



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTAO AMBIENTAL**

RAYANNA BARROSO DE OLIVEIRA ALVES

**DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA
MONITORAMENTO DA DESERTIFICAÇÃO E EXTREMOS CLIMÁTICOS NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Recife, 2018

RAYANNA BARROSO DE OLIVEIRA ALVES

**DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA
MONITORAMENTO DA DESERTIFICAÇÃO E EXTREMOS CLIMÁTICOS NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Orientador

Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho
Co-Orientador

Recife, 2018

A474d Alves, Rayanna Barroso de Oliveira.
Desenvolvimento do sistema de informações geográficas para monitoramento da desertificação e extremos climáticos no Estado de Pernambuco. / Rayanna Barroso de Oliveira Alves. – Recife, PE: O autor, 2018.
101 f.; il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva.
Co-orientador: Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho.

Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Campus Recife, Coordenação de Pós-Graduação - Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, 2018.

Inclui referências e Anexos.

1. Geoprocessamento 2. Mudanças Climáticas. 3. Vulnerabilidade Ambiental. 4. Gestão Ambiental. I. Silva, Hernande Pereira da (Orientador). II. Araújo Filho, José Coelho de (Co-orientador). III. Título.

333.73130285 CDD (22 Ed.)

RAYANNA BARROSO DE OLIVEIRA ALVES

**DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA
MONITORAMENTO DA DESERTIFICAÇÃO E EXTREMOS CLIMÁTICOS NO ESTADO DE
PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco como parte integrante dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão Ambiental.

Data da aprovação: ____/ ____/ ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hernande Pereira da Silva
Orientador - IFPE

Prof. Dr. Marco Antonio de Oliveira Domingues
Examinador Interno - MPGA

Prof. Dr. José Coelho de Araújo Filho
Examinador Interno/Externo – MPGA/EMBRAPA

Prof. Dr. Jones Oliveira de Albuquerque
Examinador Externo – UFRPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me deu forças e energia para batalhar durante essa caminhada e que plantou em mim um sonho que hoje se materializa.

De forma grata e grandiosa, aos meus amados pais a quem eu rogo todas as noites a minha existência.

Ao Instituto Federal de Pernambuco – IFPE, pela oportunidade de realizar o Curso.

Ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, pelo privilégio em cursar o Mestrado.

A Universidade Rural de Pernambuco – UFRPE por permitir cursar disciplinas ao longo da Pós-Graduação.

Ao GEOSERE/UFRPE, por possibilitar a realização da pesquisa, ajudando com toda sua infraestrutura;

Ao meu orientador Professor Dr. Hernande Pereira pela paciência na orientação e incentivos que tornou possível a conclusão desta dissertação.

Ao meu co-orientador Professor Dr. José Coelho pelas orientações de grande relevância e ensinamentos nas ciências do solo.

A EMBRAPA ao material necessário para desenvolvimento da pesquisa.

Aos Professores do MPGA que colaboraram no decorrer do Mestrado.

RESUMO

As mudanças climáticas no Brasil vêm ocasionando o aumento da temperatura e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, estiagens, enchentes e inundações. Isto se potencializa quando se trata do semiárido nordestino. Os estudos ambientais e de vulnerabilidade da população referentes a esse tema estão em constante desenvolvimento. Para isso, as geotecnologias são de grande importância para os estudos ambientais, pois permitem a aquisição e análise de informações de uso do solo, cobertura vegetal e fenômenos da natureza. No presente estudo, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento por meio do processamento digital de imagens adquiridas nos anos 2000 a 2015 dos satélites LANDSAT de três municípios Pernambucanos para observar a cobertura vegetal e uso do solo no referido espaço temporal com a finalidade de verificar áreas degradadas possivelmente decorrentes do processo de desertificação na região. Sendo assim, foi estudada a vulnerabilidade socioambiental e de saúde nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba no semiárido de Pernambuco, visando a adaptação da população. O desenvolvimento metodológico foi baseado nos Índices de Vulnerabilidade Humana (IVH), o qual contempla informações dos componentes ambientais, climáticos, demográficos, sociais e de saúde populacional. A vulnerabilidade atual, representada pelo Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG), foi maior no município de Floresta e menor nos municípios de Betânia e Itacuruba, que apresentaram a mesma intensidade de vulnerabilidade. Sendo assim, baseado na associação dos aspectos ambientais, sociais, e epidemiológicos aos cenários climáticos projetados, o IVH, calculado para dois cenários climáticos (RCP 4.5 e RCP 8.5), evidenciou alta vulnerabilidade da população humana no município de Floresta comparado aos municípios de Betânia e Itacuruba. Dessa forma, mesmo os municípios que apresentaram melhores índices de exposição e de capacidade adaptativa, essas regiões resultaram em índices elevados de sensibilidade e possuem áreas com solo sensíveis aos processos de desertificação. Sendo assim, as anomalias do clima irão impactar nos meios de subsistência e na economia dessas áreas em anos futuros.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Mudanças Climáticas, Vulnerabilidade Ambiental

ABSTRACT

The climatic scenario in Brazil has caused an increase in temperature and changes in the distribution of climatic extremes, such as droughts, and floods. The environmental and population vulnerability studies related to this theme are in constant development. Geotechnologies are of great importance for environmental studies, since they allow the acquisition and analysis of information on land use, vegetation cover and natural phenomena. In the present study, remote sensing techniques were used through the digital processing of images acquired in the years 2000 to 2015 of the LANDSAT satellites of three municipalities of Pernambuco to observe the vegetation cover and the use of the soil in said temporal space in order to verify degraded areas possibly resulting from the desertification process in the region. Thus, socio-environmental and health vulnerability was studied in the municipalities, aiming at adapting the population related to the desertification process in the State of Pernambuco. The methodological development was based on the Human Vulnerability Indexes (Índice de Vulnerabilidade Humana - IVH), which includes information on environmental, climatic, demographic, social and population health components. The current vulnerability, represented by the General Vulnerability Index (Índice de Vulnerabilidade Geral - IVG), was higher in the municipality of Floresta and lower in the municipalities of Betânia and Itacuruba, which have the same vulnerability. Therefore, based on the association of environmental, social, environmental and pedological aspects to the projected climatic scenarios, the IVH, calculated for the two climatic scenarios, showed a high vulnerability of the human population in the municipality of Floresta compared to the municipalities of Betânia and Itacuruba, which have the same average vulnerability. Thus, even the municipalities exhibiting better indexes of exposure and adaptive capacity, these regions presented high sensitivity indexes, have areas with soil sensitive to the processes of desertification and depend heavily on agriculture. Thus, climate anomalies will impact livelihoods and the economy of these areas.

Keywords: Geoprocessing, Climate Change, Environmental Vulnerability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Aspectos tecnológicos de um SIG.	14
Figura 2	Estrutura interna de um SIG.	15
Figura 3	Mapa da vulnerabilidade de solos do semiárido de Pernambuco.	22
Figura 4	Mesorregiões do estado de Pernambuco.	31
Figura 5	Localização dos Municípios componentes do Núcleo de Desertificação de Cabrobó e das áreas de estudo: Betânia, Floresta e Itacuruba.	32
Figura 6	Localização do município de Betânia, PE.	33
Figura 7	Mapa de solos do município de Betânia, PE.	34
Figura 8	Localização do município de Floresta, PE.	35
Figura 9	Mapa de solos do município de Floresta, PE.	37
Figura 10	Localização do município de Itacuruba, PE.	38
Figura 11	Mapa de solos do município de Itacuruba, PE.	39
Figura 12	Faixa do Índice de Vulnerabilidade.	42
Figura 13	Fluxograma de composição do SIG	55
Figura 14	Gráfico da cobertura vegetal do município de Betânia.	58
Figura 15	Gráfico da cobertura vegetal do município de Floresta.	59
Figura 16	Gráfico da cobertura vegetal do município de Itacuruba.	60
Figura 17	Valor do ICV na escala de vulnerabilidade.	61
Figura 18	Cobertura vegetal do município de Betânia.	62
Figura 19	Cobertura vegetal do município de Floresta.	63
Figura 20	Cobertura vegetal do município de Itacuruba.	64
Figura 21	Mapa de Cobertura Vegetal do município de Betânia.	66
Figura 22	Mapa de Cobertura Vegetal do município de Floresta.	68
Figura 23	Mapa de Cobertura Vegetal do município de Itacuruba.	70
Figura 24	Valor do IDN na escala de vulnerabilidade.	72
Figura 25	Valor do ISO na escala de vulnerabilidade.	73
Figura 26	Valor do IRE na escala de vulnerabilidade.	75
Figura 27	Valor do IEX na escala de vulnerabilidade.	76
Figura 28	Valor do IPO na escala de vulnerabilidade.	77
Figura 29	Valor do ISD na escala de vulnerabilidade.	78
Figura 30	Valor do ISE na escala de vulnerabilidade.	79
Figura 31	Valor do IFDM na escala de vulnerabilidade.	80
Figura 32	Valor do ICAV na escala de vulnerabilidade.	81
Figura 33	Valor do ICA na escala de vulnerabilidade.	83
Figura 34	Valor da anomalia de temperatura RCP 4.5 na escala de vulnerabilidade.	84
Figura 35	Valor da anomalia de temperatura RCP 8.5 na escala de vulnerabilidade.	84
Figura 36	Valor da anomalia de precipitação RCP 4.5 na escala de vulnerabilidade.	85
Figura 37	Valor da anomalia de precipitação RCP 8.5 na escala de vulnerabilidade.	85
Figura 38	Valor do IC 4.5 na escala de vulnerabilidade.	86
Figura 39	Valor do IC 8.5 na escala de vulnerabilidade.	86
Figura 40	Valor do IVG na escala de vulnerabilidade.	87
Figura 41	Valor do IVH 4.5 na escala de vulnerabilidade.	88
Figura 42	Valor do IVH 8.5 na escala de vulnerabilidade.	88
Figura 43	Mapa de Vulnerabilidade Humana (IC 4.5) dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, PE.	90
Figura 44	Mapa de Vulnerabilidade Humana (IC 8.5) dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, PE.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Vulnerabilidade de solos à degradação nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba.....	23
Tabela 2	Característica das cenas LANDSAT.	40
Tabela 3	Faixa do Índice de Vulnerabilidade e sua intensidade para associação para novo peso.	42
Tabela 4	Intervalo, em percentual, de cobertura vegetal e seus respectivos pesos.	44
Tabela 5	Número de desastres naturais e respectivos pesos; e percentuais dos números de vítimas de desastres naturais e seus respectivos pesos.	44
Tabela 6	Intensidade de vulnerabilidade à desertificação e respectivos.	45
Tabela 7	Tipo de solos por município e respectivos pesos de intensidade de vulnerabilidade à desertificação.	45
Tabela 8	Tipos de relevo e respectivos pesos de acordo com a radiação.	47
Tabela 9	Tipos de relevo e respectivos pesos de acordo com a precipitação.	47
Tabela 10	Intervalos das variáveis componentes do IPO e respectivos pesos.	49
Tabela 11	Intervalos das variáveis componentes do ISD e respectivos pesos.	50
Tabela 12	Intervalo do IFDM e respectivos pesos.	51
Tabela 13	Intervalos da Taxa de Prevalência e seus respectivos pesos.	52
Tabela 14	Variáveis para cálculo dos RCP 4.5 para o município de Betânia. .	53
Tabela 15	Anomalias de temperatura (°C) e precipitação (mm/dia) do RCP 4.5 e seus respectivos pesos.	54
Tabela 16	Anomalias de temperatura (°C) e precipitação (mm/dia) do RCP 8.5 e seus respectivos pesos.	54
Tabela 17	Dados de cobertura vegetal por município.	57
Tabela 18	Índice de Cobertura Vegetal por município.	60
Tabela 19	Número de ocorrência e número de afetados por desastres naturais por município.	71
Tabela 20	Índice de Desastres Naturais por município.	71
Tabela 21	Valores das Unidades de Mapeamento e peso do ISO dos solos componentes dos municípios.	72
Tabela 22	Índice de Solo por município.	73
Tabela 23	Tipo de relevo dos municípios e seus respectivos pesos de radiação.	74
Tabela 24	Tipo de relevo dos municípios e seus respectivos pesos de precipitação.	74
Tabela 25	Índice de Relevo por município.	74
Tabela 26	Índice de Exposição por município.	75
Tabela 27	Peso dos indicadores do IPO por município.	76
Tabela 28	Índice de Pobreza por município.	76
Tabela 29	Peso dos indicadores do ISD por município.	78
Tabela 30	Índice Sociodemográfico por município.	78
Tabela 31	Índice de Sensibilidade por município.	79
Tabela 32	Valor do IFDM dos municípios estudados.	80
Tabela 33	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal.	80
Tabela 34	Taxa de Prevalência por doença e respectivo peso de cada município.	81
Tabela 35	Quadro comparativo da taxa de prevalência do município de Betânia e Floresta.	82
Tabela 36	Índice de Capacidade Adaptativa por município.	82
Tabela 37	Anomalia de temperatura RCP 4.5 e RCP 8.5 por município.	83
Tabela 38	Anomalia de precipitação RCP 4.5 e RCP 8.5 por município.	84
Tabela 39	Índice climático IC 4.5 e IC 8.5 por município.	86
Tabela 40	Índice de Vulnerabilidade Geral por município.	87
Tabela 41	IVH para cenário de IC 4.5 e IC 8.5 por município.	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNUCD	Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação
CODECIPE	Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Pernambuco
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FICRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEOSERE	Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice Climático
ICA	Índice de Capacidade Adaptativa
ICAB	Indicador de Cobertura de Atenção Básica
ICV	Índice de Cobertura Vegetal
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDN	Índice de Desastres Naturais
IEX	Índice de Exposição
IFDM	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>)
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPH-M	Índice de Pobreza Humana Municipal
IPO	Índice de Pobreza
IRA	Índice de Radiação
IRE	Índice de Relevô
IRP	Índice de Precipitação
ISD	Índice Sociodemográfico
ISE	Índice de Sensibilidade
ISO	Índice de Solo
IV	Índice de Vulnerabilidade
IVG	Índice de Vulnerabilidade Geral
IVH	Índice de Vulnerabilidade Humana
RCP	Caminhos Representativos de Concentração (<i>Representative Concentration Pathways</i>)
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SisVuClima	Sistema de Vulnerabilidade Climática
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos (<i>United States Geological Survey</i>)
ZAPE	Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
3	REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1	Sistema de Informação Geográfica	14
3.2	Mudanças Climáticas	16
3.2.1	Cenários Climáticos Futuros	18
3.3	Desertificação	19
3.3.1	Desertificação em Pernambuco	20
3.3.1.1	Solos Susceptíveis aos Processos de Desertificação	20
3.4	Vulnerabilidade Humana às Mudanças Climáticas	23
3.4.1	Índices de Vulnerabilidade Humana à Mudanças Climáticas.....	25
3.4.1.1	Exposição	25
3.4.1.2	Sensibilidade	28
3.4.1.3	Capacidade Adaptativa	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	Localização da Área em Estudo	31
4.1.1	Município de Betânia	32
4.1.2	Município de Floresta	35
4.1.3	Município de Itacuruba	38
4.2	Seleção e Aquisição de Imagens LANDSAT	41
4.2.1	Tratamento das Imagens	41
4.2.2	Cálculo das Áreas com Cobertura Vegetal	41
4.3	Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Humana (IVH)	43
4.3.1	Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG)	43
4.3.1.1	Cálculo do Índice de Exposição (IEX)	43
4.3.1.1.1	Cálculo do Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	43
4.3.1.1.2	Cálculo do Índice de Desastres Naturais (IDN)	44
4.3.1.1.3	Cálculo do Índice de Solo (ISO)	44
4.3.1.1.4	Cálculo do Índice de Relevo (IRE)	46
4.3.1.1.4.1	Cálculo do Índice de Radiação (IRA)	47
4.3.1.1.4.2	Cálculo do Índice de Precipitação (IRP)	47
4.3.1.2	Cálculo do Índice de Sensibilidade (ISE)	48
4.3.1.2.1	Cálculo do Índice de Pobreza (IPO)	48
4.3.1.2.2	Cálculo do Índice Sociodemográfico (ISD)	49
4.3.1.3	Cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)	51
4.3.1.3.1	Cálculo do Índice Firjam de Desenvolvimento Municipal (IFDM)	51
4.3.1.3.2	Cálculo do Indicador de Cobertura de Atenção Básica (ICAB)	51
4.3.2	Cálculo do Índice Climático (IC)	52
4.4	Desenvolvimento do Sistema de Informações Geográficas	54
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1	Sistema de Informação Geográfica	55
5.1.1	Índice de Exposição (IEX).....	56
5.1.1.1	Índice de Cobertura Vegetal (ICV)	56
5.1.1.1.1	Mapas Temáticos da Cobertura Vegetal	61
5.1.1.2	Índice de Desastres Naturais (IDN)	70
5.1.1.3	Índice de Solo (ISO)	71
5.1.1.4	Índice de Relevo (IRE)	72

5.1.1.4.1	Índice de Radiação (IRA)	72
5.1.1.4.2	Índice de Precipitação (IRP)	73
5.1.2	Índice de Sensibilidade (ISE)	75
5.1.2.1	Índice de Pobreza (IPO)	75
5.1.2.2	Índice Sociodemográfico (ISD)	76
5.1.3	Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)	78
5.1.3.1	Índice FIRJAM de Desenvolvimento Municipal (IFDM)	78
5.1.3.2	Indicador de Cobertura de Atenção Básica (ICAB)	79
5.1.4	Índice Climático (IC)	82
5.1.4.1	Anomalia de Temperatura	82
5.1.4.2	Anomalia de Precipitação	83
5.1.5	Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG)	86
5.1.6	Índice de Vulnerabilidade Humana (IVH)	87
5.1.6.1	Mapas Temáticos do Índice de Vulnerabilidade Humana	88
6	CONCLUSÃO	91
7	REFERÊNCIAS	93

1 INTRODUÇÃO

A intensa exploração desordenada dos recursos naturais vem aumentando a cada século. A região Nordeste do Brasil vem sofrendo com as ações antrópicas irresponsáveis, as quais estão interferindo de forma direta nas mudanças do clima.

As avaliações dos impactos das mudanças do clima colocam o Nordeste em estado de alerta, pois a vulnerabilidade ambiental e social dessa região é alta e há uma grande frequência no número de casos de eventos extremos como a seca e estiagem. Sendo assim, nas zonas semi-áridas o manejo inadequado dos recursos naturais atrelado as ações antrópicas leva ao fenômeno conhecido como desertificação.

Nobre (2011) destaca que as áreas sobre o clima semiárido, as quais têm a predominância do bioma de caatinga, apresenta alta vulnerabilidade climática à desertificação diante dos cenários de mudanças climáticas projetados, constituindo um desafio para o planejamento e a gestão ambiental no Brasil.

Outro ponto importante a ser levado em consideração é a vulnerabilidade da população no que diz respeito aos processos de desertificação. Além das projeções climáticas anteriores e futuras, também é importante a realização de análises dos aspectos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa populacional.

As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto vêm sendo utilizados para acompanhar as secas e delimitar áreas degradadas que são susceptíveis aos processos de desertificação, contribuindo para análises a fim de monitorar de forma contínua as áreas afetadas e desenvolver ações ambientais preventivas.

Atrelada às técnicas citadas, os dados do Índice de Vulnerabilidade Humana (IVH) também possibilitam o conhecimento aprofundado de como as populações municipais vêm reagindo e convivendo com o processo de desertificação.

Sendo assim, o presente trabalho vem a desenvolver um SIG (Sistema de Informações Geográficas), o qual é de fundamental importância, pois será utilizado para identificar e quantificar, em tempo quase real, a redução de vegetação através do desmatamento, áreas degradadas, áreas de solos sob processos de desertificação em três municípios do Estado de Pernambuco.

O SIG permite ainda obter dados e avaliar situações de vulnerabilidade da população atual e futura, onde poderá ser indicado e estimado danos potenciais relativos à desertificação e mudanças climáticas nos municípios do Estado de Pernambuco.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivo geral

Desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o monitoramento em tempo quase real de eventos extremos relativos ao processo de desertificação e estudo da vulnerabilidade socioambiental e de saúde da população nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba localizados no semiárido de Pernambuco.

2.2.2 Objetivos específicos

- Aquisição e tratamento de imagens de satélite dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, mapeamento da cobertura vegetal, classificação de solos e projeções futuras das mudanças climáticas em Pernambuco.
- Construção do Índice de Vulnerabilidade Humana dos municípios supracitados analisando elementos sociais, demográficos e ambientais;
- Geração de banco de dados a partir do Estudo Ambiental e do Índice de Vulnerabilidade Humana dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba;
- Mapeamento da vulnerabilidade humana de áreas em processos de desertificação nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba no estado de Pernambuco;
- Fornecer às autoridades competentes os resultados deste Projeto com o intuito de subsidiar ações mitigadoras aos processos de desertificação nos municípios estudados, podendo ser ampliado aos demais do Estado de Pernambuco.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Sistema de Informações Geográficas (SIG)

Segundo Silva (2003), geoprocessamento representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados. Envolve técnicas e conceitos de cartografia, sensoriamento remoto, e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Segundo Filho, 1996, um SIG é uma forma particular de Sistema de Informação aplicado a dados geográficos. Manipula dados referenciados geograficamente assim como dados não-espaciais e inclui operações para suportar análises espaciais. Pode ser visto como um sistema de hardware, software e procedimentos projetados para suportar captura, gerenciamento, manipulação, análise, modelagem e consulta de dados referenciados espacialmente, para solução de problemas de planejamento e gerenciamento.

Os SIGs constituem-se na integração de três aspectos distintos da tecnologia computacional (Figura 1): Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (dados gráficos e não gráficos); Procedimentos para obtenção, manipulação, exibição e impressão de dados com representação gráfica; e Algoritmos e técnicas para análise de dados espaciais (FILHO, 1996).

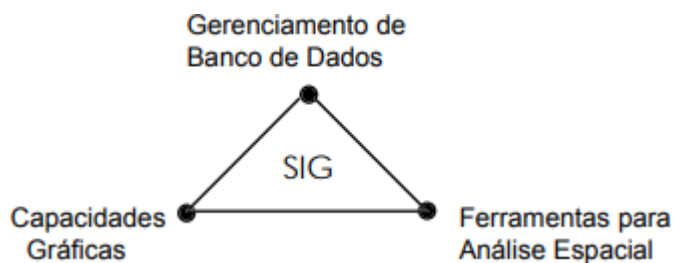


Figura 1: Aspectos tecnológicos de um SIG.

Fonte: FILHO, 1996.

A evolução do conceito de SIG se relaciona com as diferentes áreas de pesquisa que contribuíram para o seu desenvolvimento como informática, que enfatiza a ferramenta banco de dados ou linguagem de programação; geografia, que o relacionam a mapas, e outros que ainda enfatizam aplicações como suporte à decisão (MIRANDA, 2010).

As ferramentas computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos. De maneira sucinta, pode-se dizer que SIGs são ferramentas que manipulam objetos (ou feições geográficas) e seus atributos (ou

registros que compõem um banco de dados) por meio de seu relacionamento espacial (topologia) (VEIGA & SILVA, 2004).

O SIG é composto por interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem e banco de dados geográficos (Figura 2). A interface com o usuário é a interação mais próxima do usuário com a máquina e conseqüentemente com seus dados. No que diz respeito a entrada e integração de dados estão constituídas a partir da importação de dados de formatos variados. Quando são dispostos dados geográficos, é importante realizar checagens e correções principalmente com relação ao sistema de posicionamento geodésico baseado em rede de satélites que permitem a realização de trabalhos de campo com alto grau de acurácia e com registro digital direto (CÂMARA, 2005).

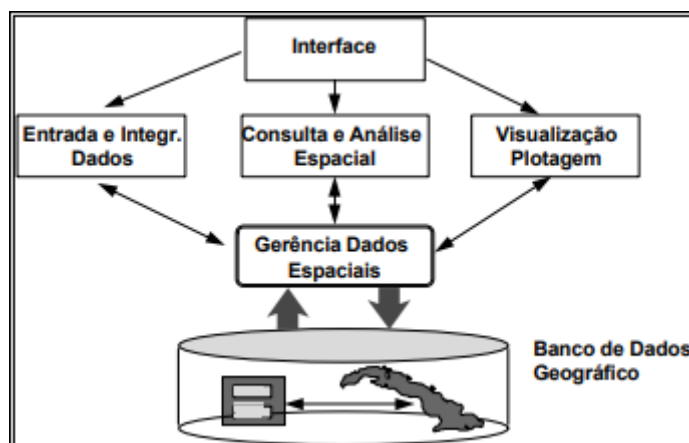


Figura 2: Estrutura Interna de um SIG.

Fonte: CAMARA, 2005.

A visualização é a disposição da tela com o usuário, a qual é permitida verificar os dados gerados. Na plotagem alguns SIGs dispõem de ferramentas para produção de cartas, com de apresentação gráfica. Estas ferramentas permitem a definição interativa de uma área de plotagem, colocar legendas, textos explicativos e notas de crédito. No que diz respeito um banco de dados geográficos é o repositório de dados de um SIG, que armazena e recupera dados geográficos em suas diferentes geometrias (imagens, vetores, grades), bem como as informações descritivas (atributos não-espaciais) (CÂMARA, 2005).

Segundo Silva (2009), a desertificação é um fenômeno espacial e como tal pode ser tratado dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). As ferramentas de análise de um SIG permitem estabelecer correlações espaciais e modelagens diversas para dados os mais variados como os provenientes de indicadores dos processos de desertificação. A integração

de dados em um único banco de dados e a possibilidade de apresentar os resultados da análise dos processos de desertificação na forma de mapas são vantagens adicionais oferecidas por um SIG.

Segundo Galindo (2007) pode-se afirmar que a maioria das características/atributos dos solos do semiárido contribui para uma alta susceptibilidade à erosão. Partindo da premissa de que existe forte relação entre a cobertura vegetal, os tipos de solos e seus comportamentos espectrais, é possível aplicar técnicas do sensoriamento remoto e do geoprocessamento na indicação de áreas degradadas, suscetíveis aos processos de desertificação.

O sensoriamento remoto tem sido utilizado para acompanhamento das secas (NOBRE *et al.*, 1992) e para delimitar áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no estado do Ceará (SOARES *et al.*, 1992). Sendo assim, a utilização do sensoriamento remoto torna-se uma ferramenta importante a ser usada no controle e monitoramento ambiental relativos à mudanças do clima e suas influências.

Sendo assim, para o presente trabalho, foi desenvolvido um SIG para o monitoramento da desertificação e extremos climáticos, e elaboração de estudos relativos aos índices de vulnerabilidade humana em municípios do Estado de Pernambuco.

3.2 Mudanças Climáticas

Segundo Nobre (2008), com base no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), as mudança climáticas: “referem-se a qualquer mudança do clima que ocorra ao longo do tempo em decorrência da variabilidade natural ou da atividade humana”.

As mudanças do clima global mais significativas para o Brasil são o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais e granizo (NOBRE, 2001).

De acordo com o IPCC (2012), “a mudança do clima leva a mudanças na duração, extensão espacial, frequência, intensidade e tempo dos eventos climáticos extremos e pode resultar em eventos sem precedentes. As mudanças nos extremos podem ser ligadas às mudanças na média variação e/ou sua forma de distribuições de probabilidade. Alguns climas extremos (por exemplo, secas) podem ser o resultado de uma acumulação de eventos de clima ou tempo, os quais não são considerados extremos quando independentes. Muitos eventos climáticos extremos continuam a ser o resultado da variabilidade climática natural. A variabilidade natural será um fator importante na formação de futuros extremos, além do efeito de mudanças antropogênicas no clima. Os eventos climáticos extremos são importantes

fatores da exposição das populações humanas e ecossistemas. Seus impactos e o potencial para desastres resultam da intensidade dos próprios eventos extremos e da exposição e vulnerabilidade dos sistemas humanos e naturais. Mudanças observadas nos extremos climáticos refletem a influência de mudanças climáticas antropogênicas, somadas à variabilidade natural do clima, com as mudanças na exposição e vulnerabilidade influenciadas por fatores climáticos e não climáticos”.

Os sistemas naturais são vulneráveis às mudanças do clima e sofrem com a perda da biodiversidade – impacto significativo e irreversível. Com isso, a extensão geográfica de dano ou perda dos sistemas afetados, aumenta com magnitude a taxa de mudança climática. Evidências disponíveis indicam que as mudanças no clima, particularmente o aumento da temperatura, já afetaram conjuntos diversificados de sistemas físicos e biológicos. As atividades antrópicas como poluição e fatores na mudança do uso da terra também vêm atuando sobre esses sistemas, afetando a população de diversas localidades e/ou regiões (MCCARTHY, 2001).

De acordo com Mccarthy (2001), a vulnerabilidade das populações humanas e dos sistemas naturais para as mudanças climáticas diferem substancialmente de região para região. Algumas são particularmente vulneráveis devido à sua exposição física aos riscos de mudanças climáticas e/ou sua capacidade de adaptação limitada. As regiões menos desenvolvidas são especialmente vulneráveis, pois a maior parte da sua economia é decorrente de setores sensíveis ao clima e sua capacidade de recursos humanos, financeiros e naturais é reduzida, bem como possui recursos institucionais e tecnológicos limitados.

Os sistemas humanos que são sensíveis às mudanças climáticas, variam de localização geográfica, tempo, condições econômicas, sociais e ambientais, e incluem principalmente os recursos hídricos; agricultura (especialmente segurança alimentar) e silvicultura; zonas costeiras e sistemas marítimos (pescarias); assentamentos humanos, energia e indústria; seguros e outros serviços financeiros; e saúde humana.

Alguns autores levam em consideração a importância na adaptação das populações às mudanças do clima. Essa adaptação tem o potencial de reduzir os impactos adversos do clima, alterar e melhorar os impactos benéficos, mas incorrerá em custos e não impedirá todos os danos. Extremos, variabilidade e taxas de mudança são todas as principais características para enfrentar a vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas, não apenas mudanças em condições climatáticas rápidas.

Segundo McCarthy (2001), a capacidade dos sistemas humanos de se adaptarem a mudança do clima depende de fatores como riqueza, tecnologia, educação, informações,

habilidades, infra-estrutura, acesso a recursos e capacidades de gerenciamento. Populações e comunidades são altamente variáveis em seus recursos com esses atributos, e particularmente os países menos desenvolvidos, são geralmente mais pobres e possuem maior dificuldade de adaptação e são mais vulneráveis aos danos causados pelas mudanças do clima.

3.1.2 Cenários Climáticos Futuros

De acordo com o quinto relatório do IPCC, os cenários climáticos futuros são uma projeção baseada na intensidade de emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa). Projeções de mudanças no sistema climático são feitas usando uma hierarquia de modelos climáticos que variam de simples modelos, modelos de complexidade intermediária e modelos climáticos de alta complexidade. Esses modelos simulam mudanças com base em um conjunto de cenários de forçantes antrópicas (IPCC, 2013).

Um novo conjunto de cenários foram desenvolvidos para as novas simulações do modelo climático do Relatório AR5, que foram realizadas no âmbito do Plano de Concentração (RCPs). Os Caminhos Representativos de Concentração (*Representative Concentration Pathways*) - RCPs foram desenvolvidos baseados em uma combinação de modelos de avaliação integrada de modelos climáticos simples, química atmosférica e modelos globais do ciclo de carbono, a fim de verificar em cenários futuros as concentrações de CO₂ na atmosfera.

O RCP são divididos em 4 cenários: RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 e RCP 8.5. Os quatro cenários RCP incluem um cenário de mitigação, com um nível de forçamento radiativo muito baixo (RCP 2.6), dois cenários de estabilização (RCP 4.5 e RCP 6) e um cenário com uma emissão de GEE muito alta (RCP 8.5).

A mudança global de temperatura da superfície para o final do século 21 será provavelmente superior a 1,5 °C, para todos os cenários RCP, exceto RCP 2.6. É provável que a temperatura ultrapasse 2 °C para RCP 6.0 e RCP 8.5, e que não exceda 2 °C para RCP 4.5. O aquecimento vai continuar depois do ano de 2100 em todos os cenários, exceto para o RCP 2.6. Sendo assim, o aquecimento continuará a apresentar variabilidade entre anos e décadas e não será regionalmente uniforme (IPCC, 2013).

As emissões de CO₂ (dióxido de carbono) acumuladas determinarão, em grande medida, o aquecimento global médio da superfície, no final do século XXI e durante os próximos séculos. Ainda que estagnem as emissões de CO₂, a maioria dos aspectos da mudança climática perdurará durante muitos séculos, devido às emissões passadas, presentes e futuras (FONSECA, 2017).

3.3 Desertificação

A Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (UNITED NATIONS, 2006^a) conceitua desertificação como o “processo de degradação das terras das regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultantes de diferentes fatores, entre eles as variações climáticas e atividades humanas”.

Nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de ações humanas e/ou de fatores naturais (variações climáticas) predomina um fenômeno chamado de desertificação. (UNITED NATIONS, 2006^a).

A desertificação começou a despertar a atenção e o interesse dos estudiosos no início dos anos 30, quando intensos processos de degradação ocorreram em estados do meio norte dos Estados Unidos da América (SCHENKEL *et.al*, 2003).

Em 1972, após a Conferência de Estocolmo, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), em 1974, realizou a Conferência Mundial sobre Desertificação.

No Brasil, a existência dos processos de desertificação foi iniciada por Vasconcelos Sobrinho, e começou a ser abordada fortemente na década de 70 (RODRIGUES, 1997). Segundo Vasconcelos Sobrinho (1978), a desertificação pode definida como “o processo de degradação progressiva e vegetal, do solo e dos recursos hídricos, resultado de condições climáticas e condições do solo ou ações humanas, ou ambas, levando a destruição do ecossistema primário, redução da produtividade e perda da capacidade de auto-recuperação do solo”.

Diante das abordagens e discussões ao longo dos anos, Matallo (2001) vem abordar a diferença entre deserto e desertificação. O deserto é resultado da evolução do clima, já a desertificação é o resultado do manejo inadequado dos recursos naturais nas zonas áridas.

Para Soares *et. al* (2010), “levando-se em conta as características fisiográficas da Região Nordeste do Brasil, bem como a forma de uso e ocupação do solo historicamente observada no semiárido brasileiro, acredita-se que há uma susceptibilidade natural dessa região ao processo desertificação, principalmente em função do clima e das classes de solo existentes, mas que as principais causas da desertificação estão atreladas à ação humana, em virtude do manejo inadequado dos seus recursos naturais.”

Portanto, as áreas susceptíveis aos processos de desertificação também são decorrentes do alto número de atividades agropecuárias e mineradoras que são realizadas de forma insustentável e provocam drásticas reduções da vegetação e da capacidade produtiva do solo (BRASIL, 2000).

No Brasil, os municípios influenciados pelos eventos extremos (seca e estiagem) vem

aumentando e, o estágio da seca, se agravando. A região nordeste apresenta-se vulnerável aos riscos de variabilidade climática o que pode ocasionar uma aridização e consequente desertificação devido as mudanças climáticas (ALVES *et. al*, 2012).

Soares *et al.* (2010) acreditam que existe uma susceptibilidade natural da Região Nordeste do Brasil ao processo de desertificação, pois além de levar em consideração as características fisiográficas da região, o clima, as classes de solo existentes e a forma de uso e ocupação do solo historicamente observada no semiárido brasileiro, as causas também estão atreladas à ação humana, em virtude do manejo inadequado dos seus recursos naturais.

3.3.1 Desertificação em Pernambuco

Nobre (2011) destaca que as áreas sobre o clima semiárido, as quais têm a predominância do bioma de caatinga, apresenta alta vulnerabilidade climática à desertificação diante dos cenários de mudanças climáticas projetados, constituindo um desafio para o planejamento e a gestão ambiental no Brasil.

Vasconcelos Sobrinho (1982) apresentou um dos primeiros estudos sobre desertificação no país, selecionando, empiricamente, seis áreas piloto, onde existiam processos de degradação do solo e da cobertura vegetal, nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia.

Nos núcleos do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco, foi constatado que a intensa degradação é gerada a partir do fator antropogênico e a caatinga foi substituída por práticas de agricultura, pecuária e retirada de madeira para a produção de lenha e carvão. Alguns fatores associados foram a mineração e a extração de argila de solos aluviais (SOARES *et. al*, 2012).

Desde a década de 60, o processo de desertificação no Estado de Pernambuco vem sendo estudado e, para tal, o núcleo de desertificação com áreas em alto índice de degradação é o de Cabrobó, o qual é formado pelos municípios de Parnamirim, Salgueiro, Cabrobó, Belém do São Francisco, Itacuruba e Floresta (SILVA, 2009).

3.3.1.1 Solos Susceptíveis aos Processos de Desertificação

Segundo Martins (2009) *et al.* FAO (2003), o processo de degradação das terras na região semi-árida é resultado de processos naturais e podem ser intensificados por ações antrópicas através do uso inadequado dos recursos, produzindo a deterioração da cobertura vegetal, do solo e dos recursos hídricos.

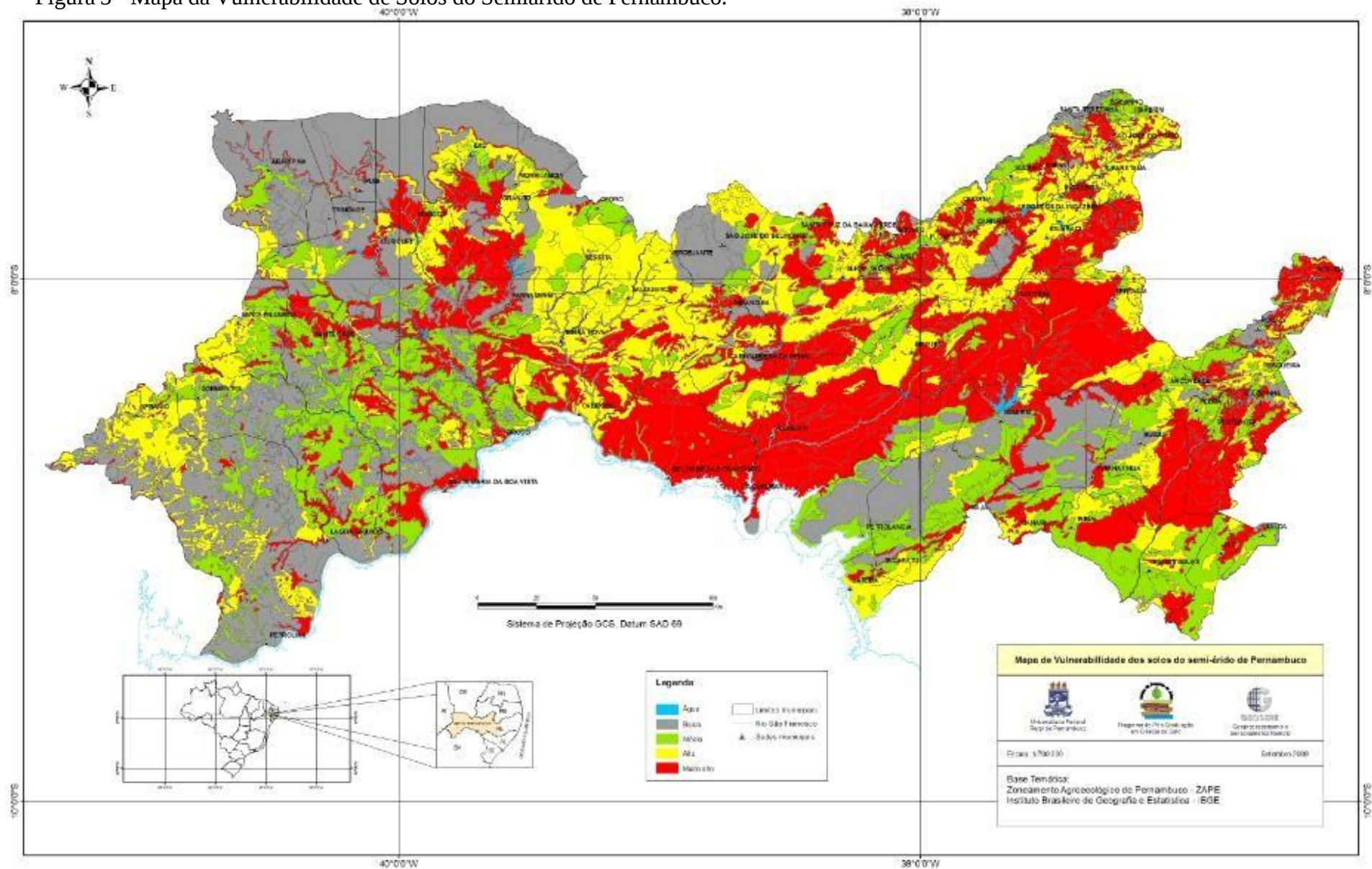
A erosão é um dos principais processos na cadeia da desertificação (Araújo et al., 2002). A presença de manchas de solo exposto é considerada a característica fundamental do fenômeno da desertificação no semiárido nordestino. São consideradas áreas de solos rasos, sem capacidade de retenção de água e com limitações físico-químicas, que aumentam a vocação ecológica para a desertificação. O solo é o condicionante dessas áreas mais intensamente degradadas por entre caatingas mais altas e mais densas (GALINDO et. al, 2009).

Sá et al (2006) afirmam que as áreas na região de Cabrobó mais afetadas com os processos de desertificação estão associadas aos: Luvisolos, Planossolos e Neossolos Litólicos.

Para as áreas estudadas no presente trabalho, são compostas pelos solos e associações do: Latossolo Amarelo (LA), Luvisolo (T): antigo Brunos Não Cálcico, Planossolo (S), Neossolos Litólicos (RL), Podzólicos Vermelho-Amarelos (PV), Regossolos (RE), e Areias Quartzosas (AQ).

Silva (2009) elaborou um mapa de vulnerabilidade dos solos no semiárido de Pernambuco, o qual foi desenvolvido considerando suas características e levando em consideração os atributos dos solos que são afetados pela degradação, o relevo, o risco à erosão e a presença de solos suscetíveis a desertificação (Figura 3).

Figura 3 - Mapa da Vulnerabilidade de Solos do Semiárido de Pernambuco.



Sendo assim, baseado em Silva (2009), a Tabela 1 apresenta a vulnerabilidade à degradação dos solos presentes nesse estudo.

Tabela 1: Vulnerabilidade de solos à degradação nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba.

Unidade de Mapeamento de Solo	Classe de Solo Dominante	Vulnerabilidade à Degradação
AQ7	Areias Quartzosas	Médio
AQ9	Areias Quartzosas	Médio
AQ12	Areias Quartzosas	Médio
AQ13	Areias Quartzosas	Médio
AQ17	Areias Quartzosas	Médio
LA'7	Latossolo Amarelo	Baixo
LA'15	Latossolo Amarelo	Baixo
NC6	Luvissolo	Muito Alto
NC13	Luvissolo	Muito Alto
NC14	Luvissolo	Muito Alto
NC15	Luvissolo	Muito Alto
NC16	Luvissolo	Muito Alto
NC17	Luvissolo	Muito Alto
NC16P	Luvissolo	Muito Alto
R37	Neossolo Litólico	Alto
R40	Neossolo Litólico	Alto
R41	Neossolo Litólico	Muito Alto
R46	Neossolo Litólico	Alto
R58	Neossolo Litólico	Alto
R60	Neossolo Litólico	Muito Alto
R69	Neossolo Litólico	Alto
R73	Neossolo Litólico	Muito Alto
PS7	Planossolo Solonetz Solodizado	Muito Alto
PS8	Planossolo Solonetz Solodizado	Muito Alto
PS10	Planossolo Solonetz Solodizado	Alto
PA'44	Podzólico Amarelo	Médio
PA'45	Podzólico Amarelo	Médio
PV57	Podzólico Vermelho-Amarelo	Médio
RE'7	Regossolo	Médio
RE20	Regossolo	Alto
RE22	Regossolo	Alto
RE25	Regossolo	Médio

Fonte: Silva, 2009.

3.4 Vulnerabilidade Humana às Mudanças Climáticas

Segundo revisado em McCarthy et al. (2001), ocorreu nas duas últimas décadas amplas pesquisas a respeito das potencialidades e observações dos impactos relativos às mudanças climáticas em todos os tipos de sistemas naturais e sociais.

De acordo com Braga (2006), a literatura internacional recente indica um aumento na ocorrência de desastres naturais associados à mudança do clima, para o fato de que as minorias, pobres, mulheres, crianças e idosos são considerados com frequência os mais afetados.

A vulnerabilidade aos desastres naturais pode ser exposta como a incapacidade de uma sociedade, grupo populacional ou pessoa, de evitar o perigo relacionado a catástrofes naturais ou a condição de ser forçado a viver em tais condições de perigo. Tal situação decorre de uma combinação de processos econômicos, sociais, ambientais e políticos regionais (O'RIORDAN, 2002 et al. BRAGA, 2006).

A exposição e vulnerabilidade a eventos extremos e desastres naturais, representam um fator importante no surgimento com maior intensidade da vulnerabilidade sócio-demográfica de indivíduos e populações. (DILLEY et al, 2005).

A vulnerabilidade das sociedades humanas e dos sistemas naturais para extremos climáticos são demonstrados pelos danos, dificuldades e morte causada por eventos como secas, inundações, ondas de calor, avalanches e tempestades de vento. Os impactos das mudanças futuras dos extremos climáticos são esperados para influenciar diretamente os pobres (MCCARTHY, 2001).

As mudanças climáticas que vêm sendo projetadas são acompanhadas por um aumento em ondas de calor, aumento da umidade e poluição atmosférica urbana, o que causaria um aumento de mortes e episódios de doença. Sendo assim, o impacto seria maior nas populações urbanas, afetando particularmente os idosos, doentes e aqueles que não têm acesso ao ar condicionado. No que diz respeito ao aumento na inundação haverá aumento no risco de afogamento, diarreia e problemas respiratórios, e, nos países em desenvolvimento, fome e desnutrição. Uma redução em rendimento de culturas e produção de alimentos devido à mudança climática em algumas regiões predispõem a segurança alimentar populações para desnutrição, levando a criança com deficiência a um baixo desenvolvimento e diminuição da atividade adulta (MCCARTHY, 2011).

Segundo Nobre (2010), é importante destacar que as mudanças climáticas, assim como a variabilidade climática atual com seus extremos, acentuam a vulnerabilidade social dos mais pobres, pelo simples fato de que estes têm dificuldades estruturais de fazer frente a elas e aumentar sua capacidade adaptativa. O estágio de desenvolvimento do país ainda apresenta grande desigualdade social e regional e mais de 50% da população pode ser considerada pobre, tornando-se particularmente vulnerável às mudanças climáticas que se projetam,

especialmente as populações rurais do semiárido do Nordeste do Brasil e os habitantes pobres das periferias das cidades brasileiras e das áreas costeiras com baixas elevações.

Para Hinkel et al. (2013), a definição de vulnerabilidade possui uma importante diferença entre o nível teórico e operacional. Apenas as definições operacionais revelam três tipos distintos de metodologias, são elas: avaliações de cenários futuros que usam modelos para simular futuros possíveis e seus riscos; avaliações baseadas no presente que consideram capacidade adaptativa e vulnerabilidade e as avaliações que combinam as duas metodologias. Entretanto, sinalizam que uma interface entre definições teóricas e metodologia se torna necessária para o desenho de metodologia de avaliação de vulnerabilidade.

Sendo assim, o presente estudo vem a integrar metodologias de cenário futuro de clima e a avaliação da vulnerabilidade presente.

3.4.1 Índices de Vulnerabilidade Humana às Mudanças Climáticas

A vulnerabilidade humana é formada por componentes de vulnerabilidade no que diz respeito às mudanças climáticas e suas influências ao ser humano.

Para o presente estudo foram abordadas componentes de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa para elaboração dos Índices.

3.4.1.1 Exposição

De acordo com Field (2004), uma significativa vulnerabilidade e exposição de alguns ecossistemas e muitos sistemas humanos com relação à variabilidade climática geram impactos que são ocasionados por recentes eventos extremos relacionados ao clima, como ondas de calor, secas, alagamentos, ciclones e incêndios. Em muitas regiões, mudanças na precipitação estão afetando reservas de água em qualidade e quantidade e alterando sistemas hidrológicos. Aumentos na magnitude do aquecimento favorecem a probabilidade de ocorrência de impactos severos e irreversíveis.

A exposição é dinâmica e varia através de escalas espaciais e temporais, e depende outros fatores, como: fatores ambientais, demográficos, sociais, econômicos, culturais e de governança (IPCC, 2012). Sendo assim, populações são expostas de forma diferenciada, pois a desigualdade pode ser expressa por condição financeira, educação, deficiência, estado de saúde, sexo, idade, dentre outros aspectos sociais e culturais (FONSECA, 2017).

Segundo o IPCC (2012), a mudança do clima e os eventos extremos terão maiores impactos sobre setores diretamente relacionados ao clima como a agricultura, uso do solo, segurança alimentar, silvicultura, saúde e turismo. Desastres naturais associados aos eventos

climáticos extremos também influenciam a mobilidade da população e sua relocação. Se os mesmos vierem a acontecer com maior magnitude, algumas áreas vão se tornar locais difíceis para viver e/ou manter meios de subsistência. Nesses casos, a migração e deslocamento pode se tornar permanentes e incluir pressão adicional em áreas de realocação.

As variáveis de exposição utilizadas nesse estudo serão: a taxa de cobertura vegetal nativa, a ocorrência de desastres naturais e o número de óbitos associados a eles, o tipo de solo por município e o tipo de relevo no que diz respeito às variáveis radiação e precipitação.

A cobertura vegetal tem a finalidade de regular a estabilidade dos solos sem leva-los à erosão; regula dos ciclos hidrológicos, provisão de água, mantém a fertilidade do solo, e como consequência, geração de alimentos (SOUZA, 2009), conservando, assim, as áreas que podem vir a ter influências para desenvolver o processo de desertificação.

De acordo com Civitello et al., 2015, a presença de comunidades diversas de hospedeiros inibe a disseminação de parasitas, por meio de vários mecanismos, como a regulação da população de hospedeiros susceptíveis ou interferindo na transmissão desses parasitas. A proteção da biodiversidade também pode oferecer efeito de minimização das doenças infecciosas. Além disso, a escolha desse componente se deve ao fato de que quanto maior for a área de cobertura vegetal nativa de uma localidade, maiores são os benefícios para a saúde e o bem-estar das comunidades que vivem em suas proximidades.

A estiagem é um dos desastres de maior ocorrência e impacto no mundo, devido, principalmente, ao longo período em que ocorre e à abrangência de grandes áreas atingidas (GONÇALVES et al., 2004). Assim, a estiagem, enquanto desastre, produz reflexos sobre as reservas hidrológicas locais, causando prejuízos à agricultura e à pecuária. Dependendo do tamanho da cultura realizada, da necessidade de irrigação e da importância desta cultura na economia no município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas. Seus impactos na sociedade, portanto, resultam da relação entre eventos naturais e as atividades socioeconômicas desenvolvidas na região, por isso a intensidade dos danos gerados é proporcional à magnitude do evento adverso e ao grau de vulnerabilidade da economia local ao evento (CASTRO, 2003).

O desastre seca é considerado, também, um fenômeno social, pois caracteriza uma situação de pobreza e estagnação econômica, advinda do impacto desse fenômeno meteorológico adverso. Desta forma, a economia local, sem a menor capacidade de gerar reservas financeiras ou de armazenar alimentos e demais insumos, é completamente bloqueada (CASTRO, 2003).

Segundo Chaves et al., 2002, no semiárido, é possível encontrar áreas degradadas, com solos expostos, os quais são mais vulneráveis aos processos erosivos e ao empobrecimento da sua fertilidade dependendo de sua composição.

No que diz respeito a variável solo, a erosão é um dos principais processos na cadeia da desertificação, pois causa diminuição da capacidade de retenção e disponibilidade de água dos solos (ARAÚJO, 2002).

Galindo (2007) cita que a principal característica da desertificação no semiárido nordestino é a presença de solo exposto apresentando solos rasos, sem capacidade de reter água, causando limitações físicas e químicas e aumentando a vulnerabilidade ecológica para a desertificação.

A componente do estudo radiação solar incidente na superfície terrestre, está diretamente ligada ao sistema de balanço de energia, influencia processos de aquecimento do solo, evapotranspiração, fotossíntese, produtividade e outros (GOPINATHAN, 1991).

De acordo com Araujo (2005), a radiação solar incidente sobre a superfície do solo é fator determinante e condiciona os processos que ocorrem nesse ambiente, interferindo no ciclo dos nutrientes.

A erodibilidade pluviométrica é um parâmetro que reflete a suscetibilidade do solo aos processos erosivos, sendo um parâmetro complexo, que depende de várias propriedades físicas do solo, quando esse interage com o fator externo água (AGENA et. al, 1995).

O grau de erosão no solo por partículas de água é influenciado pela condutividade hidráulica, velocidade de infiltração, resistência à dispersão de partículas sólidas em função da energia cinética da gota da chuva, bem como ao transporte e arraste pelo escoamento superficial (AGENA et. al, 1995).

Segundo Primavesi (1988), quando há um aumento da cobertura vegetal do solo, esse se torna mais protegido contra a desagregação de partículas, o que reduz os processos erosivos e contribui para aumentar a infiltração de água no solo.

No que diz respeito ao fator escoamento superficial em relação à inclinação do relevo, torna-se importante considerar que a declividade atua como controladora de boa parte da velocidade do escoamento superficial, interferindo no tempo que a água da chuva leva para chegar até os leitos das drenagens (SALA et al., 2010).

Segundo a EMBRAPA (2018), um declive suave ondulado (8% - 20% de declive), por ter maior comprimento de rampa em relação ao plano, torna-se moderadamente suscetível à erosão e é associado à menor retenção de umidade. Com isso, quanto maior o declive do relevo, mais suscetível está o solo.

3.4.1.2 Sensibilidade

A sensibilidade se relaciona com o grau no qual um sistema responde às mudanças climáticas, sendo elas positivas ou negativas, onde suas respostas dependem das características deste sistema e dos elementos que o compõe. Na perspectiva das populações, fatores como a faixa etária, capacidade física e a carga de doenças existente são importantes determinantes desse componente de vulnerabilidade (FONSECA, 2017).

Há grande probabilidade de que as mudanças do clima tenham profundas consequências para a saúde da população humana. A base da saúde pública - quantidade de alimento suficiente, água potável, abrigos seguros e o controle ambiental e social de várias doenças infecciosas - pode ser afetada de acordo com as mudanças climáticas em longo prazo. Essas mudanças, e mais especificamente a variabilidade climática, podem aumentar a exposição de muitas populações a eventos climáticos extremos (MCMICHAEL et al., 2000).

De acordo com Thompson et al.,(2002), a seca possui efeitos mais indiretos e astuciosos, pois há perda na produção agrícola e, conseqüentemente, impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de fenômenos demográficos.

Na época ou em locais secos, onde o clima é semiárido, tornam-se escassos os alimentos disponíveis para a população de roedores no meio natural, e estes se aproximam mais dos domicílios rurais em busca de alimentação, o que favorece a transmissão da doença, pelo maior contato com a população humana. Essa, por exemplo, é uma situação em que os fenômenos climáticos favorecem, de modo indireto, a ocorrência de doenças infecciosas, através de modificações cíclicas no ambiente natural (CONFALONIERI, 2003).

Há três caminhos básicos por meio dos quais a mudanças climáticas afetam a saúde: impactos diretos, que se relacionam principalmente a mudanças na frequência de condições meteorológicas extremas, incluindo calor, seca e chuva forte; efeitos mediados por sistemas naturais, por exemplo, vetores de doenças, doenças transmitidas pela água e poluição do ar; efeitos fortemente mediados por sistemas humanos, por exemplo, os impactos no trabalho, desnutrição e estresse mental. Sendo assim, a saúde de populações humanas é sensível às mudanças nos padrões do tempo e outros aspectos de mudança climática (SMITH et al. 2014).

Segundo Costello et al. (2009), “as condições de saneamento e acesso à água em qualidade e quantidade, as condições de vida e moradia, a organização social, o perfil epidemiológico, o nível de desenvolvimento e pobreza, as condições ambientais e a ocorrência de eventos extremos são fatores que interferem na vulnerabilidade dos sistemas aos impactos do clima”.

Com isso, segundo Fonseca (2017), as variáveis de sensibilidade, abordadas nesse estudo, serão: a mortalidade precoce, mortalidade infantil, saneamento inadequado, população com renda abaixo da linha da pobreza, analfabetismo, mulheres chefes de família com baixa instrução, jovens chefes de família, população de crianças e pessoas idosas, e a ocorrência de doenças endêmicas relacionadas ao clima.

De acordo com o relatório do IPCC (2014), os recursos financeiros limitados na maioria das vezes comprometem a saúde e o estado nutricional dos pobres, junto aos doentes e idosos, sendo assim, todos correm maior risco de traumas, doenças físicas e mentais, e morte decorrente dos impactos climáticos, como aumento de poluição, temperaturas mais elevadas, exposição a toxinas e patógenos decorrente de secas e inundações e o surgimento de novos vetores de doenças.

As mudanças do clima, sua variabilidade e eventos extremos decorrentes das mesmas, podem deteriorar os recursos naturais, físicos, financeiros, humanos, sociais, e culturais. As adversidades da pobreza surgem quando a mudança climática, a variabilidade e os eventos extremos tornam os pobres ainda mais pobres (IPCC, 2014).

3.4.1.3 Capacidade Adaptativa

A capacidade de adaptação de um sistema humano representa o seu potencial em reduzir a vulnerabilidade social e, conseqüentemente, minimiza o risco associado a um determinado perigo. A capacidade de adaptação pode ser descrita como “a habilidade ou capacidade de um sistema de modificar ou alterar suas características ou comportamento, de forma a lidar melhor com as tensões externas existentes ou previstas” (FONSECA, 2017).

Segundo Field et al., 2014, “a adaptação gradual é representada por ações de adaptação onde o objetivo central é manter a integridade ou um sistema de processos, em uma dada escala”. Sendo assim, nos sistemas humanos, a adaptação evita danos e tenta buscar benefícios frente às alterações do meio, aprendendo a conviver com os estresses externos.

A resposta direta da adaptação é reduzir a vulnerabilidade social. Com relação aos riscos desenvolvidos ao longo do tempo em uma população, a adaptação permite ao sistema uma redução do risco associado com estes perigos, reduzindo, assim, a sua vulnerabilidade social (BROOKS, 2003).

De acordo com Brooks (2003), a adaptação pode ser determinada por fatores como saúde e educação, acesso à informação, recursos financeiros e naturais, a existência de acesso à internet e a presença ou ausência de conflitos. No último caso, a adaptação dependerá das relações entre o governo, o setor privado e o setor civil, sociedade, o ambiente regulatório e a

eficácia das instituições estatais, riqueza nacional, economia autonomia e assim sucessivamente (BROOKS, 2003).

Os fatores que determinam se a adaptação ocorre ou não funcionam a uma variedade de escalas e depende de como o "sistema" que está sendo avaliado é definido. Diferentes sistemas são caracterizados por diferentes escalas (por exemplo, escalas ou escalas espaciais que representam interações entre indivíduos, grupos ou instituições), e diferentes sistemas irão interagir um com o outro; os processos que operam dentro de um sistema podem afetar direta ou indiretamente outro sistema. Exemplos de tais ligações de escala cruzada incluem ligação entre a escala local e nacional; A intervenção no mercado a nível nacional ou internacional pode afetar o preço de uma mercadoria produzida por uma família ou comunidade, com consequências dramáticas para o status econômico desse último e a capacidade resultante de investir na adaptação ao nível doméstico ou comunitário a um risco como a seca (BROOKS, 2003).

A definição de capacidade adaptativa deve abranger todos os processos que determinam se ocorre ou não adaptação e até que ponto, incluindo aqueles associados a diferentes escalas e sistemas, representando o contexto ambiental, econômico e geopolítico em que o sistema de o interesse está incorporado (BROOKS, 2003).

Smith et al., 2014 vem abordar que a população de países com maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), composto pela renda per capita, taxas de alfabetização e educação média e esperança média de vida ao nascer - é menos afetada pelas enchentes, secas e ciclones. Estudos recentes sobre perdas por desastres, não limitados a eventos relacionados com o clima, têm mostrado que os países com IDH médio experimentam as maiores perdas médias, enquanto países com IDH elevado experimentam menores perdas. Nos últimos 30 anos, é possível observar melhorias substanciais no IDH, mas estas têm sido acompanhadas pelo aumento das desigualdades entre e dentro dos países e vieram ao custo de alto consumo de recursos naturais, com elevada deterioração ambiental.

Sendo assim, variáveis relacionadas aos serviços públicos de educação, geração de emprego e renda e serviços de saúde são objetos de análise neste estudo, na perspectiva da capacidade de adaptativa (FONSECA, 2017).

4 METODOLOGIA

4.1 Localização da Área de Estudo

A área estudada está localizada no semiárido pernambucano, nas mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco Pernambucano (Figura 4) e microrregiões do Sertão do Pajeú e Itaparica respectivamente.

Figura 4 - Mesorregiões do Estado de Pernambuco.

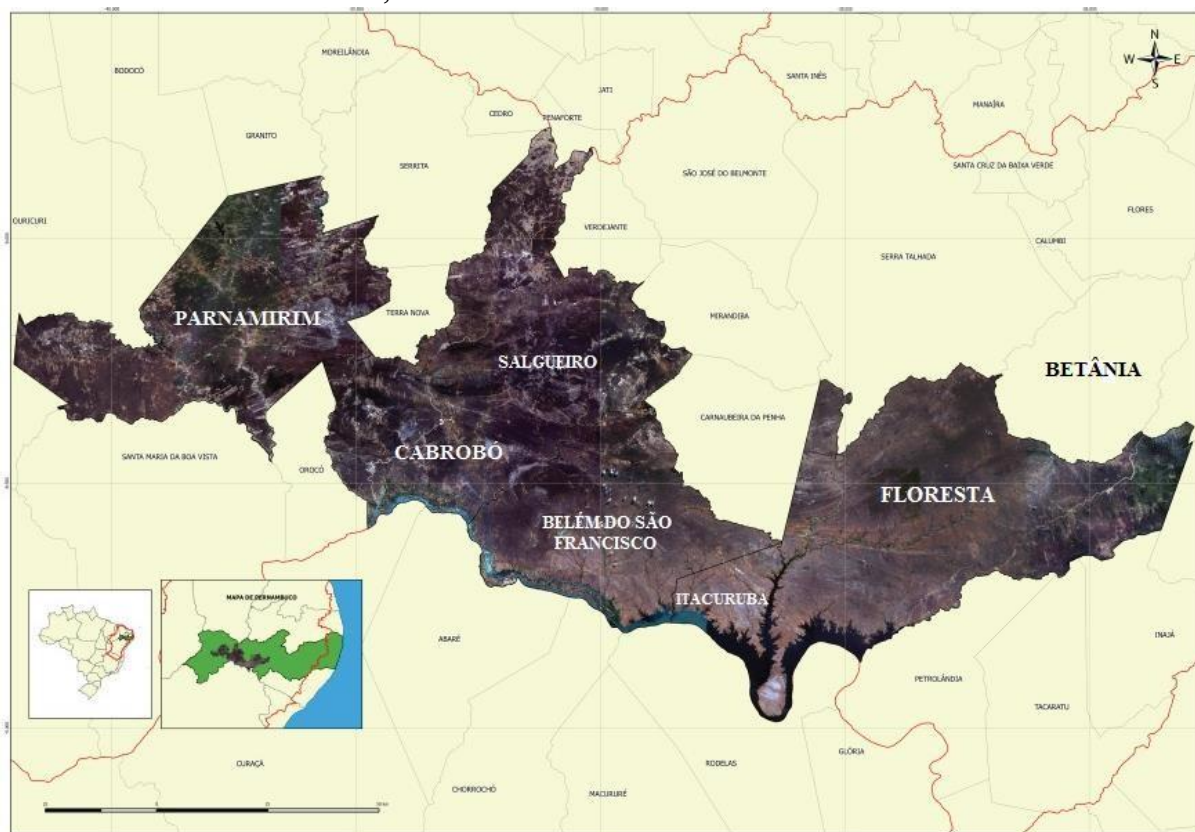


Fonte: Torres, 2006. Adaptado

Os municípios da área de estudo - Floresta e Itacuruba – estão inseridos no Núcleo de Desertificação de Cabrobó (Figura 5), o qual pertence à mesorregião do Sertão do São Francisco. O município de Betânia não está inserido no Núcleo de Desertificação, mas está próximo, e pertence à mesorregião do Sertão Pernambucano.

Os três municípios estudados estão inseridos na unidade geoambiental Depressão Sertaneja, na qual os Luvisolos, Neossolo Litólico e Planossolo são de grande ocorrência nas áreas de estudo associadas ao relevo suavemente ondulado.

Figura 5 – Localização dos Municípios componentes do Núcleo de Desertificação de Cabrobó e das áreas de estudo: Betânia, Floresta e Itacuruba.

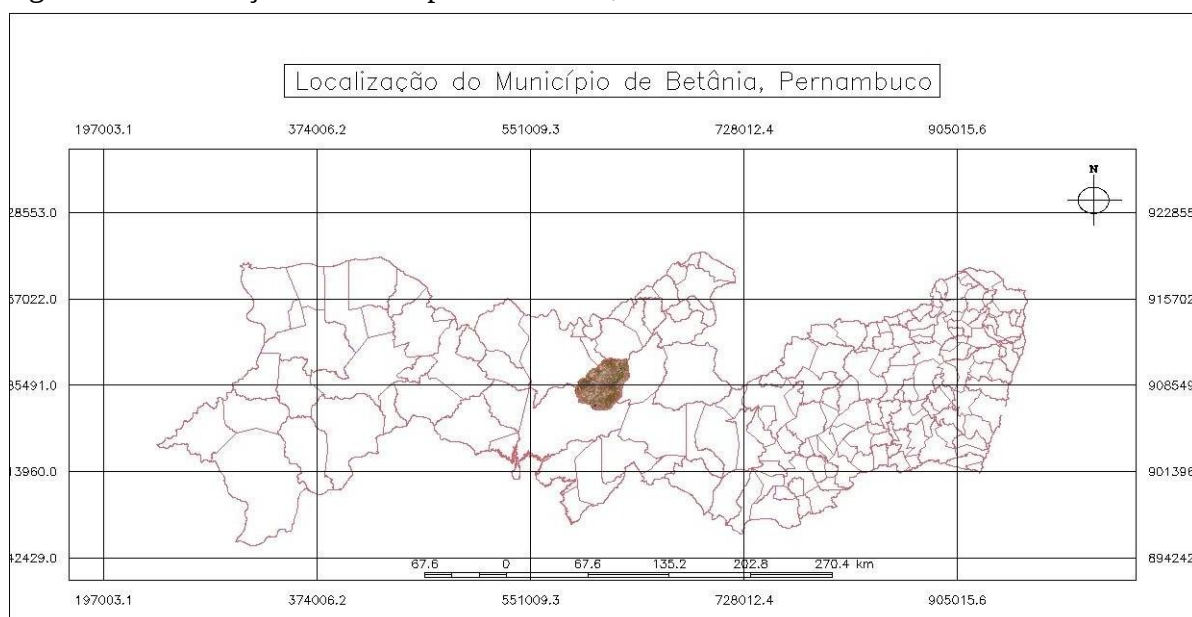


Fonte: IPEA, 2014, adaptado.

4.1.1 Município de Betânia

O município de Betânia está presente no bioma caatinga, possui uma área total de 1.244,074 km² com população de 12.003 habitantes (IBGE, 2010) e está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco, limitando-se geograficamente, ao norte, com os municípios de Flores e Calumbi, ao sul, com Floresta, a leste com Custódia e, a oeste, com Serra Talhada e Floresta (Figura 6) (CPRM, 2005).

Figura 6 - Localização do município de Betânia, PE.

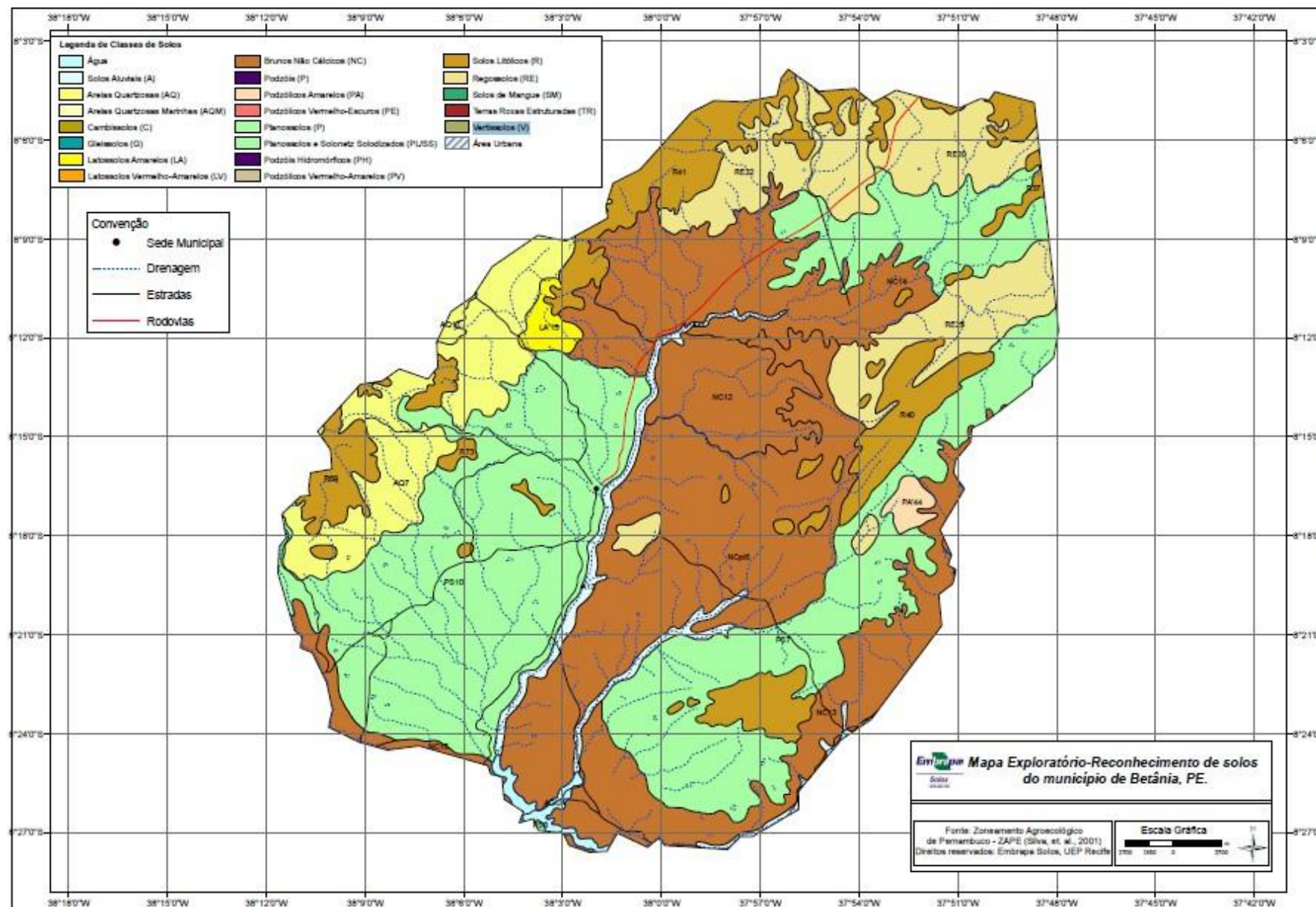


Fonte: Autor.

A vegetação é composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. Está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja, relevo predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. O clima é do tipo Tropical Semiárido, com chuvas de verão. A precipitação média anual é de 431,8mm, com período chuvoso iniciando em novembro com término em abril (CPRM,2005).

Betânia é composto por Latossolo Amarelo (LA), Brunos Não Cálcicos (NC), o qual passou por nova classificação: Luvisolo (T); Planossolo (S), Solos Litólicos (RL) e pequena área de Podzólicos Amarelos (PA) como apresentado na Figura 7.

Figura 7 - Mapa de solos do município de Betânia, PE.



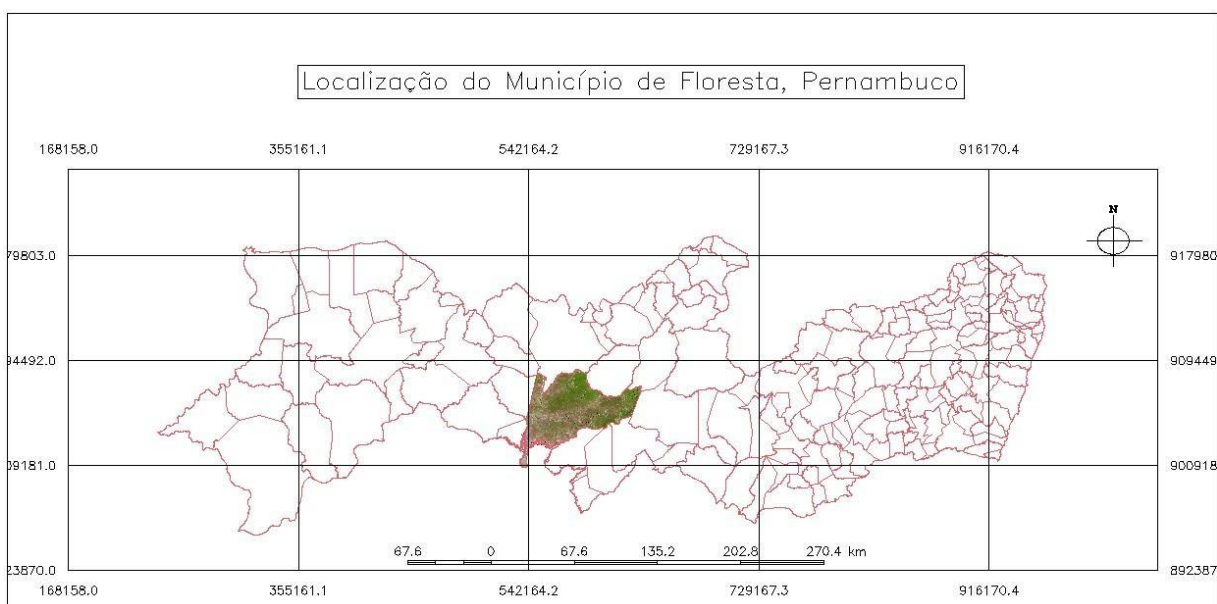
Fonte: EMBRAPA, 2001

O município é abastecido pela Bacia de Betânia, a qual é situada entre os riachos São Domingo e Quixaba, a oeste e noroeste da cidade. Abastece os núcleos habitacionais, com água potável através de poços tubulares, com isso há possibilidade de amenizar os efeitos das estiagens prolongadas (EMBRAPA, 2000).

4.1.2 Município de Floresta

De acordo com Silva, 2009, “O município de Floresta está localizado na mesorregião do São Francisco Pernambucano e microrregião do Sertão de Itaparica. Limita-se a Norte com o município de Serra Talhada, Betânia e Custódia, a Oeste com Carnaubeira da Penha e Itacuruba, a Sul com Tacaratu, Petrolândia e Estado da Bahia, a Leste com Inajá, Ibimirim”, (Figura 8).

Figura 8: Localização do município de Floresta, PE.



Fonte: Autor.

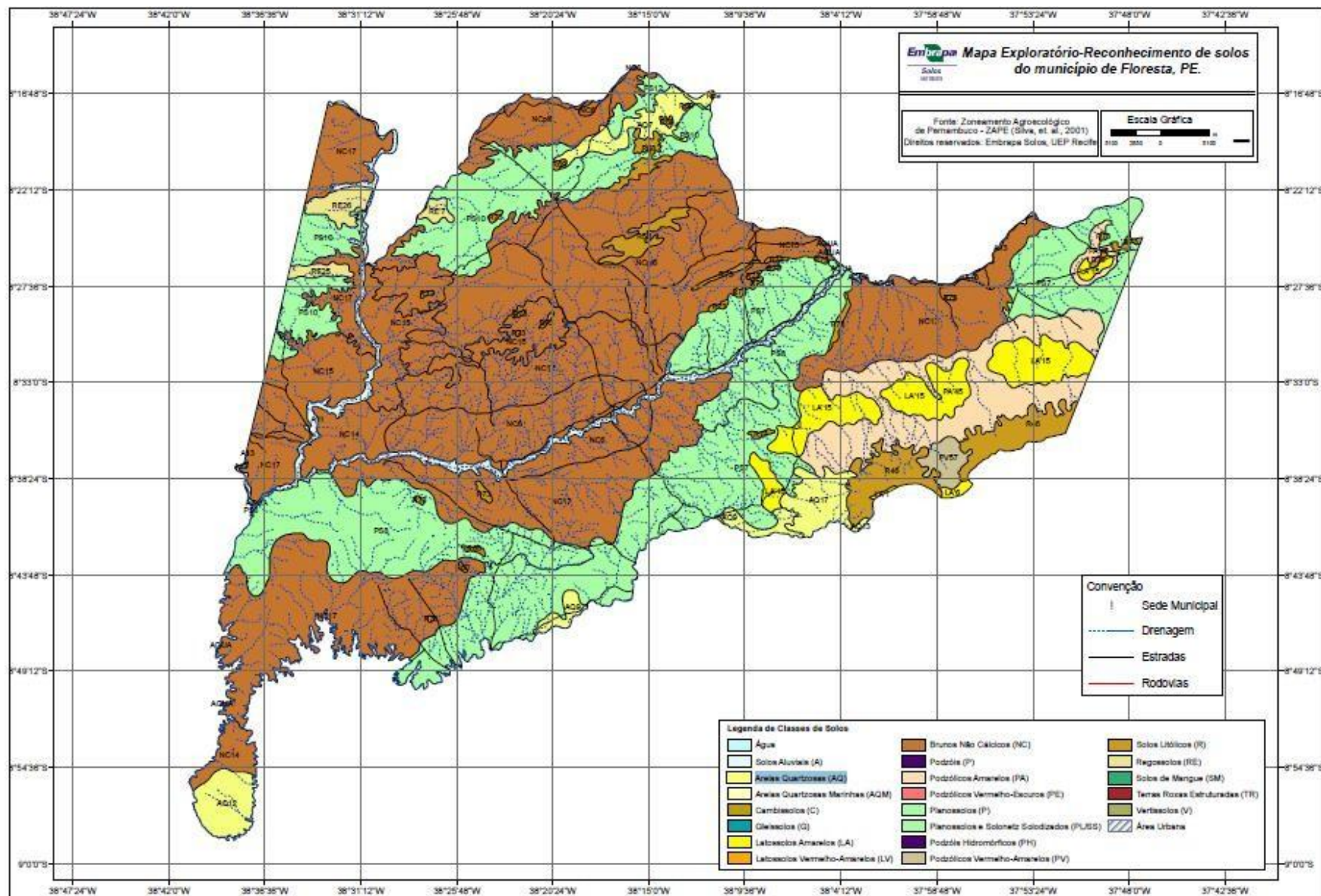
A vegetação predominante no município de Floresta é a caatinga hiperxerófila (ARAÚJO FILHO et. al. 2001), ocorrendo também trechos de floresta caducifólia nos ambientes de serras (Rodal & Sampaio, 2002).

Segundo Silva, 2009 apud CPRM, 2005, “o município de Floresta encontra-se inserido, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituído pelos litotipos dos complexos Floresta, Sertânia, Serra de Jabitacá, Cabrobó, Belém do São Francisco, Lagoa das Contendas, Vertentes e São Caetano. Também é constituído dos compartimentos Granítica-migmática Peraluminosa Recanto/Riacho do Forno, Serrote das Pedras Pretas e Intrusiva

Calcialcalina Trondhjemitica, da Formação Barra Bonita, das suítes Peraluminosa Xingo, Calcialcalino de Médio a Alto Potássio Itaporanga, Shoshonítica Ultrapotássica Triunfo e Prata, da Formação Tacaratu, do Grupo Brotas e das formações Santana, Candeias, Marizal e Exu, e dos depósitos Colúvio-eluviais e Aluvionares”.

O município de Floresta possui Brunos Não Cálcicos (NC), o qual passou por nova classificação: Luvissole (T); Planossolo (S), Solos Litólicos (RL), Podzólicos Amarelos (PA) e pequenas áreas de Regossolos (RE), Podzólicos Vermelho-Amarelos (PV') e Areias Quartzosas (AQ), como apresentado na Figura 9

Figura 9 - Mapa de solos do município de Floresta, PE.

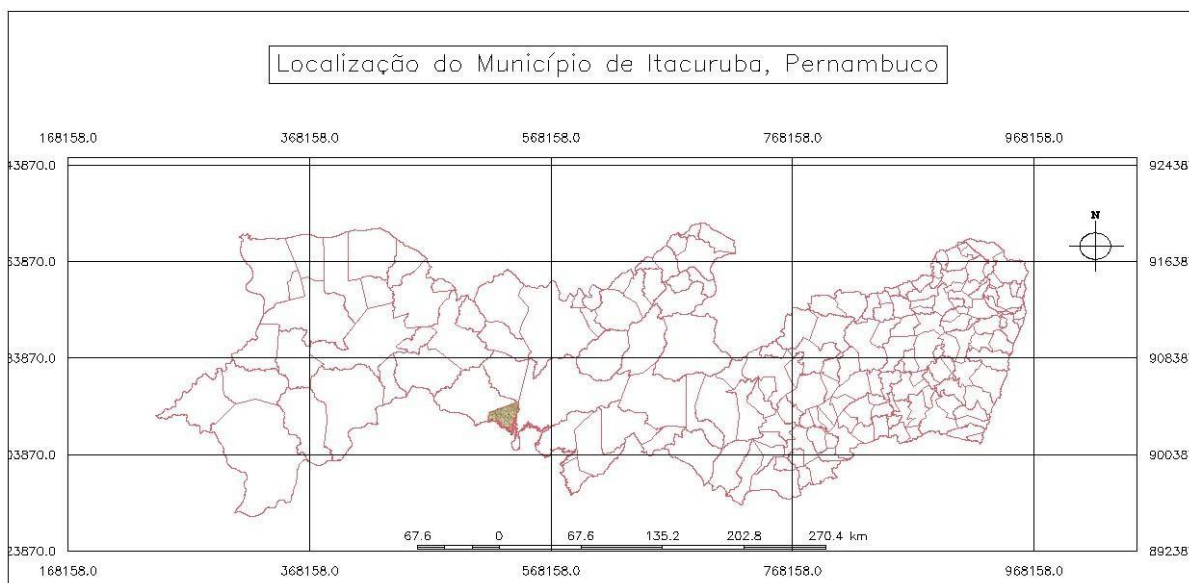


Fonte: EMBRAPA, 2001

4.1.3 Município de Itacuruba

Itacuruba está localizada na mesorregião do Sertão do São Francisco e microrregião do Sertão de Itaparica, inserida no bioma Caatinga (Figura 10). Apresenta uma população de 4.369 habitantes e uma extensão territorial de 430,038 km² (IBGE, 2010).

Figura 10: Localização do município de Itacuruba, PE.



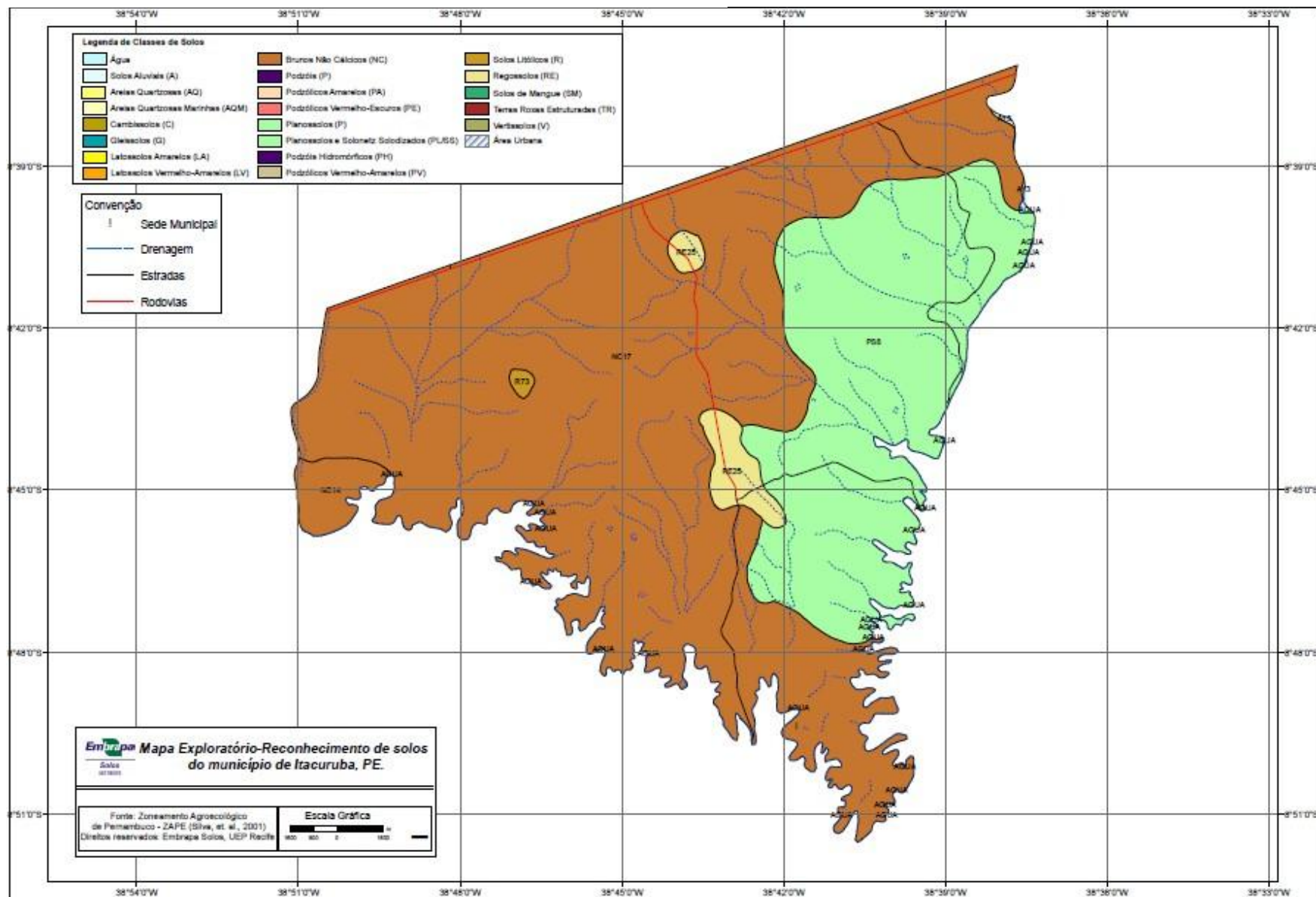
Fonte: Autor.

O município está situado na macro-bacia hidrográfica do Rio São Francisco e bacia hidrográfica do Rio Pajeú, e pertence à Província da Borborema, a qual está localizada ao sul do lineamento pernambucano. Seu relevo é caracterizado como suave-ondulado, e cortado por vales estreitos com vertentes dissecadas (ROCHA FILHO, 2016).

A vegetação é xerófila, alternando em meses secos como sendo caducifólia com pequenas intrusões de xerofitismo. É representada por espécies como o mandacaru, coroa-de-frade, facheiros, xique-xiques, catingueira, pereiro e faveleira (AB`SABER, 1985 apud ROCHA FILHO, 2016).

Por ser considerado um município pequeno, há predominância dos Planossolo (S) e Brunos Não Cálcicos (NC), o qual passou por nova classificação: Luvissoilo (T); e pequenas áreas com Regossolos (RE) e Litólicos (RL) como apresentado na Figura 11 (EMBRAPA, 2001).

Figura 11 - Mapa de solos do município de Itacuruba, PE.



Fonte: EMBRAPA, 2001

4.2 Seleção e Aquisição de Imagens LANDSAT

A pesquisa e tratamento das imagens foram desenvolvidos no Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – GEOSERE, mais precisamente na RRS (*Recife Receiving Station*), localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Foram escolhidas uma série histórica de imagens do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 8, dos anos 2000 a 2015, excluindo o ano de 2012, pois o sensor do satélite LANDSAT 7 possui erro nas imagens e impossibilidade de sua utilização.

As cenas do LANDSAT 5 foram adquiridas pela base de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Já o Landsat 8, em sua própria base de dados espaciais desenvolvida pelo United States Geological Survey - USGS. Dessa forma, foram utilizadas as bandas 3,4,5 (BGR) e 4,5,6 (BGR), respectivamente.

Tabela 2: Característica das cenas LANDSAT

Satélite	Órbita	Bandas Espectrais	Data de Aquisição
LANDSAT 5	216	3,4,5	24/09/2000
LANDSAT 5	216	3,4,5	06/05/2001
LANDSAT 5	216	3,4,5	06/03/2002
LANDSAT 5	216	3,4,5	22/12/2003
LANDSAT 5	216	3,4,5	24/12/2004
LANDSAT 5	216	3,4,5	24/10/2005
LANDSAT 5	216	3,4,5	25/09/2006
LANDSAT 5	216	3,4,5	05/04/2007
LANDSAT 5	216	3,4,5	01/11/2008
LANDSAT 5	216	3,4,5	13/06/2009
LANDSAT 5	216	3,4,5	06/10/2010
LANDSAT 5	216	3,4,5	31/10/2011
LANDSAT 8	216	4,5,6	30/03/2013
LANDSAT 8	216	4,5,6	02/10/2014
LANDSAT 8	216	4,5,6	14/03/2015

Fonte: Autor.

4.2.1 Tratamento das Imagens

Para o tratamento das cenas adquiridas, foi utilizado o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo INPE, o qual permite o processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

Foi realizado o recorte, nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, a partir do Shape dos limites municipais do estado de Pernambuco e das cenas/imagens adquiridas. Para

melhor visualização e definição de classes temáticas foi realizada correção radiométrica da área de estudo.

Sendo assim, a correção radiométrica foi realizada a partir da composição colorida RGB 3,4,5 para as imagens do LANDSAT 5 e 4,5,6 para as do LANDSAT 8, através do contraste equalizar histograma.

Baseado na metodologia utilizada por Alves, 2017, após a etapa anterior, iniciou-se a classificação supervisionada, a qual é um processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. Sendo assim, permitiu a identificação das áreas com vegetação existente.

O método de classificação supervisionada utilizado foi o Máxima Verosimilhança - MAXVER, onde as amostras são previamente selecionadas pelo classificador e a classificação considera a ponderação das distâncias médias dos níveis de cinza das classes (Jesem, 2000).

Em seguida realizou-se o mapeamento temático, o qual permitiu a transformação da imagem classificada (Categoria Imagem) para um mapa temático.

4.2.2 Cálculo das Áreas com Cobertura Vegetal

Concluindo as etapas desenvolvidas anteriormente, foram realizados os cálculos das áreas mapeadas de cada município, através da ferramenta Operações Métricas, de forma a identificar não apenas a unidade de área territorial, mas também a relação entre a área total dos municípios e a área de vegetação natural, em percentual.

4.3 Índice de Vulnerabilidade Humana (IVH) à desertificação

O Índice de Vulnerabilidade Humana foi construído a partir de dados do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) e Índice Climático (IC).

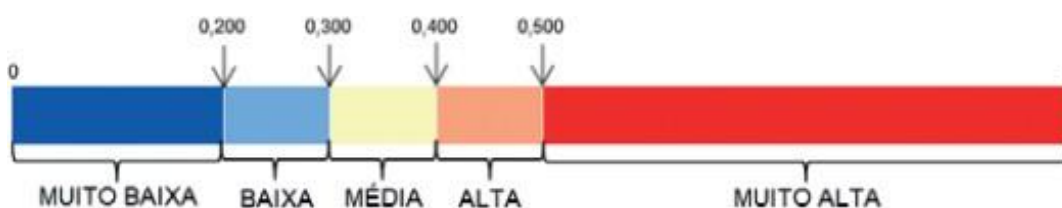
$$IVH = \frac{IVG + IC}{2} \quad (1)$$

O IVG é composto pelo Índice de Exposição (IEX), Índice de Sensibilidade (ISE) e Índice de Capacidade Adaptativa (ICA), os quais, de acordo com Fonseca, 2017 “apresentam informações de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa da população dos municípios em estudo, apresentando a vulnerabilidade presente. O IC fornece informações acerca das

anomalias climáticas às quais estará exposta essa população, representando a vulnerabilidade futura”.

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), em seu Atlas de Vulnerabilidade Social dos Municípios Brasileiros, o Índice de Vulnerabilidade (IV) é um índice que varia numa faixa entre 0 e 1. Quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade de um município. Para os municípios que apresentam valores entre 0 e 0,200, considera-se que possuem vulnerabilidade muito baixa. Valores entre 0,201 e 0,300 indicam baixa vulnerabilidade. Aqueles que apresentam IV entre 0,301 e 0,400 são de média vulnerabilidade, ao passo que, entre 0,401 e 0,500 são considerados de alta vulnerabilidade. Qualquer valor entre 0,501 e 1 indica que o município possui vulnerabilidade muito alta (Figura 12).

Figura 12 - Faixa do Índice de Vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015.

Sendo assim, para todos os pesos de intensidade calculados para cada indicador foi estabelecida a associação com a faixa do IV, onde possui valores de 0 a 4, onde o 0 é de menor vulnerabilidade e 4 de maior, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Faixa do Índice de Vulnerabilidade e sua intensidade para associação para novo peso.

Faixa do IV	Intensidade	Peso
0 a 0,2	Muito Baixa	0
0,201 a 0,3	Baixa	1
0,301 a 0,4	Média	2
0,401 a 0,5	Alta	3
0,501 a 1	Muito Alta	4

Fonte: Autor.

E, por fim, todos os índices desenvolvidos no presente estudo, foram baseados na mesma faixa do índice de vulnerabilidade abordado anteriormente.

4.3.1 Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG)

O IVG contém informações sobre componentes de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa da população em estudo. As variáveis desse Índice representam o grau de vulnerabilidade presente da população dos municípios estudados, com relação a aspectos demográficos, de saúde, do ambiente e do desenvolvimento humano, frente às mudanças do clima (FONSECA, 2017).

$$IVG = \frac{IEX + ISE + ICA}{3} \quad (2)$$

4.3.1.1 Índice de Exposição (IEX)

O IEX é composto pelo Índice de Cobertura Vegetal (ICV), Índice de Desastres Naturais (IDN), Índice de Solo (ISO) e pelo Índice de Relevo (IRE). Esses índices estão relacionados com a intensidade da vulnerabilidade da população e diretamente ligados aos fatores ambientais de desertificação.

$$IEX = \frac{ICV + IDN + ISO + IRE}{4} \quad (3)$$

4.3.1.1.1 Cálculo do Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

O ICV foi elaborado através da utilização das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto – operação de contraste, classificação e elaboração dos mapas temáticos – a fim de obter a área total de vegetação de cada município e as áreas de solo exposto. Com isso foi elaborado o cálculo do percentual da área de cobertura vegetal com relação à área total de cada município.

$$ICV = \text{Peso \% Vegetação} \quad (4)$$

Os valores de peso para o ICV foram elaborados de acordo com o intervalo em percentual da cobertura vegetal, como apresentado na Tabela 4, onde o valor 0 representa menor vulnerabilidade, pois maior percentual de cobertura vegetal traz benefícios ambientais, climáticos e sociais; já o peso 4 corresponde ao mínimo de área vegetativa.

Tabela 4 - Intervalo, em percentual, de cobertura vegetal e seus respectivos pesos.

Intervalo (%)	Peso
>30	0
20,1 a 30	1
10,1 a 20	2
5,1 a 10	3
0 a 5	4

Fonte: Autor.

4.3.1.1.2 Cálculo do Índice de Desastres Naturais (IDN)

O IDN foi desenvolvido a partir de dados obtidos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), onde é possível encontrar o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais completo ou por Estados brasileiros, o qual possui dados de desastres por município, por ano e o número de afetados. Os dados são de 1991 a 2012, onde foram utilizados para o desenvolvimento do trabalho, o ano de 2000 a 2012. Para 2013, 2014 e 2015, entrou-se em contato com a Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Pernambuco (CODECIPE).

Sendo assim, os valores de peso foram elaborados referentes ao número de desastres ocorridos e o número de afetados da população, como apresentado na Tabela 5.

$$IDN = \frac{\text{Peso Desastres} + \text{Peso Vítimas}}{2} \quad (5)$$

Tabela 5 - Número de desastres naturais e respectivos pesos; e percentuais dos números de vítimas de desastres naturais e seus respectivos pesos.

Desastres	Peso	Vítimas (%)	Peso
0 a 2	0	0 a 12,5	0
3 a 5	1	12,6 a 25	1
6 a 8	2	26 a 37,5	2
9 a 11	3	37,6 a 50	3
>11	4	>50	4

Fonte: Autor.

4.3.1.1.3 Cálculo do Índice de Solo (ISO)

O ISO foi desenvolvido a partir dos mapas de solo de cada município, os quais foram elaborados pela EMBRAPA, através do ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco.

Cada município tem intensidades de vulnerabilidade no que diz respeito à desertificação em seus solos. A Tabela 6, a seguir, mostra os tipos de solo e sua vulnerabilidade, sendo 0 menos vulnerável e 4 mais vulnerável.

Tabela 6: Intensidade de vulnerabilidade à desertificação e respectivos.

Vulnerabilidade	Peso
Muito Baixa	0
Baixa	1
Média	2
Forte	3
Muito Forte	4

Fonte: Autor.

Sendo assim, cada tipo de solo, para cada município, possuiu um valor, o qual foi atrelado a intensidade do peso de vulnerabilidade, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7: Tipo de solos por município e respectivos pesos de intensidade de vulnerabilidade à desertificação.

Betânia		Itacuruba		Floresta	
Solo	Peso	Solo	Peso	Solo	Peso
Podzólico	0	Regossolo	2	Podzólico	0
Areia Quartzosa	1	Planossolo	3	Areia Quartzosa	1
Latossolo	1	Luvissolo	3	Latossolo	1
Regossolo	2	Solo Litólico	4	Regossolo	2
Planossolo	3			Planossolo	3
Luvissolo	3			Luvissolo	3
Solo Litólico	4			Solo Litólico	4

Fonte: Silva, 2009.

Como os municípios são formados por uma alta segregação dos solos, para realizar os cálculos dos Índices de Solo (ISO), foi necessário realizar uma média ponderada para cada Unidade de Mapeamento (UM) municipal, através dos mapas de índices de solo elaborado pela EMBRAPA e disponível no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE, gerando assim, um Índice Municipal de Solo para cada município.

Tendo como exemplo o município de Itacuruba, o mesmo possui quatro tipos de solo – Regossolo, Planossolo, Luvisso e pequena área com Solo Litólico– o que corresponde a quatro unidades de mapeamento. Cada Unidade de Mapeamento é representada por uma mancha de cor respectiva ao tipo de solo: regossolo (amarelo claro), planossolo (verde), luvisso (marrom escuro) e solo litólico (marrom claro). Verificando o mapa de solos pode-se observar que para a Unidade de Mapeamento do Luvisso existem duas unidades taxonômicas : NC14 e NC17. Essas unidades taxonômicas possuem solos associados, tal que o NC14, por exemplo é formado por 65% de luvisso e 35% de solo litólico.

Com isso, as UMs foram calculadas através de uma média ponderada do percentual de cada solo em relação aos seus respectivos pesos de intensidade de vulnerabilidade aos processos de desertificação, de acordo com a equação a seguir.

$$UM = \frac{(\%solo1 + pesosolo1) + (\%solo2 + pesosolo2) + n...}{100} \quad (6)$$

Dessa forma, foi calculado o valor do Índice de Solo Municipal de vulnerabilidade baseado na média ponderada das UMs componentes da área municipal.

$$ISO = \frac{UM1 \times (\% \text{ área}) + UM2 \times (\% \text{ área}) + n...}{100} \quad (7)$$

4.3.1.1.4 Cálculo do Índice de Relevância (IRE)

O IRE é foi elaborado a fim de verificar a intensidade da radiação e de precipitação no que diz respeito ao tipo de relevo de cada município: relevo plano, suave ondulado, ondulado, fortemente ondulado, e montanhoso. Sendo assim, o IRE foi calculado pela média do Índice de Radiação (IRA) e do Índice de Precipitação (IRP).

$$IRE = \frac{IRA + IRP}{2} \quad (9)$$

4.3.1.1.4.1 Cálculo do Índice de Radiação (IRA)

Para a elaboração do IRA, foi verificado a intensidade de radiação ao tipo de relevo, ou seja, quanto mais plano, maior intensidade de radiação absorvida; quanto mais montanhoso, menor radiação - presença de sombras das elevações.

Pelos três municípios estudados serem caracterizados por uma superfície de pediplanação bastante monótona, relevo predominantemente suave-ondulado e cortados por vales estreitos com vertentes dissecadas, a intensidade de radiação para esse tipo de relevo foi considerada de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8 – Tipos de relevo e respectivos pesos de acordo com a radiação.

Tipo de Relevo	Peso
Montanhoso	0
Fortemente Ondulado	1
Ondulado	2
Suave Ondulado	3
Plano	4

Fonte: Autor.

4.3.1.1.4.2 Cálculo do Índice de Precipitação (IRP)

O IRP foi elaborado a partir da intensidade de impacto no solo causado pela precipitação levando também em consideração o relevo presente em cada município. A Tabela 9 apresenta o tipo de relevo e o peso, onde o relevo plano apresenta menor peso, pois recebe maior quantidade de chuva permitindo que haja alto potencial de absorção de água e suas consequências positivas.

Tabela 9 - Tipos de relevo e respectivos pesos de acordo com a precipitação.

Tipo de Relevo	Peso
Montanhoso	0
Fortemente Ondulado	1
Ondulado	2
Suave Ondulado	3
Plano	4

Fonte: Autor.

4.3.1.2 Cálculo do Índice de Sensibilidade (ISE)

Para a construção do componente sensibilidade, foram utilizados dados populacionais de pobreza e sociodemográficos, os quais possuem características relacionadas ao nível de pobreza da população em estudo e informações acerca do seu perfil sociodemográfico (FONSECA, 2017).

$$ISE = \frac{IPO + IDS}{2} \quad (10)$$

4.3.1.2.1 Cálculo do Índice de Pobreza (IPO)

O IPO foi baseado no Índice de Pobreza Humana Municipal (IPH-M), elaborado por Rolim et al. (2016). Para tal, “a mensuração e conceituação da pobreza utilizam-se dois tipos de enfoque, o direto e o indireto. O enfoque direto enfatiza as condições de vida da população, observando-se a distância entre tais condições e padrões de vida previamente estabelecidos, que determinará se um indivíduo é considerado pobre ou não. O enfoque indireto é um método de consumo ou rendimento utilizado para medir a magnitude da pobreza e baseia-se no cálculo da linha de pobreza (medida monetária de consumo alimentar necessário à sobrevivência e outras necessidades básicas) e da linha de indigência (medida monetária de consumo alimentar necessário à sobrevivência)” (NAHAS, 2015).

Sendo assim, o índice é composto pelos dados de probabilidade de morrer antes dos 40 anos de idade, taxa de população acima de 25 anos analfabeta, proporção de domicílios com saneamento inadequado, taxa de mortalidade infantil até 5 anos de idade, taxa de população com renda abaixo da linha de pobreza (FONSECA, 2017).

$$IPO = \frac{PProb40 + PPop25 + PDomSan + PMortInf + PLinhPob}{5} \quad (11)$$

Para a Taxa de População com Probabilidade de Morrer aos 40 anos, o peso foi calculado a partir da tábua de mortalidade do IBGE para o estado de Pernambuco, pois são inexistentes os valores para cada município. Sendo assim, o valor do ano de 2010 (último censo) foi dividido pela quantidade de municípios e o resultado foi transformado em percentual.

A taxa de população acima de 25 anos analfabeta foi obtida também através dos dados do IBGE, cujos valores obtidos foram dos municípios estudados. Para calcular os valores dos pesos, foi utilizada a média aritmética do três municípios.

Os dados para a proporção de domicílios com saneamento inadequado também foram obtidos através do IBGE Cidades, onde o dado real disponibilizado é o de saneamento adequado. Sendo assim, foi subtraído de 100%. Para calcular os valores dos pesos, foi utilizada a média aritmética do três municípios.

A taxa de mortalidade infantil até 5 anos de idade também foi adquirida a partir da base de dados do IBGE.

Para a taxa de população abaixo da linha de pobreza, foram utilizados os dados do IBGE para cada município. A variável corresponde aos domicílios com renda familiar abaixo de ½ salário mínimo. O foi elaborado a partir da média aritmética dos municípios em estudo.

Os pesos e seus respectivos valores estão demonstrados na Tabela 10, a seguir.

Tabela 10 – Intervalos das variáveis componentes do IPO e respectivos pesos.

Pesos	Taxa de população com probabilidade de morrer aos 40 anos	Taxa de população acima de 25 anos analfabetos	Proporção de domicílios com saneamento inadequado	Taxa de mortalidade infantil até 5 anos de idade	Taxa de população com renda abaixo da linha de pobreza
0	0 a 0,135	0 a 10	0 a 10	0 a 7,5	0 a 3,75
1	0,136 a 0,270	10,1 a 20	10,1 a 20	7,6 a 15	3,76 a 7,5
2	0,271 a 0,405	20,1 a 30	20,1 a 30	15,1 a 22,5	7,51 a 11,25
3	0,406 a 0,54	30,1 a 40	30,1 a 40	22,6 a 30	11,26 a 15
4	>0,54	>40	>40	>30	>15

Fonte: Autor.

4.3.1.2.2. Cálculo do Índice Sociodemográfico (ISD)

O cálculo do ISD foi elaborado a partir de indicadores relacionados à vulnerabilidade social, a fim de identificar os segmentos das populações mais frágeis (SEAD, 2013). Foi composto pelas componentes sociodemográficas: taxa de mulheres chefe de família com menos de 4 anos de instrução, taxa de chefes de família jovens (10 a 29 anos), taxa de crianças até 5 anos e taxa de população idosa (60 anos ou mais).

$$ISD = \frac{PM_{Cheffam} + PCheffamJ + PCriança + PPopIdosa}{4} \quad (12)$$

Para a variável de taxa de mulheres chefe de família com menos de 4 anos de instrução, Who, 2011 leva em consideração o gênero feminino é mais vulnerável no que diz respeito a mortalidade decorrente de desastres naturais, incluindo secas, inundações e tempestades. Por assumir sozinhas a geração de recursos financeiros, atividades domésticas e de maternidade, as famílias chefiadas por mulheres são associadas às situações de vulnerabilidade econômica (PINTO, *et al.* 2011).

De acordo com Camarano & Kanso, 2012 “A idade do chefe de família é um importante fator demográfico relacionado ao ciclo da vida familiar. Aumentos observados nas proporções de jovens casados e separados ou a redução na proporção de solteiros se associam a uma proporção maior de homens chefes de família e sugerem uma antecipação da transição para a vida adulta dos jovens que não estudam e nem trabalham”, sendo assim, se tornam mais vulneráveis.

As crianças pobres sofrem maiores influências de perturbações climáticas principalmente se residem em áreas urbanas, pois os efeitos de exposição à poluentes tóxicos são mais intensos e isso junto com nutrição inadequada e estresse psicossocial agravam os riscos (PERERA, 2008).

De acordo com Brunkard *et al.*, 2008, além do aumento dos riscos em determinadas doenças e distúrbios, junto com aos fatores sociais, isolamento e perda de renda, a população idosa é mais vulnerável a riscos de eventos climáticos como por exemplo tempestades, inundações, ondas de calor e outros eventos extremos, por viverem sozinhas e por possuírem problemas de saúde que limitam a capacidade do organismo.

Os dados foram adquiridos na base de dados do IBGE e no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Os pesos e seus respectivos valores estão demonstrados na Tabela 11, a seguir.

Tabela 11 – Intervalos das variáveis componentes do ISD e respectivos pesos.

Pesos	Taxas de mulheres chefes de família com menos de 4 anos de instrução	Taxa de chefe de família jovem (15 a 29 anos)	Taxa de criança até 5 anos de idade	Taxa de população idosa (+60)
0	0 a 7,5	0 a 3	0 a 0,25	0 a 0,25
1	7,6 a 15	3,1 a 6	2,6 a 5	2,6 a 5
2	15,1 a 22,5	6,1 a 9	5,1 a 7,5	5,1 a 7,5
3	22,6 a 30	9,1 a 15	7,6 a 10	7,6 a 10
4	>30	>15	>10	>10

Fonte: Autor.

4.3.1.3 Cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)

O ICA é composto pelo Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal e o Indicador de Cobertura de Atenção Básica. Os indicadores possuem pesos inversamente proporcionais, pois quanto maior o valor atribuído aos municípios, melhor a situação da população, ou seja, menor a vulnerabilidade (Fonseca, 2017).

$$ICA = \frac{FIRJAN + ICAB}{2} \quad (13)$$

4.3.1.3.1 Cálculo do Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM)

O Índice é composto por indicadores socioeconômicos - emprego e renda, geração e saúde – que buscam captar as condições estruturais de desenvolvimento. Para classificar os níveis do índice têm-se os valores de desenvolvimento da cidade variando de 0 (mínimo) a 1 (máximo), onde de 0 a 0,4 é classificado como baixo desenvolvimento, de 0,4 a 0,6 desenvolvimento regular, 0,6 a 0,8 desenvolvimento moderado e 0,8 a 1 alto desenvolvimento (FIRJAN, 2017).

Os pesos para esse índice foram elaborados com base nos valores de desenvolvimento citados anteriormente, como pode ser observado na Tabela 12. O menor peso é referente a alto desenvolvimento do município.

Tabela 12 – Intervalo do IFDM e respectivos pesos.

IFDM	Pesos
>0,8	0
0,61 a 0,8	1
0,41 a 0,6	2
0,21 a 0,4	3
0 a 0,2	4

Fonte: Autor.

4.3.1.3.2 Cálculo do Indicador de Cobertura de Atenção Básica (ICAB)

A Atenção Básica é considerada o primeiro nível de atenção em saúde. É caracterizada por um conjunto de ações de saúde, no âmbito individual e coletivo, que abrange a promoção e a proteção da saúde, a prevenção de agravos, o diagnóstico, o tratamento, a reabilitação, a redução de danos e a manutenção da saúde com o objetivo de

desenvolver uma atenção integral que impacte positivamente na situação de saúde das coletividades (BRASIL,2017).

Os dados foram obtidos através do portal DATASUS, na opção de situação da saúde da atenção básica familiar por município do estado de Pernambuco, o qual pode-se verificar os dados de 1998 a 2015. Sendo assim, os anos analisados foram do período de 2000 a 2015, com os componentes utilizados para o estudo foram dados de atenção básica voltados as doenças ligadas à desertificação, são elas: desnutrição, diarreia, pneumonia e tuberculose.

A partir dos dados adquiridos foi realizado o cálculo da taxa de prevalência, por 10 mil habitantes, a qual quantifica o número de casos (magnitude) existentes de uma doença em uma população.

$$\text{Prevalência} = \frac{\text{número de casos existentes}}{\text{total da população}} * 10.000 \quad (14)$$

Os pesos para cada doença relacionada foram desenvolvidos baseados na média aritmética do maior valor de centena obtido, como apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Intervalos da Taxa de Prevalência e seus respectivos pesos.

Taxa de Prevalência	Peso
0 a 50	0
51 a 100	1
101 a 150	2
151 a 200	3
>200	4

Fonte: Autor.

4.3.2 Cálculo do Índice Climático (IC)

O IC foi calculado baseado nas variáveis de temperatura e precipitação das anomalias do clima nos intervalos dos anos: 2011 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100. Os dados são disponibilizados no banco de dados do INPE, no CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.

Foram utilizados os RCP 4.5 e RCP 8.5, os quais são projeções de temperatura desenvolvida pelo IPCC a fim avaliar a variação da temperatura até o ano de 2100, onde o 4.5 é de intensidade e aumento intermediário e o 8.5 de intensidade e aumento críticos.

Os RCP 4.5 e 8.5 foram calculados para cada intervalo de anos, durante as estações do ano, observando também cada município estudado. Para cada intervalo de anos de determinado município foi realizada uma média aritmética dos valores para cada intervalo de tempo. A partir de cada resultado, calculou-se mais uma média aritmética, a fim de obter o resultado geral da Anomalia de Temperatura e Precipitação 4.5 e 8.5.

Pode-se observar o exemplo da Tabela 14, onde foi calculado como exemplo, a anomalia de temperatura RCP 4.5 para o município de Betânia.

Tabela14 - Variáveis para cálculo dos RCP 4.5 para o município de Betânia.

RCP 4.5 Temperatura				
Betânia				
Intervalo	Primavera	Verão	Outono	Inverno
2011-2040	a1	b1	c1	d1
2041-2070	w1	x1	y1	z1
2071-2100	r1	s1	t1	u1

Fonte: Autor.

$$AnomTempBet2011-2040 = \frac{a1 + b1 + c1 + d1}{4} \quad (15)$$

$$AnomTempBet2041-2070 = \frac{w1 + x1 + y1 + z1}{4} \quad (16)$$

$$AnomTempBet2071-2100 = \frac{r1 + s1 + t1 + u1}{4} \quad (17)$$

$$AnomTempBetGeral = \frac{AnomTempBet2011-2040 + AnomTempBet2041-2070 + AnomTempBet2071-2100}{3} \quad (18)$$

Sendo assim, o procedimento foi realizado para todos os municípios, para a anomalia de precipitação. Com isso, calculou-se os valores das anomalias temperatura e precipitação para o RCP 8.5.

Os valores dos Pesos para as anomalias das variáveis temperatura e precipitação dos RCP 4.5 (Tabela 15) e 8.5 (Tabela 16) foram calculados a partir das variáveis dos cenários futuros das projeções regionalizadas, disponibilizados pelo Centro de Previsão do Tempo e

Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, onde, para as duas anomalias, a temperatura possui um intervalo de 0,5 e a precipitação um intervalo de 0,125.

Tabela 15 - Anomalias de temperatura (°C) e precipitação (mm/dia) do RCP 4.5 e seus respectivos pesos.

Anomalia (°C)	Pesos	Anomalia (mm/dia)	Pesos
0 a 0,5	0	0 a -0,125	0
0,6 a 1	1	-0,126 a -0,250	1
1,1 a 1,5	2	-0,251 a -0,375	2
1,6 a 2	3	-0,376 a -0,5	3
>2	4	>-0,5	4

Fonte: Autor.

Tabela 16 - Anomalias de temperatura (°C) e precipitação (mm/dia) do RCP 8.5 e seus respectivos pesos.

Pesos	Anomalia (°C)	Pesos	Anomalia (mm/dia)
0	0 a 0,75	0	0 a -0,064
1	0,76 a 1,50	1	-0,065 a -0,128
2	1,51 a 2,23	2	-0,129 a -0,256
3	2,26 a 3	3	-0,257 a -0,514
4	>3	4	-0,514

Fonte: Autor.

4.4 Desenvolvimento do Sistema de Informação Geográfica

Para desenvolver o SIG, foram realizadas pesquisas a respeito dos Sistemas de Informações Geográficas utilizados e/ou desenvolvidos por organizações e instituições brasileiras.

A partir disso, foi analisado o Sistema de Vulnerabilidade Climática – SisVuClima, o qual foi desenvolvido pela FIOCRUZ para avaliar a vulnerabilidade da população à mudança do clima em seis estados brasileiros, sendo um deles o Estado de Pernambuco.

Dessa forma, com base no SisVuClima, para o presente trabalho, foi elaborado o SIG HEALTHDESERT com dados específico a fim de avaliar a vulnerabilidade da população aos processos de desertificação e sua relação com a saúde,

Este SIG está sendo desenvolvido juntamente com o Departamento de Informática da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

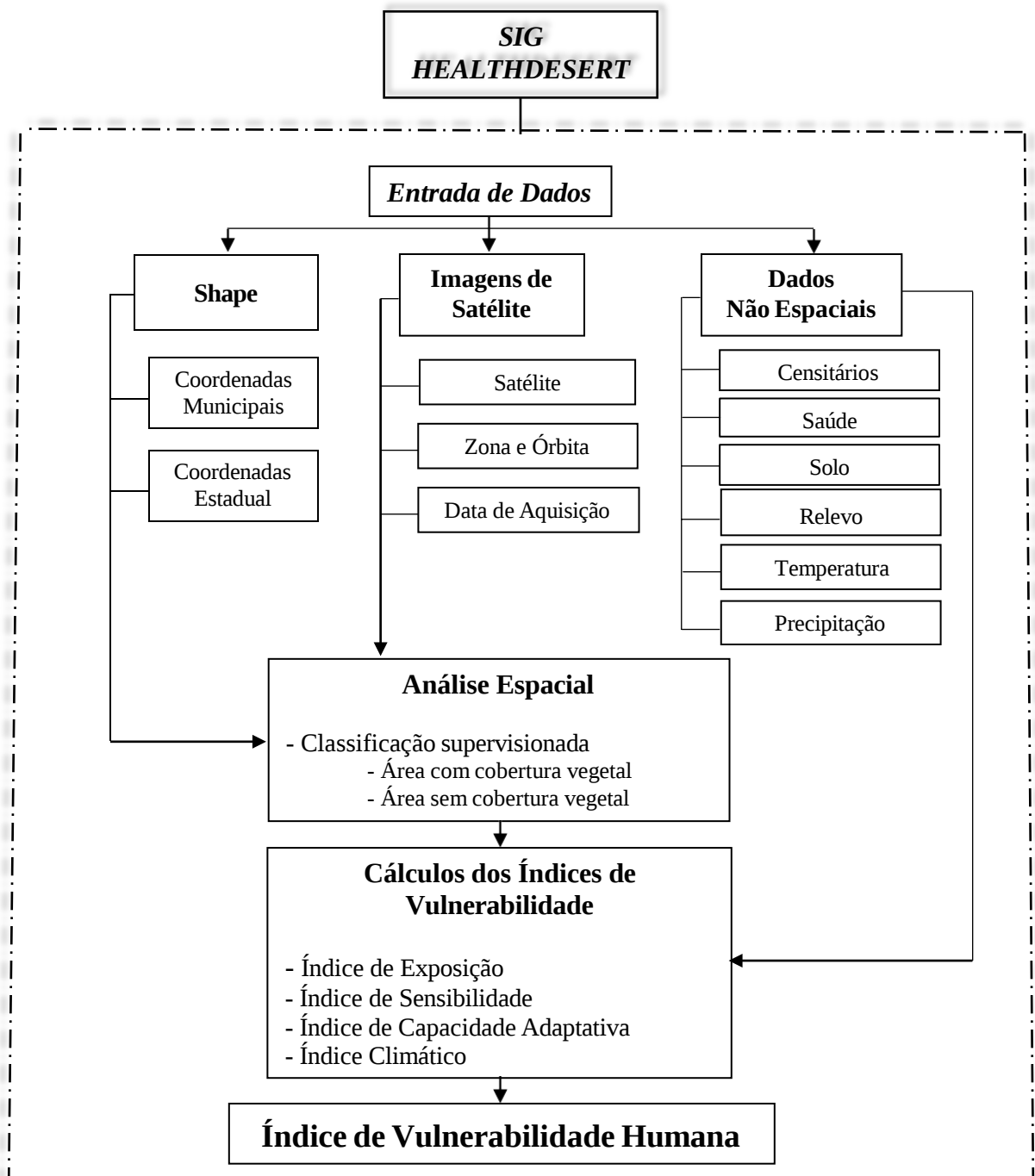
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia explanada, foi possível desenvolver os resultados apresentados a seguir.

5.1 Sistema de Informação Geográfica

O SIG é composto por atributos de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 13.

Figura 13: Fluxograma de composição do SIG.



Fonte: Autor.

A priori, o Sistema objetiva permitir a visualização de imagens de satélites dos municípios do Estado de Pernambuco podendo ser estendido para outros estados da região Nordeste.

Neste caso, foram estudados os municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba nos anos de 2000 a 2015, com informações de data de aquisição, zona, órbita, latitude e longitude das imagens.

Além das imagens, é possível encontrar o shape do Estado de Pernambuco, com informações sobre as áreas totais dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, coordenadas municipais e estadual.

A partir das informações anteriores, foi possível realizar a classificação supervisionada das áreas municipais com cobertura vegetal e respectivos cálculos das áreas vegetadas. Sendo assim, a partir do cruzamento dos dados anuais da cobertura vegetal, e com isso, a geração de mapas de cobertura vegetal, com a identificação das áreas sob processo de desertificação dos municípios estudados.

O Sistema permite o acesso aos mapas de solo dos municípios supracitados, inclusive dos solos presentes nas áreas em processo de desertificação.

O SIG possibilitou a realização de cálculos dos Índices de Vulnerabilidade Humana e geração dos resultados no que diz respeito à vulnerabilidade referente aos processos de desertificação para os municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, de acordo com o que será exposto nos itens apresentados a seguir.

5.1.1 Índice de Exposição (IEX)

O IEX é composto pelos ICV, IDN, ISO e IRE.

5.1.1.1 Índice de Cobertura Vegetal (ICV)

Dados da Cobertura Vegetal por Município

A Tabela 17 apresenta o percentual de cobertura vegetal dos anos estudados, por município.

Tabela 17 - Dados da cobertura vegetal por município.

Betânia				Floresta				Itacuruba			
Ano	Vegetação (km ²)	Município (km ²)	%	Ano	Vegetação (km ²)	Município (km ²)	%	Ano	Vegetação (km ²)	Município (km ²)	%
2000	20,18	1244,07	1,62	2000	341,22	3644,168	9,36	2000	14,48	430,038	3,37
2001	63,25	1244,07	5,08	2001	914,44	3644,168	25,09	2001	25,93	430,038	6,03
2002	327,31	1244,07	26,31	2002	1381,46	3644,168	37,91	2002	24,45	430,038	5,68
2003	47,13	1244,07	3,79	2003	841,35	3644,168	23,09	2003	6,08	430,038	1,41
2004	31,83	1244,07	2,56	2004	156,77	3644,168	4,30	2004	7,47	430,038	1,74
2005	18,49	1244,07	1,49	2005	182,6	3644,168	5,01	2005	18,13	430,038	4,22
2006	65,33	1244,07	5,25	2006	459,03	3644,168	12,60	2006	9,19	430,038	2,14
2007	402,84	1244,07	32,38	2007	1299,13	3644,168	35,65	2007	11,30	430,038	2,63
2008	14,30	1244,07	1,15	2008	266,56	3644,168	7,31	2008	7,83	430,038	1,82
2009	17,97	1244,07	1,44	2009	1324,83	3644,168	36,35	2009	11,74	430,038	2,73
2010	11,84	1244,07	0,95	2010	154,01	3644,168	4,23	2010	11,57	430,038	2,69
2011	564,74	1244,07	45,39	2011	864,72	3644,168	23,73	2011	20,26	430,038	4,71
2013	4,20	1244,07	0,34	2013	864,73	3644,168	23,73	2013	5,52	430,038	1,28
2014	161,54	1244,07	12,99	2014	1372,98	3644,168	37,68	2014	11,56	430,038	2,69
2015	249,25	1244,07	20,04	2015	642,02	3644,168	17,62	2015	5,32	430,038	1,24

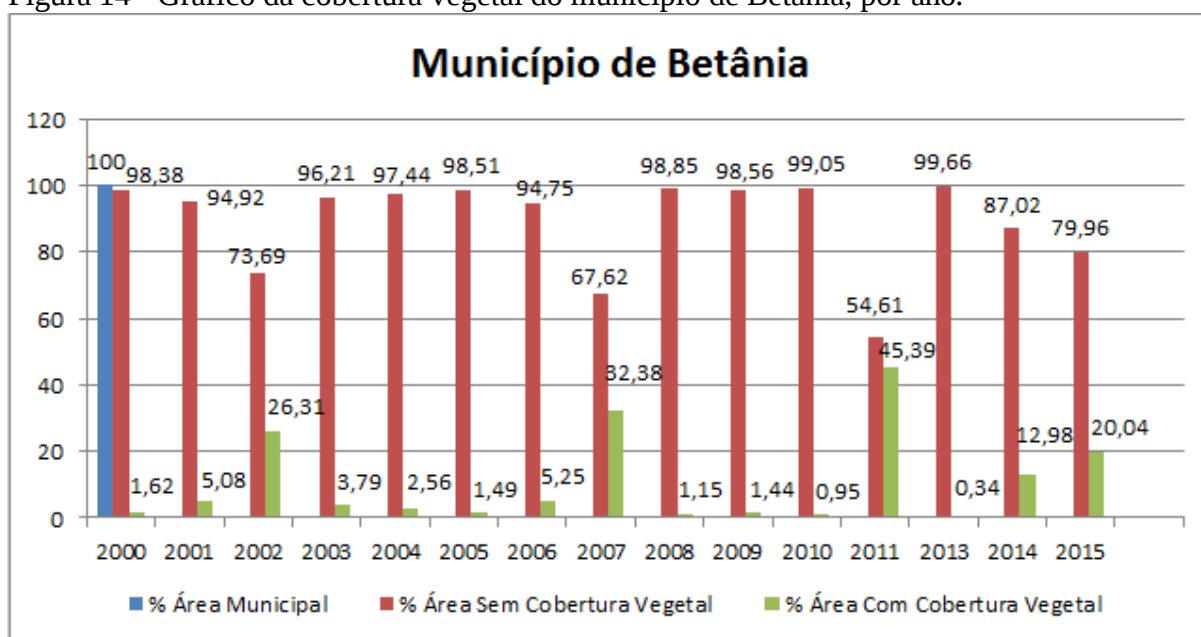
Fonte: Autor.

A partir da geração dos dados de cobertura vegetal para cada município, foi possível desenvolver Gráficos o percentual dos valores das áreas com e sem cobertura vegetal e o valor correspondente aos períodos seco (com precipitação) e período chuvoso (sem precipitação).

A Figura 14, a seguir, apresenta o percentual das áreas com e sem cobertura vegetal do município de Betânia. Pode-se observar que período seco, o município de Betânia possui aproximadamente 0,34% de cobertura vegetal, ou seja, se não houver chuva, o município possuirá uma cobertura vegetal equivalente a uma área de 4,2 km².

Seguindo esse mesmo pensamento, se houvesse sempre altos índices de precipitação no município, a área sem vegetação do corresponde a um percentual de aproximadamente 54%, a qual corresponde a 1239,87 km². Com isso, pode-se observar que 54% das áreas sem cobertura vegetal podem estar sob risco de processo de desertificação.

Figura 14 - Gráfico da cobertura vegetal do município de Betânia, por ano.

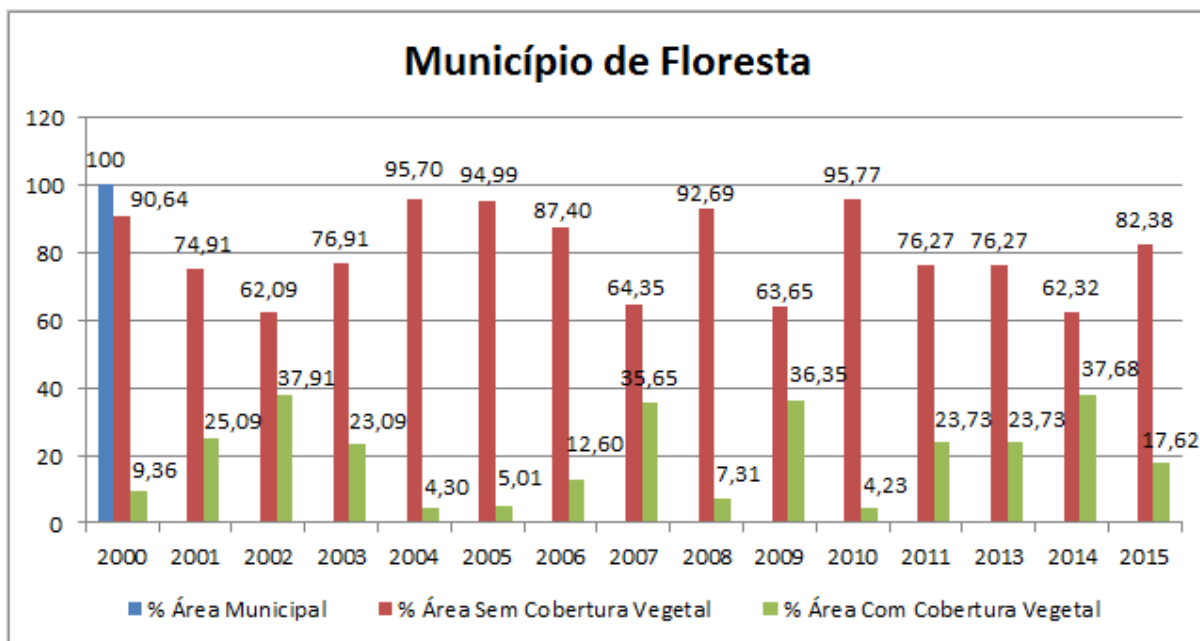


Fonte: Autor.

Para o município de Floresta (Figura 15), pode-se observar que na pior das hipóteses – períodos seco e sem precipitação – o município possui aproximadamente, com certeza, 4% de cobertura vegetal, ou seja, se não houver chuva, o município possuirá uma área de cobertura vegetal equivalente 154 km². Para tal, na melhor hipótese – períodos com precipitação - a área sem cobertura vegetal equivale a aproximadamente 62%, a qual equivale a 2259,4 km².

Sendo assim, se houver para melhor das hipóteses, altos índices de precipitação, a área do município com vegetação corresponde a um percentual de aproximadamente 37%, a qual equivale a área de 11381 km². Já a área municipal sem cobertura vegetal é de aproximadamente 67% e corresponde a área com 2262,8 km².

Figura 15 - Gráfico da cobertura vegetal do município de Floresta, por ano.

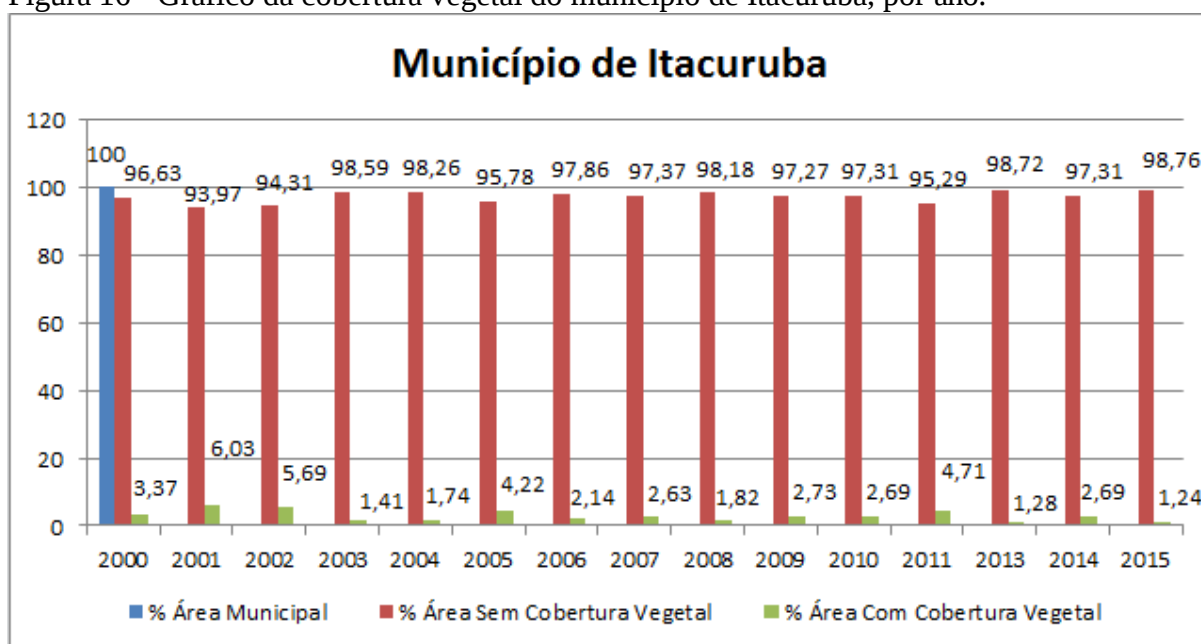


Fonte: Autor.

No contexto do município de Itacuruba (Figura 16) pode-se observar que na pior das hipóteses – período seco e sem precipitação – o município possui aproximadamente 1% de cobertura vegetal, ou seja, se não houver chuva, o município possuirá uma área de cobertura vegetal equivalente 5 km². Para tal, a área sem cobertura vegetal equivale a aproximadamente 99% do município, a qual equivale a aproximadamente 420 km².

Sendo assim, nos altos índices de precipitação – melhor das hipóteses - a área com cobertura vegetal do município corresponde a um percentual de aproximadamente 6%, a qual corresponde a uma área de aproximadamente 25 km². Já a área municipal sem vegetação seria de 94% e corresponde a aproximadamente a 400 km².

Figura 16 - Gráfico da cobertura vegetal do município de Itacuruba, por ano.



Fonte: Autor.

Dessa forma, foi possível realizar o cálculo do ICV, onde se observa pelos dados apresentados anteriormente, que Itacuruba é o município o qual possui menor cobertura vegetal mesmo nos períodos com altos índices de precipitação, ou seja, esse município possui baixo nível de vegetação mesmo ocorrendo chuvas.

A partir do percentual de cobertura vegetal, foi realizado o cálculo do índice de cobertura vegetal, onde foram obtidos os valores de ICV de acordo com a Tabela 18.

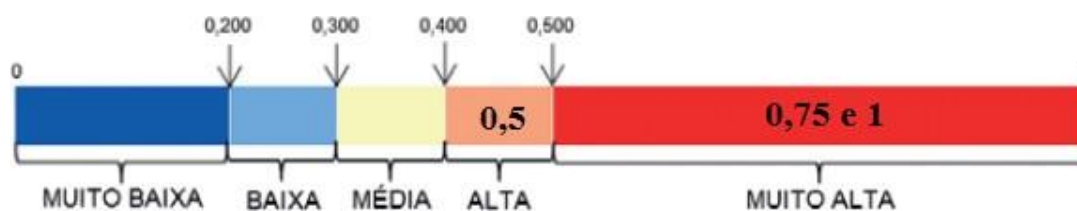
Tabela 18 - Índice de Cobertura Vegetal por município.

Município	ICV
Betânia	3
Floresta	2
Itacuruba	4

Fonte: Autor.

Sendo assim, o município de Floresta possui vulnerabilidade alta e os municípios de Betânia e Itacuruba, no que diz respeito ao Índice de Cobertura Vegetal, possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 17).

Figura 17: Valor do ICV na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Sendo assim, é possível verificar, decorrente do valor de maior de vulnerabilidade do ICV, que o município de Itacuruba e Betânia possuem vulnerabilidade ambiental e populacional muito alta referente ao processo de desertificação, pois o déficit da vegetação influencia na dinâmica hidrológica, proteção de solo, estabilidade climática e influência térmica. Já Floresta, apresenta alta vulnerabilidade, pois apresenta maior área municipal e maior cobertura vegetal.

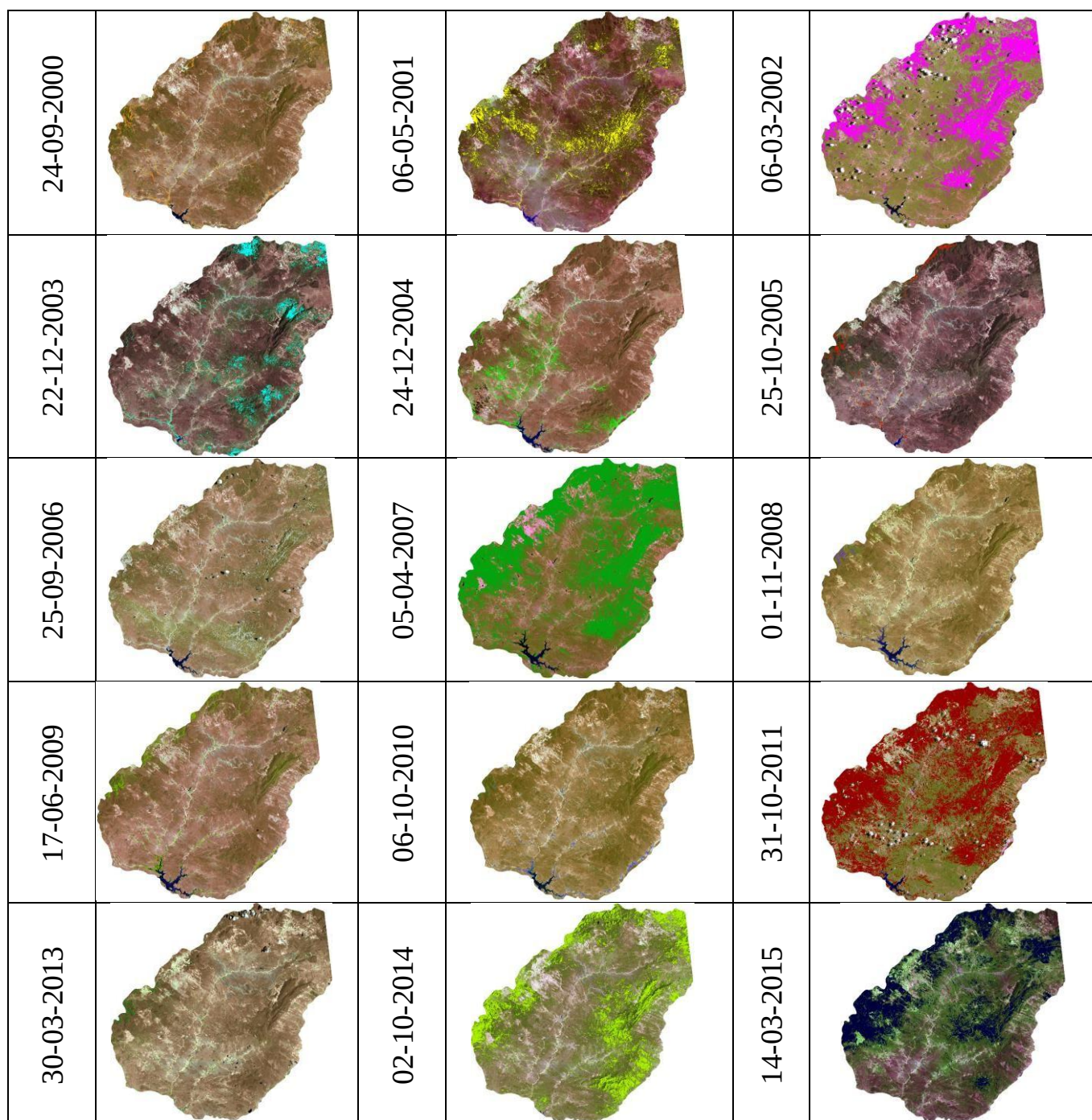
5.1.1.1.1 Mapas Temáticos da Cobertura Vegetal

A partir da classificação supervisionada das imagens de 2000 a 2015 (ver Tabela 2), em diferentes estações do ano, foi possível obter o resultado da cobertura vegetal. As diferentes datas utilizadas principalmente no que diz respeito aos meses, foi de suma importância, pois estão associadas a todas as estações do ano, o que pode ser avaliado o afloramento da cobertura vegetal nas mais diversas condições climáticas.

Sendo assim, foi possível identificar as áreas com cobertura vegetal e as áreas com solo exposto dos municípios estudados. As cores utilizadas na identificação da vegetação está relacionada ao ano estudado e são iguais para os três municípios

A Figura 18 apresenta a cobertura vegetal do município de Betânia de 2000 a 2015.

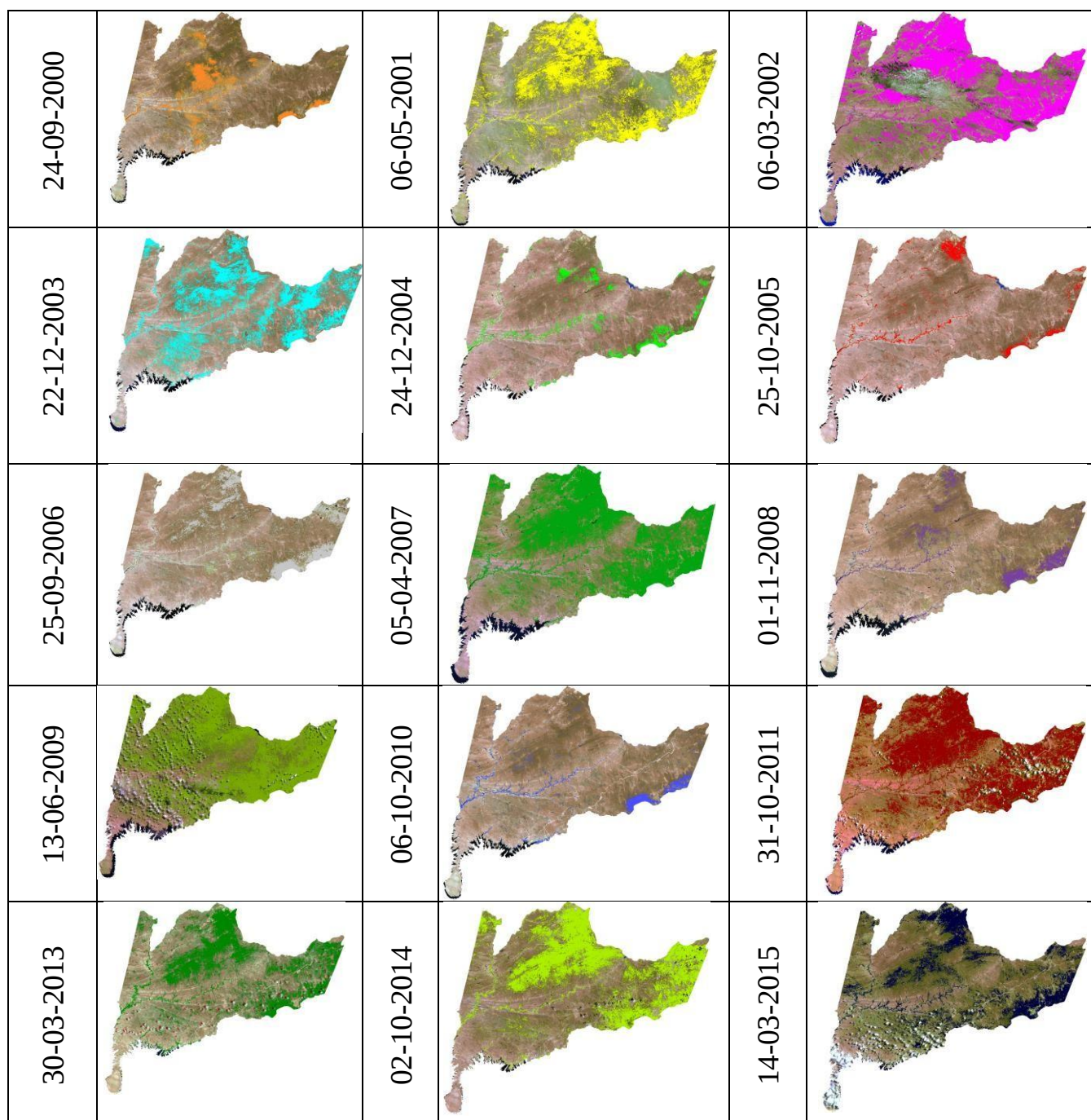
Figura 18 - Cobertura vegetal do município de Betânia.



Fonte: Autor

A Figura 19 apresenta o município de Floresta com a cobertura vegetal de 2000 a 2015, onde foi possível identificar as áreas com cobertura vegetal, e as áreas com solo exposto.

Figura 19 - Cobertura vegetal do município de Floresta.



Fonte: Autor

A Figura 20 apresenta a cobertura vegetal do município de Itacuruba dos anos 2000 a 2015, onde foi possível identificar as áreas com cobertura vegetal, e as áreas com solo exposto.

Fonte: Autor

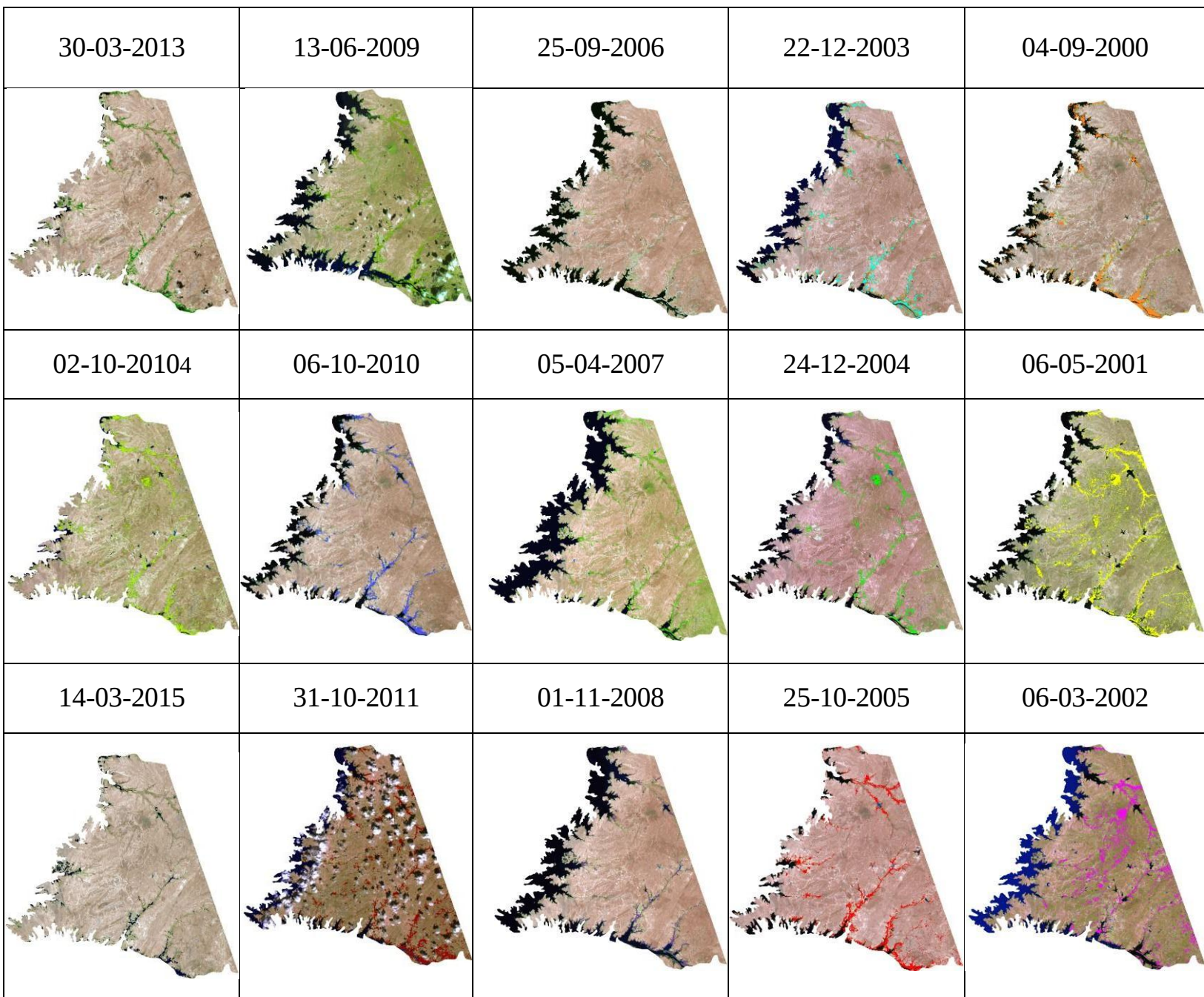
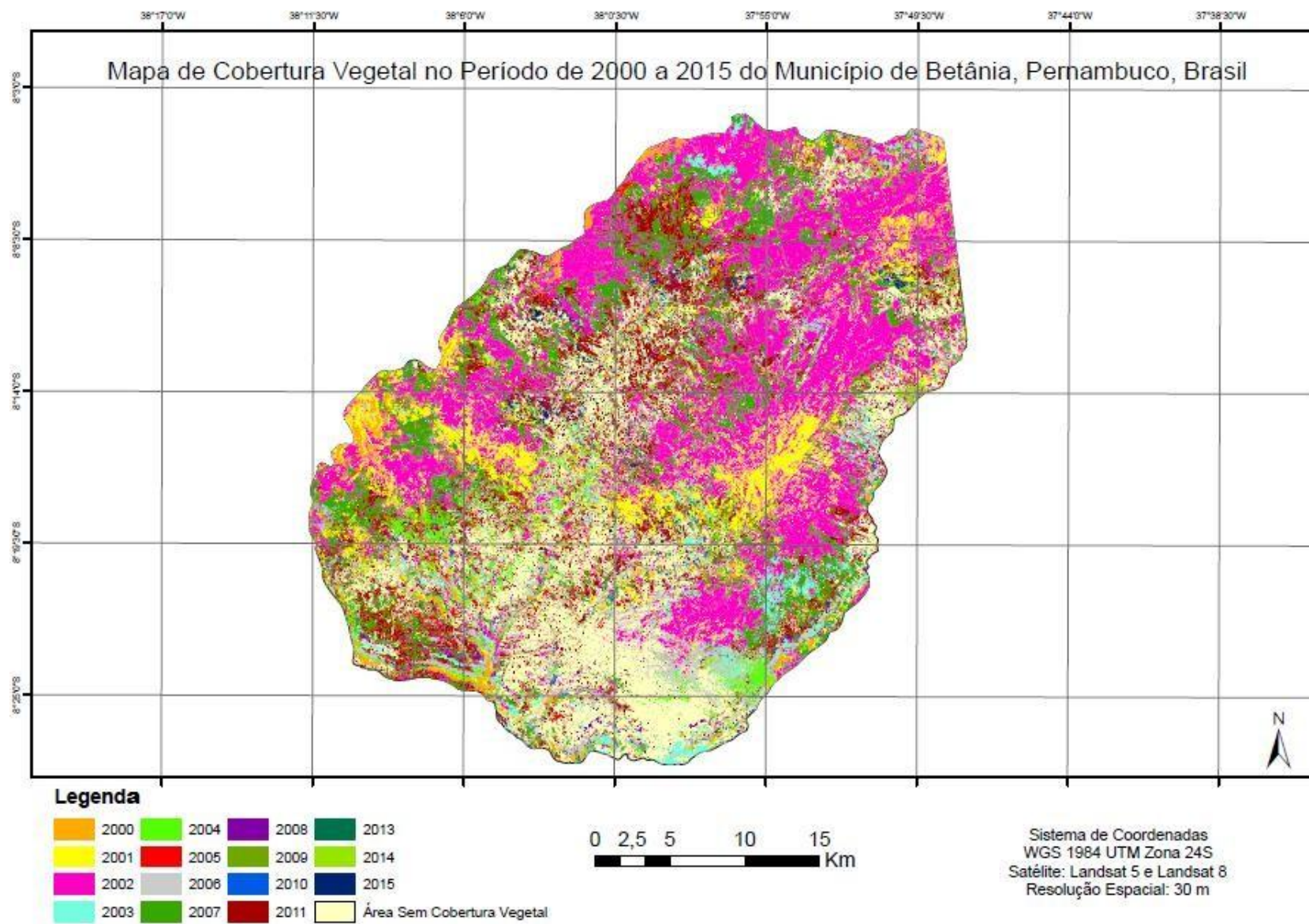


Figura 20 - Cobertura vegetal do município de Itacuruba.

A partir da classificação da cobertura vegetal, foi possível realizar o cruzamento de todos os anos, para todos os municípios.

Na Figura 21, a seguir, pode-se observar no município de Betânia as áreas com cobertura vegetal no período de 2000 a 2015.

Figura 21 - Mapa de Cobertura Vegetal do município de Betânia.

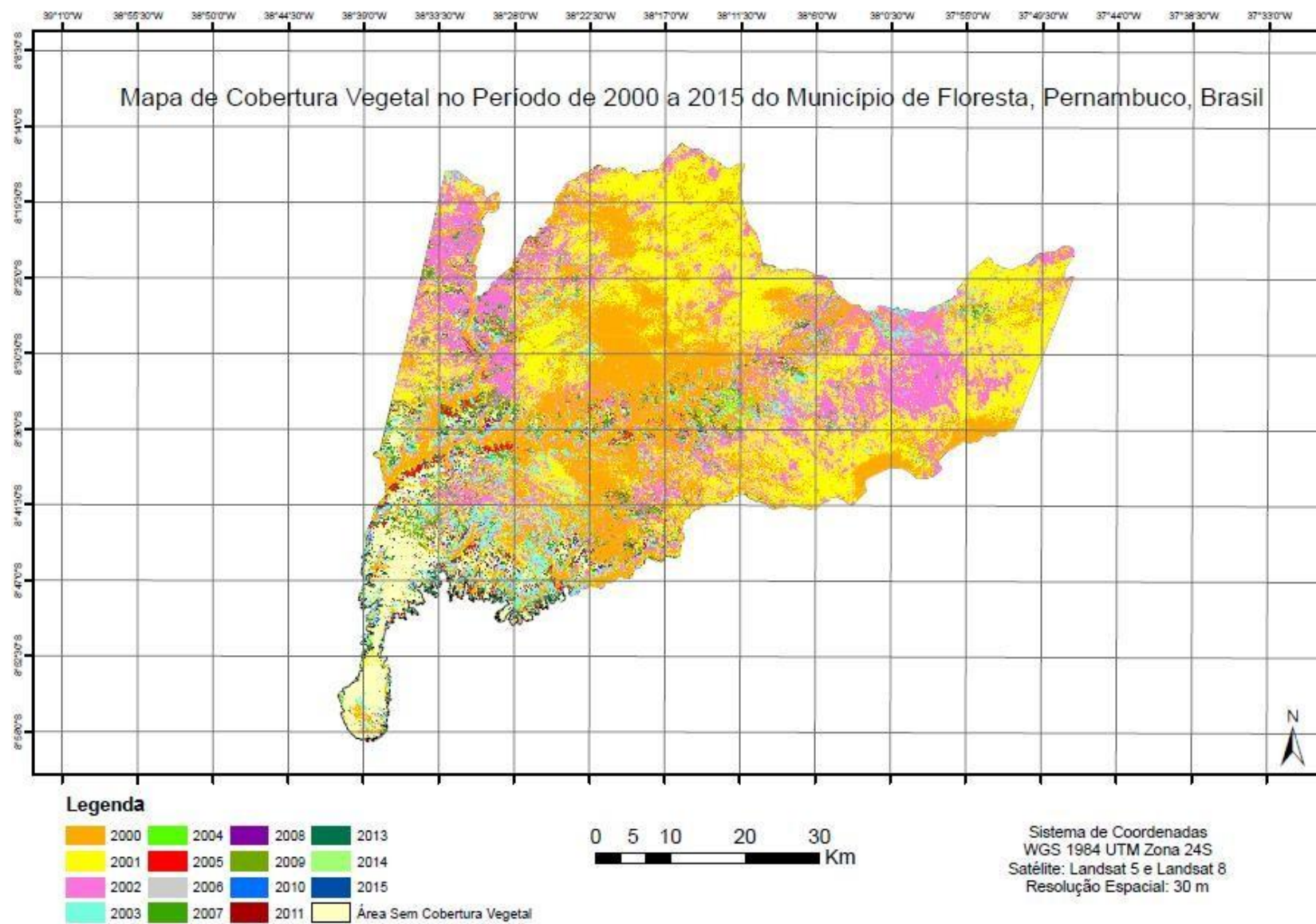


Fonte: Autor

Sendo assim, observou-se que as áreas sem cobertura vegetal, ao longo do período estudado, possuem classes de solo Luvissolo, Planossolo e Solo Litólico, onde os dois primeiros possuem alta vulnerabilidade e o terceiro vulnerabilidade muito alta à processos de desertificação.

Da mesma forma, foi realizado o cruzamento da cobertura vegetal no período de 2000 a 2015 para o município de Floresta (Figura 22).

Figura 22 - Mapa de Cobertura Vegetal do município de Floresta.

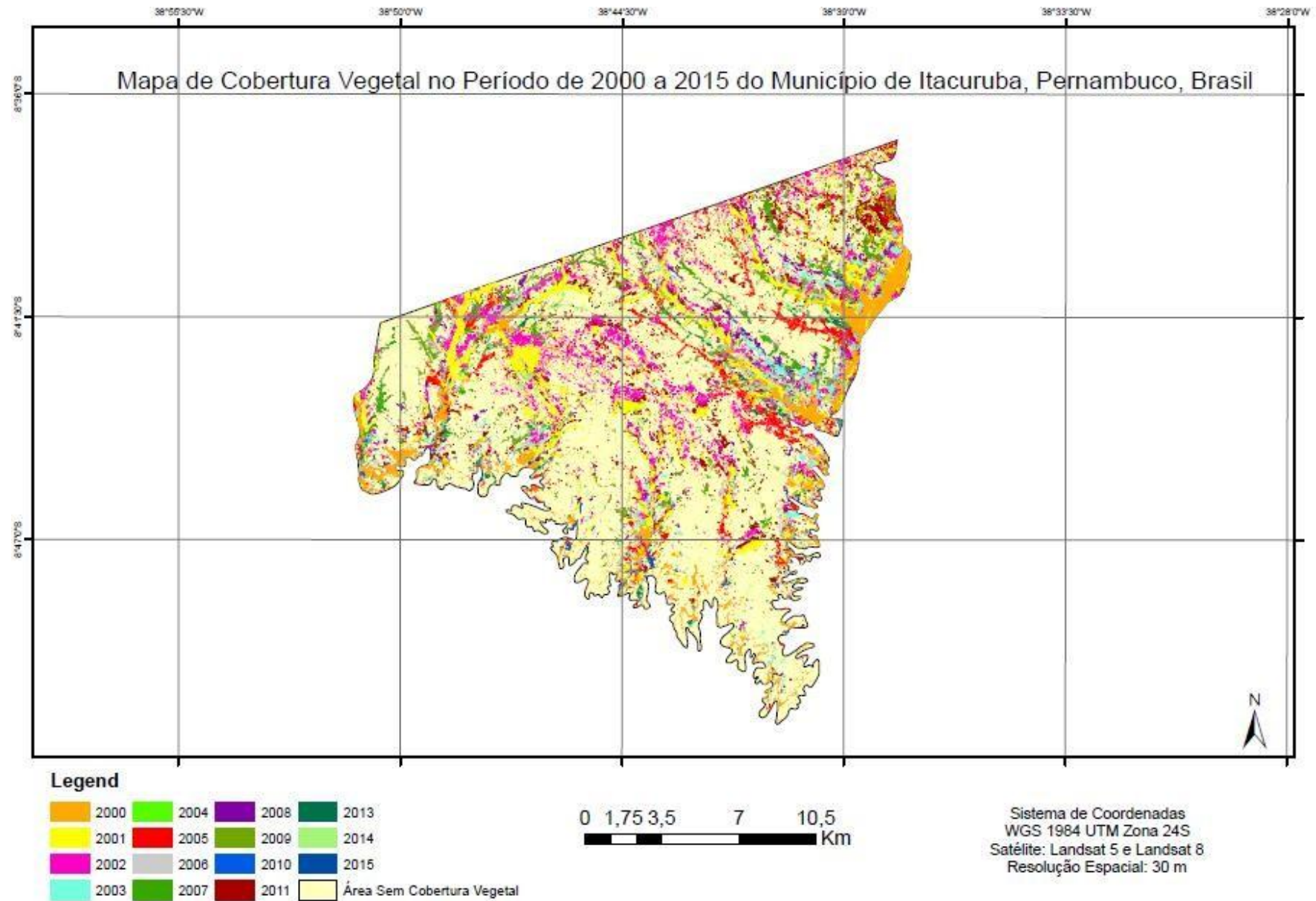


Fonte: Autor

Da mesma forma, observou-se que no município de Floresta, as áreas de solo sem a cobertura vegetal ao longo do período estudado, são formadas pelos tipos de solo Areia Quartzosa, Luvisolo e Solo Litólico, os quais possuem vulnerabilidade muito baixa, alta e muito alta, respectivamente.

Da mesma forma, foi realizado o cruzamento da cobertura vegetal no período de 2000 a 2015 para o município de Itacuruba (Figura 23).

Figura 23 - Mapa de Cobertura Vegetal do município de Itacuruba.



Fonte: Autor

5.1.1.2 Índice de Desastres Naturais (IDN)

A Tabela 19 indica a quantidade de ocorrências de desastres naturais da seca e estiagem, o número de afetados e o percentual relacionado à população total para cada município estudado.

Tabela 19 -: Número de ocorrência e número de afetados por desastres naturais por município.

Betânia				Floresta				Itacuruba			
Ano	Ocorrências	Afetados	%	Ano	Ocorrências	Afetados	%	Ano	Ocorrências	Afetados	%
2000	0	0	0	2000	0	0	0,00	2000	0	0	0
2001	1	0	0,00	2001	1	9658	32,98	2001	1	547	12,52
2002	0	0	0,00	2002	1	9658	32,98	2002	1	0	12,52
2003	1	1100	9,16	2003	1	9658	32,98	2003	0	0	0
2004	1	710	5,92	2004	1	9658	32,98	2004	0	0	0
2005	0	0	0,00	2005	1	9658	32,98	2005	0	0	0
2006	1	8385	69,86	2006	0	9483	32,38	2006	0	0	0
2007	1	3070	25,58	2007	1	9658	32,98	2007	1	547	12,52
2008	1	3141	26,17	2008	1	8263	28,22	2008	1	547	12,52
2009	1	8720	72,65	2009	1	9560	32,64	2009	2	1632	37,35
2010	0	0	0,00	2010	1	10105	34,51	2010	2	1085	24,83
2011	0	0	0,00	2011	1	10970	37,46	2011	1	1096	25,08
2013	2	12000	99,98	2013	2	11092	37,88	2013	1	4369	100
2014	2	12003	100	2014	2	29285	100	2014	2	4369	100
2015	0	12003	100	2015	0	29285	100	2015	0	4369	100

Fonte: Autor.

Como pode-se verificar, para anos de 2013 a 2015 as informações foram passadas pela Coordenadoria de Defesa Civil do Estado de Pernambuco (CODECIPE), a qual informou que os municípios estudados estão, desde o ano de 2012, em estado de alerta pelo Poder Público, no que diz respeito à seca e, com isso, deveria ser considerada a população total municipal como afetada. Já os que se encontram com o valor 0, não tiveram a ocorrência de casos.

Sendo assim, foi possível elaborar a Tabela 20, com o IDN.

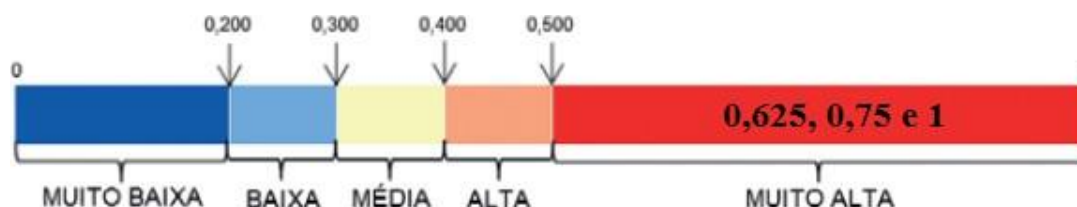
Tabela 20 - Índice de Desastres Naturais por município.

Município	IDN
Betânia	2,5
Floresta	3
Itacuruba	3,5

Fonte: Autor.

No que diz respeito ao índice de vulnerabilidade do IPEA, os municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba possuem vulnerabilidade muito alta com relação aos desastres naturais, como pode-se observar na Figura 24.

Figura 24 - Valor do IDN na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Com isso, é possível verificar que no município de Itacuruba a população foi mais afetada pelo evento da seca e estiagem e possui maior vulnerabilidade à desastres naturais relativos ao processo de desertificação.

5.1.1.3 Índice de Solo (ISO)

A vulnerabilidade para cada polígono dos solos de cada município foi calculado, obtendo-se os resultados da Tabela 21.

Tabela 21 - Valores das Unidades de Mapeamento e peso do ISO dos solos componentes dos municípios.

Betânia			Floresta			Itacuruba		
Solo	Unidade de Mapeamento	ISO	Solo	Unidade de Mapeamento	ISO	Solo	Unidade de Mapeamento	ISO
Podzólico	0,0112	3,03	Podzólico	0,1	3	Regossolo	0,06	3,3
Areia Quartzosa	0,116		Areia Quartzosa	0,054		Planossolo	0,9	
Latossolo	0,022		Latossolo	0,041		Luvissolo	2,32	
Regossolo	0,32		Regossolo	0,0275		Solo Litólico	0,006	
Planossolo	1,23		Planossolo	0,97				
Luvissolo	1,06		Luvissolo	1,64				
Solo Litólico	0,27		Solo Litólico	0,124				

Fonte: Autor.

Observou-se que os solos com maior vulnerabilidade aos processos de desertificação - melhor peso - são os que possuem maior área municipal, como é o exemplo do luvisolo.

Sendo assim, foi possível verificar que a vulnerabilidade dos municípios no que diz respeito ao Índice de Solo está de acordo com a Tabela 10.

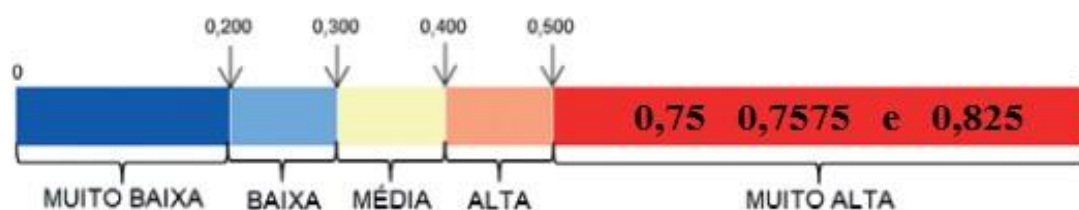
Tabela 22 - Índice de Solo por município.

Município	ISO
Betânia	3,03
Floresta	3
Itacuruba	3,3

Fonte: Autor.

O valor do ISO na escala de vulnerabilidade corresponde aos valores presentes na Figura 33.

Figura 25 - Valor do ISO na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Com isso, o tipo de solo influencia diretamente no que diz respeito à vulnerabilidade do município, como é o caso do município de Floresta que possui solos com características de maior vulnerabilidade à desertificação.

5.1.1.4 Índice de Relevô (IRE)

5.1.1.4.1 Índice de Radiação (IRA)

A Tabela 23 foi elaborada a partir da caracterização do relevo dos municípios e seus respectivos pesos, como foi apresentado na metodologia.

Tabela 23 - Tipo de relevo dos municípios e seus respectivos pesos de radiação.

Betânia		Floresta		Itacuruba	
Relevo	Peso	Relevo	Peso	Relevo	Peso
Suave Ondulado	3	Suave Ondulado	3	Suave Ondulado	3

Fonte: Autor.

Sendo assim, o resultado corrobora com a constatação de Oliveira (2013): as áreas mais planas ou com maior elevação apresentam maiores valores de radiação, comparado já os relevos com partes menos elevadas. Com isso, a vulnerabilidade do solo com relação ao tipo de relevo é alta.

5.1.1.4.2 Índice de Precipitação (IRP)

A Tabela 24 mostra o peso referente à vulnerabilidade da precipitação com relação relevo dos municípios, como foi apresentado na metodologia.

Tabela 24 - Tipo de relevo dos municípios e seus respectivos pesos de precipitação.

Betânia		Floresta		Itacuruba	
Relevo	Peso	Relevo	Peso	Relevo	Peso
Suave Ondulado	1	Suave Ondulado	1	Suave Ondulado	1

Fonte: Autor.

O resultado do peso para os três municípios confirma que o relevo suave ondulado possui baixa vulnerabilidade ao processo de desertificação, abordado Sá et al., 2017.

A partir dos pesos de radiação e precipitação, foi calculado o IRE, como observado na Tabela 25.

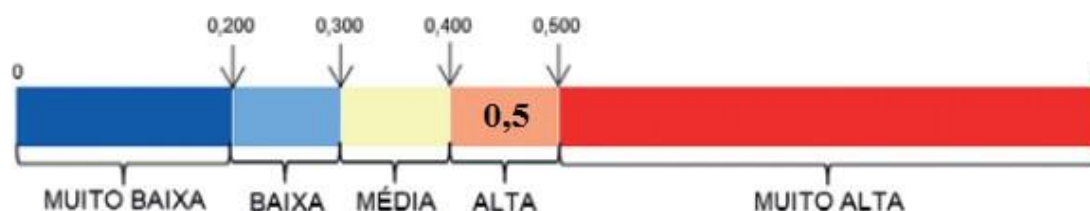
Tabela 25 - Índice de Relevo por município.

Município	IRE
Betânia	2
Floresta	2
Itacuruba	2

Fonte: Autor.

Sendo assim, os municípios estudados possuem alta vulnerabilidade na escala de vulnerabilidade., como apresentado na Figura 26.

Figura 26: Valor do IRE na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Os três municípios apresentaram o mesmo índice de vulnerabilidade: alta, pois possuem o mesmo tipo de relevo, radiação e infiltração.

A partir dos resultados do ICV, IDN, ISO e IRE, foi possível obter o valor do Índice de Exposição (IEX), como mostra a Tabela 27.

Tabela 26 - Índice de Exposição por município.

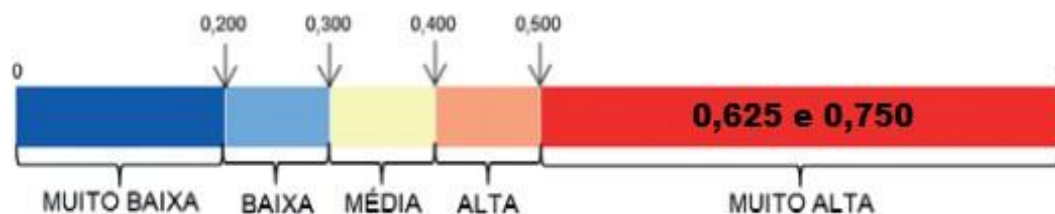
Município	IEX
Betânia	2,5
Floresta	3
Itacuruba	2,5

Fonte: Autor.

Com isso, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, deve ser levada em consideração que o valor de peso de maior vulnerabilidade: valor 4, equivale ao maior valor de vulnerabilidade na escalado IV: valor 1. Sendo assim, o IEX dos municípios: valor 3, corresponde ao valor de 0,750 na escala de intensidade da vulnerabilidade e o valor 2,5, corresponde ao de 0,625.

Sendo assim, os municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, no que diz respeito ao Índice de Exposição, possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 27).

Figura 27 - Valor do IEX na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

5.1.2 Índice de Sensibilidade (ISE)

O ISE é constituído pelo IPO e ISD.

5.1.2.1. Índice de Pobreza (IPO)

A Tabela 28 apresenta os indicadores do IPO e seus respectivos valores de peso para cada município.

Tabela 27 - Peso dos indicadores do IPO por município.

Indicador/ Município	Taxa de População com Probabilidade de Morrer aos 40 anos	Taxa de População acima de 25 anos Analfabetos	Proporção de Domicílios com Saneamento Inadequado	Taxa de Mortalidade Infantil até 5 anos de idade	Taxa de população com renda abaixo da linha de pobreza
Betânia	3	4	4	4	4
Floresta	3	2	4	3	4
Itacuruba	3	2	1	4	4

Fonte: Autor.

Com isso, foi elaborada a Tabela 29, a qual apresenta o IPO de cada município.

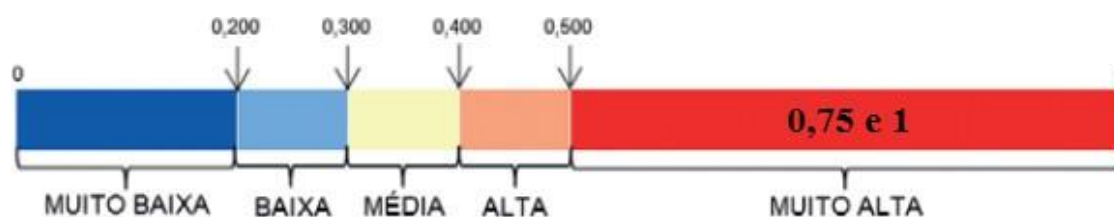
Tabela 28 - Índice de Pobreza por município.

Município	IPO
Betânia	4
Floresta	3
Itacuruba	4

Fonte: Autor.

Sendo assim, os municípios mais sensíveis ao processo de desertificação são os de Betânia e Itacuruba - vulnerabilidade muito alta. Já o de Floresta, a vulnerabilidade é alta (Figura 28).

Figura 28 - Valor do IPO na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

A partir dos indicadores utilizados para o desenvolvimento do IPO, pode-se observar que a pobreza populacional não está apenas ligada ao fator financeiro, mas também com o desenvolvimento humano, ou seja, deve ser levado em consideração o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, o qual é composto pelos indicadores financeiros, de renda, de educação e longevidade (FONSECA, 2017).

Segundo Olsson et al. (2014), a mudança climática acrescenta uma carga adicional às populações pobres e seus modos de vida, como uma multiplicadora de ameaças, exacerbando a pobreza na maioria dos países em desenvolvimento. Podendo também criar novos grupos de pessoas pobres, mesmo em regiões ou países desenvolvidos.

Sendo assim, a desertificação afeta a vida das pessoas pobres, diretamente, através de impactos nos meios de subsistência, como a erosão dos solos, baixo índice pluviométrico e consequente redução nos rendimentos do plantio e colheita, e de forma indiretamente, por meio, por exemplo, do aumento dos preços dos alimentos e da insegurança alimentar.

5.1.2.2 Índice Sociodemográfico (ISD)

A Tabela 30 apresenta os indicadores do ISD e seus respectivos valores de peso para cada município.

Tabela 29 - Peso dos indicadores do ISD por município.

Indicador/ Município	Taxas de Mulheres Chefes de Família com menos de 4 anos de Instrução	Taxa de Chefe de Família Jovem (15 a 29)	Taxa de Criança até 5 anos de Idade	Taxa de População Idosa (+60)
Betânia	4	3	3	4
Floresta	3	4	3	3
Itacuruba	3	4	4	3

Fonte: Autor.

Com isso, foi elaborada a Tabela 31, a qual apresenta o ISD de cada município.

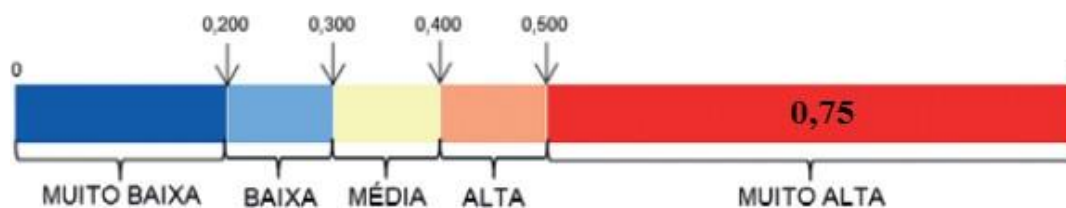
Tabela 30 - Índice Sociodemográfico por município.

Município	ISD
Betânia	3
Floresta	3
Itacuruba	3

Fonte: Autor.

Como pode-se observar, o ISD foi de vulnerabilidade muito alta para os três municípios estudados (Figura 29).

Figura 29 - Valor do ISD na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

A partir do desenvolvimento dos IPO e ISD foi possível realizar o cálculo do Índice de Sensibilidade (Tabela 32).

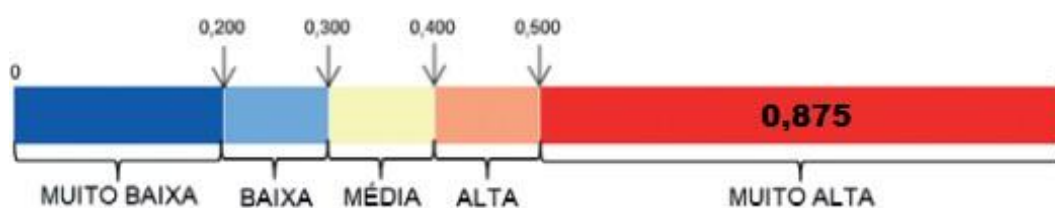
Tabela 31 - Índice de Sensibilidade por município.

Município	ISE
Betânia	3,5
Floresta	3,5
Itacuruba	3,5

Fonte: Autor.

Com isso, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, dividindo o valor do peso 3,5 por 4, obteve-se o de 0,875 na escala de intensidade da vulnerabilidade, ou seja, os municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, no que diz respeito ao Índice Sociodemográfico, possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 30).

Figura 30: Valor do ISE na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Com isso, pode-se perceber que no contexto da vulnerabilidade à desertificação, a combinação dos elementos de pobreza e fatores sociodemográficos evidenciam a sensibilidade da população dos municípios.

5.1.3 Índice de Capacidade Adaptativa (ICA)

O ICA é constituído pelo Índice IFDM e o ICAB.

5.1.3.1 Índice FIRJAM de Desenvolvimento Municipal (IFDM)

A Tabela 33, apresenta o IFDM dos municípios estudados e o período ano-base de 2005 a 2013.

Tabela 32 – Valor do IFDM dos municípios estudados por ano.

Município/Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média
Betânia	0,3420	0,3798	0,4091	0,4476	0,4843	0,4996	0,5188	0,5384	0,5674	0,4652
Floresta	0,3836	0,4362	0,4615	0,4703	0,5331	0,5475	0,5987	0,5690	0,5605	0,5285
Itacuruba	0,4307	0,4968	0,5366	0,5272	0,5801	0,5483	0,5297	0,5316	0,5758	0,5067

Fonte: Autor.

Sendo assim, a Tabela 34 associa o valor da média anteriormente citada, a intensidade de vulnerabilidade.

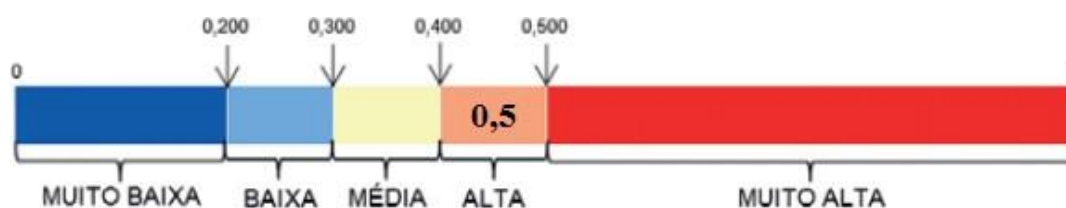
Tabela 33 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal por município.

Município	IFDM
Betânia	2
Floresta	2
Itacuruba	2

Fonte: Autor.

Pode-se observar que o IFDM de peso 2 corresponde a intensidade de alta vulnerabilidade, o que corresponde ao nível de desenvolvimento regular desses municípios no que diz respeito a emprego e renda, geração e saúde (Figura 31).

Figura 31 - Valor do IFDM na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

5.1.3.2 Indicador de Cobertura de Atenção Básica (ICAB)

A Tabela 35 apresenta o ICAB para cada município estudado, de acordo com as médias das taxas de prevalência das doenças relacionadas ao processo de desertificação no período de 2000 a 2015.

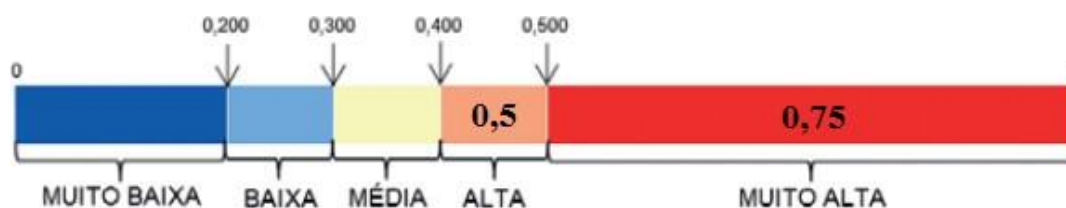
Tabela 34 - Taxa de Prevalência por doença e respectivo peso de cada município.

Município	Taxa de Prevalência (Desnutrição)	Taxa de Prevalência (Diarreia)	Taxa de Prevalência (Pneumonia)	Taxa de Prevalência (Tuberculose)	Média	Peso
Betânia	235,54	339,68	115,8	13,87	176,22	3
Floresta	62,49	665,20	27,66	12,41	191,94	3
Itacuruba	181,58	228,73	20,6	18,92	112,46	2

Fonte: Autor.

A partir da Tabela anterior foi possível verificar que o município de Betânia e Floresta possuem vulnerabilidade muito alta da população em relação às doenças relativas ao processo de desertificação. O município de Itacuruba possui alta vulnerabilidade da população, pois o mesmo possui menor área territorial e menor percentual populacional comparado a ela (Figura 32).

Figura 32 - Valor do ICAB na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Observou-se também que o município de Betânia apresenta um número mais elevado das doenças em comparação aos demais municípios. Com relação à diarreia, os três municípios tiveram um maior valor comparado às outras doenças, isso mostra que há um déficit na qualidade das águas o que pode ser decorrente da falta de infraestrutura de saneamento básico, como abordado no IPO.

Foram utilizados dois municípios do sertão: Petrolândia, o qual está inserido no Sertão do São Francisco, e Custódia, que está inserido no Sertão Pernambucano para comparar as taxas de prevalência com os municípios foco do presente estudo: Floresta - Sertão do São Francisco - e Betânia - Sertão Pernambucano - como apresentado na Tabela 36 Os dois municípios comparados não se inserem e estão distantes do núcleo de desertificação do Estado.

Tabela 35 - Quadro comparativo da taxa de prevalência do município de Betânia e Floresta.

Município	Taxa de Prevalência (Desnutrição)	Taxa de Prevalência (Diarreia)	Taxa de Prevalência (Pneumonia)	Taxa de Prevalência (Tuberculose)	Média	Peso
Betânia	235,54	339,68	115,8	13,87	176,22	3
Custódia	86,47	136,27	215,92	13,21	112,97	2
Floresta	62,49	665,20	27,66	12,41	191,94	3
Petrolândia	131,13	316,04	33,85	12,22	123,31	2

Fonte: Autor.

Pode-se observar na Tabela 36, que os municípios de Custódia e Petrolândia apresentaram médias menores do que Betânia e Floresta e seus respectivos peso de intensidade de vulnerabilidade reduziram, o que pode-se afirmar que, por não estarem não inseridos e nem próximos ao núcleo de desertificação do Estado, obtiveram vulnerabilidade média da população em relação às doenças relativas ao processo de desertificação.

A partir do desenvolvimento dos IFDM e ICAB foi possível realizar o cálculo do Índice de Capacidade Adaptativa para os municípios em estudo (Tabela 37).

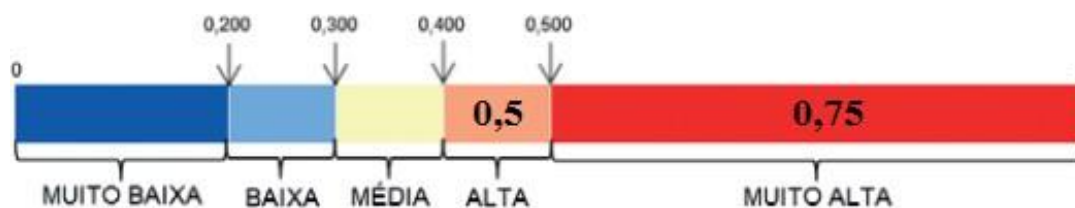
Tabela 36 - Índice de Capacidade Adaptativa por município.

Município	ICA
Betânia	3
Floresta	3
Itacuruba	2

Fonte: Autor.

Dessa forma, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, para o município de Itacuruba, o peso 2 foi dividido por 4 e equivale ao valor de 0,5 na escala de intensidade da vulnerabilidade, o qual possui intensidade de vulnerabilidade alta. Já Betânia e Floresta, obtiveram o peso 3, o qual equivale ao valor de 0,75, o qual corresponde a intensidade muito alta da vulnerabilidade (Figura 33).

Figura 33 - Valor do ICA na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Os resultados corroboram com o abordado por Arent, 2014, o qual afirma que as alterações relacionadas com as mudanças do clima, particularmente os eventos climáticos extremos, têm o potencial de afetar o setor de saúde por meio de impactos nas infraestruturas e na prestação de serviços de saúde, a partir de um rápido e intenso aumento na demanda. O aumento da procura de serviços cria encargos adicionais sobre a saúde pública e os profissionais responsáveis pelo cuidado em saúde, com potenciais consequências econômicas.

Sendo assim, o processo de desertificação intensifica o não desenvolvimento municipal, pois a o indicador de saúde e geração de emprego e renda são sempre considerados para os casos dos 3 municípios estudados, de baixo desenvolvimento, ou seja, os efeitos da desertificação sobre essas populações causa a alta vulnerabilidade dessas regiões.

5.1.4 Índice Climático (IC)

O IC é constituído pelo índice de anomalia de temperatura e de precipitação.

5.1.4.1 Anomalia de Temperatura

A Tabela 38 apresenta os municípios estudados e os valores da anomalia de temperatura para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, e o peso referente a cada.

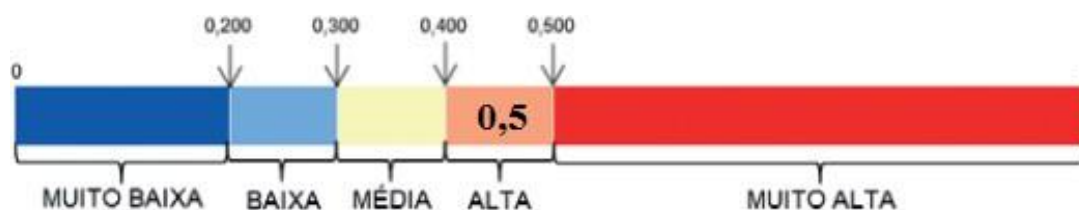
Tabela 37 - Anomalia de temperatura RCP 4.5 e RCP 8.5 e seus respectivos pesos por município.

Município	Anomalia de Temperatura 4.5	Peso RCP 4.5	Anomalia de Temperatura 8.5	Peso RCP 8.5
Betânia	1,583	2	3,46	4
Floresta	1,583	2	3,54	4
Itacuruba	1,583	2	3,46	4

Fonte: Autor.

A anomalia de temperatura RCP 4.5, na escala de vulnerabilidade está de acordo com a Figura 34.

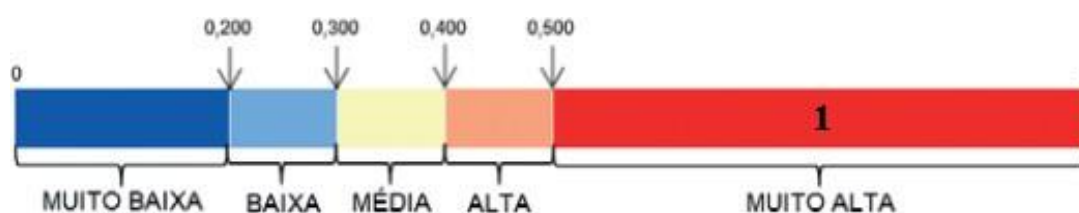
Figura 34 - Valor da anomalia de temperatura RCP 4.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Para a anomalia de temperatura RCP 8.5, a Figura 35 apresenta o valor na escala de vulnerabilidade.

Figura 35: Valor da anomalia de temperatura RCP 8.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

5.1.4.2 Anomalia de Precipitação

A Tabela 39 apresenta os municípios estudados e os valores da anomalia de precipitação e o peso referente.

Tabela 38 -: Anomalia de precipitação RCP 4.5 e RCP 8.5 por município.

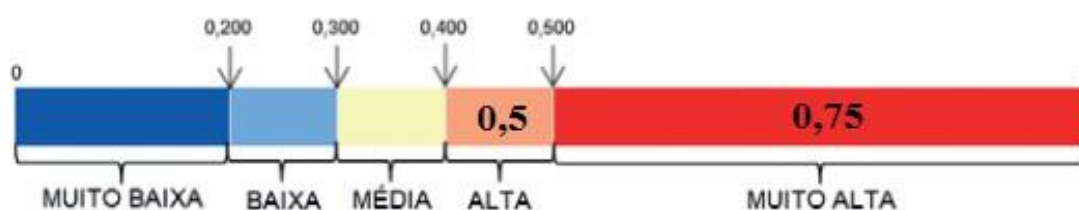
Município	Anomalia de Precipitação 4.5	Peso RCP 4.5	Anomalia de Precipitação 8.5	Peso RCP 8.5
Betânia	-0,375	2	-0,875	4
Floresta	-0,5	3	-0,96	4
Itacuruba	-0,375	2	-0,80	4

Fonte: Autor.

No que diz respeito ao cenário RCP 4.5, o padrão de emissão de gases de efeito estufa e consequente alteração na temperatura e precipitação se mantem estável, aumentando a temperatura em 1,6° C para cada município e reduzindo o volume de precipitação em aproximadamente 0,4 milímetros para os municípios de Betânia e Itacuruba e de 0,5 milímetros para o município de Floresta. O município de Floresta é o único que sofre uma alteração na intensidade da vulnerabilidade.

A Figura 36 apresenta a anomalia de precipitação na escala de vulnerabilidade do RCP 4.5. Os municípios de Betânia e Itacuruba apresentam alta vulnerabilidade, já Floresta, vulnerabilidade muito alta.

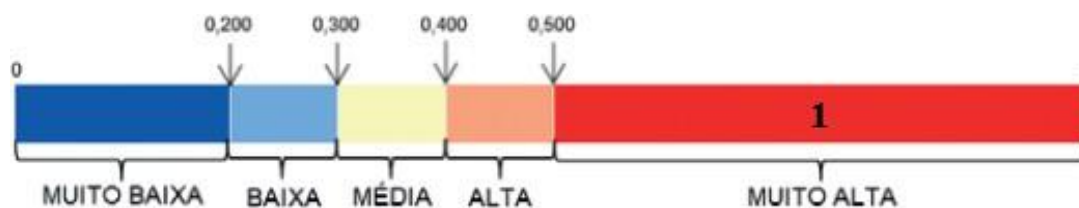
Figura 36 - Valor da anomalia de precipitação RCP 4.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Já para o RCP 8.5, a alteração da temperatura será de 3,46° C para os municípios de Betânia e Itacuruba e de 3,54° C para o de Floresta. A precipitação será reduzida em 0,875 mm para o município de Betânia, 0,80 mm para o de Itacuruba e 0,96 mm para Floresta, o qual possui maior redução.

A Figura 37 apresenta a anomalia de precipitação na escala de vulnerabilidade do RCP 8.5. Os municípios estudados possuem vulnerabilidade muito alta.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

A partir dos cálculos de anomalia de temperatura e precipitação para cada cenário, foi possível calcular o IC como apresentado na Tabela 40.

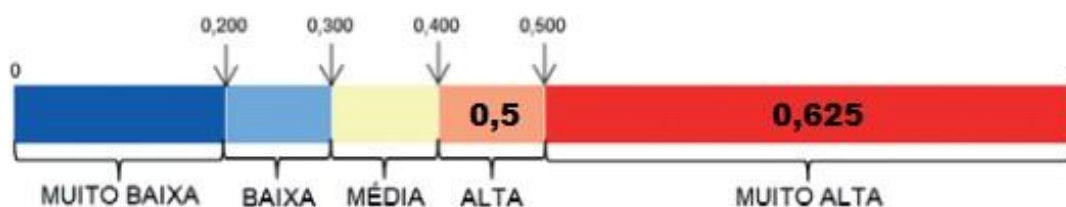
Tabela 39 - Índice climático IC 4.5 e IC 8.5 por município.

Município	IC 4.5	IC 8.5
Betânia	2	4
Floresta	2,5	4
Itacuruba	2	4

Fonte: Autor.

Dessa forma, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, a vulnerabilidade do IC 4.5 nos municípios de Betânia e Itacuruba que possuem peso 2 dividindo-o por 4, corresponde ao valor de 0,5. Para Floresta, o peso 2,5 dividido por 4, corresponde ao valor 0,625 (Figura 38). Ou seja, para o IC 4.5, a vulnerabilidade dos municípios de Betânia e Itacuruba são altas e Floresta possui vulnerabilidade muito alta.

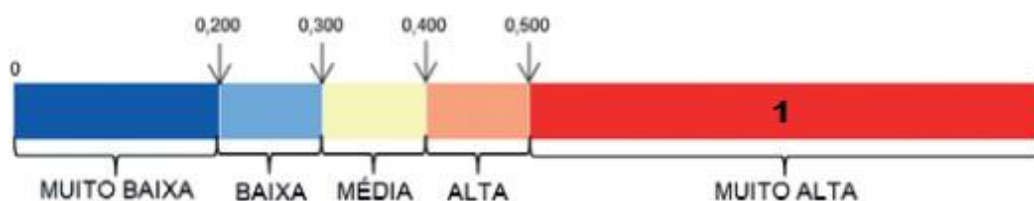
Figura 38 - Valor do IC 4.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

No que diz respeito ao IC 8.5, os três municípios correspondem ao valor de peso 4 e dividindo-o por 4, o valor na escala do IV é de 1, o qual indica que os três municípios possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 39).

Figura 39 - Valor do IC 8.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Com base nos valores e intensidades obtidos, pode-se observar que para ambos os casos o aumento de temperaturas e redução da precipitação causa consequências negativas e intensifica o processo de desertificação, principalmente no índice climático 8.5. A redução desses fatores afeta na sistematização do ciclo hidrológico, com consequências diretas no crescimento e restauração da cobertura vegetal. Com isso, a agricultura e pecuária ficam comprometidas e a população desses municípios virá a sofrer impactos socioeconômicos.

5.1.5 Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG)

O IVG é composto pelo IEX, ISE, ICA.

Na Tabela 41, observa-se o IVG para cada município.

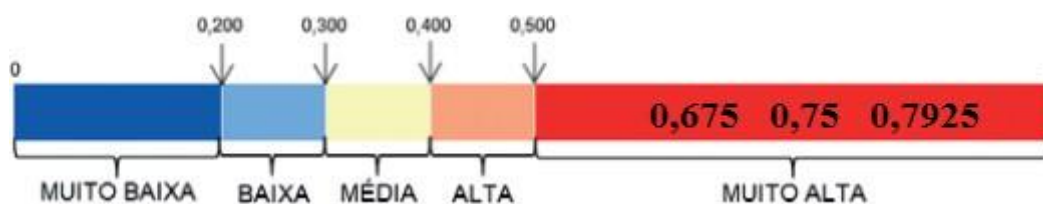
Tabela 40 - Índice de Vulnerabilidade Geral por município.

Município	IVG
Betânia	3
Floresta	3,17
Itacuruba	2,7

Fonte: Autor.

Dessa forma, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, a vulnerabilidade do IVG, o peso do município de Betânia equivale ao valor de 0,75 na faixa do IV. Para Floresta, o peso se refere ao valor de 0,7925. Já para Itacuruba, o valor do peso referiu-se a 0,675. Ou seja, no que diz respeito ao IVG, os três municípios possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 40) aos processos de desertificação para o período estudado.

Figura 40 - Valor do IVG na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, adaptado.

5.1.6 Índice de Vulnerabilidade Humana (IVH)

O IVH é formado a partir dos IVG e o IC 4.5 e IC 8.5. Sendo assim, a Tabela 42 apresenta o IVH de cada município para cada cenário.

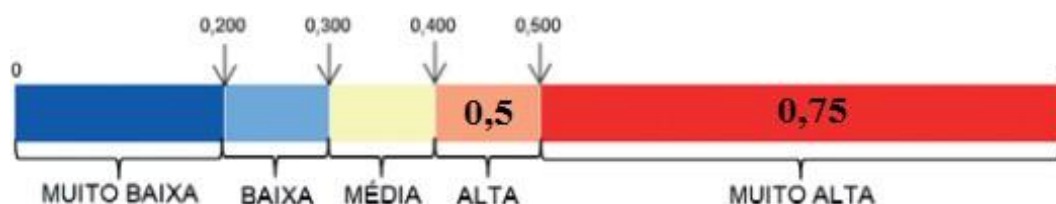
Tabela 41 - IVH para cenário de IC 4.5 e IC 8.5 por município.

Índices/ Municípios	IVG	IC 4.5	IC 8.5	IVH 4.5	IVH 8.5
Betânia	3	2	4	2,5	3,25
Floresta	3,17	2,5	4	3	3,375
Itacuruba	2,7	2	4	2,5	3

Fonte: Autor.

Sendo assim, o IVH 4.5 dos municípios de Betânia e Itacuruba equivalem ao valor de 0,5 possuindo vulnerabilidade alta na escala de vulnerabilidade e o de Floresta o tem valor 0,75, o qual possui vulnerabilidade muito alta (Figura 41).

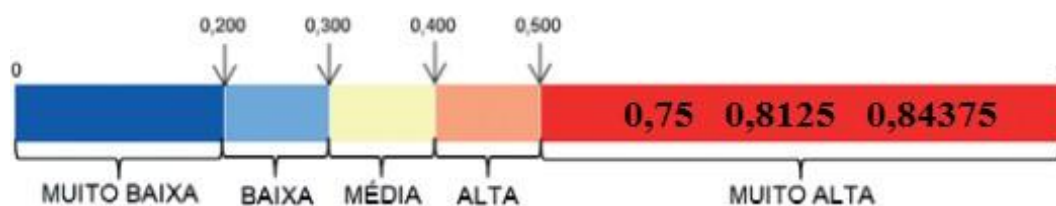
Figura 41 - Valor do IVH 4.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

Para o IVH 8.5 do município Betânia possui valor de 0,8125 na escala do IV. Para Floresta o valor correspondeu a 0,84375 e, Itacuruba ao valor de 0,75, os quais se encontram em intensidade muito alta na escala de vulnerabilidade (Figura 42).

Figura 42 - Valor do IVH 8.5 na escala de vulnerabilidade.



Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

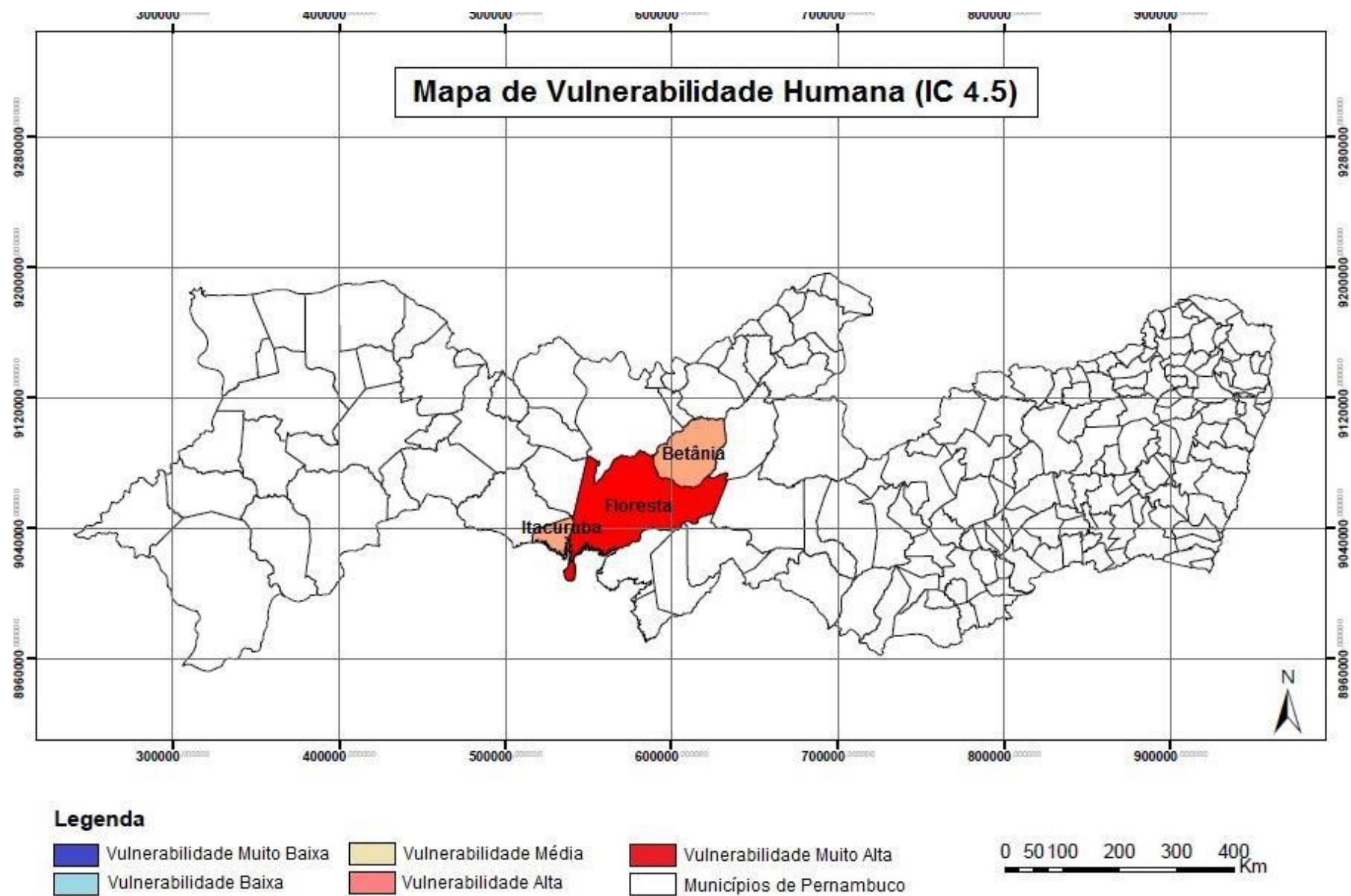
Observou-se que para o contexto geral, o município de Floresta possui maior vulnerabilidade. Tanto no para os cenários 4.5 (Figura 39) e 8.5, o município de Floresta apresenta maior vulnerabilidade humana. Ou seja, possui menor percentual de cobertura vegetal, tipos de solos mais susceptíveis à erosão, maior ocorrência de desastres naturais no que diz respeito aos eventos extremos seca e estiagem, e maior intensidade climática com altas temperaturas e baixa precipitação. Sendo assim, o município de Floresta possui maior vulnerabilidade ao processo de desertificação para os cenários climáticos: intermediário e intenso.

Os municípios de Betânia e Itacuruba possuem maior percentual de vegetação e tipos de solo menos sensíveis à erosão. Para a intensidade de mudança do clima para os dois cenários, esses municípios terão alterações de temperaturas e pluviometrias não tão intensas quanto o de Floresta, mas também sofrerão consequências negativas dos processos de desertificação.

5.1.6.1 Mapas Temáticos do Índice de Vulnerabilidade Humana

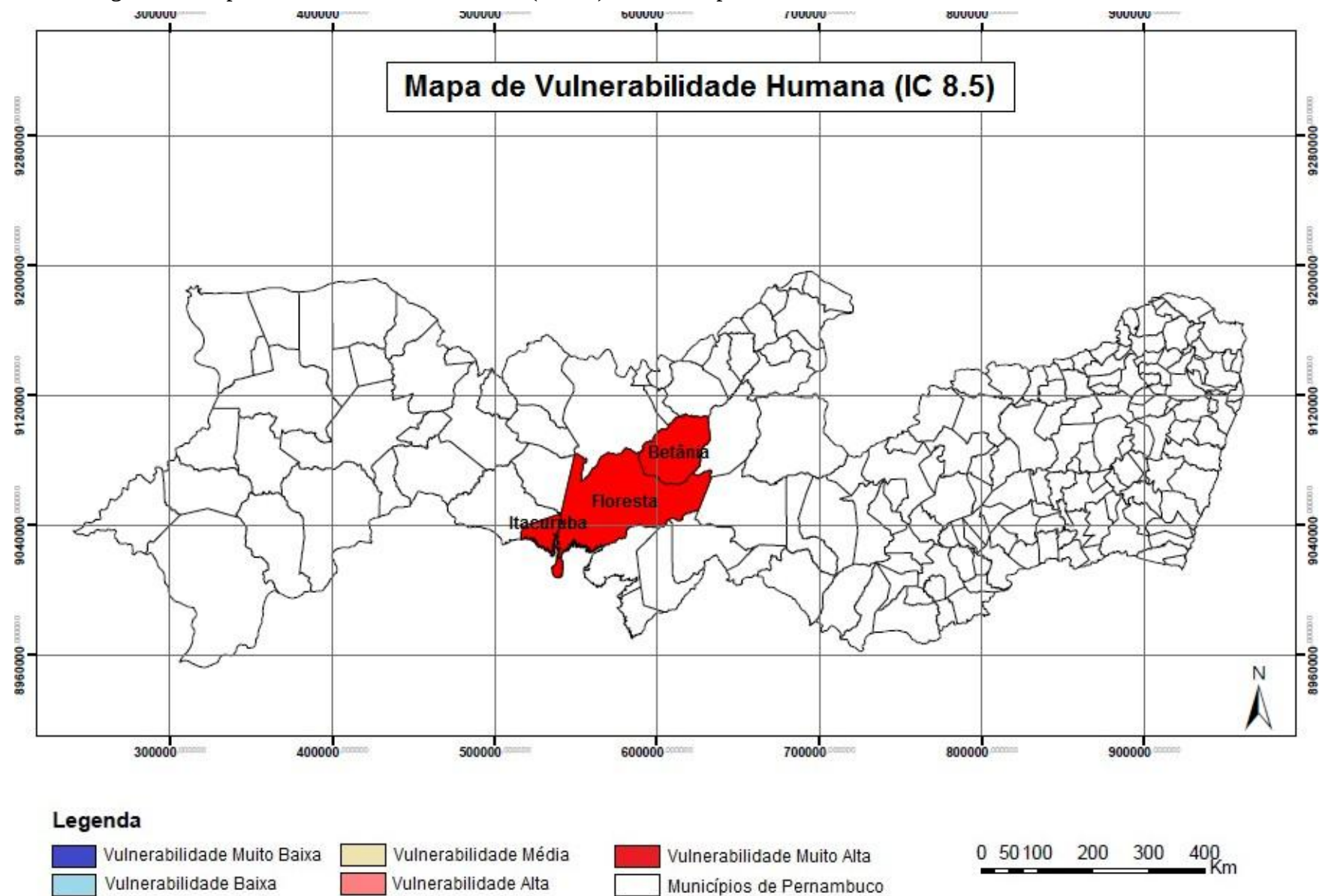
A partir da geração dos índices de vulnerabilidade humana 4.5 e 8.5, explanado anteriormente, foi possível desenvolver os Mapas de Vulnerabilidade Humana relativos ao processo de desertificação dos municípios estudados no presente trabalho. Os quais são observados na Figura 43 (IVH do IC 4.5) e Figura 44 (IVH do IC 8.5).

Figura 43: Mapa de Vulnerabilidade Humana (IC 4.5) dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, PE.



Fonte: Autor

Figura 44: Mapa de Vulnerabilidade Humana (IC 8.5) dos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba, PE.



Fonte: Autor

6 CONCLUSÃO

Sendo assim, o SIG desenvolvido foi eficaz para geração de informações, monitoramento climático e populacional dos municípios frente ao processo de desertificação.

Com relação ao índice de exposição, foi possível verificar que a falta de cobertura vegetal associado às ações antrópicas, o tipo de solo e relevo influenciam diretamente a vulnerabilidade dos municípios, aumentando o índice de desastres naturais ligados ao processo de desertificação, o qual pode vir a se intensificar com as anomalias de aumento de temperatura e redução da precipitação.

No contexto da sensibilidade possui indicadores de alta influencia, pois os municípios estudados possuem má distribuição da renda, taxas altas de analfabetismo e mortalidade infantil, elevada proporção de domicílios sem saneamento adequado, o que leva a uma composição familiar vulnerável.

Para a capacidade adaptativa, os municípios são considerados sensíveis a doenças relacionadas à desertificação, com alto nível populacional afetado e baixo acesso à ofertas de serviços públicos de saúde.

No que diz respeito ao índice climático, a anomalia de intensidade média (4.5) e alta (8.5) terão uma alta diminuição dos níveis de precipitação e aumento de temperatura, com isso, terão vulnerabilidade muito alta, a qual interfere diretamente no abastecimento e consequentemente nos meios de subsistência da população dos municípios estudados.

o município de Floresta apresenta maior vulnerabilidade humana. Ou seja, possui menor percentual de cobertura vegetal, tipos de solos mais susceptíveis à erosão, maior ocorrência de desastres naturais no que diz respeito aos eventos extremos seca e estiagem, e maior intensidade climática com altas temperaturas e baixa precipitação. Sendo assim, o município de Floresta possui maior vulnerabilidade ao processo de desertificação para os cenários climáticos: intermediário e intenso.

Os municípios de Betânia e Itacuruba possuem maior percentual de vegetação e tipos de solo menos sensíveis à erosão. Para a intensidade de mudança do clima para os dois cenários, esses municípios terão alterações de temperaturas e pluviometrias não tão intensas quanto o de Floresta, mas também sofrerão consequências negativas dos processos de desertificação.

Baseado na agregação dos aspectos ambientais, sociais e epidemiológicos aos cenários climáticos projetados, o IVH calculado para os dois cenários climáticos dos três municípios estudados evidenciou uma alta vulnerabilidade da população humana, principalmente para o

município de Floresta. Mesmo apresentando melhores índices de sensibilidade e capacidade adaptativa, esses municípios apresentaram índices elevados de exposição e dependem fortemente da agropecuária. Sendo assim, a economia e o sustento desses municípios podem ser bastante impactados pelas anomalias climáticas diretamente ligadas à desertificação.

O Sistema possui suma importância no que diz respeito aos resultados dos cálculos para os índices relacionados ao processo de desertificação, pois possibilita o usuário a gerar mapas temáticos para identificação dos municípios de Pernambuco que necessitem de maior atenção prioridades na elaboração, implementação e acompanhamento de ações de políticas públicas voltadas para a adaptação da população à desertificação.

O reconhecimento por parte dos Governos Estadual e Municipais da questão da vulnerabilidade à desertificação para desenvolver políticas públicas eficazes é fundamental para a melhoria da qualidade de vida da população. Este trabalho mostra a necessidade de avaliar periodicamente a sustentabilidade no desenvolvimento regional voltado para a preservação do ambiente e sociedade, redistribuindo e melhorando a oferta dos serviços públicos, para uma ampliação da capacidade adaptativa das populações nessas regiões aos processos de desertificação.

REFERÊNCIAS

- AGENA, A. S. S; SAAD, A. A M. **Estudo da erodibilidade como subsídio para o controle preventivo da erosão.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 5. Anais..., Boletim de Campo, Bauru, 1995. p. 237-239.
- ALVES, R.B.O; PEREIRA, H.P; MELO, A.L; PAZ, J.O.S; LIMA, J.D.L; **Geração de Banco de Dados Espaciais do Satélite MODIS, Visando o Estudo de Parâmetros Ambientais e Suas Relações com as Mudanças Climáticas.** In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GEONORDESTE), 11. 2012, Aracajú. Anais IV GEONORDESTE, Aracajú, 2012. Disponível em: < <http://octeventos.com.br/sites/vigeonordeste/>>.
- ALVES, R.B.O. **Identificação do processo de desertificação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil, a partir do processamento de imagens de satélite e dados pluviométricos.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2017, Santos/SP. **Anais...** São Paulo, Brasil. 2017.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de; et. al. **Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil.** In: Cintra, F. L. D.; Anjos, J. L. dos; Ivo, W. M. P. (org.) Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, 2001, Aracaju/SE. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, p.123-139.
- ARAUJO, A.; SANTOS, F.V; MEUNIER, I.M.J; RODAL, M.J.N. **Desertificação e Seca.** Editora Nordeste. 63 p. Recife. 2002.
- ARAUJO, K. D. **Variabilidade temporal das condições climáticas sobre as perdas de CO₂ na encosta do açude Namorados, em São João do Cariri-PB.** 101f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação do Solo e Água) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.
- BRAGA, T.M; OLIVEIRA, E.L; GIVISIEZ, G.H.N. **Avaliação de metodologias de mensuração de risco e vulnerabilidade social a desastres naturais associados à mudança climática.** In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais. ABEP. Caxambú, MG. 18/set de 2006.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.** Brasília. 2000. 32p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Projeto Saúde Mais Perto de Você.** Brasília, 2012. Disponível em: < http://dab.saude.gov.br/portaldab/smp_o_que_e.php> Acesso em: 19 dez 2017.
- BROOKS, N. **Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework.** Norwich: Tyndall Center for Climate Change Research, 2003. 20 p. Technical Report 38.
- BROOKS, N. **Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework.** Norwich: Tyndall Center for Climate Change Research, 2003. 11-12 p. Technical Report 38.

BRUNKARD, J.; NAMULANDA, G.; RATARD, R. **Hurricane Katrina deaths**, Louisiana, 2005. Disaster Med. Public Health Prep., Cambridge, v. 2, n. 4, p. 215-223, dec.2008.

CÂMARA, G. Sistema de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: uma visão geral. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>> Acesso em: 15 jun 2018.

CAMARA, G. **Representação Computacional de Dados Geográficos**. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos. São Paulo. 2005.

CANZIANI, O.F; MCCARTHY, J.J; LEARY, N.A; DOKKEN, D.J; WHITE, K.S. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability**. 1 ed. University of Cambridge. USA. 2001. p.1-1042.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003. 182 p.

CHAVES, L.H.G; CHAVES, I.B; VASCONCELOS, A.C.F; PAES-SILVA, A.P. **Salinidade das Águas superficiais e suas relações com a natureza dos solos na Bacia Escola do Açude Namorado e Diagnóstico Do Uso e Degradação das Terras**. Relatório Técnico. Campina Grande. 2002

CONFALONIERI, U.E.C. **Vulnerabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil**. Fundação Oswaldo Cruz. São Paulo. v. 19, n. 20, p. 193-204. jan/jul 2003.

COSTELLO, A. et al. **Managing the health effects of climate change: Lancet and University College London Institute for Global Health Commission**. The Lancet, London, v. 373, n. 9676, p. 1693-1733, may. 2009. Disponível em: <http://ac.elscdn.com/S0140673609609351/1-s2.0-S0140673609609351-in.pdf?_tid=34e9503ada0fc8bbdaa0a073b024ef63&acdnat=1335462618_5d16db7a3a19f852e55f5f9c3aaf0cba>. Acesso em: 13 jan 2018.

CPRM, **Diagnóstico do Município de Betânia**. Recife, p. 2, 2005.

CPRM, **Diagnóstico do Município de Betânia**. Recife, p. 4, 2005.

DILLEY et al. (2005). Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. Washington: World Bank Publications.

EMBRAPA. **Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco**. Recife. 2000.

EMBRAPA. **Mapa Exploratório do Município de Betânia**. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Embrapa Solos, UEP Recife. 2001.

EMBRAPA. **Mapa Exploratório do Município de Itacuruba**. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Embrapa Solos, UEP Recife. 2001.

EMBRAPA. **Mapa Exploratório do Município de Floresta**. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Embrapa Solos, UEP Recife. 2001.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal** (IFDM). Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: < <http://www.firjan.com.br/ifdm/>> Acesso em: 11 out 2017

FIELD, C. B. et al. Technical summary. In: FIELD, C. B. et al. (Ed.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 35-94.

FILHO, J.L. IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informação Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. Anais, XVI Congresso da SBC, Recife-PE. 1996.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 43. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 100. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 101. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 109. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 118. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FONSECA, A.F.Q. **Vulnerabilidade Socioambiental e de Saúde da População dos Municípios Mineiros aos Impactos das Mudanças Climáticas**. Belo Horizonte, 2017. p. 132. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva). Fundação Oswaldo Cruz. 2017.

FÜSSEL, H.M; KLEIN, R.J.T. **Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking**. In: Climatic Change (2006) 75: 301–329. DOI: 10.1007/s10584-006-0329-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-006-0329-3?LI=true> Acesso em: 08 jan 2018.

GALINDO, I.C.L. **Relação solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no estado de Pernambuco**. 2007. 255p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007.

GONÇALVES, E. F.; MOLLER, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Distribuição dos desastres naturais no Estado de Santa Catarina: estiagem (1980-2003)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1., 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 773-786.

GOPINATHAN, K.K. **Solar radiation on variously oriented sloping surfaces**. Solar Energy, v. 47, n.3, p. 173-179, 1991.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 582 p. 2012 Disponível em: <http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2018.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013. The Physical Science Basis**. Working Groups I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 19 p, 2013.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013. The Physical Science Basis**. Working Groups I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 20 p, 2013.

IPEA. **Núcleo de Desertificação de Cabrobó**. 2014

IBGE. **Infográficos: Dados Gerais do Município de Betânia, PE**. Censo 2010.

IBGE. **Infográficos: Dados Gerais do Município de Itacuruba, PE**. Censo 2010.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial SPRING**. Disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>.

JARBAS, T; SÁ, I.B; PETRERE, V.G; TAURA, T.A. **Árvore do Conhecimento, Bioma Caatinga**. Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5snbmwc3w.html> Acesso em: 05 fev 2018.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Editora Edgard Blücher, 2000. 509 p.

MARTINS, C.M. **Atributos de solo e sua relação com o Processo de Desertificação no Semiárido de Pernambuco**. Pernambuco, 2009. p.22. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Universidade Federal de Pernambuco. 2009.

MATALLO J. H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO. 2001. (Cadernos UNESCO Brasil. Série Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2).

MCCARTHY, J.J; CANZIANI, O.F; LEARY, N.A; DOKKEN, D.J; WHITE, K.S. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptations, and Vulnerability**. 1 ed. University of Cambridge. USA. 2001. p.1-1042.

MCMICHAEL, A. J.; KOVATS, S. **Climate change and climate variability: Adaptation to reduce adverse health impacts**. Environ. Monit. Assess., Dordrecht, v. 61, n. 1, p. 49-64, mar 2000.

MIRANDA, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, 2010. 2 ed. 19p

NAHAS, M. I. P. **Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População como insumo para a elaboração das Ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil – Etapa 1: Construção de modelo conceitual para o Índice de Vulnerabilidade Geral**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisas René Rachou, FIOCRUZ, 2015. 82 p. Relatório.

NOBRE, C.A. **Mudanças Climáticas Globais: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do País**. 2001. vol. 6, n. 12, p. 240-258. Disponível em: < http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/186/180> Acesso em: 08 jan 2018.

NOBRE, C.A. **Mudanças Climática e o Brasil – Contextualização**. Brasília. vol. 13, n.27, p. 9, 2008. Disponível em: < http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/326> Acesso em: 08 jan 2018.

NOBRE, C.A; MASSAMBANI,; LIU, W.T. **Variabilidade climática na região semi-árida do Brasil e monitoramento e secas através de satélite**. In: Conferência Internacional sobre Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semi-Áridas – ICID, 1992, Fortaleza/CE. Anais... Fortaleza: ICID, 1992. P. 3159-3195.

OLIVERA, D.E; FERREIRA, C.C.M. **Estimativa da Distribuição do Balanço de Radiação Global na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, MG/RJ, e suas Correlações com Atributos do Meio Físico**. In: Semana de Geografia. Juiz de Fora. Anais II, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://www.ufjf.br/labcaa/files/2008/08/Mapeamento-da-radiao-global-da-Bacia-Hidrografica-do-Rio-Paraibuna-corrigido1.pdf>> Acesso em: 30 jan 2018.

O'RIORDAN T. (2002). **Precautionary Principle**, in: Tolba, M. K. (ed): *Encyclopedia of Global Environmental Change*, vol. 4. Chichester, UK: John Wiley.

PERERA, F. P., **Children are likely to suffer most from our fossil fuel addiction**. *Environ. Health Perspect.*, Durham, v. 116, n. 8, p. 987-990, 2008.

PINTO, R. M. F. **Condição feminina de mulheres chefes de família em situação de vulnerabilidade social**. *Serv. Soc. Soc.*, São Paulo, n. 105, p. 167-179, jan. /mar. 2011.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico dos solos em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988.
ROCHA FILHO, G.B. **Estudo do Potencial Agrícola e Não Agrícola do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil**. Recife, 2016. p. 36-39. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2016.

ROCHA FILHO, G.B. **Estudo do Potencial Agrícola e Não Agrícola do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil**. Recife, 2016. p. 36-39. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2016.

ROCHA FILHO, G.B. **Estudo do Potencial Agrícola e Não Agrícola do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil**. Recife, 2016. p. 41. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2016.

RODAL, M.J.N., SAMPAIO, E.V.S. & FIGUEIREDO, M.A. 1992. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - ecossistema Caatinga**. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília.

RODAL, M. J. N. SAMPAIO, E. V. S. B. **A vegetação do Bioma Caatinga**. In: SAMPAIO, E. V. S. B. GIULIETTI, A. M. VÍRGÍNIO, J. GAMARRA-ROJAS, C. F. L. Vegetação e Flora da Caatinga. Recife: APNE/CNIP, 2002. p.11-24.

RODRIGUES, W. **Pesquisa dos estudos e dados existentes sobre desertificação no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Combate à Desertificação. PROJETO BRA 93/036. 1997. 65p.

ROLIM, C. et al. **Construção de Indicadores de Pobreza: Aplicação do Índice de Pobreza Humana Municipal no Estado de Sergipe**. Rev. Econ. Nordeste., Fortaleza, v. 37, n. 4, out./dez. 2006.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. da S.; SILVA, A. de S. **Desertificação na Região de Cabrobó-PE: A Realidade Vista do Espaço**. In: III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aracaju/SE, **Anais...** Aracaju, 25 e 27 de outubro de 2006.

SÁ, I. B.; PETRERE, V.G; TAURA, T.A; JARBAS, T. **Árvore do Conhecimento Bioma Caatinga**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzh02wx5ok01edq5s5v9cimz.html> Acesso em: 26 nov 2017

SALA, M.G; GASPARETTO, N.V.L. **Fragilidade Ambiental dos Solos em Bacias Hidrográficas de Pequena Ordem: O Caso da Bacia do Ribeirão Maringá- PR**. In: Bol. geogr., Maringá, v. 28, n. 2, p. 113-126, 2010.

SCHENKEL, I.;SALATINO, C.; MATALLO, H.J. **Desertificação**. Brasília: UNESCO. (Cadernos UNESCO Brasil. Série Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2).

SEADE - FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Índice Paulista de Vulnerabilidade Social – IPVS**. Versão 2010. São Paulo: SEADE, 2013. 18 p.

SILVA, J.SV. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Taquari MS/MT**. 2003. 307 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, H.P. **Mapeamento das Áreas Sob Risco de Desertificação no Semiárido de Pernambuco a Partir de Imagens de Satélite**. 2009. 16p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, H.P. **Mapeamento das Áreas Sob Risco de Desertificação no Semiárido de Pernambuco a Partir de Imagens de Satélites**. 2009. p. 51. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SILVA, H.P. **Mapeamento das Áreas Sob Risco de Desertificação no Semiárido de Pernambuco a Partir de Imagens de Satélite**. 2009. 110p. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SMITH, K. R. et al. **Human health: impacts, adaptation, and co-benefits**. In: FIELD, C. B. et al. (Ed.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 709-754.

SOARES, D. B. et al. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas de identificação de áreas em processo de desertificação**. In: GALVÍNCIO, J. D (org). *Mudanças climáticas e impactos ambientais*. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2010.

SOARES, D. B. (2012). **Degradação ambiental no semiárido pernambucano: contribuição ao estudo da desertificação**. Recife: UFPE/Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente (Dissertação de Mestrado). Disponível em: http://especiais.ne10.uol.com.br/vocemais20/imagens/007/SOARES_2012.pdf. Acesso em: 09 jan 2018.

Souza, B.I; Antunes, D.M.S; Rodrigues, E.V.L. **Desertificação e seus Efeitos na Vegetação e Solos do Cariri Paraibano**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 8, núm. 16, 2009, pp. 217-232 Universidade Federal do Ceará Fortaleza, Brasil

THOMPSON, J. CAIRNCROSS, C. **Drawers of water: assessing domestic water use in Africa**. Bull Who, v. 80, p. 61-62, 2002.

TORRES, Filipe Dantas; FILHO, Sinval P. Brandão. **Expansão geográfica da leishmaniose visceral no Estado de Pernambuco**. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, vol 39, p. 352-356. 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v39n4/a07v39n4>>

UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC. **Green Grwoth at the Glance: The Way Foreward for Asia and the Pacific**. Bangkok, 2006.

VASCONCELOS, J. S. **Metodologia para identificação de desertificação: Manual de Indicadores do Recife**, SEMA/SUDENE, 1978.

VASCONCELOS, J. S. (1982). **Processos de Desertificação ocorrentes no Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: SUDENE.

VEIGA, T. C. & SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas potenciais para atividades turísticas: O caso do Município de Macaé – RJ**. In: SILVA, J. X. & ZAIDAN, R. T. (Org.) *Geoprocessamento & Análise ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.179-215, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Gender, Climate Change and Health*. Public Health & Environment Department (PHE), Health Security & Environment Cluster (HSE), World Health Organization (WHO). Geneva: WHO, 2011. 36 p.

