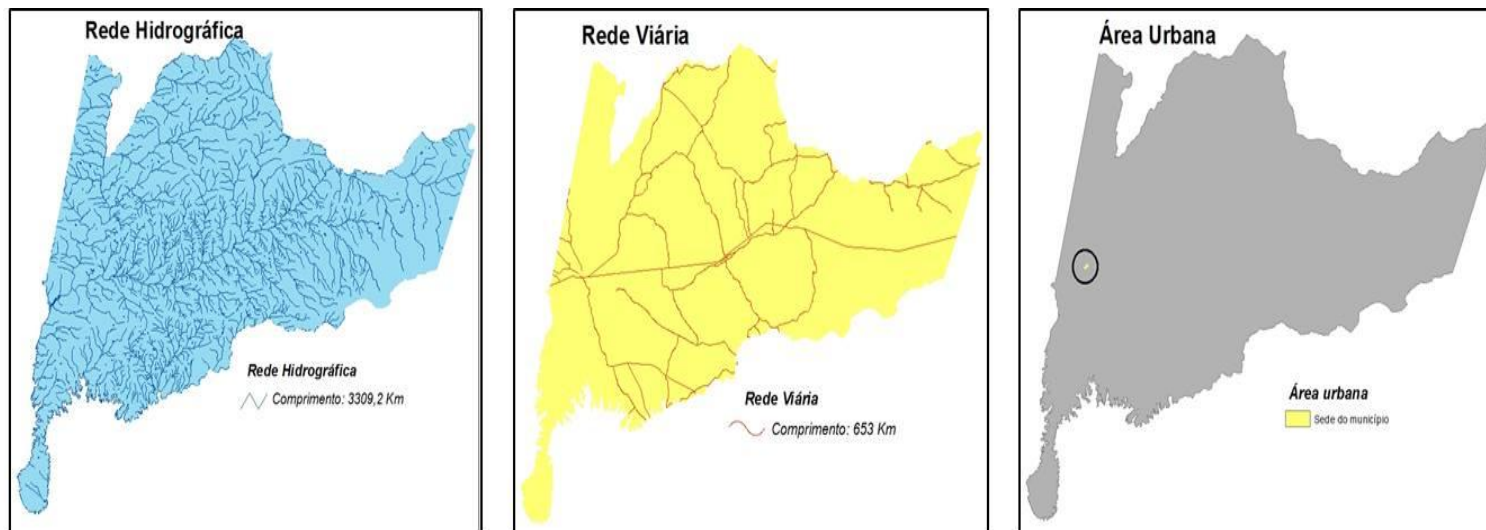
Os mapas de variáveis estáticas utilizados para a modelagem dinâmica da simulação de mudanças na cobertura florestal no município de Floresta-PE (Tabela 4), caracterizados por não apresentarem no tempo do estudo mudanças, foram constituídos inicialmente em planos de informação vetoriais e, após sua conclusão, foram convertidos para o formato matricial para serem exportados, respeitando os mesmos parâmetros de imagem quanto à dimensão apresentada pelos mapas temáticos, os quais podem ser visualizados na Figura 7.

Tabela 4 - Descrição dos mapas referentes às variáveis estáticas para modelagem dinâmica da cobertura florestal no município de Floresta-PE.

Mapa	Descrição
Rede hidrográfica	Abrangendo a totalidade dos cursos d'água presentes na área de estudo, atuando de modo condicionante à expansão florestal, uma vez que configuram uma faixa marginal considerada Área de Preservação Permanente (APP).
Rede viária	Constitui o arranjo espacial das estradas pavimentadas e não pavimentadas, de gestão federal, estadual e municipal, compreendidas nos limites da área estudo.
Localização das áreas urbanas	Representação zonal das áreas urbanas do município será vetorizada com base nas imagens Landsat 5 e 8
Clinográfico/ Declividade	Serão elaborados com base na <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM) da NASA. Os produtos estão disponibilizados no formato matricial <i>Tiff/GeoTiff</i> e serão convertidos em grades de cotas altimétricas de forma a compor um Modelo Numérico do Terreno (MNT)
Geológico	Elaborado a partir de dados vetoriais das unidades geológicas da área de estudo
Tipos de solo	Elaborado a partir de dados vetoriais dos tipos de solo da área de estudo.
Classes Hipsométricas	Representação da variação altimétrica do relevo em faixas horizontais de altitude. Foi realizada a partir do <i>software</i> Spring com base na <i>Shuttle Radar Topography Mission</i> (SRTM) da NASA.

Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 7 - Mapas de variáveis estáticas no município de Floresta-PE.



Fonte: Cinthia Oliveira

3.7. Modelagem dinâmica

3.7.1. Preparação dos dados

As etapas descritas a seguir serviram para a preparação dos dados dos períodos analisados na modelagem dinâmica (2009 a 2014), os mesmos foram também utilizados para fazer a comparação entre o mapa simulado e o mapa real.

Foram confeccionados os mapas a partir de variáveis (estáticas ou dinâmicas), com a mesma resolução espacial, escala, datum e o mesmo “box” de coordenadas, resultando em matrizes de igual valor de colunas e linhas (3347 x 2740). Por último foi realizada a exportação em formato Tiff/ a partir do software *SPRING* 5.2.6, adequando-se ao programa utilizado para a realização da modelagem dos dados espaciais o Dinamica EGO. As classes utilizadas para a simulação foram: Agropecuária, Água, Solo exposto e Vegetação.

3.7.2. Modelagem dos Dados

O modelo construído no *software* Dinamica EGO exigiu a organização de “*containers*”. O primeiro deles chamado “*Group*”, responsável pelo controle de todo o modelo, o qual permitiu a execução de procedimentos que envolvem as etapas de calibração, execução do modelo propriamente dito e validação do modelo.

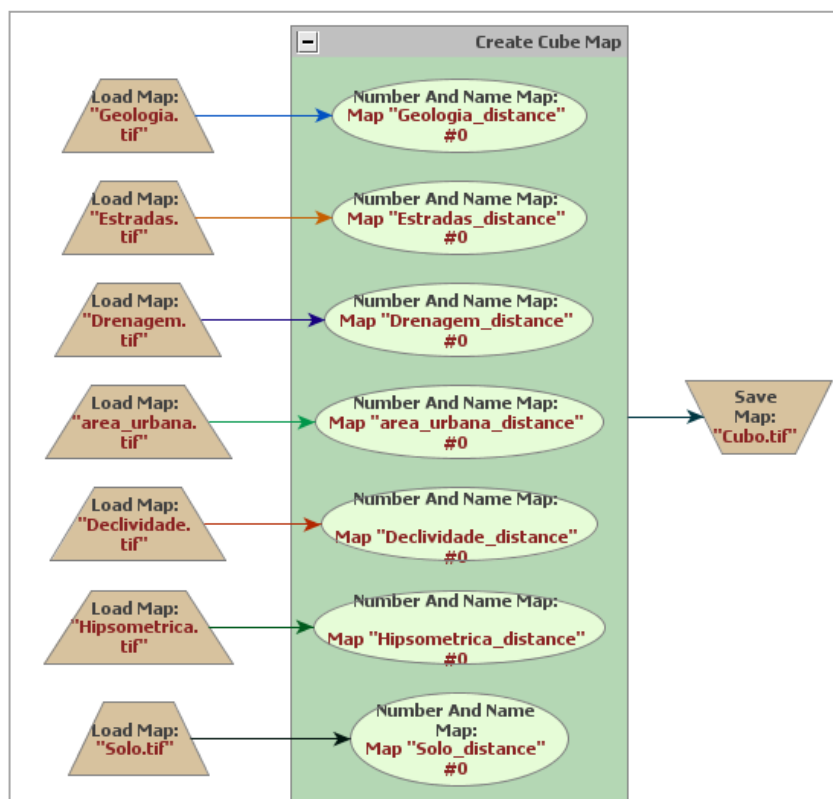
Para o uso da modelagem de dados espaciais foram os adotados procedimentos os mesmo procedimentos de Soares-Filho et al. (2009):

3.7.2.1. Entrada de dados

3.7.2.1.1. Cubo

Para facilitar a inserção dos mapas no programa, foram agrupadas as variáveis estáticas em um único arquivo chamado “Cubo”, salvo em formato *tif* (Figura 8).

Figura 8 - Esqueleto da criação do Cubo de variáveis estáticas.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Load Map: mapa carga

Create Cube Map: Criar cubo Mapa:

Number And Name Map: Número e nome do Mapa:

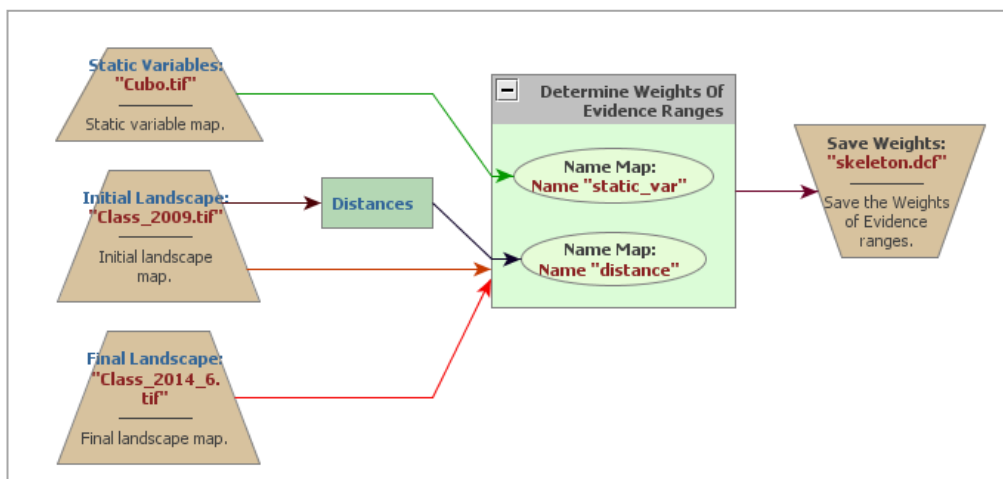
Save Map: Mapa salvo

3.7.2.1.2. Esqueleto

É o esqueleto do modelo criado para a etapa da determinação do fatiamento das variáveis estáticas em relação às transições dos mapas de uso e cobertura da terra. Foi construído utilizando os mapas de uso e cobertura inicial e final (2009-2014), acrescentou-se o “Cubo” com as variáveis estáticas interligando-os aos functores “*Calc Distance Map*” (responsável pelo cálculo de

distâncias dos mapas, com inserção de numero de classes de uso consideradas) e “*Determine Weights of Evidence Ranges*” (determina as faixas de Pesos e Evidências), classificando assim as variáveis em não-categóricas (como as distancias de uso e cobertura que sofrem mudanças ao longo do tempo) e categóricas (como o solo, estradas e geologia que não sofrem alteração), com dado de saída criando-se o arquivo “*Skeleton.dcf*” (Figura 9).

Figura 9 - Esquema para o cálculo da categorização das variáveis.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Static variables: variáveis estáticas

Initial Landscape: Paisagem inicial

Final Landscape: Paisagem final

Distances: distâncias

Determine Weights of evidence range: Determinar intervalo de Pesos e Evidências

Name Map: nome do mapa

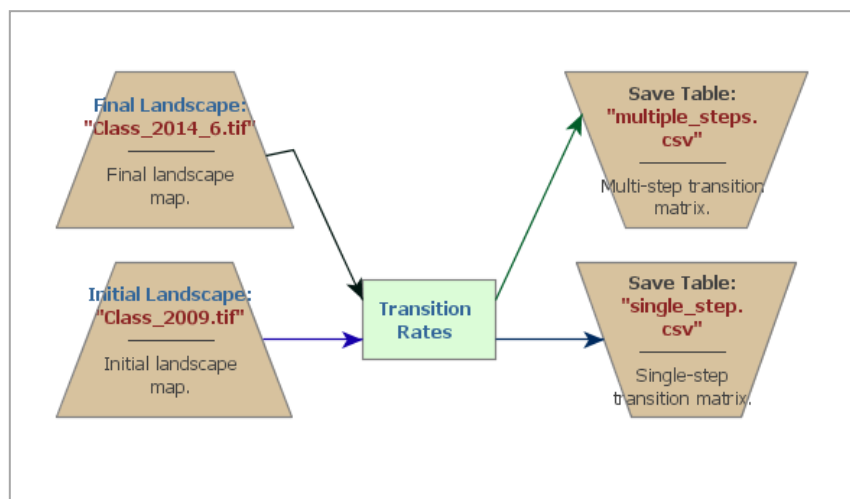
Save Weights: Peso salvo

3.7.2.2. Calibração do Modelo

3.7.2.2.1. Matrizes de transição

A calibração foi iniciada com o cálculo das matrizes chamadas “*Single Step Transition Matrix*” e “*Multiple Step Transition Matrix*”, que conferiram valores aos processos de transição ocorridos entre os mapas de uso e cobertura para o instante inicial (tempo 1= 2009) e para o instante final (tempo 2= 2014), interligando-os no “*functor*” de matriz de transição, no qual colocou-se a diferença de tempo entre os mapas, a janela de tempo entre eles sendo de 5 anos. Em seguida interligando o “*functor*” de matriz de transição a resultados do calculo da matriz com dois de saída com o passo simples (transições que ocorreram de ano em ano) e passo múltiplos (transições ocorridas em todo o período de analise) e foram salvos em um arquivo CSV (Figura 10).

Figura 10 - Modelo de Cálculo para matriz de transição.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Initial Landscape: Paisagem inicial

Final Landscape: Paisagem final

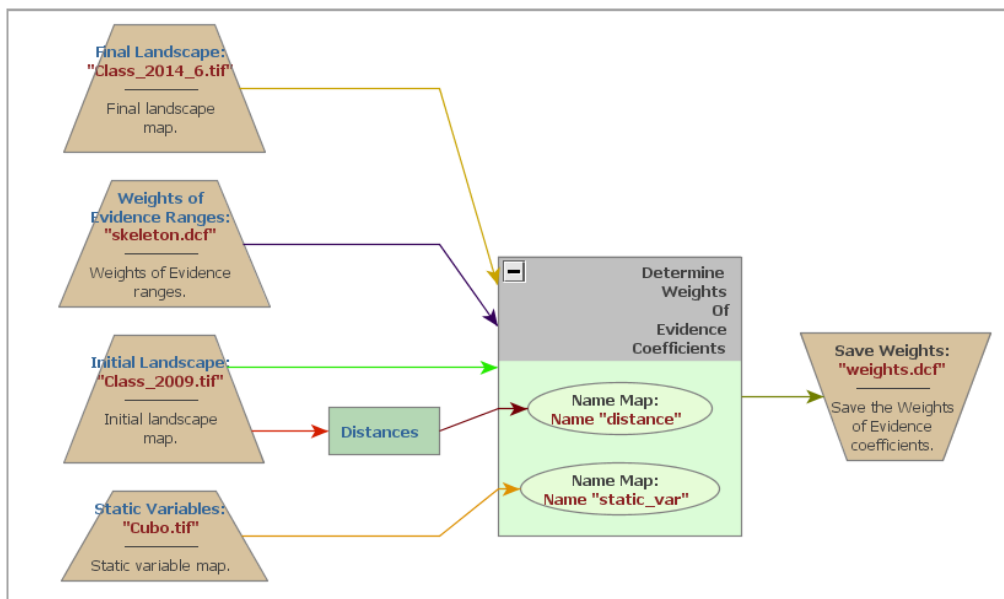
Transition Rates: Taxas de transição

Save Table: Tabela salva

3.7.2.2. Coeficientes dos Pesos de Evidência

Nesta etapa para selecionar as variáveis que influenciavam na dinâmica das transições do uso e cobertura da terra, utilizou-se para os parâmetros mapas inicial e final (2009 e 2014) o de entrada o arquivo “*Skeleton*” e também o arquivo com as variáveis estáticas “*Cubo*” interligando-os ao functor “*Determine Weights of Evidence Coefficients*”, tendo como arquivo de saída dos Coeficientes de Pesos de Evidencia “*Weights.dcf*” (Figura 11).

Figura 11 - Esquema para o cálculo dos Coeficientes de Pesos e Evidências.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Final Landscape: Paisagem final

Weights of evidence range: Intervalo de Pesos e Evidências

Initial Landscape: Paisagem inicial

Static variables: variáveis estáticas

Distances: distâncias

Determine Weights of evidence Coefficients: Determinar Coeficientes de Pesos e Evidências

Name Map: nome do mapa

Save Weights: Peso salvo

3.7.2.2.3. Correlação entre as variáveis

Na seleção de variáveis para a análise de modelagem foi considerada a avaliação da independência entre pares de variáveis selecionadas para explicar uma mesma transição de uso do solo.

Para avaliar esta condição entre as variáveis pré-selecionadas, foram utilizados os índices de Cramer (V) e a Incerteza de Informação Conjunta (U); para o cálculo de ambos, foi necessário obterem-se valores de áreas a partir da tabulação cruzada entre pares de mapas de variáveis sob análise. O índice de Cramer é definido por Bonham-Carter (1994) pela seguinte fórmula:

$$V = \sqrt{\frac{X^2}{T \cdot M}}$$

Em que:

T = totais marginais da matriz de tabulação cruzada entre dois mapas A e B;

X^2 = estatística qui-quadrado;

M = mínimo de (n-1, m-1), em que n é igual ao número de linhas e m é o número de colunas da matriz de tabulação cruzada entre os mapas A e B.

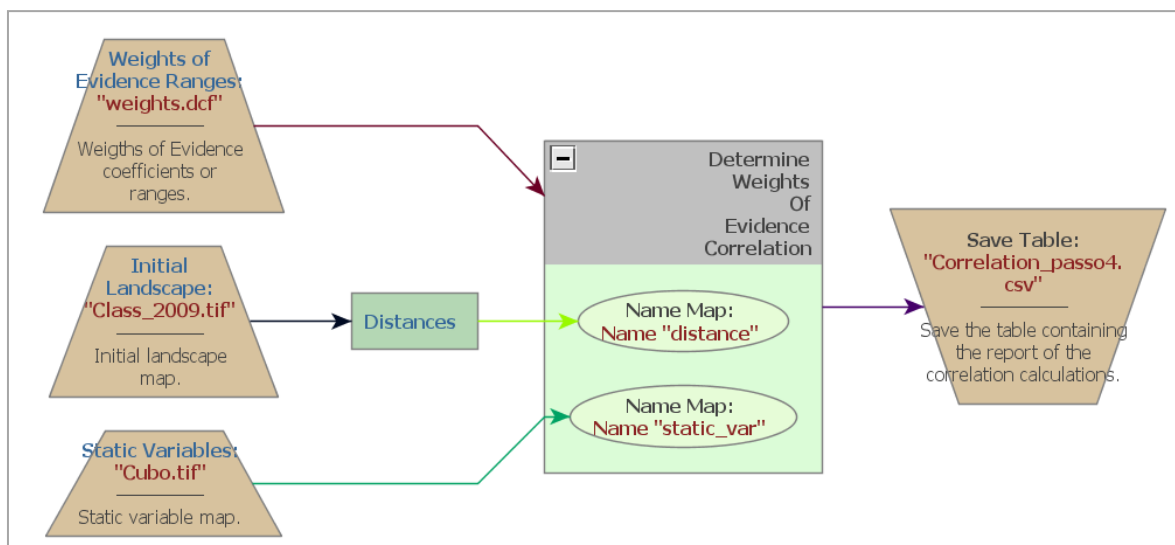
A Incerteza de Informação Conjunta (U) também se baseia na matriz de tabulação cruzada T ; assim, $U(A,B)$ pode ser usada como uma medida de associação, sendo obtida por (Bonham-Carter, 1994):

$$U(A, B) = 2 \left[H(A) + H(B) - \frac{H(A, B)}{H(A) + H(B)} \right]$$

Onde, pode variar entre 0 e 1, sendo que quando os dois mapas são completamente independentes, então $H(A,B) = H(A) + H(B)$ e $U(A,B)$ é 0, e quando os dois mapas são completamente dependentes, $H(A) = H(B) = H(A,B) = 1$, e $U(A,B)$ é 1 (ALMEIDA, 2003). Bonham-Carter (1994), cita que valores inferiores a 0,5 tanto para V quanto para U sugerem menos associação do que mais. Este critério foi adotado para a seleção de variáveis explicativas do modelo.

Nesta etapa utilizando-se como parâmetros de entrada o mapa inicial (2009), o “Cubo” com as variáveis estáticas e o arquivo de Pesos e Evidências “Weights”, interligados com o functor “Determine Weights os Evidence Correlation” com os mapas das distancias dos números de classes de uso desejada, sendo salvos os dados em tabela no formato “csv”, no qual posteriormente foram avaliadas a existência de variáveis que influenciavam negativamente o modelo e descartadas casa existentes (Figura 12).

Figura 12 - Esquema do cálculo da correlação entre as variáveis do modelo.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Weights of evidence range: Intervalo de Pesos e Evidências

Initial Landscape: Paisagem inicial

Static variables: variáveis estáticas

Distances: distâncias

Determine Weights of evidence Correlation: Determinar Correlação de Pesos e Evidências

Name Map: nome do mapa

Save Table: Tabela salva

3.7.2.3. Simulação e Validação

Para verificar a atuação do modelo, foi primeiramente feita a simulação de um mapa que tivéssemos seu mapa real, no caso o ano simulado foi o de 2014.

3.7.2.3.1. Rodando o modelo de simulação

Os arquivos de entrada utilizados nesta entrada foram o mapa inicial (2009), o arquivo “Cubo”, o arquivo “Weights.dcf” dos Coeficientes de Pesos de Evidencia e a matriz de transição “passos múltiplos” com fins de repetir todas as operações durante os intervalos de tempo (2009 e 2014 = 5 anos), foi adicionado o contêiner “Repeat”, para a modelagem foram inseridos dentro deste contêiner os functores : “Patcher” (tem a função de gerar ou formar novas

manchas através do mecanismo de semeadura, procurando por células ao redor da localização escolhida para uma transição conjunta), “*Calc W. OF. E. Probability Map*” (calcula um mapa de probabilidade de transição para cada transição especificada somando os Pesos de Evidência), “*Calc Distance*” (calcula os mapas de distâncias), “*Modulate Change Matrix*” (defini as taxas percentuais de mudança para as transições), “*Expander*” (processo para expansão ou contração das manchas que já se encontravam de uma certa classe) e “*Mux Categorical Map*” (reinjeta os mapas produzidos de uma iteração para outra seguinte, o qual permite a retroalimentação dos mapas).

Os parâmetros de saída gerados foram às paisagens dos mapas anuais gerados e os mapas de probabilidades de mudanças na paisagem anual.

3.7.2.3.2. Teste de validação do modelo de simulação

Esse processo foi realizado conforme adaptação do método de Hagen (2003) por Soares-Filho et al., (2005), em que foram consideradas medidas de similaridade por lógica *fuzzy*, aplicadas em contexto de vizinhança local sobre os mapas reais e os mapas simulados, ilustrado na Figura 13.

No método “*fuzziness of location*” – dubiedade de localização – em que foi considerada que a representação de uma célula é influenciada por ela mesma e, em menor proporção, pelas células vizinhas. Um vetor possuindo tantos elementos quantos forem as classes temáticas adotadas, denominado vetor “exato” foi associado a cada célula do mapa, sendo que esse vetor, assumindo-se 1 para categoria = *i* e 0 para as categorias diferentes de *i*. Dessa forma de acordo com Benedetti (2010) o vetor de vizinhança *fuzzy* (**Vnbhood**) para cada célula seria obtido por:

$$V_{nbhood} = \begin{bmatrix} \mu_{nbhood 1} \\ \mu_{nbhood 2} \\ M \\ \mu_{nbhood C} \end{bmatrix}$$

$$\mu_{nbhood i} = \mu_{crisp i,1} * m_1, \mu_{crisp i,2} * m_2, \dots \dots \dots, \mu_{crisp i,n} * m_n \text{ Max}$$

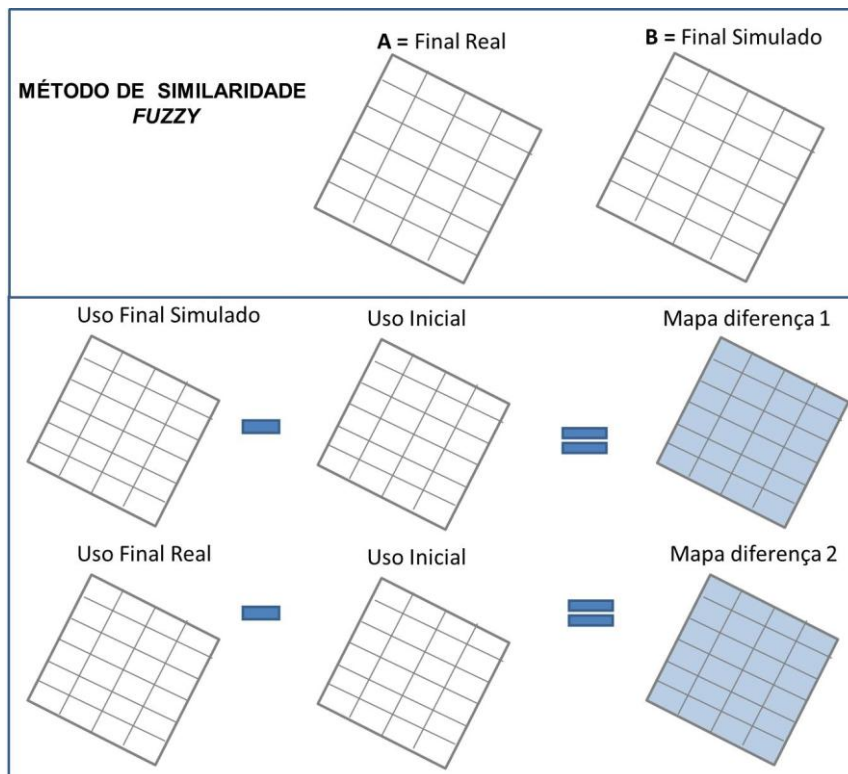
Em que:

$\mu_{nbhood\ i}$ representa a pertinência para a categoria i dentro de uma vizinhança de N células (normalmente $N=25$);

$\mu_{crisp\ ij}$ é a pertinência da categoria i para a célula vizinha j , assumindo-se no vetor $crisp$ 1 para i , e 0 para categorias diferentes de i ;

m_j é a pertinência baseada em distância da célula vizinha j , em que m refere-se a uma função de decaimento exponencial ($m = 2^{-d/2}$), sendo d a distância unitária entre células, medida de centróide a centróide.

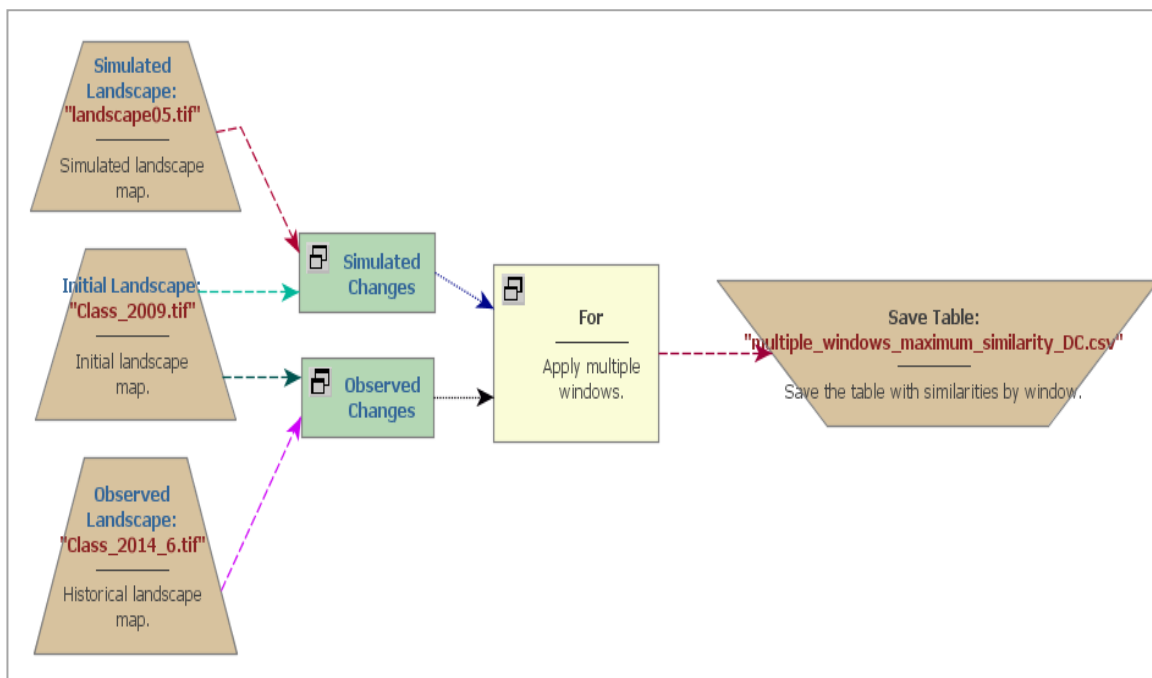
Figura 13 - Método de aplicação dos algoritmos de similaridade fuzzy.



Fonte: Benedetti, 2010, Adaptado pela autora.

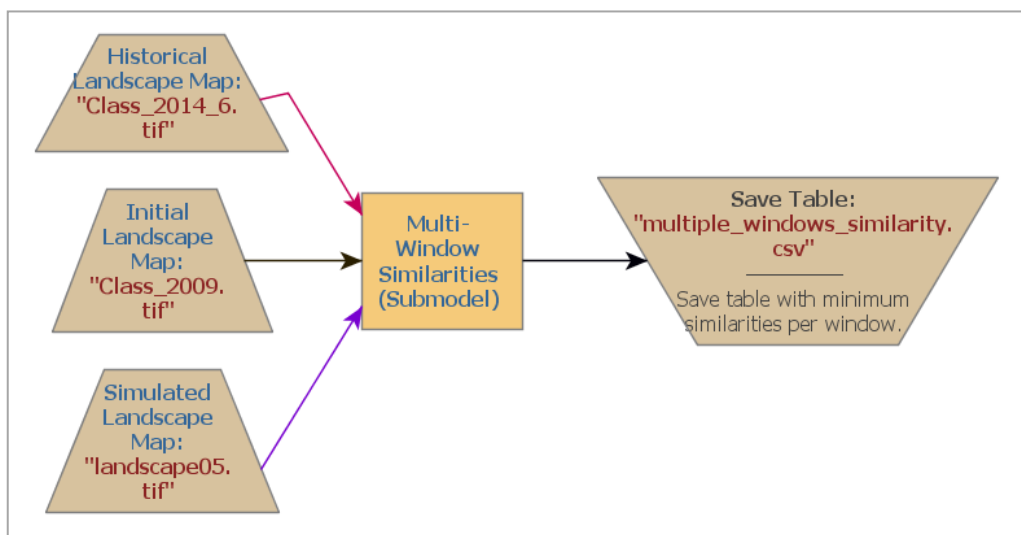
Esta etapa foi realizada com o objetivo de avaliar os resultados obtidos durante a simulação. O processo de validação do modelo no *software* Dinamica Ego foi com a aplicação dos algoritmos “função de decaimento constante” e “função de decaimento exponencial” sobre os “mapas diferença”, resultantes de subtração algébrica específica entre os mapas real e inicial, e entre o mapa simulado e o mapa inicial como é possível visualizar nas Figuras 14 e 15. Os arquivos de saída sendo tabelas com valores de similaridade mínima e máxima entre os mapas para as janelas 3x3, 5x5, 7x7, 9x9 e 11x11.

Figura 14 - Esquema de validação utilizando o decaimento exponencial no Dinamica EGO.



Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 15 - Esquema de validação utilizando o decaimento constante no Dinamica EGO.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Simulated landscape: Paisagem simulada

Initial Landscape: Paisagem inicial

Observed Landscape: Paisagem Observada

Simulated Changes: Mudanças simuladas

Observed changes: Mudanças observadas

For Apply multiple windows: Para Aplicar várias janelas

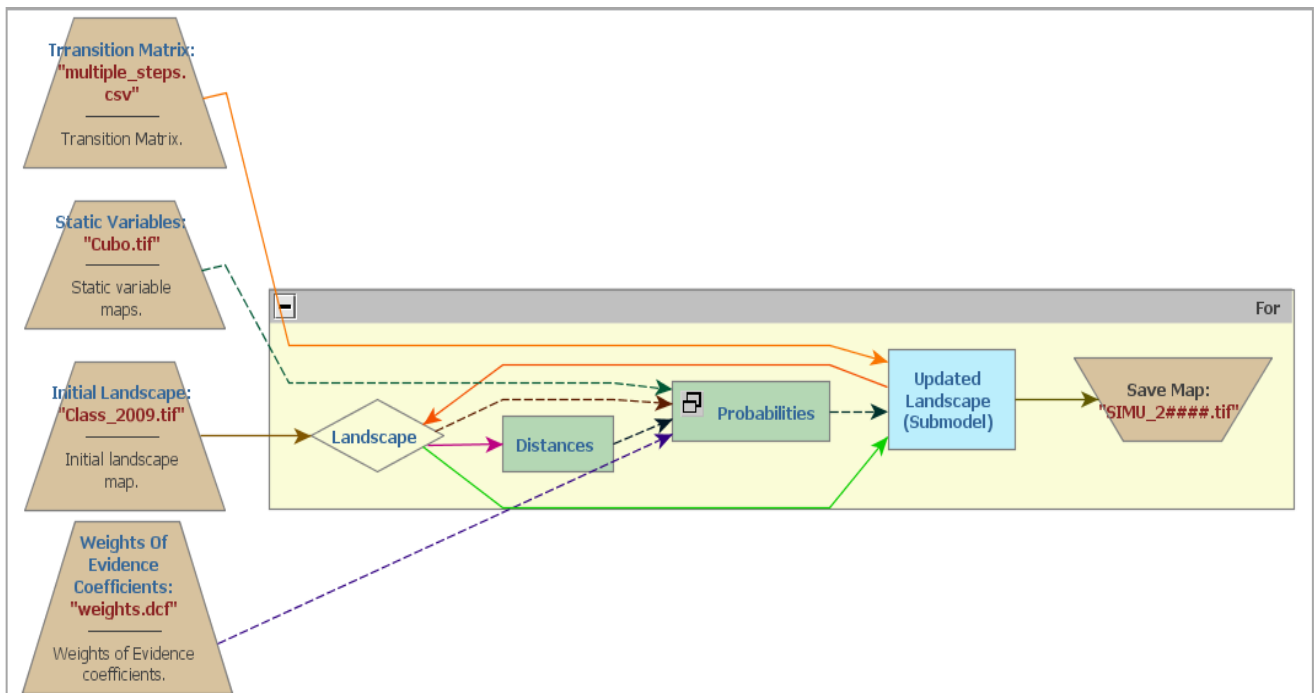
Salve Table: Tabela salva

Historical Landscape map: Mapa histórico da paisagem
Initial landscape map: mapa inicial da paisagem
Simulation landscape map: mapa da simulação da paisagem
Multi-window similarities (submodel): semelhanças em multi-janelas (submodelo)

3.7.2.4. Obtenção de cenários futuros

Com a validação do modelo foi possível realizar a simulação dos cenários para 2024 (Figura 16), a partir do software SPRING 5.2.6 foi realizada a quantificação do uso e cobertura da terra e também foram observadas as tendências das mudanças de classes (Agricultura, Solo Exposto, Água e Vegetação) do mapa de uso inicial (2014) e do mapa de uso simulado (2024).

Figura 16 - Esquema do modelo para simulação dos cenários futuros.



Fonte: Cinthia Oliveira

Tradução:

Transition Matrix: Matriz de transição

Static variables: variáveis estáticas

Initial Landscape: Paisagem inicial

Weights of evidence Coefficients: Coeficientes de Pesos e Evidências

Landscape: Paisagem

Distances: distâncias

Probabilities: Probabilidades

Update landscape (Submodel): Atualização de paisagem (submodelo)

Save

Map:

Mapa

salvo

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Validação da Classificação Digital

4.1.1. Índice de Kappa

Os valores do Índice Kappa (Tabela 5) calculados a partir do *software* SPRING 5.2.6. para o município de Floresta utilizando a matriz de erros (Apêndice A) das imagens de satélite dos anos de 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014, mostraram níveis de aceitação de razoável à excelente.

Tabela 5 - Níveis de aceitação encontrados nos valores do Índice de Kappa gerados a partir das imagens de 1985 à 2014.

Ano	Índice de Kappa	Nível de aceitação
1985	1,00	Excelente
1989	1,00	Excelente
1993	1,00	Excelente
1997	0,93	Excelente
2001	0,80	Razoável
2005	0,99	Excelente
2009	1,00	Excelente
2014	0,98	Excelente

Fonte: Cinthia Oliveira

Em seu estudo Silva (2011), utilizando a mesma metodologia de classificação na área, no entanto em anos diferentes conseguiu resultado semelhante.

Benedetti (2010) ao encontrar resultados semelhantes, quando avaliou através desse índice a classificação digital dos seus mapas temáticos, verificou que esses resultados podem ser encontrados quando se trabalha com um número de classes reduzidas.

4.1.2. Validação em campo

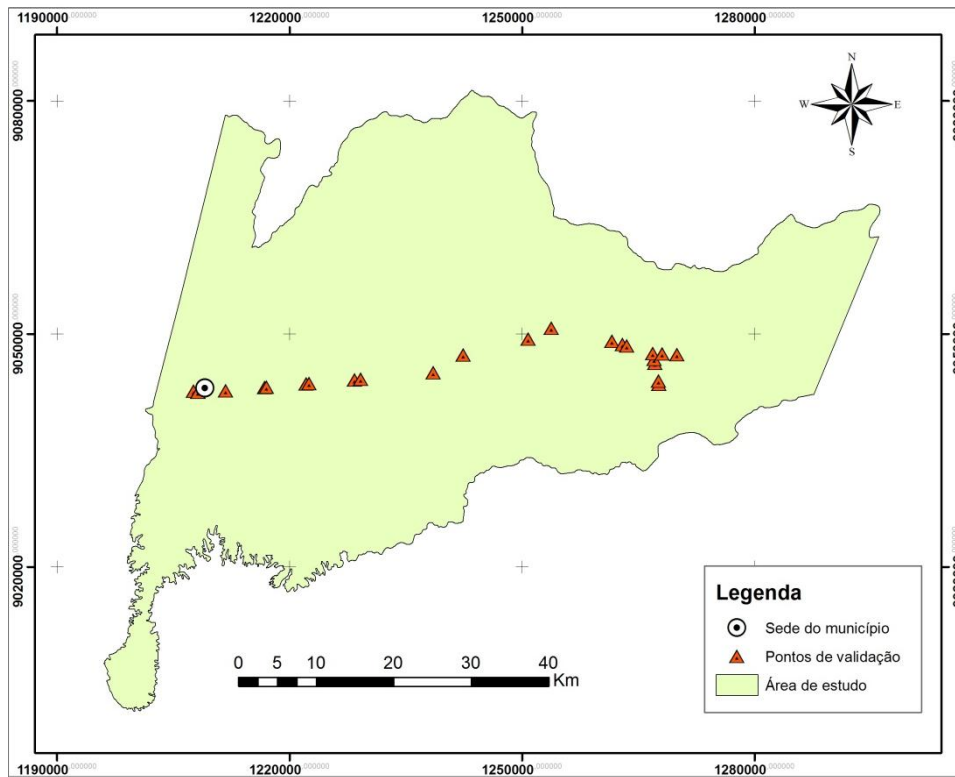
Dentre as variadas áreas (Tabela 6) em que foram coletados os 25 pontos marcados (Figura 17) no município de Floresta, somente 7 não corresponderam a classificação das imagens, ou seja, a classificação realizada correspondeu a 72% de acerto, podendo ser visualizada nas fotos que foram tiradas dos locais (Figura 18).

Tabela 6 - Áreas identificadas na validação dos dados em campo.

Pontos	Área identificada	Categoria da Classificação	Status
1	área queimada	Agropecuária	Corresponde
2	Plantação de mandioca	Agropecuária	Corresponde
3	Transposição Rio São Francisco	Agropecuária	Não corresponde
4	área queimada	Agropecuária	Corresponde
5	BR	Vegetação	Não corresponde
6	fazenda	Vegetação	Não corresponde
7	Riacho do Navio	Vegetação	Não corresponde
8	Vila de Airi	Solo exposto	Corresponde
9	Barragem	Vegetação	Não corresponde
10	Linhão	Solo exposto	Corresponde
11	Vegetação	Vegetação	Corresponde
12	Rio Pajeú	Agropecuária	Não corresponde
13	Plantação	Agropecuária	Corresponde
14	Plantação	Agropecuária	Corresponde
15	solo exposto	Solo exposto	Corresponde
16	fazenda	Agropecuária	Corresponde
17	solo exposto	Solo exposto	Corresponde
18	Vegetação	Vegetação	Corresponde
19	fazenda	Vegetação	Não corresponde
20	Vegetação	Vegetação	Corresponde
21	Linhão	Solo exposto	Corresponde
22	Assentamento Serra Negra	Agropecuária	Corresponde
23	Vegetação	Vegetação	Corresponde
24	Vegetação	Vegetação	Corresponde
25	fazenda	Agropecuária	Corresponde

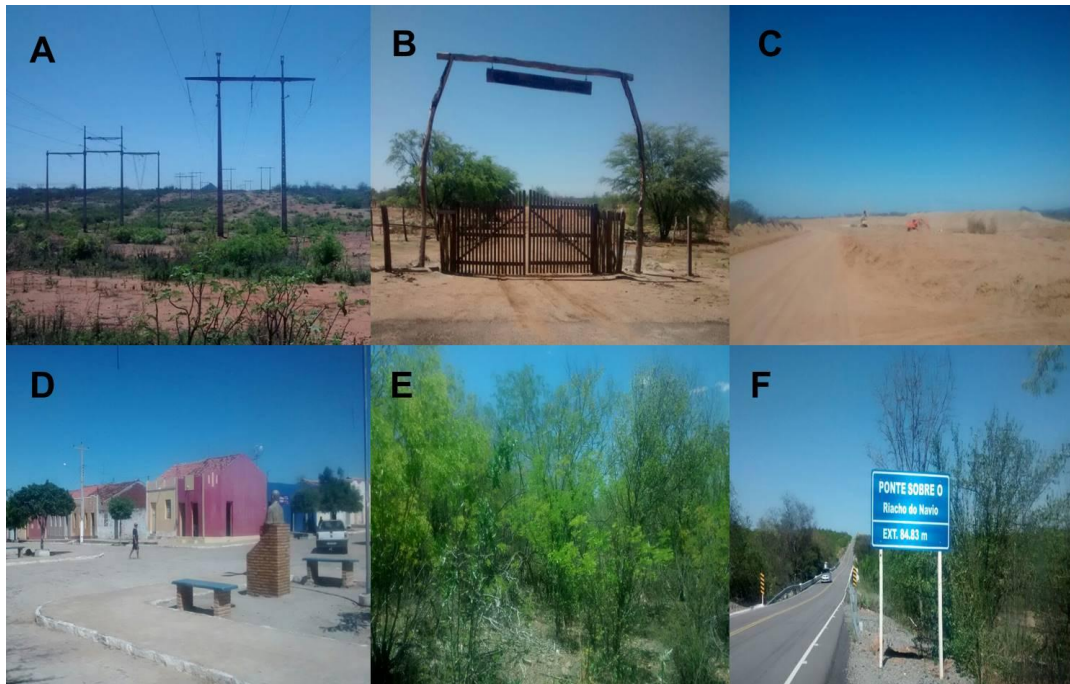
Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 17 - Pontos de validação de campo na área de estudo.



Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 18 - Fotos do município de Floresta-PE: A) linhão; B) fazenda; C) tranposição do Rio São Francisco; D) Vila do Airi; E) área de vegetação; e F) Riacho do Navio.



Fonte: Cinthia Oliveira

4.2. Dinâmica de alteração do uso e cobertura da terra

Os mapas obtidos pelo processo de classificação digital supervisionada – algoritmo BHATTACHARYA, no município de Floresta em 01/10/1985, 28/10/1989, 07/10/1993, 02/10/1997, 27/09/2001, 24/10/2005, 20/11/2009 e 23/03/2014 encontram-se no APÊNDICE B.

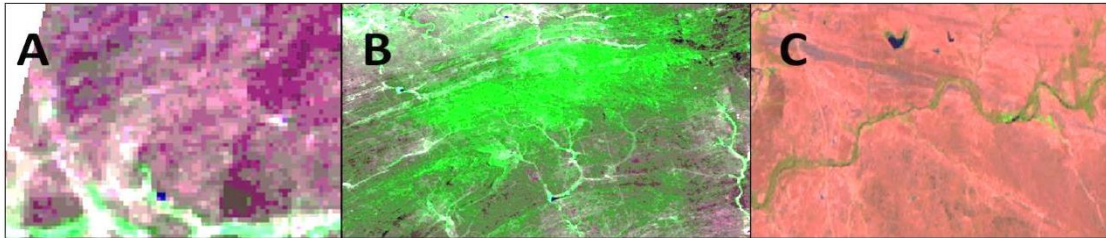
O mapeamento temático permitiu a visualização da distribuição espacial das classes temáticas, caracterização e quantificação (APÊNDICE C) das mesmas nos diferentes períodos, tornando possível uma análise preliminar na área de estudo sobre a evolução do comportamento das classes com relação aos processos de expansão e redução da vegetação da área.

4.2.1. Análise por Classe

4.2.1.1. Vegetação

A classe “vegetação” caracterizou-se por irregulares, sendo identificado nesta classe formas de vegetação menos e mais densa (Figura 19).

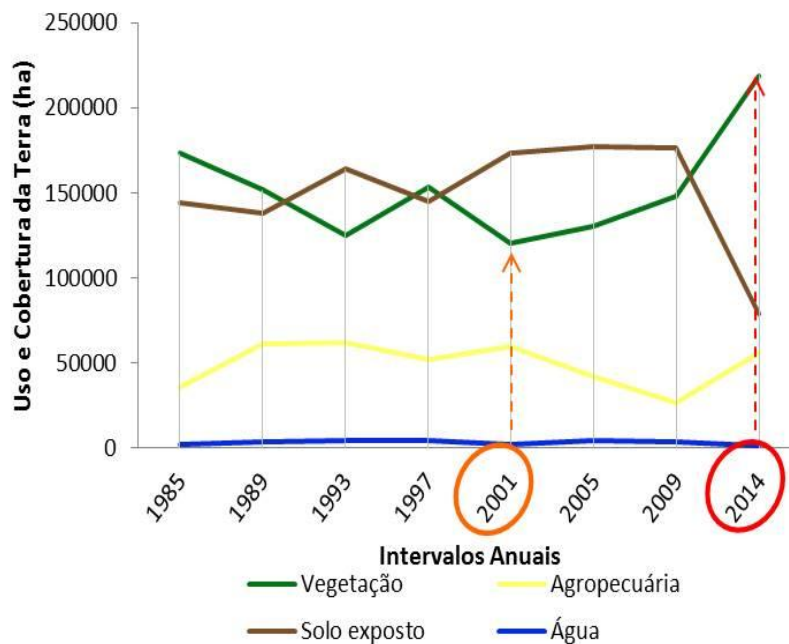
Figura 19 - Vegetação identificada nas imagens do satélite Landsat analisadas. A) vegetação menos densa; B) vegetação mais densa; e C) vegetação com formato irregular.



Fonte: Cinthia Oliveira

Esta classe apresentou sua menor área no ano 2001 de 119.962,44 ha e maior área no ano de 2014 com 218.602,62 há equivalendo 61,70% de área neste ano. A presença de uma vegetação mais extensa no ano de 2014 (Figura 20) pode ser justificada pela análise mais apurada na interpretação da imagem no momento da classificação digital, auxiliada com imagens do *Google Earth* da área, que possibilitaram um mapeamento rico em detalhes devido à alta resolução da imagem foto interpretado, detalhes mais perceptíveis a olho nu da área de estudo, no qual a vegetação se tornava mais nítida. No entanto a imagem, no qual a classificação foi aplicada por se tratar de ter resolução espacial 30x30 m, limitava que o resultado final fosse mais próximo da realidade.

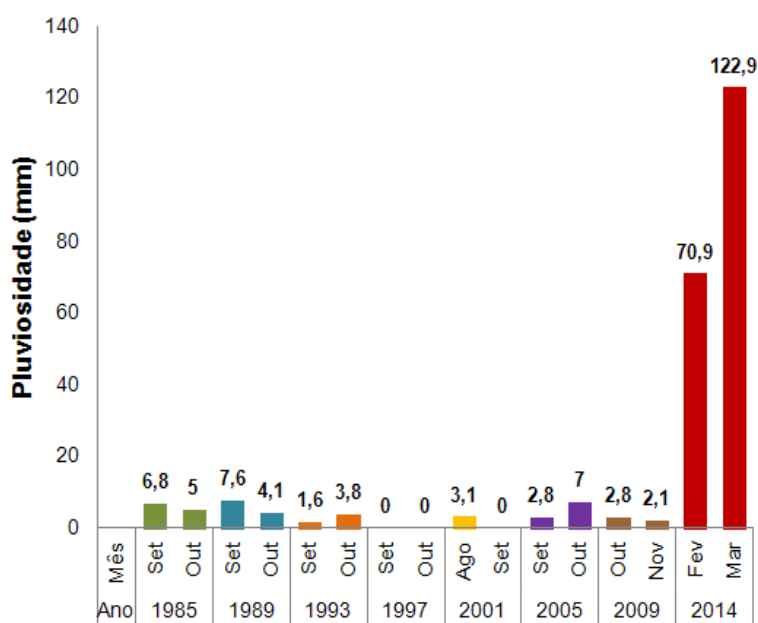
Figura 20 - Maior e menor área por hectare de vegetação entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.



Fonte: Cinthia Oliveira

A partir dos dados mensais de pluviosidade da área de estudo da época da aquisição das imagens (Figura 21), foi possível verificar que nos meses das imagens entre 1985 e 2009 a pluviosidade variou entre 0 mm à 7,6 na área de estudo, enquanto no ano de 2014 o mês anterior a aquisição da imagem a pluviosidade teve 76 mm e no mês chegou a 122,9, uma diferença significativa dos demais anos, e influenciando diretamente no aparecimento da vegetação esse ano. Portanto o mapeamento dessa área pode ter sofrido influência destes fenômenos.

Figura 21 - Pluviosidade mensal da área de estudo para os anos de data de aquisição das imagens analisadas.

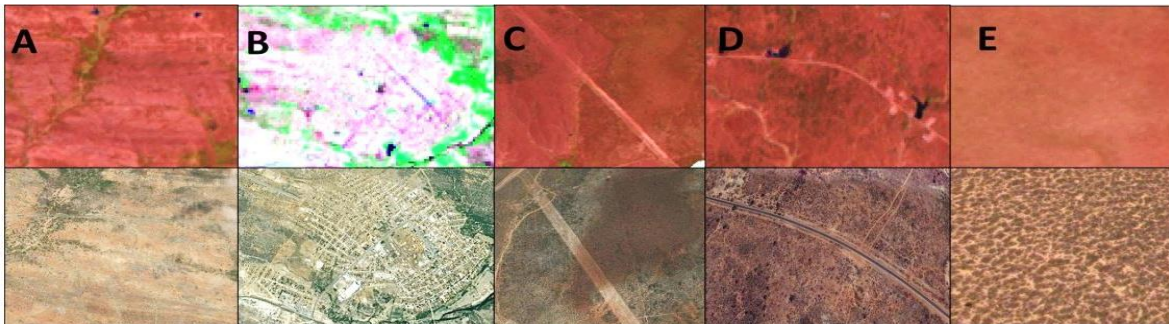


Fonte: Cinthia Oliveira

4.2.1.2. Solo exposto

A classe “solo exposto” caracterizou-se por padrões de regulares e irregulares, sendo identificadas nesta classe: áreas com pouco ou nenhuma vegetação, áreas urbanas, linhas de transmissão e estradas (Figura 22).

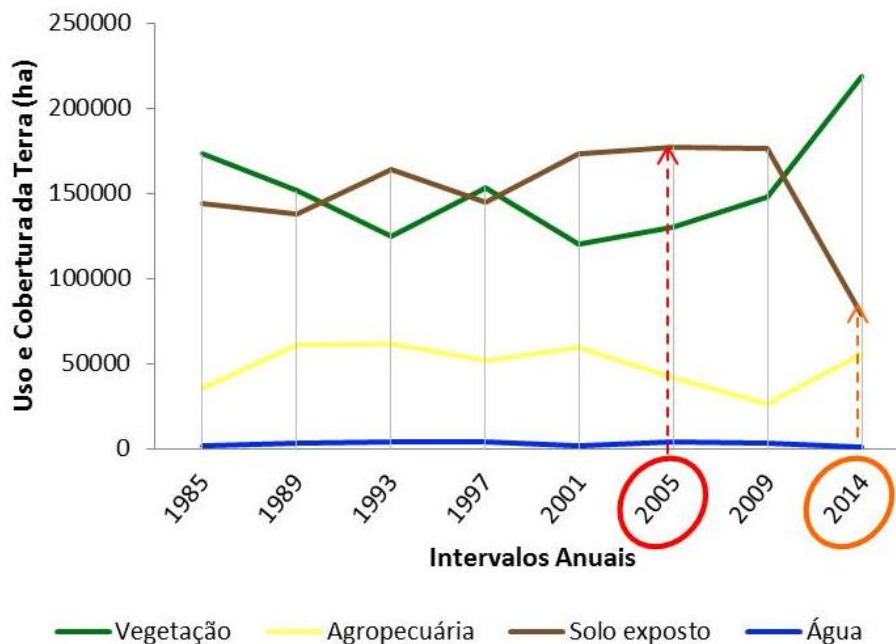
Figura 22 - Áreas identificadas na classe "solo exposto" visualizadas, respectivamente, em imagens Landsat e Google Earth: A) área com nenhuma vegetação; B) área urbana; C) linhas de transmissão; D) estradas; e E) áreas com pouca vegetação.



Fonte: Cinthia Oliveira

A classe teve sua maior área no ano de 2005 com 177.444,90 de hectares e menor área na classificação deste estudo no ano de 2014 com 78.790,59 ha, mas ainda assim valores bem significativos. Já no ano de 2014 apresentou menor área com somente 78.790,59 ha (Figura 23).

Figura 23 - Maior e menor área por hectare de solo exposto entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.



Fonte: Cinthia Oliveira

Silva (2009) em seus estudos em áreas com risco de desertificação no semiárido de Pernambuco, identificou que no município de Floresta o risco à

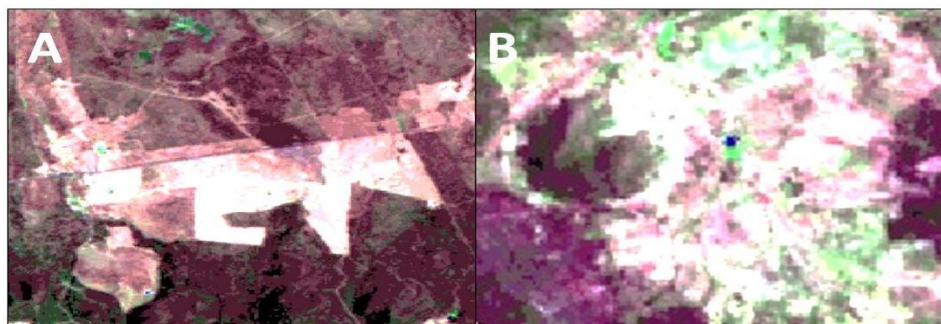
desertificação era mais intenso, por sua área ser ocupada por solos suscetíveis à desertificação, e continuamente estarem sob fortes processos de degradação.

Para Santos (2010) fragmentação e a degradação da caatinga é um sério problema tanto para manutenção da diversidade biológica quanto para as atividades econômicas desenvolvidas pela população da região ao redor.

4.2.1.3. Agropecuária

A classe “agropecuária” caracterizou-se por padrões de geométricos e irregulares (Figura 24), sendo identificadas nesta classe: fazendas, áreas de cultivo.

Figura 24 - Áreas identificadas na classe “agropecuária” nas imagens do satélite Landsat. A) área com forma geométrica; e B) áreas com formas irregulares.



Fonte: Cinthia Oliveira

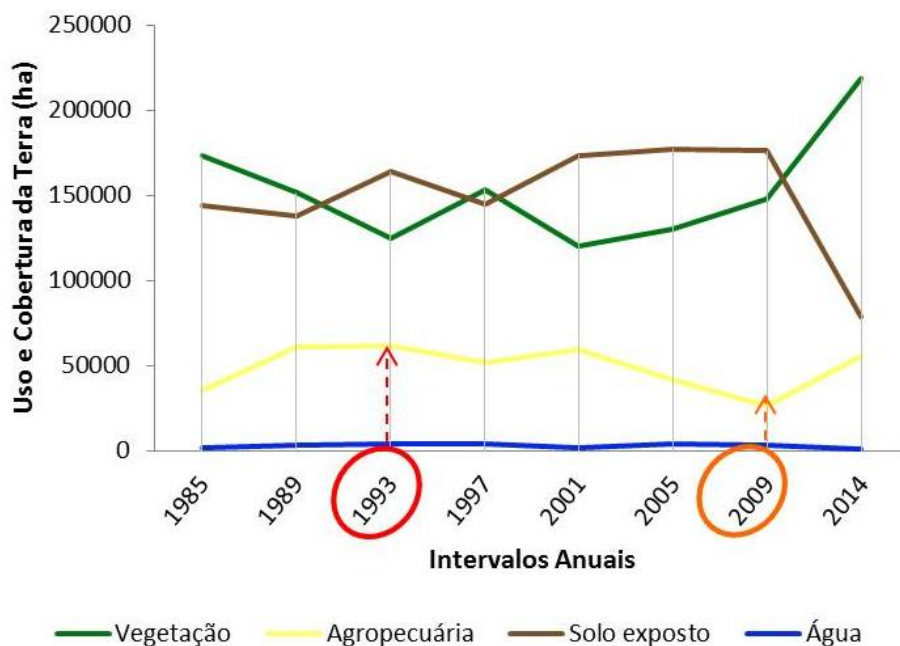
Sua maior área foi no ano de 1993 com 61.704,72 de hectares e menor com 26.858,70 hectares no ano de 2009 (Figura 25), no entanto com a terceira maior área nos anos analisados esses resultados não deixam de ser significativos na área de estudo. Segundo CONDEPE (2010) o município de Floresta possui 154.000 cabeças de caprinos e é considerado líder em produção no estado de Pernambuco, encabeça também a produção estadual de ovinos e de melão, atividades estas favorecidas por uma maior disponibilidade de água apesar da seca.

4.2.1.1. Água

A classe “água” caracterizou-se por padrões irregulares, sendo identificados nesta classe os rios Pajeú, São Francisco, riacho do Navio e também canais do rio São Francisco (Figura 26).

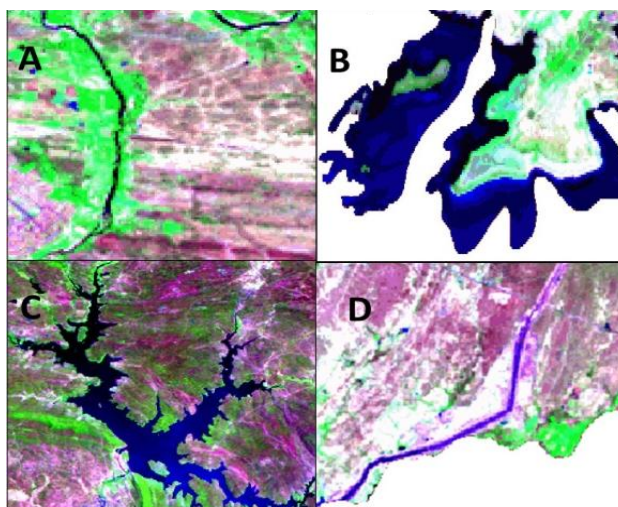
A classe “água” sua maior a área foi no ano 2005 com 4.707,90 de hectares e a menor área com foi 1.555,47 hectares à 0,44% no ano de 2014 (Figura 27). A partir do primeiro ano analisados os demais (com exceção do ano de 2001 e 2014), todos os outros tiveram áreas crescentes nesta classe podendo ser explicada com o evento histórico da 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.

Figura 25 - Maior e menor área por hectare de agropecuária entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.



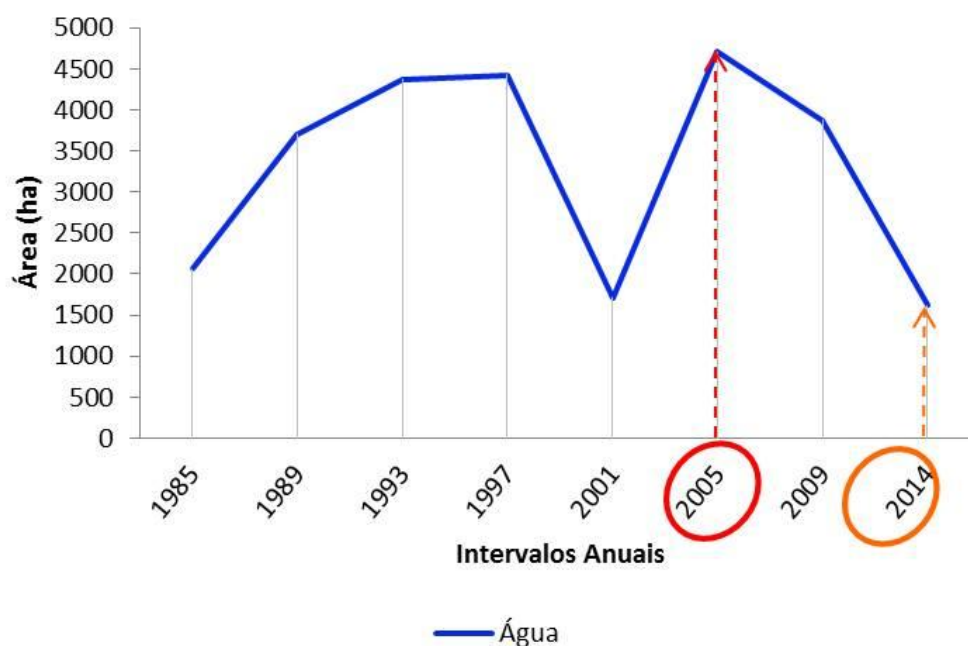
Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 26 - Rios identificados na classe “água” nas imagens do satélite Landsat. A) rio Pajeú; B) rio São Francisco; C) riacho do Navio; e D) canais do rio São Francisco.



Fonte: Cinthia Oliveira

Figura 27 - Menor e maior área por hectare de água entre os anos de 1985 e 2014 no município de Floresta-PE.



Fonte: Cinthia Oliveira

Destarte, para maiores investimentos no âmbito hidrelétrico, para CPRM (2005) se faz cada vez mais necessário o conhecimento básico sobre a localização e disponibilidade das fontes de água superficiais, já que ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos com a escassez de água constitui

um forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população.

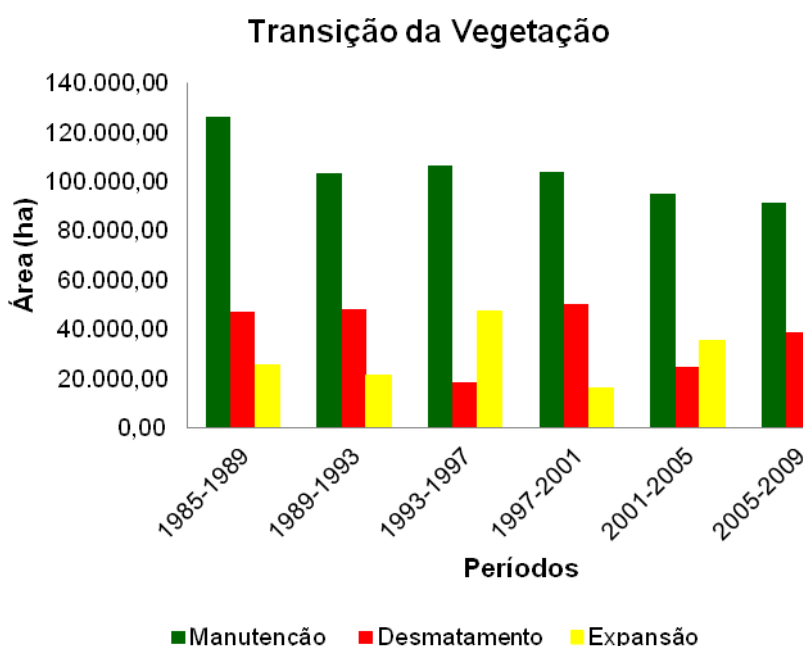
4.3. Evolução das Transições da Vegetação

A partir da classificação das imagens foi possível realizar a análise LEGAL (APÊNDICE D) por meio do software SPRING 5.2.6 para detecção das possíveis mudanças ocorridas no período entre 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005 e 2009 com relação à classe temática “vegetação”. Utilizaram-se as seguintes classes para explicar essas mudanças: manutenção, desmatamento e expansão.

Como resultado da análise LEGAL obteve-se os mapas de transição da vegetação da área de estudo para os períodos entre 1985 à 1989, 1989 à 1993, 1993 à 1997, 1997 à 2001, 2001 à 2005 e entre 2005 à 2009 (APÊNDICE E) e sua quantificação (APÊNDICE F) .

A representação gráfica da evolução da transição da vegetação pode ser visualizada na figura 28.

Figura 28 - Áreas (ha) de transição da vegetação no município de Floresta-PE.

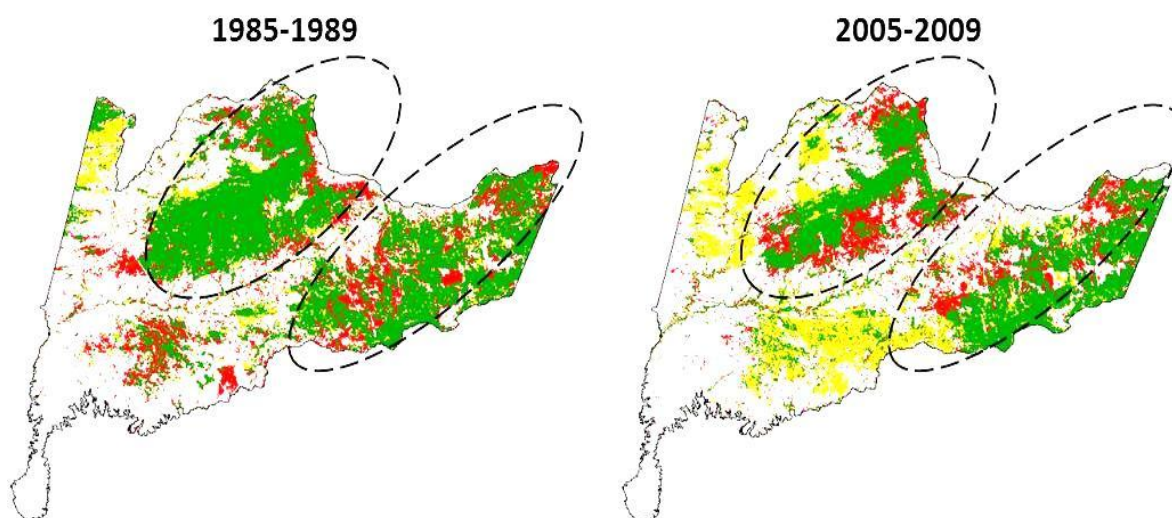


Fonte: Cinthia Oliveira

A classe temática “Manutenção”, que se refere às áreas preservadas, apresentou números bem expressivos. Mas, caracterizando-se ao longo dos períodos analisados por um decaimento nos seus valores, podendo ser explicado pela classe temática “desmatamento”. Seu período de maior área preservada foi o entre o ano de 1985 e 1989 com mais de 126 mil hectares e sua menor extensão foi no período entre os anos de 2005 e 2009 com 91.490,13 hectares (Figura 29).

A classe “Ausência de Vegetação”, podendo ser ocasionado por extensivas atividades antrópicas como agropecuária, supressão da vegetação, longas estiagens, e o fenômeno El niño ocorreu sete vezes entre os períodos de 1986 a 2010, com intensidades entre moderada e forte (Tabela 7).

Figura 29 - Períodos de maior e menor preservação de áreas com vegetação.



Fonte: Cinthia Oliveira

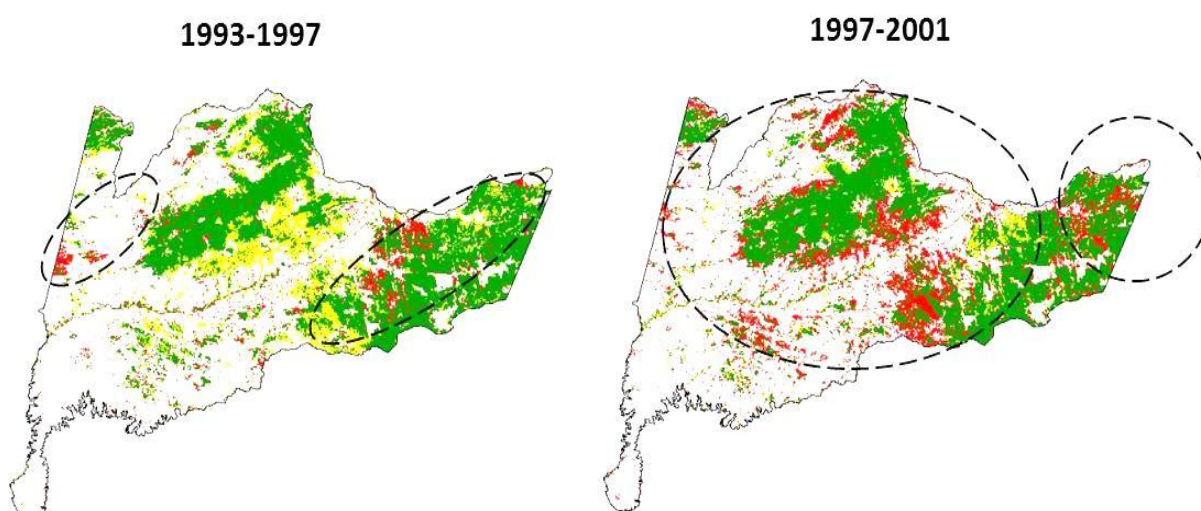
Tabela 7 - Períodos em que ocorreu o El niño e sua intensidade.

Período	Intensidade
1986-1987	Moderada
1987-1988	Forte
1991-1992	Moderada
1994-1995	Moderada
1997-1998	Forte
2002-2003	Moderada
2009-2010	Moderada

Fonte: CPC, adaptado pela autora.

Apresentou uma relativa estabilização nos dois primeiro períodos analisados (1985-1989 e 1989-1993) com suas áreas entre 47 e 48 mil ha. Seus menores valores em área foram alcançados nos anos entre 1993 à 1997 com 18.637,74 ha e maior valor em área sem vegetação no período entre 1997 e 2001 com 50.033,34 ha (Figura 30).

Figura 30 - Períodos de menor e maior ausência de vegetação.



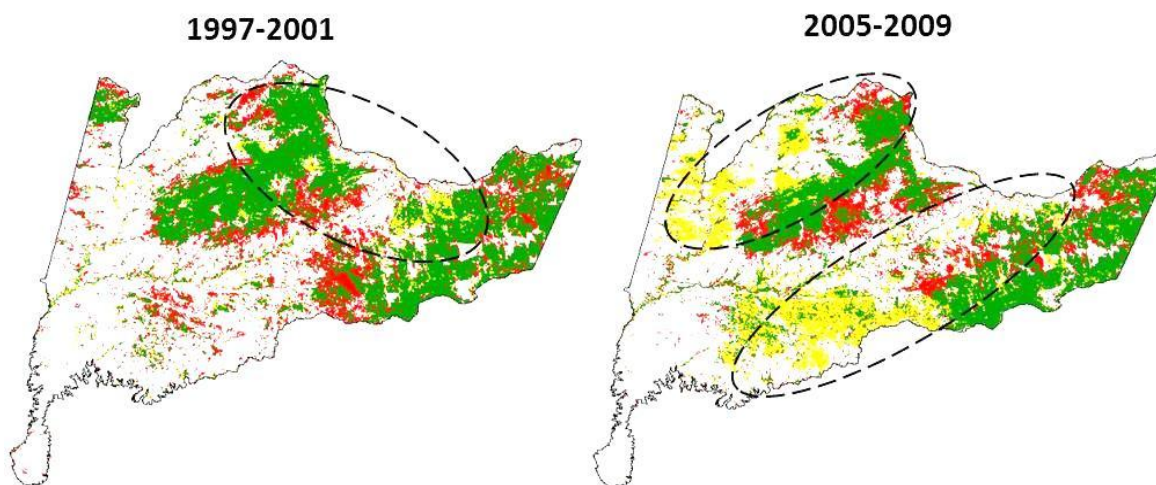
Fonte: Cinthia Oliveira

Segundo Alves (2009) a caatinga se torna um ambiente cada vez mais degradado por conta das ações antrópicas que nada mais é que o fruto de uma

percepção errônea gerada por uma educação ambiental falha, com visões preconceituosas e generalistas.

A classe temática “Expansão” teve uma interação bem expressiva com o desmatamento a cada período em que desmatamento tinha áreas altas no período seguinte à regeneração na área antes desmatada era bem visível nos mapas de transição. Tendo sua menor área entre os anos de 1997 e 2001 com maior área no período entre 2005 e 2009 com 56.348,73 ha e (Figura 31).

Figura 31 - Períodos de menor e maior expansão da vegetação.



Fonte: Cinthia Oliveira

Através da análise dos resultados do mapeamento de evolução da transição da vegetação é possível perceber que houve alteração significativa da área de estudo com a ausência de vegetação tomando proporções de mais de cinquenta mil hectares em um dado período. Contudo, a expansão da floresta apresentou altos valores de área, ou seja, indicando uma regeneração significativa na área de estudo.

4.4. Modelagem dinâmica

4.4.1 Pesos e evidências

O peso de evidência permitiu inferir sobre qual contribuição uma classe ocorreu em uma dada transição. Os pesos positivos de evidência, favorecendo

a ocorrência da transição (Tabela 8). Foram levados em consideração os maiores valores positivos alcançados em cada classe.

Tabela 8 - Variáveis contínuas e estáticas que mais influenciaram nas transições de uso e cobertura da terra no município de Floresta-PE.

Transição	Variáveis locais (0 a 500 m)	Peso de Evidência (W+)
Agropecuária → Água	Vegetação	0,993602991
Agropecuária → Solo exposto	Água	0,759042978
Agropecuária → Vegetação	Água	0,817785978
Água → Agropecuária	Solo exposto	0,943354011
Água → Solo exposto	Agropecuária	0,994638026
Água → Vegetação	Vegetação	0,891020000
Solo exposto → Agropecuária	Declividade	0,944504976
Solo exposto → Água	Água	0,916347027
Solo exposto → Vegetação	Vegetação	0,711246014
Vegetação → Agropecuária	Agropecuária	0,949604988
Vegetação → Água	Hipsometrica	0,958060026
Vegetação → Solo exposto	Agropecuária	0,955118001

Fonte: Cinthia Oliveira

Observou-se que a transição da vegetação para agropecuária e solo exposto sofre influencia da própria agricultura. Podendo ser explicado pelo grande demanda desta atividade no município.

A expansão de vegetação com agropecuária e solo exposto sofrendo transição para vegetação foi explicada pela variável água e vegetação, tendo que ser levada em consideração para este resultado a época em que a imagem foi obtida.

4.4.2 Correlação dos mapas

Foi observada a existência de dependência nos mapas testados somente para a variável “solo exposto”, no qual apresentou Índice de Cramer (V) superior a 0,5, quanto ao Índice de Incerteza Conjunta (U) esta variável apresentou valores inferiores a 0,5 (Tabela 9). Por ser uma variável importante para o modelo não foi excluída do mesmo.

Tabela 9 - Maiores valores de Índice de Cramer e de Incerteza de Informação Conjunta nas variáveis do modelo.

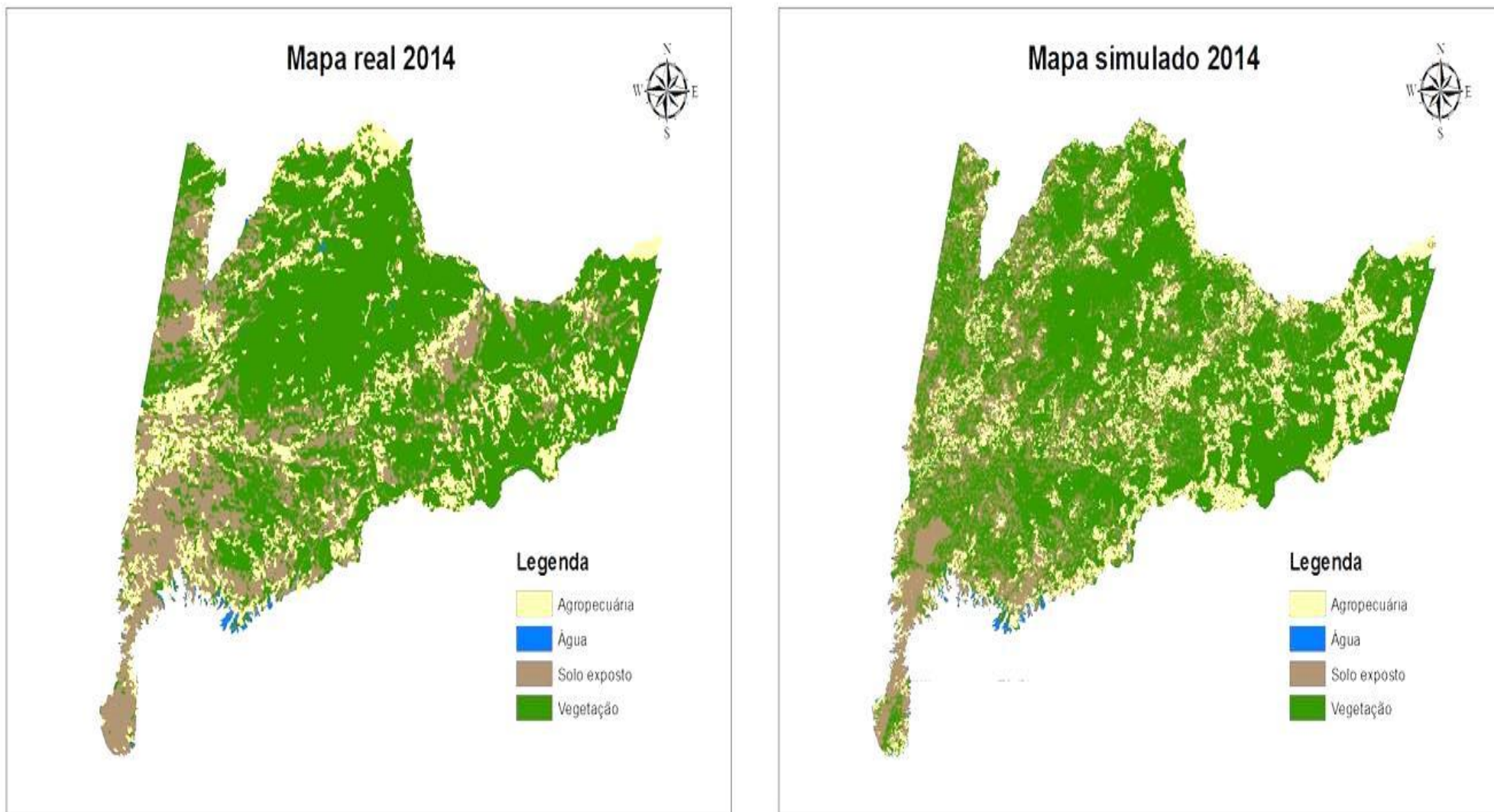
Variável	Cramer (V)	Incerteza de Informação Conjunta (U)
Solo exposto	0,54844644	0,285369436
Solo exposto	0,548146466	0,332466886
Solo exposto	0,547584512	0,367988266
Solo exposto	0,530289258	0,199917044
Solo exposto	0,530248771	0,262473580
Solo exposto	0,530062551	0,324499163

Fonte: Cinthia Oliveira

4.4.3. Simulação

A partir da simulação realizada no software Dinamica EGO, obteve o mapa simulado do ano de 2014, no qual foi comparado com o mapa classificado do mesmo ano para observar a qualidade do modelo (Figura 32).

Figura 32 - Comparação de cenários do ano de 2014 com um mapa classificado e o simulado do município de Floresta-PE.



4.4.3.1. Validação

A partir dos valores do índice de similaridade *fuzzy* (Tabela 10) obtidos a partir das funções de decaimento constante e exponencial para diferentes tamanhos de janelas com gradual agrupamento de pixels. Apresentaram valores considerados satisfatórios na literatura.

Tabela 10 - Índices de similaridade *fuzzy* obtidos a partir das funções de decaimento constante e exponencial para diferentes tamanhos de janela nos períodos entre 2009 e 2014.

Índice de similaridade <i>fuzzy</i>		
Janelas (Pixels)	Função de Decaimento	
	Constante	Exponencial
1x1	0,471326	0,471326
3x3	0,594379	0,537274
5x5	0,644759	0,560523
7x7	0,682038	0,572030
9x9	0,713198	0,578496
11x11	0,739936	0,582220

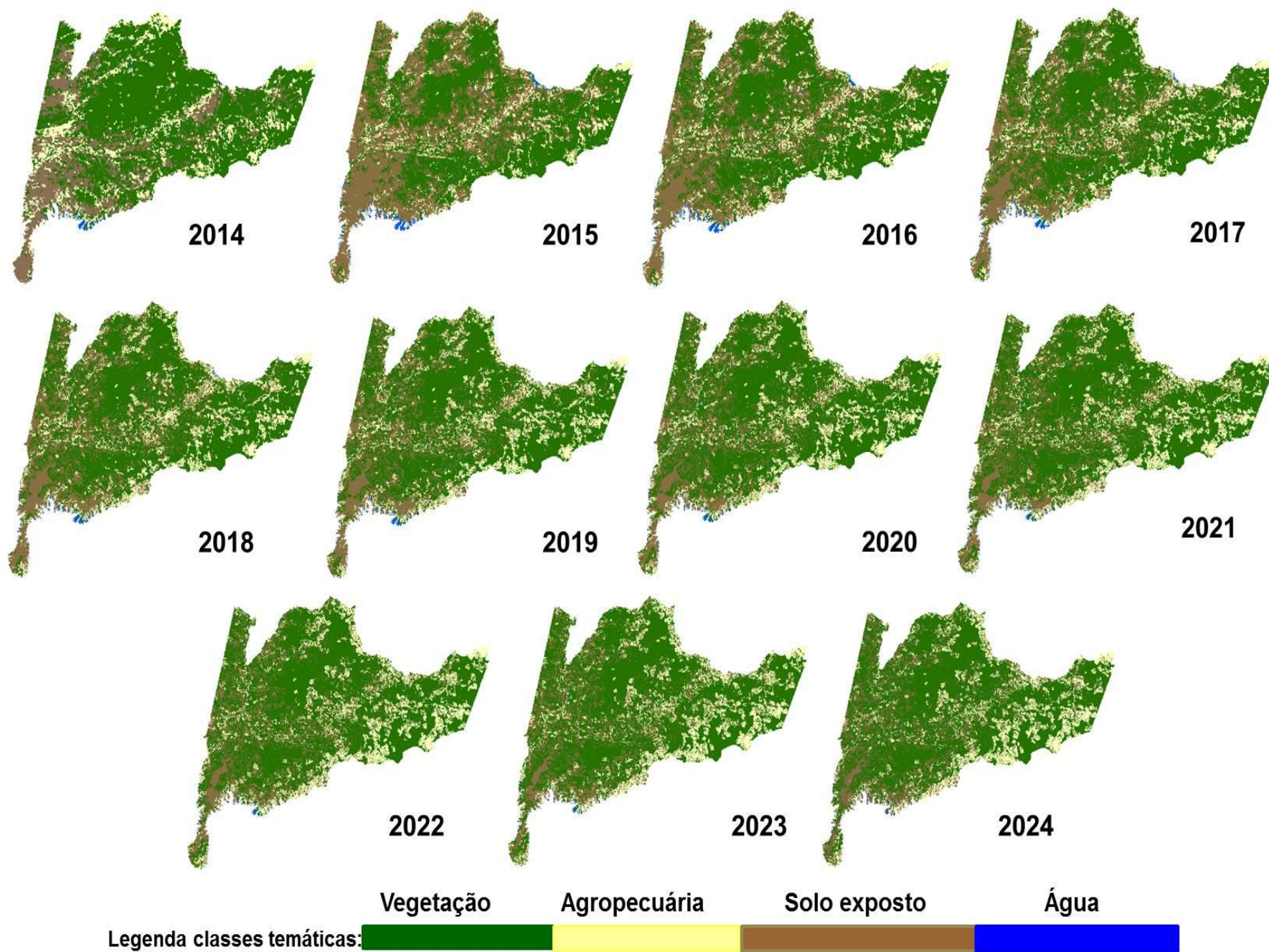
Fonte: Cinthia Oliveira

Ferrari (2008) em ecossistema de Mata atlântica obteve valor de similaridade *fuzzy* para janelas de 11x11 e função de decaimento constante de 0,84. Já Macedo (2013) em região de fronteira entre Cerrado e Mata Atlântica para mesmas janelas obteve valor de similaridade *fuzzy* de 0,52 em função de decaimento constante.

4.4.4. Simulação dos cenários futuros

A geração de cenários futuros, ou a simulação de mapas a *posteriori*, é ilustrada na figura 33, ao longo do período de dez anos, sendo que o primeiro mapa apresentado corresponde ao mapa do ano de 2014, usado como referência para a comparação, para validação do modelo e também gerado um mapa do ano de 2024.

Figura 33 - Resultado da simulação anual entre 2014 e 2024 para o município de Floresta-PE.



A obtenção dos mapas simulados para um período de dez anos permitiu a quantificação as taxas de conversão das classes entre o ano de 2014 e 2024. Na Tabela 11, são apresentados os resultados da modelagem do município de Floresta-PE.

Tabela 11 - Quantificação do cenário futuro do município de Floresta-PE e comparação com o ano de 2014.

Classe	Área 2014(ha)	Área 2024(ha)	2014 - 2024 (ha)	2014 - 2024 (%)
Vegetação	218602,62	229940,64	11338,02	5,19
Agropecuária	55365,75	61320,78	5955,03	10,76
Solo exposto	78790,59	62569,71	-16220,88	-20,59
Água	1555,47	801,72	-753,75	-48,46
Total	354314,43	354632,85	-	-

Fonte: Cinthia Oliveira

Verificou-se que no município de Floresta-PE há um acréscimo atrelado às áreas de vegetação e agropecuária. Já as áreas de solo exposto tiveram uma considerável queda. Segundo Benedetti (2010) a tendência é que, se a área for mantida, às mesmas condições de atividades extensivas como agropecuária, com o tempo serão reduzidas.

Segundo Ferrari (2008) a partir da análise evolutiva do uso e cobertura do da terra , assim como o levantamento histórico espacial da ocupação da área e sua previsão de como seus usos tendem a se comportar no futuro, é possível compreender a localização das áreas desses usos e as mudanças, as quais essas áreas estarão provavelmente sujeitas.

5. CONCLUSÃO

A partir da quantificação do Uso e Cobertura da Terra das classes verificou-se que, em todos os anos analisados as classes “vegetação” e “solo exposto” foram as que tiveram extensão mais significativa na área de estudo em relação às demais.

No mapeamento de evolução da transição da vegetação foi possível perceber que houve alteração da cobertura significativa na vegetação da área de estudo com a ausência da vegetação, tomando proporções de mais de cinquenta mil hectares entre os períodos de 1997 e 2001. Contudo, a expansão da floresta apresentou altos valores de área, ou seja, indicando uma regeneração significativa na área de estudo.

As simulações futuras para o município de Floresta-PE, mostraram que a continuidade do processo de ocupação acarreta em uma diminuição no solo exposto e aumento da vegetação e uma estabilização nas atividades extensivas da agropecuária, se considerando que a área de estudo continue nas mesmas condições da época da simulação.

O software Dinamica EGO se mostrou uma excelente ferramenta na modelagem da dinâmica espacial do uso e ocupação do solo, sendo eficiente no desenvolvimento de cenários de tendência histórica, permitindo simular cenários de curto e médio prazo, dando ao usuário final uma clara dimensão dos processos inseridos na área de estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. G.; COELHO, C. G. C.; RALHA, GHEDINI, C.; ZAGHETTO, A; MACCHIAVELLO, B. Ferramenta de Simulação com Abordagem de Sistema Multiagente Híbrida para Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Sistemas de Informação**, v. 4, p. 1-22, 2011. Disponível em: <http://www.seer.unirio.br/index.php/isys/article/view/1623> Acesso em: 05 de out de 2014.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO - CONDEPE. **Cadeias e Arranjos Produtivos**. Região de Desenvolvimento Sertão de Itaparica. 2010.

AGUIAR, A. P.D. Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais. CAPÍTULO 4. 2002

ALMEIDA, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP)**. 2003. 351 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

ANDERSON, J. R., HARDY, E. E., ROACH, J. T., & WITMER, R. E. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Washington, DC' United States Government Printing Office.

BARBOSA, C. C. F.; CORDEIRO, J. P. C. Manual de referência – LEGAL. INPE. São José dos Campos, SP. 2001. 21 p.

BENEDETTI, A. C. P. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura florestal das serras do sudeste e campanha meridional do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 166 f. Tese (doutorado em Ciências Florestais) , 2010.

BONHAM-CARTER, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994. 305 p.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia - MG, utilizando imagens ETM+/LANDSAT 7. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n 32, p. 37-46, 2005.

CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Geoprocessamento para Projetos Ambientais, Fundamentos de geoprocessamento Curso: congressos GIS Brasil, 1999.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assesing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. New Youk: Lewis Publishers, 1998.137 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.

DIAS, L. T.; WALDE, D. H. G. Modelagem da dinâmica espacial do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do lago Paranoá-DF. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 65/1, p. 77-94, 2013. Disponível em <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/511/530>>. Acesso em 14 de out de 2014.

DLUGOSZ, F.L.; ROSOT, N. C. ROSOT, M.A. D. ;OLIVEIRA, Y. M. M. de. Índice para a avaliação de segmentação de imagens. **Floresta** (UFPR. Impresso), v. 39, p. 131-143, 2009.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

ELLIS, E. PONTIUS, R. Uso da terra e mudanças na cobertura da terra. In: Enciclopédia da Terra. Eds. Cutler Cleveland J. 2007. Disponível em: http://www.eoearth.org/article/Land-use_and_landcover_change. Acesso em 21 de set de 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Diagnóstico Ambiental do Município de Floresta, Pernambuco. Rio de Janeiro-RJ: EMBRAPA, 2001. 00(Circular Técnica, ISSN 1517-5146).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco – ZAPE**. 2007. Disponível em:<<http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape>>. Acesso em: 15 ou. 2014.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesq. Agropec. Brs.**, Brasília, v.31, n.6, p. 445-454, jun. 1996

FERRARI, R. **Modelagem de Uso e Cobertura da terra da Quarta Colônia, RS**. 127f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2008.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. 3. ed. São Paulo. Oficina de Textos, 2011. 128 p.

GONZALES, R.C; WINTZ, P. Digital image processing. Proding, Addison Wesley, 1987, 431p.

IBGE, **Manuais técnicos em geociências- numero 9**: Introdução ao processamento digital de imagens, Rio de Janeiro, 2001.

INPE, **SPRING Básico: TUTORIAL 10 AULAS - SPRING 4.3** (Versão Windows), 2006.

JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: **Parêntese**, 2009. 604 p.

LAMBIN, E. F. Modeling Deforestation Processes - A Review, Trees series B: Research Report. , EUR 15744 EN. European Commission, Luxembourg, 1994.

LÉVY, P. 1998. Cyberculture. Odile Jacob, France.

MACEDO, R.C.; ALMEIDA, C.M.; SANTOS, J.R.; RUDORFF B.F.T. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Bol. Ciênc. Geod.** [online]. 2013, vol.19, n.2 , pp. 313-337.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. 1. ed. Brasília: CNPq, 2012. v. 1. 256p .

MORAES, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais – INPE. São José Dos Campos, Capítulo 1. 2002.

MOREIRA, E. G. Dynamic coupling of multiscale land change models. São José dos Campos: INPE, 2009. 100p.

NASCIMENTO, P. S. R. et al. Efeito de Pré-Processamento (ajuste) no Desempenho da Segmentação e Classificação De Imagens Landsat-TM.. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9,. 1998, Santos. Anais IX .São José dos Campos: INPE 1998, p. 981-989.

PEREIRA, L. V. **Análise espacial da evolução da cobertura e uso da terra no distrito de Santa Flora**, Santa Maria, RS. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

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

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

RIBEIRO, G. N.; MARACAJÁ, V. P. B. Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no estudo dos recursos naturais. **Revista Verde**. Mossoró. v.3, n.1, p.2241, 2008.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. ANAIS XIII simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p.. 3089-3096

SÁ, I. B. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas para o estudo da cobertura vegetal. Anais XXVII Reunião Nordestina de Botânica. Petrolina, 2004.

SANTOS, J. M. F. **Diversidade e abundância inter-anual no componente herbáceo da caatinga: paralelos entre uma área preservada e uma área antropizada em regeneração natural**. 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, H. P. **Mapeamento das áreas sob risco de desertificação no semiárido de Pernambuco a partir de imagens de satélites**. 2009.153 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, E. A. **Mapeamento do uso e cobertura vegetal do município de Floresta - PE**. 2011. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SILVA, J. F.; ECKHARDT, R.R.; REMPEL, C. Modelagem dinâmica espacial da cobertura florestal nativa do município de Roca Sales – RS Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Disponível em < INPE <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0403.pdf>> Acesso em: 02 de Nov. de 2014.

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** 1998. 299f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

SOARES FILHO, B. S. DINAMICA – Um software para simulação de dinâmica de paisagens. Anais do II Workshop em Tratamento de Imagens, NPDI/DCC/UFMG, 2001.

SOARES FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C. ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular **MEGADIVERSIDADE**, v. 3, v 1-2, 2007.

SUAREZ, A. F.; CANDEIAS, A. L. B. Modelagem dinâmica de cobertura da terra na mata atlântica no município de maragogipe – BA. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 66/5, p. 953-981, 2014. Disponível em < <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/557/720>> Acesso em: 02 de nov de 2014.

TRENTIN, G.; FREITAS, M. I. C. Modelagem da dinâmica espacial urbana: modelo de autômato celular na simulação de cenários para o município de Americana-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, n 62, ed esp. 01, 2010. (ISSN 0560-4613)

TURNER, II. B. L. MEYER, B. L.. Global Land Use and Land Cover Change: Na Overview. IN: Changes on Land Use and Land Cover: A Global Perspective, eds. MEYER, W. B.; TURNER II, B. L. 3-10. Cambridge: Cambridge University Press. 7p. 1994

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

WYATT, B. K. Remote sensing of land cover and land cover change. In: VERSTRAETE, M. M.; MENENTI, M.; PELTONIEMI, J. (Ed.). Observing Land from Space: science, customer and technology. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 127-136.

7. APÊNDICE

APÊNDICE A - Matrizes de Erros

Matriz de confusão relativa à classificação realizada a partir da imagem de satélite em 1985, Floresta-PE.

Matriz de Erros de Classificação - 1985					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	8089 0,42%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	8089
Vegetação	0 0,00%	1125641 58,62%	0 0,00%	0 0,00%	1125641
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	35723 1,86%	0 0,00%	35723
Solo exposto	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	750759 39,10%	750759
∑ Coluna	8089	1125641	35723	750759	1920212

Matriz de confusão relativa à classificação realizada a partir da imagem de satélite em 1989, Floresta-PE.

Matriz de Erros de Classificação - 1989					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	6311 0,50%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	6311
Vegetação	0 0,00%	633776 50,11%	0 0,00%	0 0,00%	633776
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	17768 1,40%	0 0,00%	17768
Solo exposto	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	606850 47,98%	606850
∑ Coluna	6311	633776	17768	606850	1264705

Matriz de confusão relativa à classificação realizada a partir da imagem de satélite em 1993, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação - 1993					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	25845 2,03%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	25845
Vegetação	0 0,00%	770985 60,58%	0 0,00%	0 0,00%	770985
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	71773 5,64%	0 0,00%	71773
Solo exposto	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	404097 31,75%	404097
∑ Coluna	25845	770985	71773	404097	1272700

Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir da imagem de satélite em 1997, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação – 1997					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	23935 1,33%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	23935
Vegetação	0 0,00%	867362 48,13%	0 0,00%	0 0,00%	867362
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	61336 3,40%	0 0,00%	61336
Solo exposto	0 0,00%	60355 3,35%	0 0,00%	788982 43,78%	849337
∑ Coluna	23935	927717	61336	788982	1801970

Índice Kappa= 0,93

Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir da imagem de satélite em 2001, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação - 2001					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	8715 0,48%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	8715
Vegetação	0 0,00%	667452 36,96%	12992 0,72%	0 0,00%	680444
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	114834 6,36%	0 0,00%	114834
Solo exposto	0 0,00%	185359 10,26%	564 0,03%	816170 45,19%	1002093
∑ Coluna	8715	852811	128390	816170	1806086

Índice Kappa= 0,80

Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir da imagem de satélite em 2005, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação - 2005					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	24432 2,09%	0 0,00%	0 0,00%	0 0,00%	24432
Vegetação	0 0,00%	636216 54,32%	0 0,00%	0 0,00%	636216
Agropecuária	0 0,00%	0 0,00%	41048 3,50%	0 0,00%	41048
Solo exposto	0 0,00%	0 0,00%	80 0,01%	469479 40,08%	469559
∑ Coluna	24432	636216	41128	469479	1171255

Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir da imagem de satélite em 2009, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação – 2009					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	13535	0	0	0	13535
	1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	
Vegetação	0	331119	0	0	331119
	0,00%	36,67%	0,00%	0,00%	
Agropecuária	0	0	20873	0	20873
	0,00%	0,00%	2,31%	0,00%	
Solo exposto	0	0	0	537410	537410
	0,00%	0,00%	0,00%	59,52%	
∑ Coluna	13535	331119	20873	537410	902937

Matriz de confusão relativa a classificação realizada a partir da imagem de satélite em 2014, Floresta-PE

Matriz de Erros de Classificação – 2014					
Classes	Água	Vegetação	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha
Água	8854	0	0	0	8854
	2,52%	0,00%	0,00%	0,00%	
Vegetação	0	145680	0	0	145680
	0,00%	41,45%	0,00%	0,00%	
Agropecuária	0	2299	111798	0	114097
	0,00%	0,65%	31,81%	0,00%	
Solo exposto	0	0	1045	81748	82793
	0,00%	0,00%	0,30%	23,26%	
∑ Coluna	8854	147979	112843	81748	351424

APÊNDICE B –

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 1985.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 1989.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 1993.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 1997.**

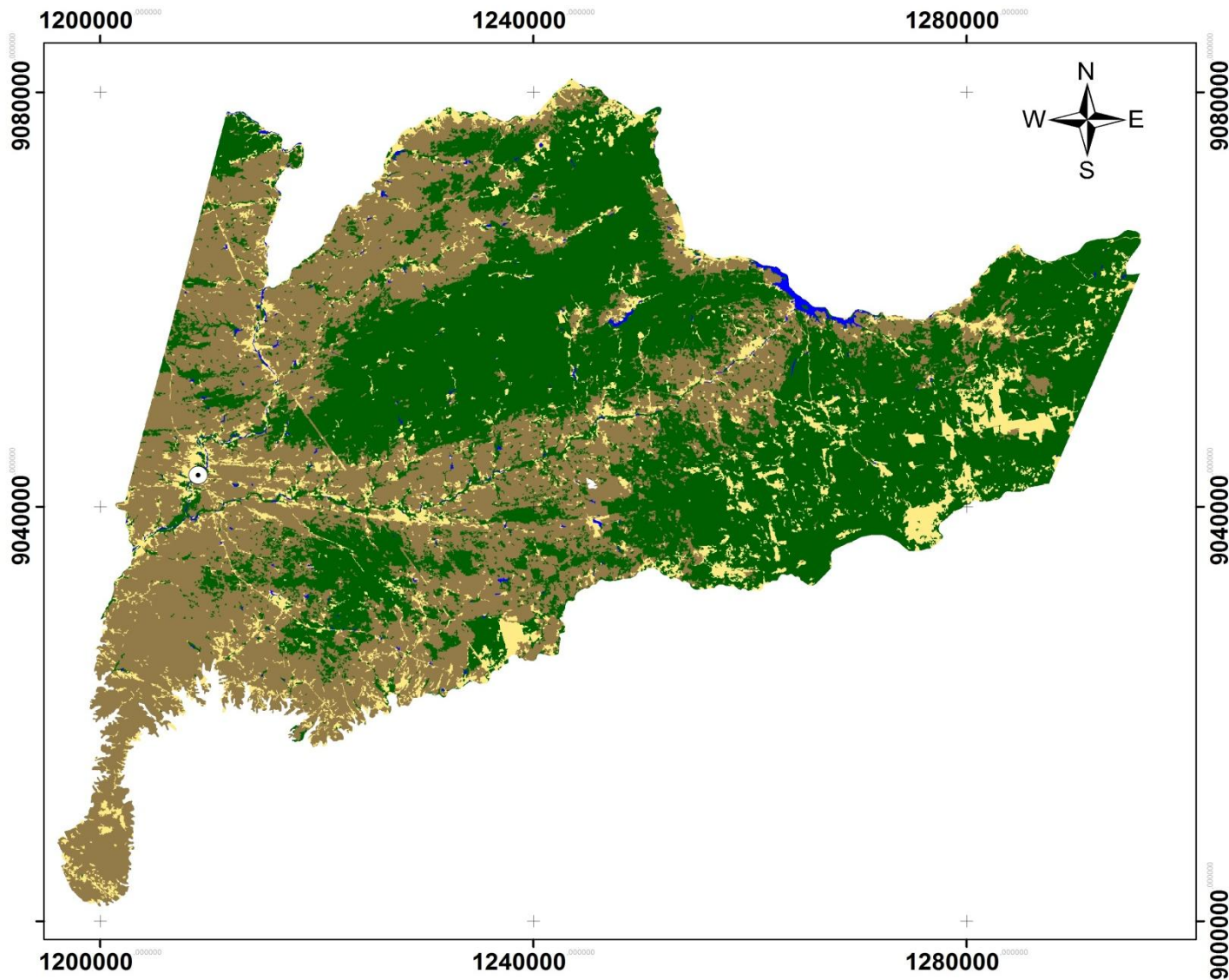
- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 2001.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 2005.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 2009.**

- **Mapa de uso e cobertura da terra do município de Floresta-PE de 2014.**

Uso e Cobertura da Terra 1985

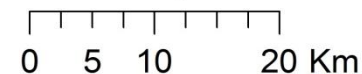


Legenda

- Sede do município
- Agropecuária
- Água
- Solo exposto
- Vegetação

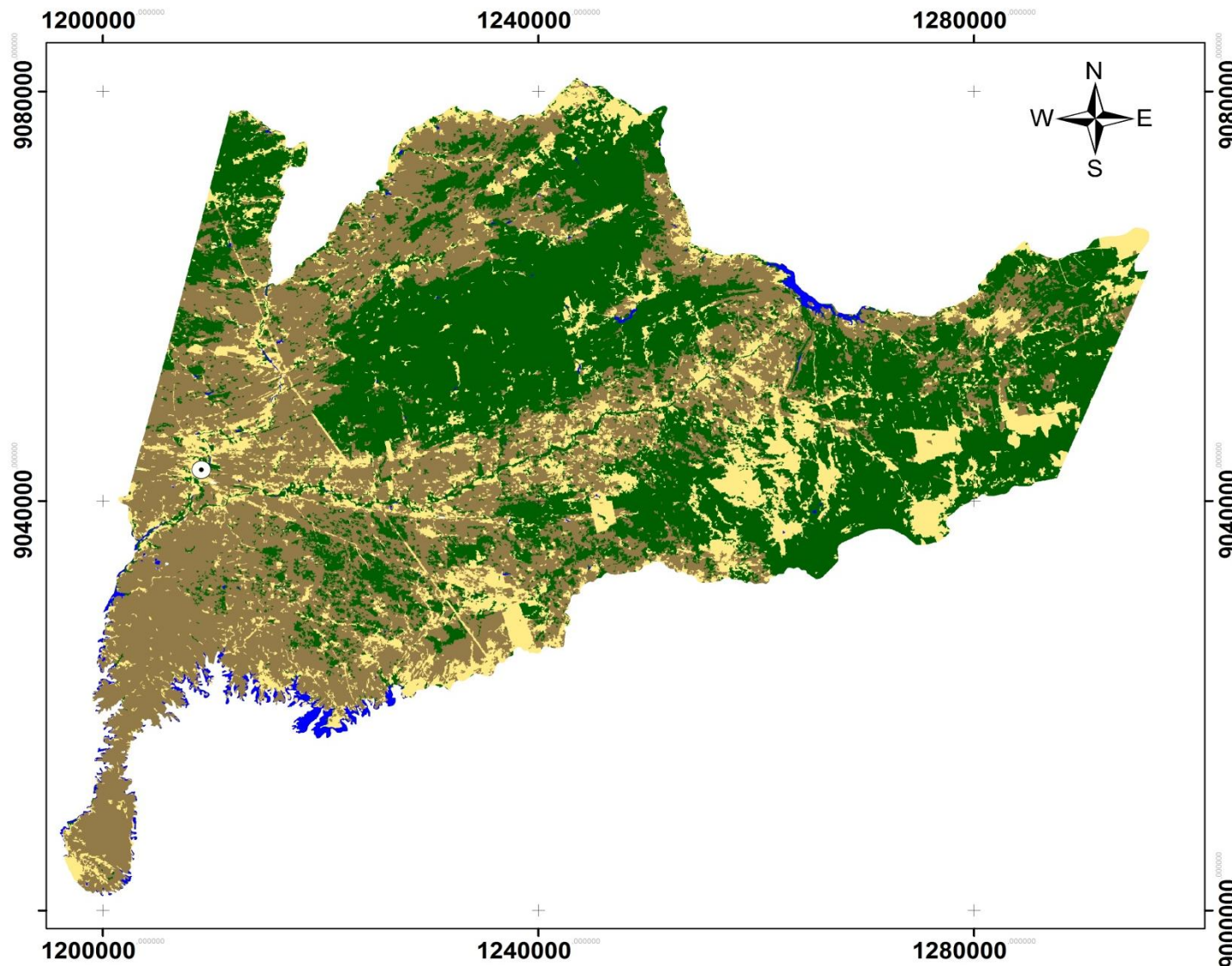
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 1989

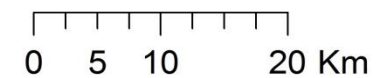


Legenda

- Sede do município
- Agropecuária
- Água
- Solo exposto
- Vegetação

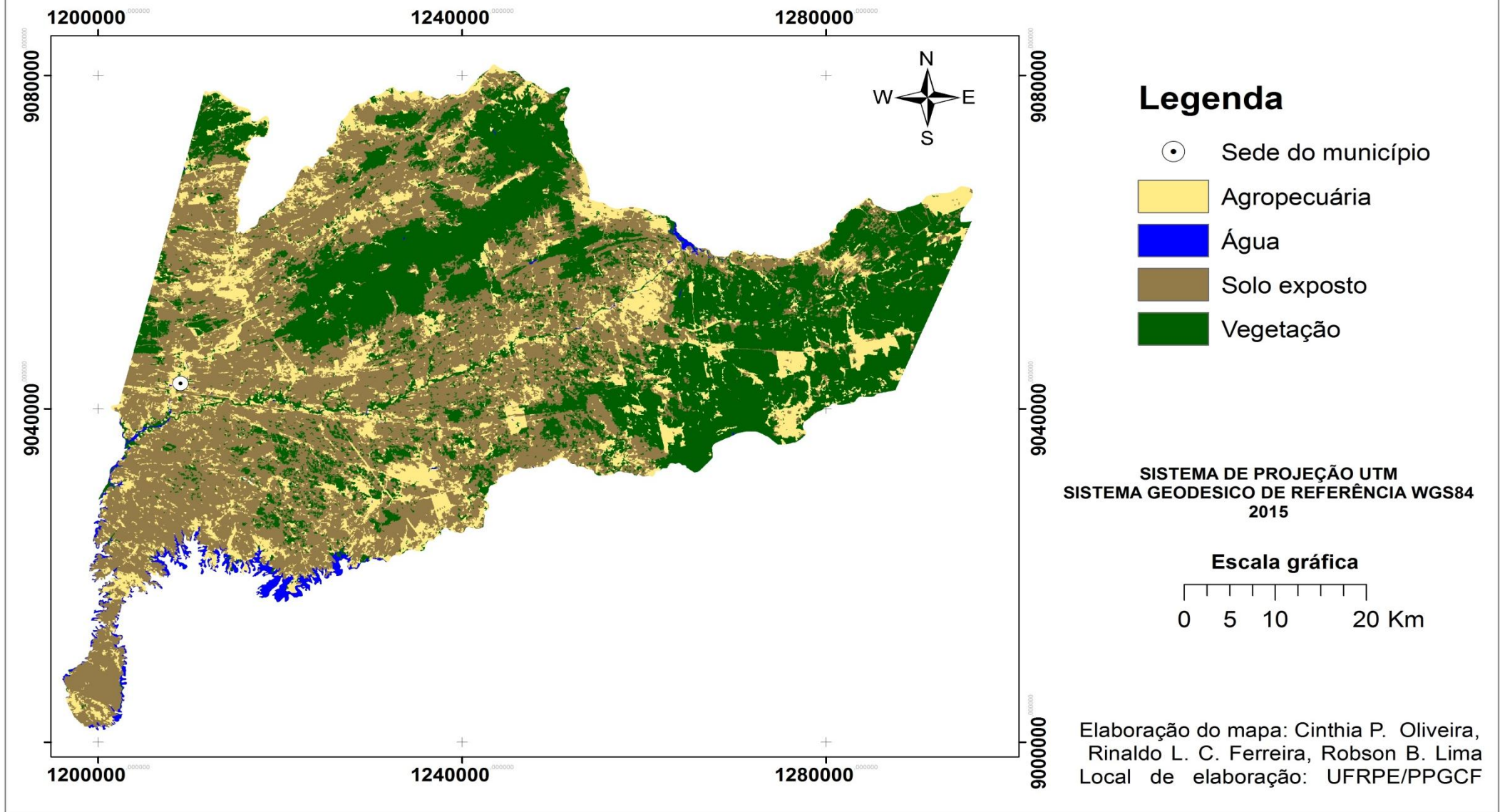
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica

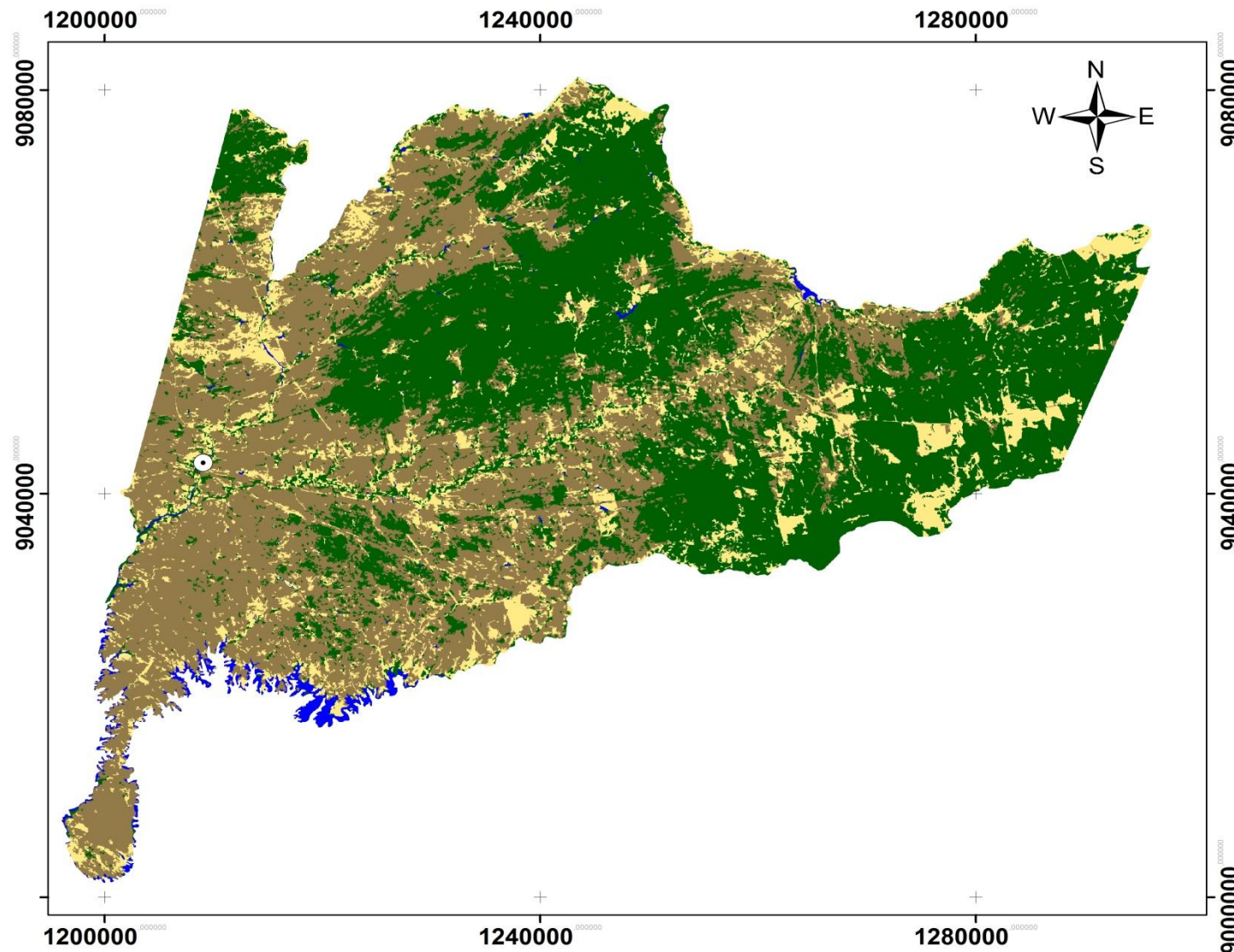


Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 1993



Uso e Cobertura da Terra 1997



Legenda

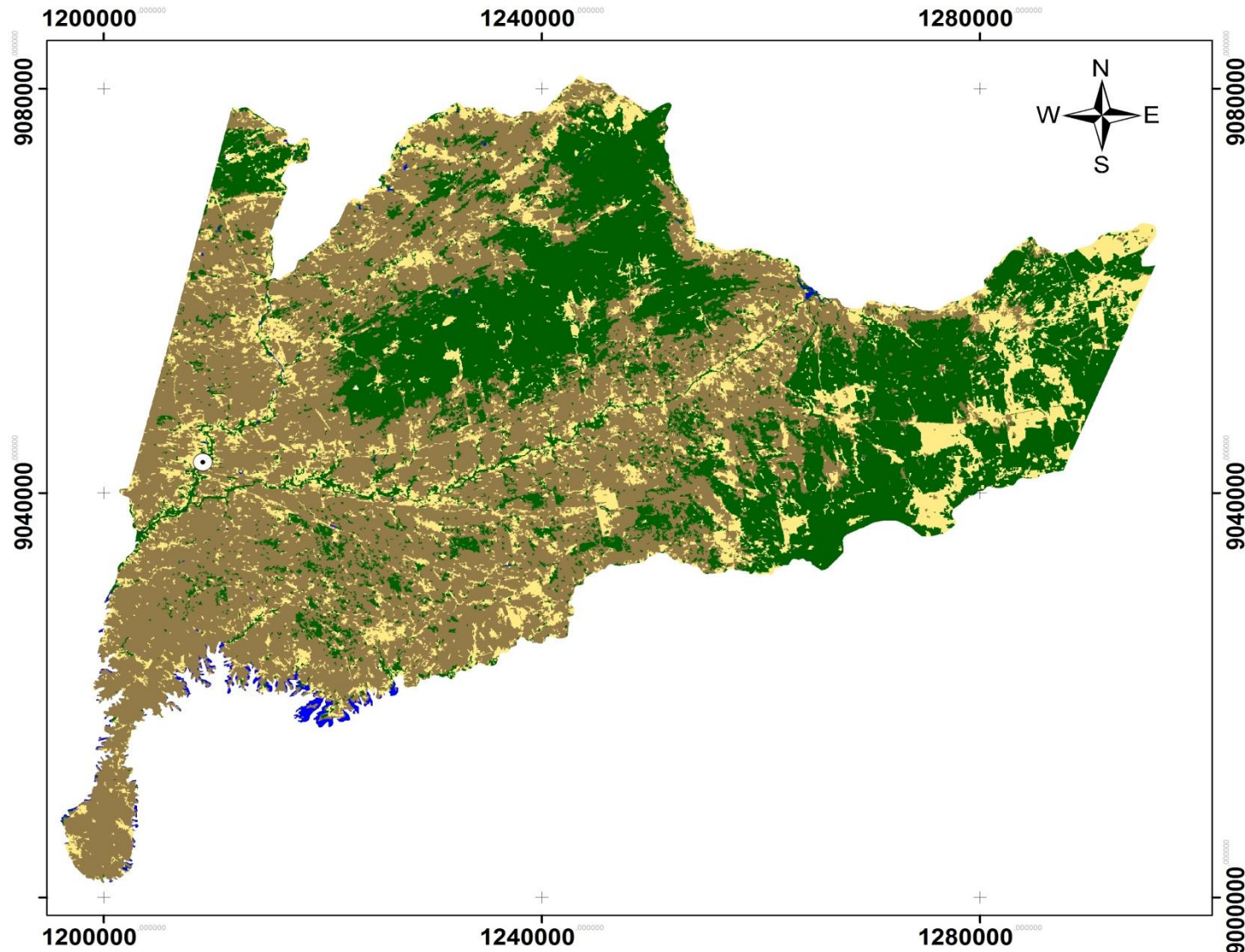
- Sede do município
- Agropecuária
- Água
- Solo exposto
- Vegetação

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 2001

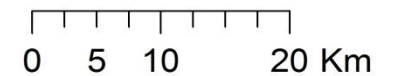


Legenda

- Sede do município
- Agropecuária
- Água
- Solo exposto
- Vegetação

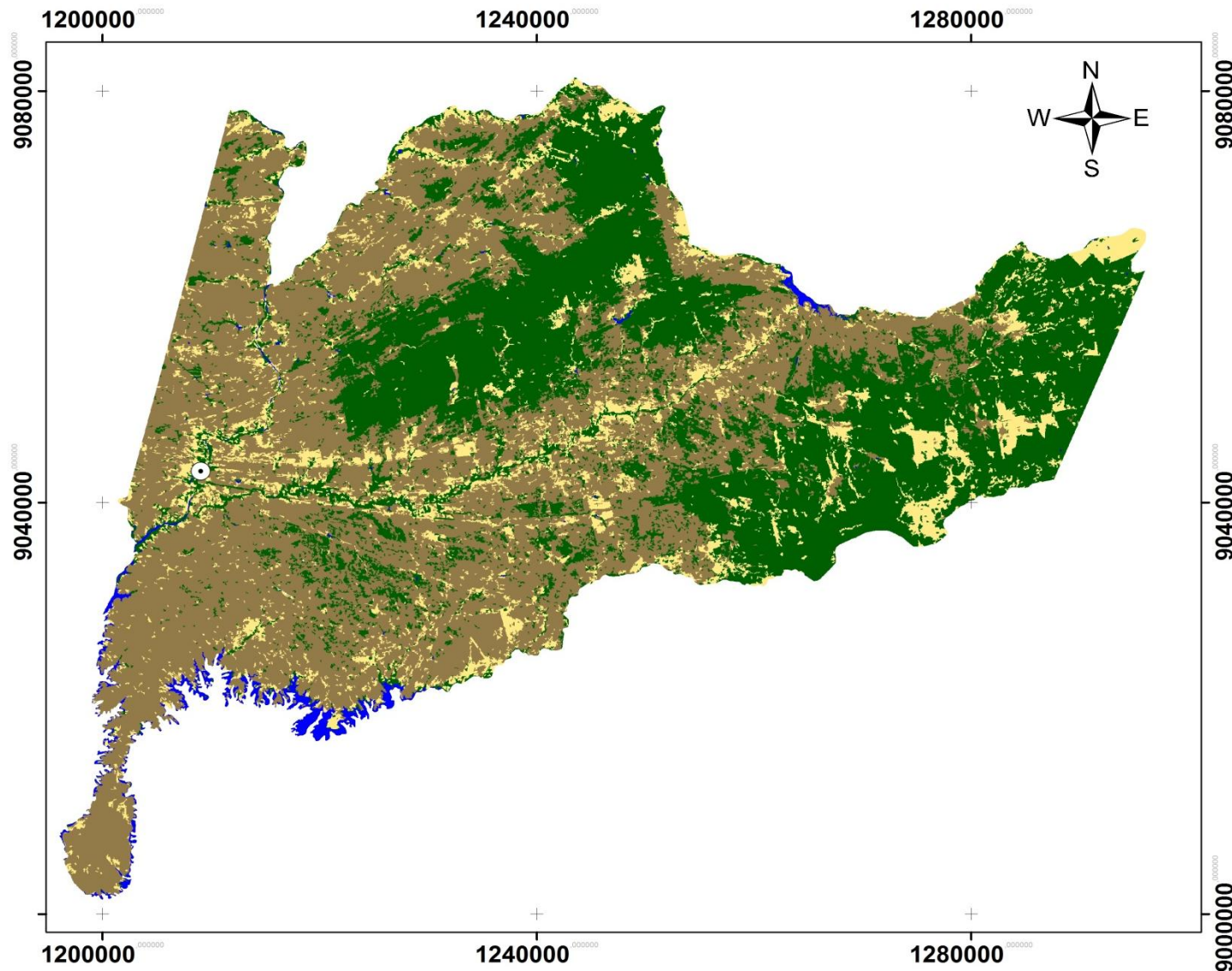
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 2005



Legenda

○ Sede do município

Agropecuária

Água

Solo exposto

Vegetação

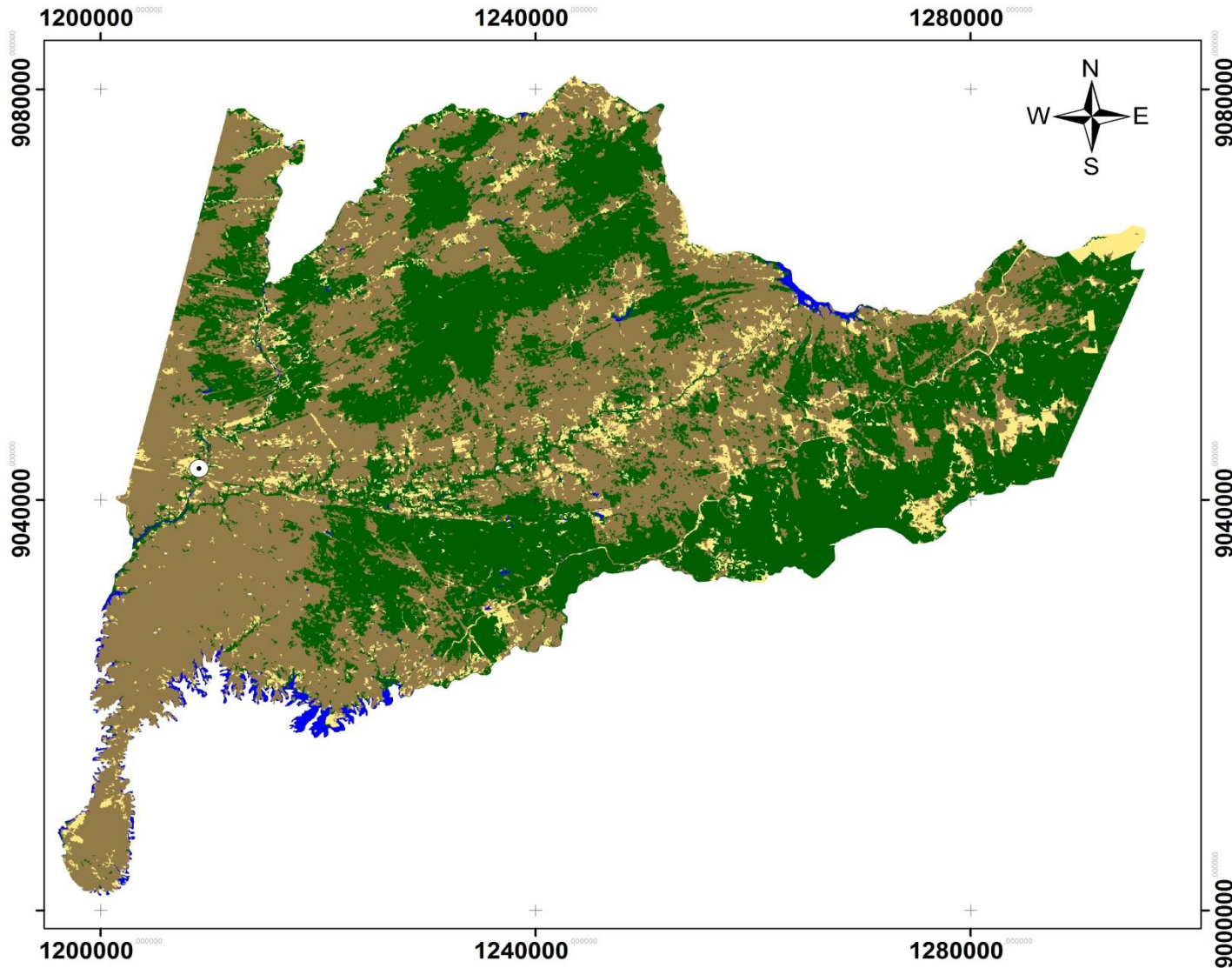
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica

0 5 10 20 Km

Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 2009

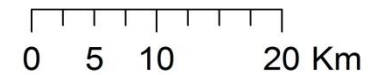


Legenda

- Sede do município
- Agropecuária
- Água
- Solo exposto
- Vegetação

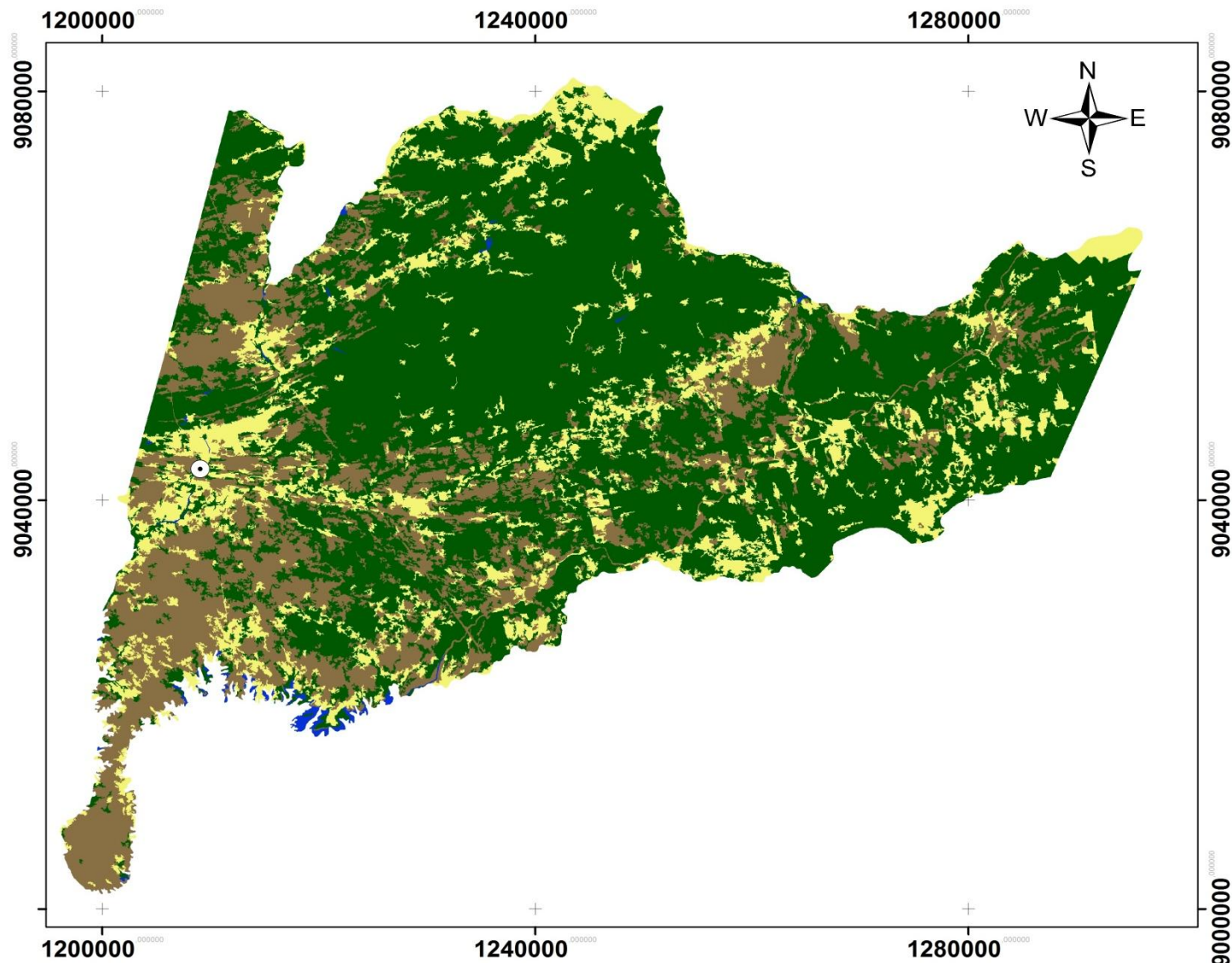
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

Uso e Cobertura da Terra 2014

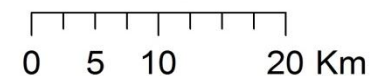


Legenda

-  Sede do município
-  Agropecuária
-  Água
-  Solo exposto
-  Vegetação

SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
SISTEMA GEODESICO DE REFERÊNCIA WGS84
2015

Escala gráfica



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira,
Rinaldo L. C. Ferreira, Robson B. Lima
Local de elaboração: UFRPE/PPGCF

APÊNDICE C Quantificação das classes temáticas por meio da classificação digital no município de Floresta-PE nos anos de 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 e 2014.

USO E COBERTURA DA TERRA																
Classe	1985		1989		1993		1997		2001		2005		2009		2014	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Vegetação	173.289,78	48,86	151.578,09	42,73	124.932,33	35,22	153.681,66	43,32	119.962,44	33,82	130.323,78	36,73	147.846,15	41,69	218.602,62	61,70
Agropecuária	35.450,91	10,00	61.461,63	17,33	61.704,72	17,39	51.565,50	14,54	59.736,24	16,84	42.297,84	11,92	26.858,70	7,57	55.365,75	15,63
Solo exposto	143.861,4	40,56	137.956,32	38,89	163.723,95	46,15	145.069,74	40,89	173.340,45	48,86	177.444,90	50,02	176.051,16	49,64	78.790,59	22,24
Água	2.060,73	0,58	3.702,69	1,04	4.370,76	1,23	4.422,51	1,25	1.707,39	0,48	4.707,90	1,33	3.876,84	1,09	1.555,47	0,44
Total	354.662,82	100	354698,73	100	354731,76	100	354739,41	100,00	354746,52	100,00	354774,42	100,00	354632,85	100,00	354.314,43	100,00

APÊNDICE D - Programação em LEGAL para mapas de transição da vegetação no município de Floresta-PE.

Programação em LEGAL – Transição 1985 -1989

```
{
Tematico class85,class89 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class85= Recuperere (Nome = "Class_1985");
class89= Recuperere (Nome = "Class_1989");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito85_89", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class85.Classe == "Vegetação" && class89.Classe == "Vegetação"),
"Desmatamento":(class85.Classe == "Vegetação" && class89.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class85.Classe == "Vegetação" && class89.Classe ==
"Agropecuária"),
"Desmatamento":(class85.Classe == "Vegetação" && class89.Classe == "Água"),
"Expansao": (class85.Classe == "Agropecuária" && class89.Classe == "Vegetação"),
"Expansao": (class85.Classe == "Solo_exposto" && class89.Classe == "Vegetação"),
"Expansao": (class85.Classe == "Água" && class89.Classe == "Vegetação"),
};
}
```

Programação em LEGAL – Transição 1989 -1993

```
{
Tematico class89,class93 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class85= Recuperere (Nome = "Class_1989");
class89= Recuperere (Nome = "Class_1993");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito89_93", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class89.Classe == "Vegetação" && class93.Classe == "Vegetação"),
"Desmatamento":(class89.Classe == "Vegetação" && class93.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class89.Classe == "Vegetação" && class93.Classe ==
"Agropecuária"),
"Desmatamento":(class89.Classe == "Vegetação" && class93.Classe == "Água"),
"Expansao": (class89.Classe == "Agropecuária" && class93.Classe == "Vegetação"),
"Expansao": (class89.Classe == "Solo_exposto" && class93.Classe == "Vegetação"),
}
```

```
"Expansao": (class89.Classe == "Água" && class93.Classe == "Vegetação")
};
}
```

Programação em LEGAL – Transição 1993 -1997

```
{
Tematico class93,class97 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class93= Recuperar (Nome = "Class_1993");
class97= Recuperar (Nome = "Class_1997");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito93_97", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class93.Classe == "Vegetação" && class97.Classe == "Vegetação"),
"Desmatamento":(class93.Classe == "Vegetação" && class97.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class93.Classe == "Vegetação" && class97.Classe ==
"Agropecuária"),
"Desmatamento":(class93.Classe == "Vegetação" && class97.Classe == "Água"),
"Expansao": (class93.Classe == "Agropecuária" && class97.Classe == "Vegetação"),
"Expansao": (class93.Classe == "Solo_exposto" && class97.Classe == "Vegetação"),
"Expansao": (class93.Classe == "Água" && class97.Classe == "Vegetação")
};
}
```

Programação em LEGAL – Transição 1997-2001

```
{
Tematico class97,class2001 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class97= Recuperar (Nome = "Class_1997");
class2001= Recuperar (Nome = "Class_2001");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito97_2001", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class97.Classe == "Vegetação" && class2001.Classe == "Vegetação"),
"Desmatamento":(class97.Classe == "Vegetação" && class2001.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class97.Classe == "Vegetação" && class2001.Classe ==
"Agropecuária"),

```

```

"Desmatamento":(class97.Classe == "Vegetação" && class2001.Classe == "Água"),
"Expansao": (class97.Classe == "Agropecuária" && class2001.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class97.Classe == "Solo_exposto" && class2001.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class97.Classe == "Água" && class2001.Classe == "Vegetação")
};
}

```

Programação em LEGAL – Transição 2001-2005

```

{
Tematico class2001,class2005 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class2001= Recupere (Nome = "Class_2001");
class2005= Recupere (Nome = "Class_2005");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito2001_2005", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class2001.Classe == "Vegetação" && class2005.Classe ==
"Vegetação"),
"Desmatamento":(class2001.Classe == "Vegetação" && class2005.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class2001.Classe == "Vegetação" && class2005.Classe ==
"Agropecuária"),
"Desmatamento":(class2001.Classe == "Vegetação" && class2005.Classe == "Água"),
"Expansao": (class2001.Classe == "Agropecuária" && class2005.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class2001.Classe == "Solo_exposto" && class2005.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class2001.Classe == "Água" && class2005.Classe == "Vegetação")
};
}

```

Programação em LEGAL – Transição 2005-2009

```

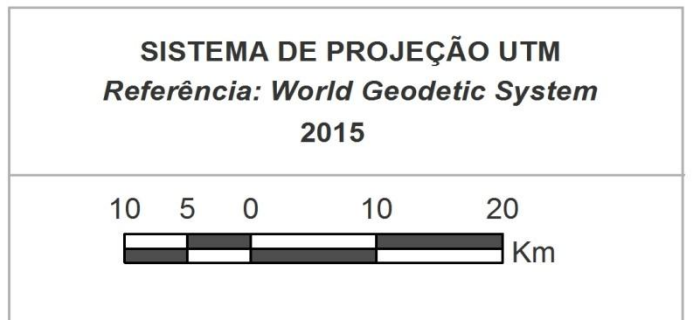
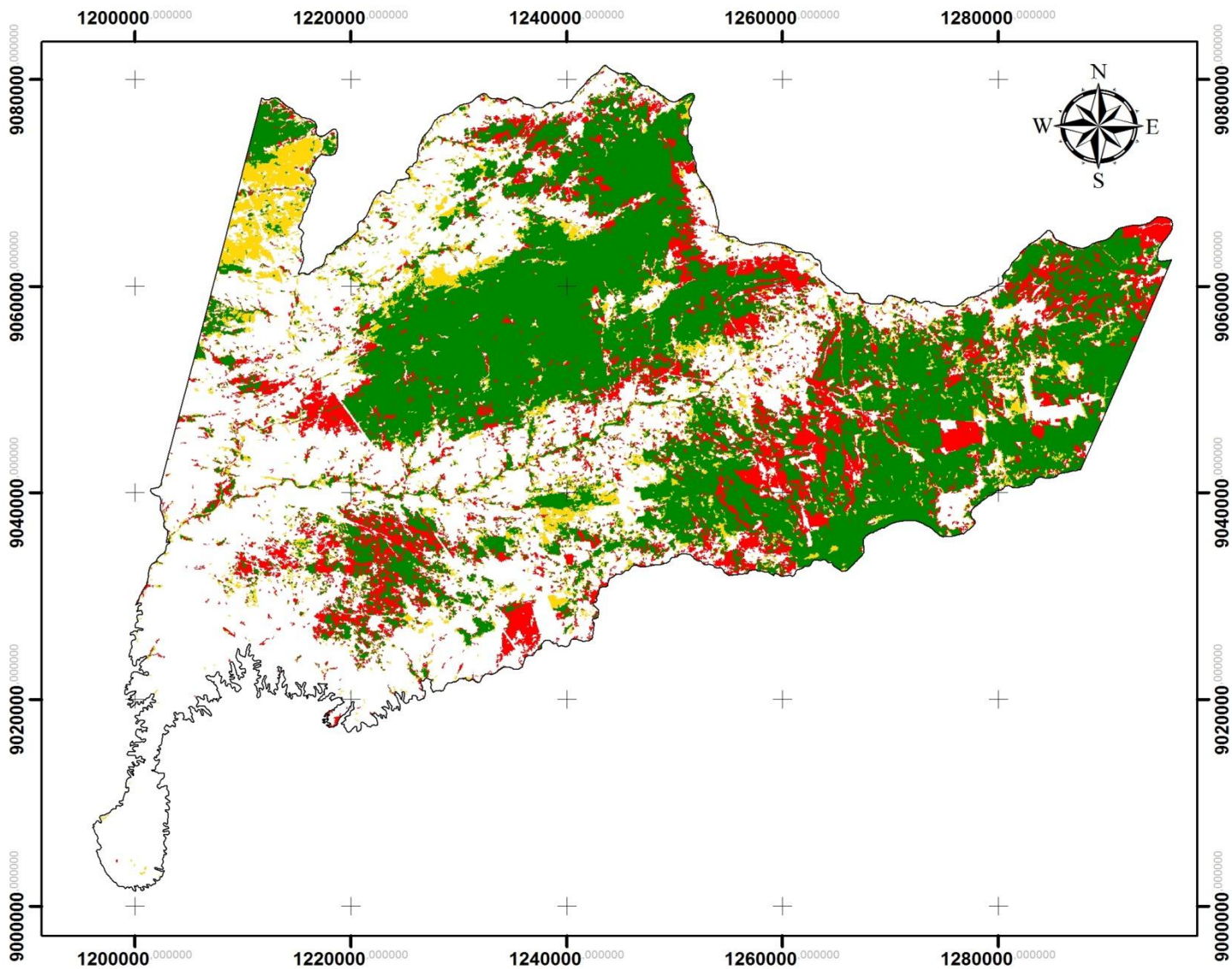
{
Tematico class2005,class2009 ("Uso_Solo");
Tematico Dinamica ("Area_Conflito");
//Recuperar PI's
class2005= Recupere (Nome = "Class_2005");
class2009= Recupere (Nome = "Class_2009");
// Cruzamento dos Planos de Informação
Dinamica = Novo (Nome = "AreaConflito2005_2009", ResX= 30, ResY= 30, Escala =
60000);
// Cria Tabela de Areas de Dinamica Florestal




```

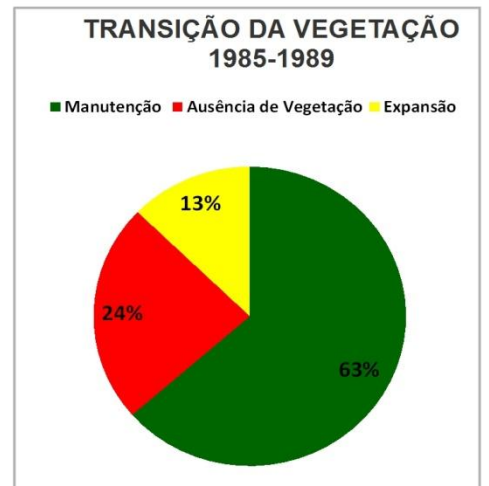
```
Dinamica = Atribua
{
"Manutencao":(class2005.Classe == "Vegetação" && class2009.Classe ==
"Vegetação"),
"Desmatamento":(class2005.Classe == "Vegetação" && class2009.Classe ==
"Solo_exposto"),
"Desmatamento":(class2005.Classe == "Vegetação" && class2009.Classe ==
"Agropecuária"),
"Desmatamento":(class2005.Classe == "Vegetação" && class2009.Classe == "Água"),
"Expansao": (class2005.Classe == "Agropecuária" && class2009.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class2005.Classe == "Solo_exposto" && class2009.Classe ==
"Vegetação"),
"Expansao": (class2005.Classe == "Água" && class2009.Classe == "Vegetação")
};
}
```

APÊNDICE E –

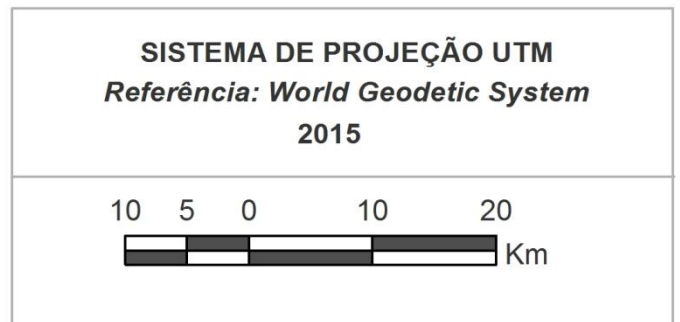
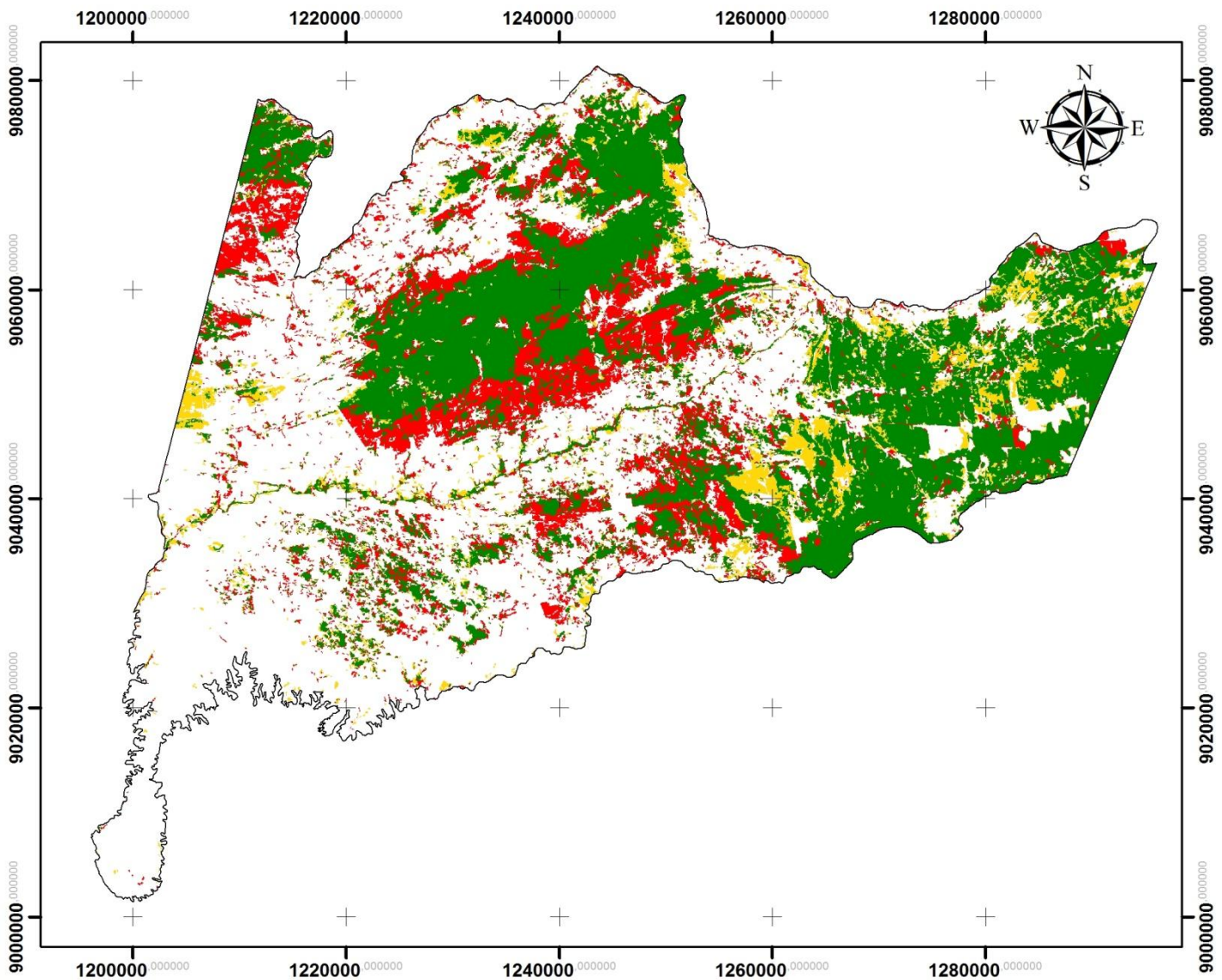
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 1985 a 1989.**
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 1989 a 1993.**
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 1993 a 1997.**
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 1997 a 2001.**
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 2001 a 2005.**
- **Mapa de Transição da vegetação do município de Floresta-PE de 2005 a 2009.**



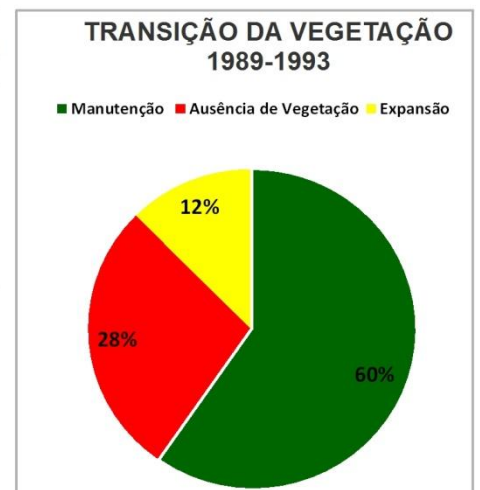
DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
 Manutenção: a vegetação que continua do mesmo jeito.	126.237,33
 Ausência de Vegetação: a vegetação que diminuiu.	47.038,50
 Expansão: a vegetação que aumentou.	25.335,00



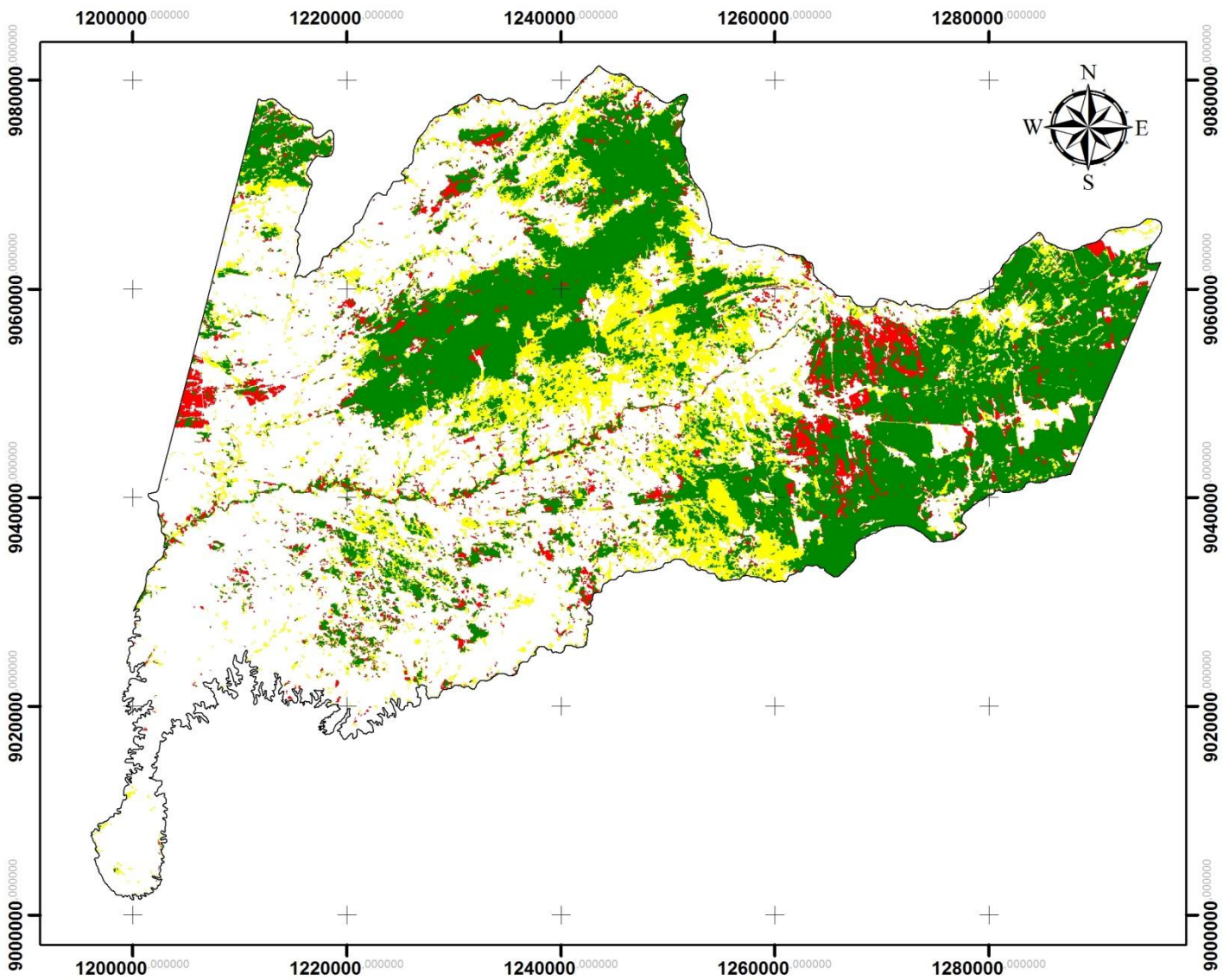
Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF



DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
Manutenção : a vegetação que continua do mesmo jeito.	103.325,40
Ausência de Vegetação : a vegetação que diminuiu.	48.226,30
Expansão : a vegetação que aumentou.	21.594,20



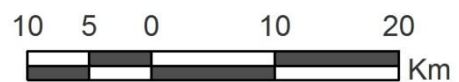
Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF






LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO



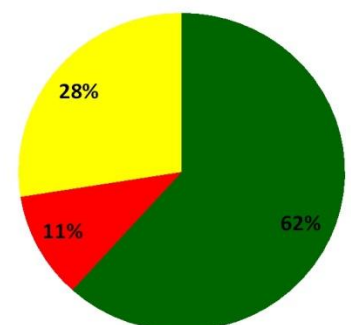
SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM
Referência: World Geodetic System
2015



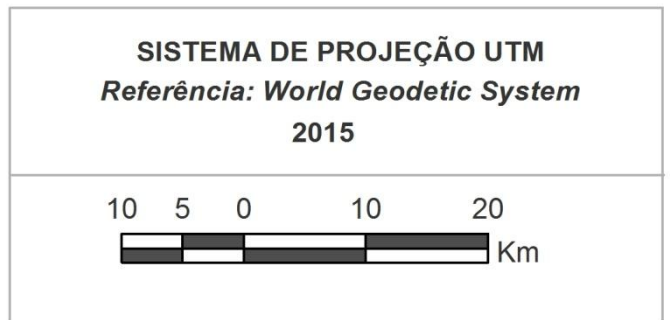
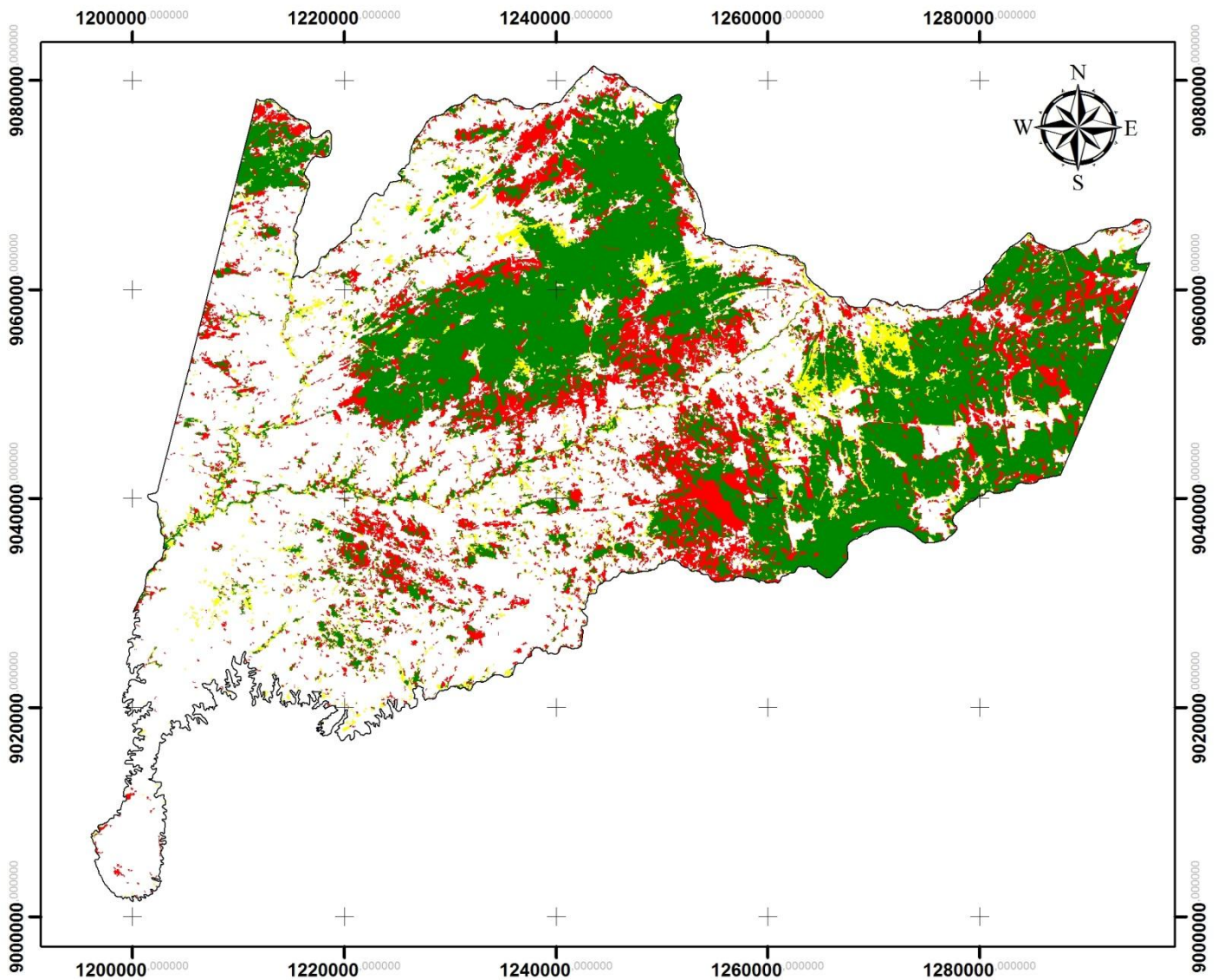
DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
 Manutenção : a vegetação que continua do mesmo jeito.	106.273,08
 Ausência de Vegetação : a vegetação que diminuiu.	18.637,74
 Expansão : a vegetação que aumentou.	47.388,06

TRANSIÇÃO DA VEGETAÇÃO 1993-1997

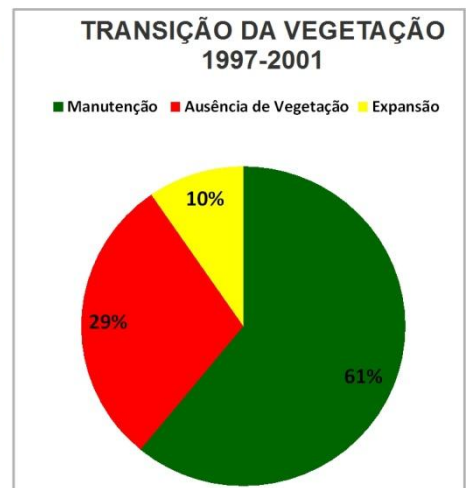
■ Manutenção ■ Ausência de Vegetação ■ Expansão



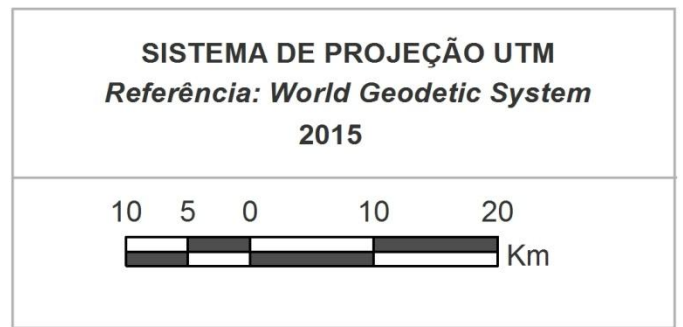
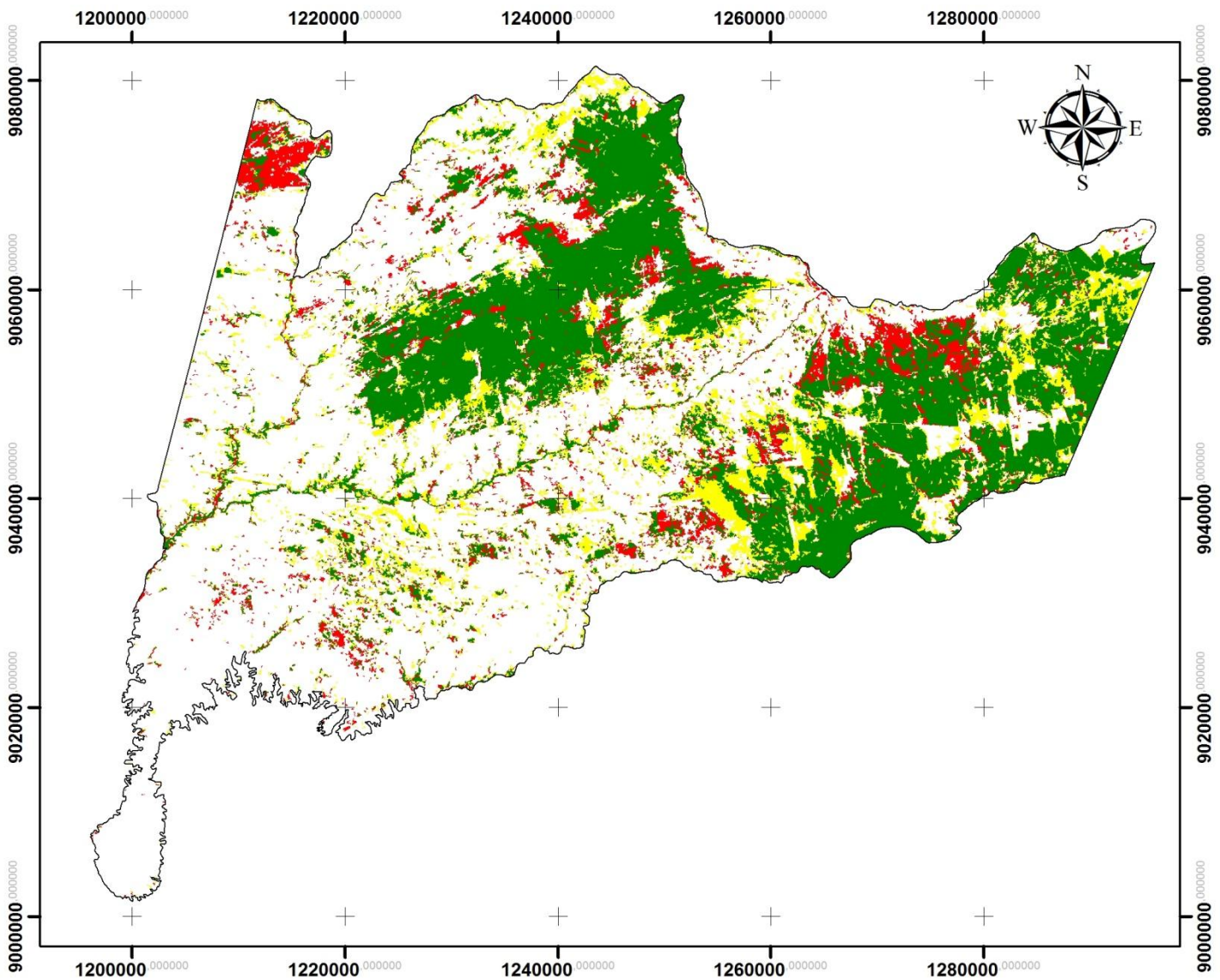
Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF



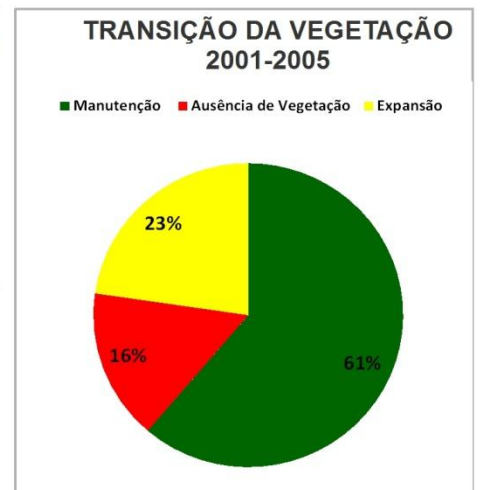
DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
Manutenção : a vegetação que continua do mesmo jeito.	103.603,40
Ausência de Vegetação : a vegetação que diminuiu.	50.033,30
Expansão : a vegetação que aumentou.	16.340,90



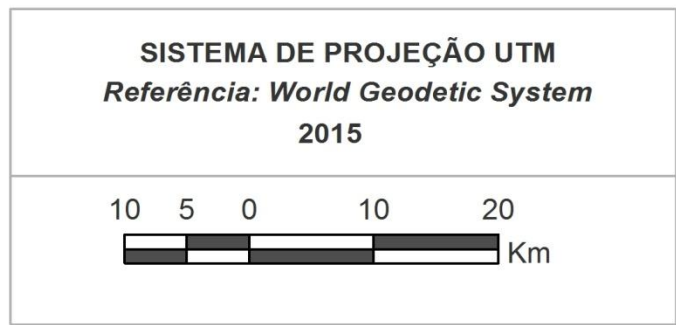
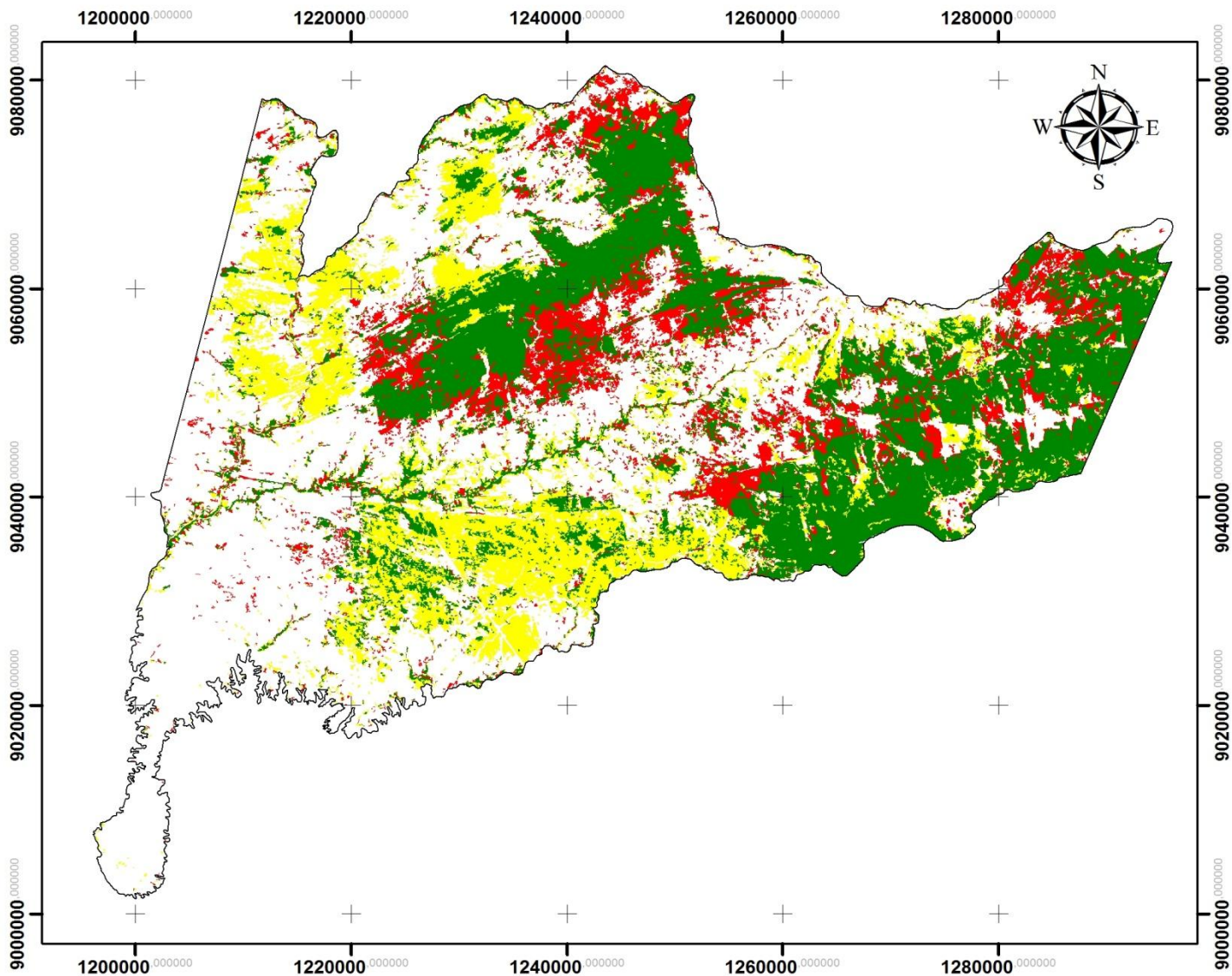
Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF



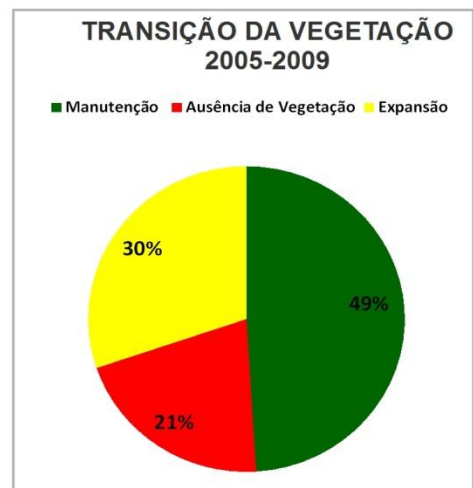
DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
Manutenção : a vegetação que continua do mesmo jeito.	95.052,24
Ausência de Vegetação : a vegetação que diminuiu.	24.904,08
Expansão : a vegetação que aumentou.	35.244,99



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF



DESCRIÇÃO DAS CLASSES TEMÁTICAS	ÁREAS (ha)
Manutenção : a vegetação que continua do mesmo jeito.	91.490,13
Ausência de Vegetação : a vegetação que diminuiu.	38.773,80
Expansão : a vegetação que aumentou.	56.348,73



Elaboração do mapa: Cinthia P. Oliveira, Rinaldo L.C. Ferreira e Robson B. Lima
 Local: UFRPE/PPGCF

APÊNDICE F Quantificação da transição da vegetação entre os períodos dos anos de 1985 à 1989, 1989 à 1993, 1993 à 1997, 1997 à 2001, 2001 à 2005 e 2005 à 2009 no município de Floresta-PE.

Transição da Vegetação												
Tipo de Evolução	1985-1989		1989-1993		1993-1997		1997-2001		2001-2005		2005-2009	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Manutenção	126.237,33	63,56	103.325,40	59,68	106.273,08	61,68	103.603,41	60,95	95.052,24	61,24	91.490,13	49,03
Desmatamento	47.038,50	23,68	48.226,32	27,85	18.637,74	10,82	50.033,34	29,44	24.904,08	16,05	38.773,80	20,78
Expansão	25.335,00	12,76	21.594,24	12,47	47.388,06	27,50	16.340,85	9,61	35.244,99	22,71	56.348,73	30,20
Área total classificada	198.610,83	100,00	173.145,96	100,00	172.298,88	100,00	169.977,60	100,00	155.201,31	100,00	186.612,66	100,00