

JUCIÊ DE SOUSA ALMEIDA

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO
POLO DE DESENVOLVIMENTO
AGROINDUSTRIAL DO ALTO PIRANHAS
UTILIZANDO CRITÉRIOS DA ECODINÂMICA DA
PAISAGEM**

Pombal-PB

Dezembro de 2013

JUCIÊ DE SOUSA ALMEIDA

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO POLO DE
DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL DO ALTO
PIRANHAS UTILIZANDO CRITÉRIOS DA ECODINÂMICA
DA PAISAGEM**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Paulo Xavier Pamplona.

Pombal-PB
Dezembro de 2013

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

DIS

A447a

Almeida, Juciê de Sousa.

Análise da degradação ambiental do polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas utilizando critérios da ecodinâmica da paisagem / Juciê de Sousa Almeida. - Pombal, 2013.

121fls.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2013.

"Orientação: Prof.º Dr. Paulo Xavier Pamplona".

Referências.

1. Degradação Ambiental. 2. Desequilíbrio Ambiental. 3. Meio Ambiente - Deterioração. I. Pamplona, Paulo Xavier. II. Título.

UFCG/CCTA

CDU 504

JUCIÊ DE SOUSA ALMEIDA

**ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO POLO DE
DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL DO ALTO
PIRANHAS UTILIZANDO CRITÉRIOS DA ECODINÂMICA
DA PAISAGEM**

Trabalho aprovado. Pombal-PB, 13 de Dezembro de 2013:

Prof. Dr. Sc. Paulo Xavier Pamplona.
Orientador - UFCG

**Dra Érica Cristine Medeiros Nobre
Machado**
Avaliador Interno - UFCG

Dra Valéria Peixoto Borges
Avaliador Externo - UFPB

Dra Aline Costa Ferreira
Avaliador Interno - UFCG

Pombal-PB
Dezembro de 2013

Este trabalho é dedicado à todos que me apoiaram e incentivaram ao longo dessa longa e gratificante jornada.

Agradecimentos

Após tantos obstáculos enfrentados ao longo desta caminhada, com força de vontade, perseverança e acima de tudo muito comprometimento finalmente consegui realizar este feito, no entanto nada teria conquistado se não fosse à presença de alguns envolvidos que me ajudaram durante esta minha trajetória. Assim...

Deixo meus agradecimentos:

A Deus por ter me dado força e coragem nos momentos mais difíceis.

Aos professores por ensinarem o dom da sabedoria. Em Especial ao meu professor orientador Paulo Xavier Pamplona, por ter me dado autonomia e ter ajudando bastante na realização deste trabalho científico.

Aos amigos e colegas de classe por compartilharem momentos de alegrias e superação no decorrer do curso.

Aos meus irmãos por terem apostado em meu potencial.

Ao meu pai Francisco Soares de Almeida, por acreditar que esse dia chegaria e a minha mãe Josefa de Sousa Almeida, que me guiaram e incentivaram a não desistir dos meus objetivos.

A minha Tia Celma (Branca), por ter me mostrado o quanto devemos encarar os desafios que a vida nos proporciona com fé, coragem, persistência e acima de tudo acreditar que tudo é possível.

A minha querida Avó Constância, por ter me ensinado ao longo de minha existência, as praticas do bom viver e pelos grandiosos gestos de cuidado que teve comigo no decorrer de sua vida.

Aos professores formadores da banca examinadora pela presença e pelo apoio.

"O espaço é uma acumulação desigual dos tempos. Milton Santos"

Resumo

O diagnóstico ambiental permite a identificação das áreas críticas quanto ao nível de degradação, sendo de extrema relevância para o desenvolvimento de medidas de preservação, conservação e recuperação. Este trabalho teve como objetivo realizar um diagnóstico dos níveis de deterioração ambiental na paisagem entre os anos de 2001 e 2012, adotando os critérios da ecodinâmica da paisagem nos municípios que compõem o polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas. Foram realizadas análises envolvendo a dinâmica da paisagem, da vulnerabilidade ambiental, do potencial social e econômico e graus de impactos ambientais. Constatou-se que as áreas apresentam predominância de média estabilidade/vulnerabilidade e moderada vulnerabilidade, Potencial social e econômico médio e moderadamente baixo, além de sustentabilidade ambiental média na maior parte dos municípios. Os impactos ambientais de classe alto e muito alto, principalmente nas áreas com atividades agropecuárias, o desmatamento está presente em todos os municípios, sendo proporcional ao tamanho do município e ao volume de atividades. Áreas com agropecuária aumentaram de (27,2% - 32,1%), caatinga estépica arborizada de (21,5% - 39,3%) e a caatinga estépica florestada diminuiu (9,7% - 21,5%). A classe agricultura irrigada ocupava 5,5% e passou para 6,6% da área, a zona urbana consolidada (9,1% - 11,3%) e as áreas com afloramento (0,4% - 0,2%). Considera-se os dados gerados pela pesquisa como mecanismo propulsor para a execução da proposta de desenvolvimento sustentável do polo do Alto Piranhas, a disseminação dos dados gerados em Sistema de Informações Geográficas, proporcionando a elaboração e implantação de políticas integradas e ações coordenadas.

Palavras-chaves: Deterioração. Desequilíbrio ambiental. Dinâmica da paisagem. Vulnerabilidade ambiental. Álgebra de mapas.

Abstract

The environmental assessment allows the identification of critical areas on the level of degradation is of utmost importance for the development of measures for preservation, conservation and restoration. This study aimed to perform a diagnostic levels of environmental degradation in the landscape between the years 2001 and 2012, adopting the criteria of ecodynamics landscape in the municipalities that comprise the agro-industrial development polo Alto Piranhas. Analyses involving the dynamics of the landscape, environmental, vulnerability, the potential social and economic impacts and degrees. It was found that areas feature predominantly medium stability/vulnerability and moderate vulnerability, potential social and economic medium to moderately low, and environmental sustainability mean in most municipalities. The environmental impacts of high and very high class, especially in areas with agricultural activities, deforestation is present in all municipalities, being proportional to the size of the municipality and the volume of activities. Areas with agriculture increased from (27,2% - 32,1%), wooded savanna steppe (21,5% - 39,3%) and forested savanna steppe decreased (9,7% - 21,5%). The class irrigated agriculture occupied 5,5% and increased to 6,6% of the area, the consolidated urban area (9,1% - 11,3%) and areas with outcrop (0,4% - 0,2%). Considers the data generated by the survey as propulsion mechanism for the implementation of sustainable development proposal Polo Alto Piranhas, dissemination of data generated by GIS, providing the design and implementation of integrated and coordinated actions

Key-words: Deterioration. Environmental imbalance. Landscape dynamics. Environmental vulnerability. Map algebra

Lista de ilustrações

Figura 1	Arquitetura de um SIG.	17
Figura 2	Classes de operações geográficas.	19
Figura 3	Base cartográfica (CAD) AESA - PB.	31
Figura 4	Localização do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	32
Figura 5	Pluviosidade da área de estudo.	33
Figura 6	Hipsometria da área de estudo.	37
Figura 7	Declividade do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	39
Figura 8	Solos do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	42
Figura 9	Litologia do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	46
Figura 10	Geomorfologia do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	48
Figura 11	Cobertura Vegetal do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	50
Figura 12	Coleção de Geo-objetos da área de Estudo.	56
Figura 13	Esquema analítico de geração do mapa de potencialidade social e econômica, conforme Meirelles <i>et al.</i> , (1999).	57
Figura 14	Uso do Solo por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas 2002.	60
Figura 15	Uso do Solo por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas 2012.	62
Figura 16	Desmatamento por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	65
Figura 17	Agropecuária mantida por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	66
Figura 18	Regeneração por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	67
Figura 19	Crescimento da cobertura vegetal por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	68
Figura 20	Crescimento das atividades agropecuárias por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	69
Figura 21	Dinâmica do Uso e Cobertura do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	70
Figura 22	Áreas com moderada estabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	72
Figura 23	Áreas com moderada estabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	73

Figura 24	Áreas com moderada vulnerabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	74
Figura 25	Áreas com vulnerabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	75
Figura 26	Vulnerabilidade Ambiental do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	76
Figura 27	Potencial Social e Econômico do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	77
Figura 28	Sustentabilidade Ambiental por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	80
Figura 29	Sustentabilidade Ambiental do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	81
Figura 30	Graus de Impactos Ambientais por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.	83

Lista de tabelas

Tabela 1	Quadriculas das cartas base (1:100.000) referentes ao polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas.	31
Tabela 2	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes intensidades das chuvas da área.	34
Tabela 3	Pluviosidade referente aos municípios do Alto Piranhas ano 2001.	35
Tabela 4	Pluviosidade referente aos municípios do Alto Piranhas ano 2012.	36
Tabela 5	Classes de Hipsometria da Área em Estudo.	37
Tabela 6	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes declividades da área.	38
Tabela 7	Classes de Declividade em da Área em Estudo.	38
Tabela 8	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes solos da área.	40
Tabela 9	Classes de Solos da Área em Estudo.	41
Tabela 10	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes litologias da área.	43
Tabela 11	Classes de Litologia da Área em Estudo.	44
Tabela 12	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes classes geomorfológicas da área.	46
Tabela 13	Classes de Geomorfologia da Área em Estudo.	47
Tabela 14	Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes usos e ocupações do solo da área.	48
Tabela 15	Classes de Uso e Cobertura do Solo da Área em Estudo.	49
Tabela 16	Quadriculas dos mapas de solos referentes ao polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas.	51
Tabela 17	Classes e Graus de Vulnerabilidade Ambiental.	54
Tabela 18	Valores de Potencialidade Social.	55
Tabela 19	Classes de Uso e Ocupação do Solo da área em estudo para o ano de 2002.	59
Tabela 20	Classes de Uso e Ocupação do Solo da área em estudo para o ano de 2012.	63
Tabela 21	Classes de Mudanças no Uso e Ocupação do Solo da área em estudo.	64
Tabela 22	Classes de Vulnerabilidade Ambiental da Área em Estudo para o ano de 2012.	71

Sumário

Introdução	14
Objetivos	16
1 Fundamentação teórica	17
1.1 Arquitetura de um SIG	17
1.2 Operações em álgebra de mapas e análise espacial	18
1.3 Diagnósticos ambientais e a ecodinâmica da paisagem	20
1.4 Sistemas de informações geográficas aplicadas ao planejamento do território: Zoneamento Ecológico-Econômico	25
2 Material e Métodos	30
2.1 Elaboração do banco de dados	30
2.2 Localização da Área de Estudo	32
2.3 Aspectos Gerais	33
2.3.1 Clima e Hidrografia	33
2.3.2 Hipsometria	37
2.3.3 Declividade	38
2.3.4 Solos	39
2.3.5 Litologia	42
2.3.6 Geomorfologia	45
2.3.7 Uso e Cobertura Vegetal	47
2.3.8 Mapa do Clima e Dados Pluviométricos:	50
2.3.9 Mapa de Hipsometria e Declividade:	50
2.3.10 Mapa de Pedologia:	51
2.3.11 Mapa da Litologia:	51
2.3.12 Mapa de Geomorfologia:	51
2.3.13 Mapa de Uso e Cobertura do Solo:	51
2.3.14 Mapa da Cobertura Vegetal:	53
2.3.15 Diagnóstico da Vulnerabilidade Ambiental:	53
2.3.16 Levantamento das Magnitudes dos Impactos Ambientais:	54
2.3.17 Diagnóstico Sócio-econômico e Avaliação do Potencial Social:	55
2.4 Análise das mudanças	58
2.5 Análise das relações	58
3 Resultados e discussão	59

3.1	Análise das mudanças e correlações	59
3.1.1	Mudanças no Uso e Ocupação do Solo 2002-2012	59
3.1.2	Vulnerabilidade Ambiental	71
3.1.2.1	Áreas Estáveis:	71
3.1.2.2	Áreas com Moderada Estabilidade:	72
3.1.2.3	Áreas com Média Estabilidade e Vulnerabilidade:	73
3.1.2.4	Áreas com Moderada Vulnerabilidade:	74
3.1.2.5	Áreas Vulneráveis:	75
3.1.3	Potencial Social e Econômico	76
3.1.4	Sustentabilidade Ambiental	77
3.1.5	Graus de Impactos	82
3.1.6	Sugestões para atividade futuras	84
	Conclusão	85
	Referências	87
	Apêndices	92
	APÊNDICE A Programas em LEGAL	93

Introdução

Hoje podemos observar, uma crescente preocupação em associar as políticas de desenvolvimento socioeconômico com políticas de recuperação e manutenção da qualidade ambiental do espaço. Muitos são os casos de um notável crescimento econômico de uma região aliado a um desequilíbrio ambiental. Essa situação atinge muitas vezes níveis drásticos, chegando a impossibilitar a continuidade de atividades econômicas específicas. Com o advento de processos técnicos e científicos, que promoveram uma nova dinâmica de estruturação da paisagem, com indícios consideráveis de degradação ambiental, essa realidade pode ser mudada ou simplesmente adequada.

A gestão do uso do território passou a ser um dos instrumentos de normatização indispensável para a readequação das atividades, atuando como um mecanismo disciplinador das intervenções antrópicas. Os zoneamentos em geral retratam esse mecanismo, em princípio os Zoneamentos Urbanos, seguidos dos Zoneamentos Rurais. Recentemente, com a finalidade de disciplinar as ações antrópicas no meio ambiente, surgiram os Zoneamentos Ambientais.

Os Zoneamentos ambientais em geral têm como objetivo principal o ordenamento do território em áreas ou zonas homogêneas com características e potencialidades similares. No caso do Zoneamento Ambiental, esse ordenamento objetiva a delimitação de zonas com características e potencialidades ambientais semelhantes. A delimitação dessas zonas se dá pela análise dos aspectos ambientais de forma integrada, ou seja, são considerados os aspectos físicos aliados às informações da socioeconomia.

Na última década, surgiu uma modalidade de zoneamento denominada de Zoneamento Ecológico-Econômico, direcionado para o reordenamento das atividades e potencialidades socioeconômicas, tendo como âncora os conceitos de sustentabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável.

Uma vez que meio ambiente pode ser resumidamente definido como uma expressão que traduz a interação entre o conjunto de elementos naturais, artificiais e culturais que propiciam o desenvolvimento equilibrado da vida em todas as suas formas, essas características permitem simular em ambiente computacional, a categorial geográfica da região, permitindo zonar o meio ambiente.

A realização de pesquisas voltadas ao planejamento e gestão ambiental, com a geração de produtos cartográficos que retratem a integração das variáveis físicas e socioeconômicas, incluindo suas vulnerabilidades e potencialidades, representa uma conside-

rável contribuição para a tomada de decisão por parte do poder público.

Um dos desafios da gestão do território na atualidade é a convivência entre os objetivos voltados para o desenvolvimento econômico e os objetivos voltados para a conservação e preservação ambiental. O Zoneamento Ecológico-Econômico é um instrumento da gestão ambiental que pretende compatibilizar essas duas prioridades. Uma das premissas do diagnóstico ambiental baseado em ZEE é a possibilidade de uma gestão do território, que articule objetivos econômicos e ambientais, para o alcance do desenvolvimento sustentável.

Para alcançar esse objetivo pode-se adotar uma metodologia que envolva processamentos de dados temáticos por álgebra de mapas, e uso de imagens obtidas por satélite como âncora para o zoneamento. A Linguagem Espacial de Georreferência Algébrica auxilia nos procedimentos de cruzamento de planos de informação e automação das tarefas, necessárias para os procedimentos complexos de integração e manipulação de dados espaciais.

Um das premissas deste trabalho é desenvolver diagnósticos sobre potencialidades e limites de determinadas áreas do polo baseado nos conceitos de fragilidade ambiental de Jurandir L. Ross (2004) e da ecodinâmica da paisagem de J. Tricart (1992), integrando estes métodos com técnicas de geoprocessamento. Tais resultados poderão ser aplicados na regularização do uso do território da área de estudo, o polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas.

O polo agroindustrial do Alto Piranhas é composto pelos municípios de Sousa, Aparecida, Marizópolis, São Francisco, Lastro, Cajazerinhas, Pombal, São Bentinho, São Domingos, Condado, São João do Rio do Peixe e Cajazerinhas. Em face das poucas alternativas de exploração competitiva no semiárido, essas áreas devem ser utilizadas por uma agricultura mais tecnificada, baseada, sobretudo, na fruticultura tropical, de modo a maximizar a produtividade, economicidade das explorações e estabilidade do empreendimentos.

Sendo o polo do Alto Piranhas uma área de jurisdição de vários municípios, com intenso uso antrópico e com demanda considerável dos recursos naturais, assume particular importância a realização dessas pesquisas, contribuindo para o ordenamento das atividades, com o fim de preservar os recursos naturais.

Objetivos

Objetivo Geral

A presente pesquisa teve como objetivo diagnosticar os níveis de deterioração ambiental na paisagem entre os anos de 2001 e 2012, adotando os critérios da ecodinâmica nos municípios que compõe o polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas, localizado no oeste do estado da Paraíba. Uma área que abrange 12 municípios: Conrado, São Bentinho, Pombal, São Domingos, Aparecida, São Francisco, Lastro, Sousa, Marizópolis, São João do Rio do Peixe, Cajazeiras e Cajazerinhas.

Objetivos Específicos

1. Elaborar um banco de dados geográficos do polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas, que inclua hidrografia, malha viária e informações temáticas como hipsometria, declividade, morfologia, litologia, densidade demográfica, potencial social e econômico, fragilidade ambiental, cobertura vegetal e uso do solo.
2. Determinar o grau de vulnerabilidade ambiental da paisagem.
3. Comparar à dinâmica multitemporal do uso e ocupação do solo com a fragilidade da paisagem.
4. Analisar por meio de Linguagem Espacial de Georreferência Algébrica a capacidade de sustentabilidade do território, identificando a vocação dos subespaços.

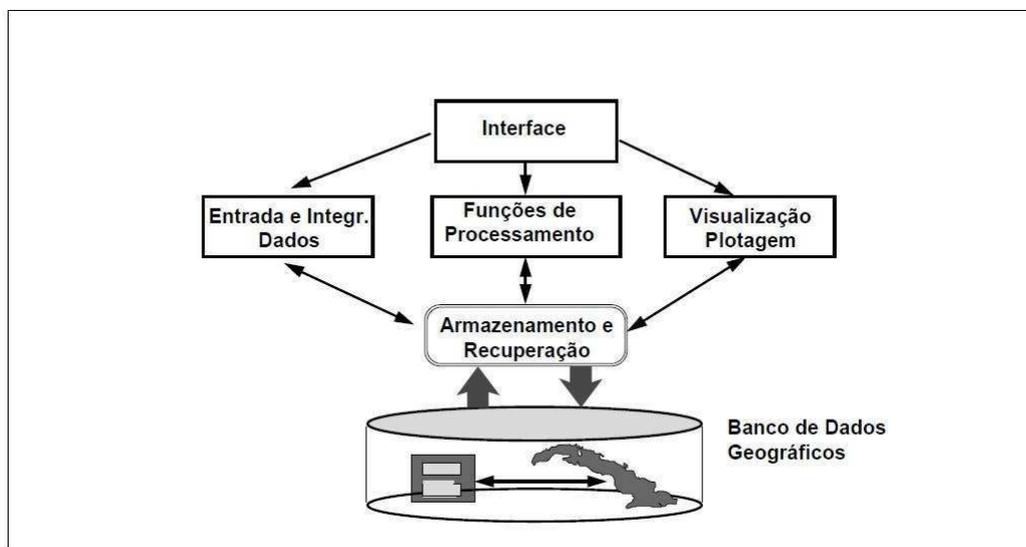
1 Fundamentação teórica

1.1 Arquitetura de um SIG

Para Câmara *et al.*, (2005) o termo SIG é usado para definir sistemas que realizam tratamentos em dados geográficos do mundo real em ambiente computacional. A principal diferença de um SIG para um sistema de informações convencional está na sua capacidade de armazenar, recuperar e analisar atributos descritivos dos diferentes dados geográficos, inserindo em uma única base de dados informações espaciais do meio físico-biótico, socioeconômico e integrando-os com produtos oriundos do sensoriamento remoto.

Os principais componentes de um sistema de informações geográfica são: interface com o usuário; entrada e integração de dados; funções de processamento; visualização e plotagem; e armazenamento e recuperação de dados Figura 1.

Figura 1 – Arquitetura de um SIG.



Fonte: Barbosa,1997.

As funções de análise do espaço utilizam os atributos espaciais e não espaciais nas entidades armazenadas no banco de dados e simulam e/ou modelam situações sobre fenômenos do espaço real, descrevendo suas características. O modelo de dados adotado pelo sistema de processamento de informações georreferenciadas (Spring) relaciona basicamente objetos e campos, que são divididos em categorias, como: Temático, Numérico, Imagem, Cadastral e Objeto (CORDEIRO *et al.*, 1996).

Câmara (2005), descreve um Geo-Objeto como uma entidade indivisível única, caracterizado por suas fronteiras e conjunto de características diferentes, mas identificáveis. O uso de Geo-Objetos é frequente em banco de dados geográficos, sendo conveniente na representação de uma parte do espaço. O Geo-Campo representa o espaço geográfico é uma superfície contínua, sobre o qual podemos ver a variação dos fenômenos, e apresentam atributos com valores em todos os pontos pertencentes em uma região geográfica, representando o espaço geográfico em ambiente computacional.

Para Câmara (2005) as imagens são um tipo de geo-campo, obtidas como matrizes, onde os elementos unitários estão ligados as características físicas ou químicas do material da superfície estudado. Esse tipo de dado tem se mostrado eficiente na análise em SIG, temos também os modelos numéricos de terreno, que denotam uma representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço representado, cada posição na grade representa um valor real que descreve uma ocorrência da superfície. Nesse tipo de dado as grades podem conter elementos com espaçamento fixo, onde é associado a um valor estimado da grandeza na posição geográfica de cada ponto da grade, formada por conexão entre as amostras do fenômeno.

Para Cordeiro & Erthal (2009), o uso dos operadores zonais em Geoprocessamento, possibilita a relação entre dados do meio físico e dados socioeconômicos. Enquanto os dados do meio físico são usualmente expressos sob forma de imagens temáticos matriciais e modelos numéricos de terreno, os dados socioeconômicos este normalmente agrupado em setores ou Geo-Objetos, que são organizados segundo um mapa cadastral, divididos em atributos num banco de dados relacional.

A espacialização dessas áreas corresponde aos Geo-Objetos no mapa polígonos, e delimitam regiões sobre as quais podemos computar operações zonais sobre mapas básicos ou derivados do meio físico. Desse modo o uso de operações de análise possibilita a integração e manipulação de dados georreferenciados do meio físico-biótico, e cadastral com integração socioeconômica (CÂMARA, 1996).

1.2 Operações em álgebra de mapas e análise espacial

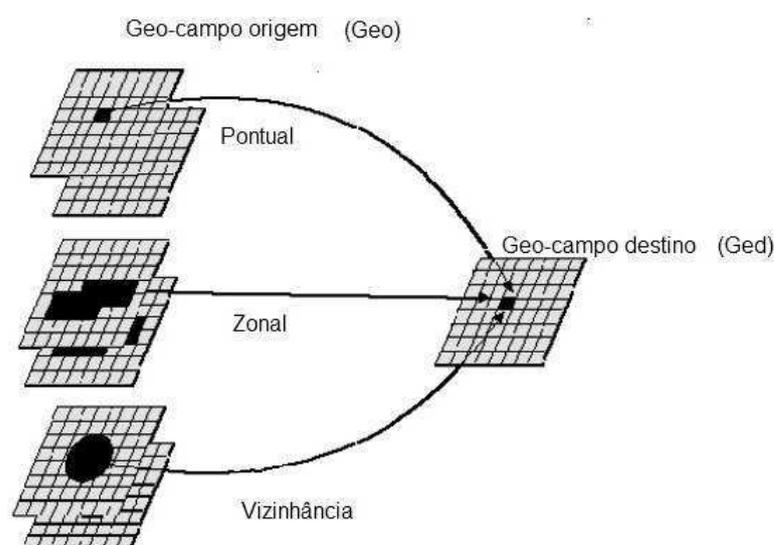
Sempre buscamos uma forma de combinar dados geográficos, o que antes era feito de forma analógica, hoje fazemos em ambiente computacional. A combinação de dados espaciais efetuadas de forma analógica ou digital, possibilita extrair informações de interesse, essas funções tornaram-se as mais importantes de um SIG. Os procedimentos de análise e manipulação espacial, caracteriza-se como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, as áreas são tratadas como variáveis individuais, e as funções são aplicadas de forma homogênea nas localizações ao longo do mapa (BARBOSA, 1997).

Sistemas de informação geográfica incluem linguagens de manipulação de da-

dos espaciais, elas permitem executar procedimentos complexos de integração de dados. Exemplos de tais linguagens podemos citar a GRID (ARC/INFO) e LEGAL (SPRING). Segundo Cordeiro & Erthal (2009)[p. 4951] uma álgebra essencialmente define uma estrutura sobre tipos de dados, que podem ser desde números inteiros, reais ou valores lógicos e/ou binários como "0" e "1", verdadeiro ou falso, até grandezas dos mais variados tipos e tamanhos em mapas. Para isso a representação de objetos e operações em forma de expressões de uma linguagem algébrica deve ser definida claramente.

A Linguagem LEGAL, disponível como um módulo do GIS Spring Câmara (1996), resulta da implementação de uma estrutura algébrica sobre tipos de dados categorizados como imagens matriciais, grades numéricas regulares e mapas em geral, tipicamente representados sob a forma de matrizes. A Figura 2 ilustra as transformações pontuais, zonais ou vizinhança sobre um ou mais Geo-Campo.

Figura 2 – Classes de operações geográficas.



Fonte: CÂMARA, 1996.

As operações, em álgebra de mapas, tentam em um sentido matemático como espacial, podem ser agrupadas em três classes (CÂMARA, 2005):

- Pontuais: relacionam pontos individuais presentes em uma mesma posição geográfica em diferentes camadas de um mapa temático, essas operações geram um Geo-Campo destino resultantes da soma, subtração, divisão ou a multiplicação em cada posição, além dos operadores de transformação como: Fatie, Pondere, Reclassifique e Atribua, onde o valor em cada posição geográfica é o resultado do cruzamento dos geo-campos temáticos, aplicando operadores da lógica booleana AND (e lógico, intercessão), OR (ou lógico, união), NOT (negação ou complemento).

- Vizinhança: o resultado é produzido com base nos valores da vizinhança dos pontos considerados. Como exemplos têm-se a filtragem espacial em imagens digitais e o cálculo de declividade em modelos numéricos de terreno.
- Zonais: permitem estabelecer relações espaciais entre regiões de mapas distintos, ou agregar valor de cada posição de destino características que compõe a região do geo-campo de origem. Operadores como o MediaZonal, MaximoZonal, MinimoZonal, FaixaZonal, VariedadeZonal, são sintaxes que permitem transformar várias posições geográficas e obter uma média, uma variância ou frequência, de toda região.

Essas operações são importantes para aplicações de SIG em atividades de ordenamento territorial, pois permitem a interligação de dados do meio físico e natural, com dados socioeconômicos. A interpretação de imagens de satélite delimita as unidades que funcionaram como área de restrição para aplicação dos operadores zonais de análise espacial (CÂMARA, 1996).

1.3 Diagnósticos ambientais e a ecodinâmica da paisagem

Qualquer que seja a metodologia utilizada em diagnoses do meio ambiente, essa ideia exprime um processo classificatório ou organizacional, segundo critérios naturais, sociais e econômicos, de uma porção da superfície terrestre, ou melhor, de uma porção do espaço (SANTOS, 1981).

O estudo da paisagem é considerado um importante recurso para diagnosticar as questões ambientais, uma vez que revela a forma de como o espaço está sendo utilizado. A qualidade da paisagem refere-se ao grau de excelência ambiental que esta apresenta, podendo ser estudada sobre a ótica espacial e temporal. O fator temporal refere-se às mudanças dos elementos que formam a paisagem ao longo de um tempo, pela eliminação de alguns elementos e inserção de outros. Já a espacialidade refere-se às mudanças de áreas e/ou formas que estes elementos sofreram ao longo desse tempo (TRICART, 1977).

O estudo das mudanças dos ecótopos, também conhecida ecodinâmica, é a dinâmica dos ecossistemas ambientais, sendo importantíssimo para a conservação, o desenvolvimento e aproveitamento dos recursos ecológicos. O conceito de unidade ecodinâmica está integrado ao conceito de ecossistema, baseado no conceito lógico de geossistema, e foca as relações entre os diversos componentes e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente. A utilização dos instrumentos lógicos dos sistemas possibilitam a identificação rápida das modificações indiretas desencadeadas por uma intervenção humana que afeta os elementos dos ecossistemas (TRICART, 1977).

Diagnósticos ambientais, baseados na ecodinâmica, privilegiam o estudo de vários fatores ambientais e humanos, em geral, tem em comum os procedimentos metodo-

lógicos baseados na forma de identificação dos subespaços, áreas ou subáreas, na abordagem sistêmica, consequência de uma fundamentação teórico-operacional, Ecológico-Geográfica e os níveis de aproximação, que trata da questão da escala (ROSS, 1995).

Em termos operacionais, estas metodologias utilizam o critério da divisão lógica ou do agrupamento espacial para caracterizar as zonas ecológico-econômicas ou, áreas ou subáreas do espaço, conforme o objetivo. Classificam estes procedimentos operacionais em dois grupos, os sistemas da paisagem e as pesquisas ambientais multitemáticas (ROSS, 1996).

Os procedimentos operacionais utilizados na análise dos sistemas das paisagens utilizam como referencial os padrões fisionômicos do terreno (padrões de paisagens ou unidades de paisagens) e geram como resultados produtos temáticos. O espaço geográfico é constituído de diversas unidades de paisagem ou que retratam de forma integrada certas características (climáticas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, da cobertura vegetal, do uso da terra e socioeconômicos) que individualizam o entorno da área em estudo (ZONNEVELD, 1972).

Nessas pesquisas ambientais multitemáticas são gerados múltiplos produtos temáticos, uns envolvendo análises e outros resumindo informações, sob uma orientação multidisciplinar e interdisciplinar. Numa primeira fase são gerados produtos temático-analíticos que tratam de forma setorizada os temas da natureza (climatologia, geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e fauna) e da socioeconômica (demografia, qualidade de vida, legislação, uso da terra para fins de exploração econômica, estruturas regionais e urbanas). Posteriormente, estes produtos são integrados por meio de operações de análise ambiental de maneira a atender aos objetivos propostos pela pesquisa (GRYGORIEV, 1968).

A adoção do conceito de sistemas permite a integração de conhecimentos anteriormente isolados, sendo uma nova maneira de compreender os problemas ambientais. Permite desenvolver uma visão de conjunto do aspecto dinâmico dos processos antrópicos. Assim os métodos geográficos se apropria, e compreende desta maneira alguns aspectos da Ecologia (TRICART, 1977).

Os atributos da terra passam de simples constituintes da terra, para os fatores que influenciam a paisagem e todos seus atributos, ao mesmo tempo eles são dependentes dessa interrelação. A paisagem torna-se o resultado de uma dinâmica, um sistema integrado de componentes vivos ou inanimados, incluindo a humanidade e suas atividades, no qual cada um influencia todos de várias formas (ZONNEVELD, 1972).

A ecologia da paisagem explica que é crucial entender a paisagem com uma visão holística, a ecologia da paisagem passa a considerar a paisagem como uma entidade geral, constituída de múltiplos elementos, todos interrelacionados, e isto significa que a

Terra precisa estudada como o caráter total de uma região e não separando seus aspectos dos seus componentes (GRYGORIEV, 1968).

Para Naveh & Lieberman (1993) a identificação, avaliação e gestão desses sistemas complexos, é necessário o estudo detalhado dos dados individualizados, no caso das paisagens, o estudo das informações temáticas como a geologia, biologia, hidrologia, sociologia, economia, isso possibilita identificar as suas interligações, suas interfaces com a realidade e suas estruturais, que são importantes para compreensão dos sistemas complexos que compõe a paisagem.

Dessa forma, percebemos que a ação humana é exercida sobre uma natureza mutante, que evolui segundo leis próprias, estudar a organização do espaço é determinar o ser humano está inserido na dinâmica natural. Esse entendimento possibilita adequar e corrigir certos aspectos desfavoráveis, facilitando a exploração dos recursos naturais que o meio oferece. A visão dinâmica deve ser o ponto de partida da avaliação, o aspecto dinâmico dos meios morfológicos diferencia, as funções dos processos atuais, sendo divididos em vários meios como: os meios estáveis, os meios integrantes e os meios fortemente instáveis (TRICART, 1977).

A noção de estabilidade aplicado ao modelo, evolui lentamente e os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento, quase imperceptível, os meios integrantes são uma transição gradual entre os meios estáveis e os instáveis, estes são caracterizados como meios onde ocorre a constante interferência entre a morfogênese e pedogênese. Nos meios fortemente instáveis a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, ao quais outros elementos estão subordinados (TRICART, 1977).

Oliveira & Mattos (2012) explica que as metodologias empregadas na análise dos impactos ambientais usando a ecodinâmica da paisagem tem se mostrado eficiente em várias situações, pois relaciona diretamente os usos da terra com a magnitude dos impactos, sendo um bom indicativo usar em diagnósticos ambientais, fornecendo subsídios de sua qualidade ambiental. Considerando a relação entre os impactos e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental, é possível perceber a ocorrência ou não de desequilíbrio ambiental que pode ser rompido com a intensificação das atividades econômicas existentes em uma área de estudo.

Para Sanguinetti (2011) a eficiência dessas metodologias são reforçadas, quando percebemos que os processos de avaliação de impactos ambientais falham ao assumir uma visão pontual do empreendimento sob análise, desconsiderando as múltiplas relações que o mesmo estabelece com seu entorno, o ecossistema, a paisagem, a população vizinha e a capacidade de suporte da área.

O estudo da fragilidade ambiental foi proposto para descrever, e combinar os diferentes constituintes naturais e atividades humanas que favorecem o desenvolvimento

dos processos de degradação ambiental. Essa proposta permite a caracterização das limitações do ambiente, permitindo uma avaliação preliminar de grandes áreas com custos reduzidos, pois a análise pode se basear em informações anteriores do meio físico e avaliações atualizadas de uso do solo. No processo de zoneamento da fragilidade combina-se vários atributos relevo, solos, e grau de proteção do solo para identificar as áreas com maior potencial de ocorrência de processos de degradação, criando as condições para o desenvolvimento de estratégias para os órgãos gestores (LOLLO & CARMO, 2012).

O uso atual das terras está relacionado à presença de áreas antropizadas, áreas de influência urbana, áreas sob cultivos e áreas sob pastagem natural. Muitas destas áreas são exploradas sem obedecer às leis ambientais. Os desmatamentos e as práticas inadequadas de uso dos recursos florestais da mata ciliar retratam o modo de ocupação caracterizado pela contínua incorporação de recursos naturais, sem nenhum conhecimento estratégico que norteie a ocupação do solo (CUNHA *et al.*, 2011a).

Francisco (2011) explica que os estudos de impactos naturais implicam a necessidade de estudos na escala de intervenção do espaço, envolvendo métodos de diagnóstico e monitoramento das atuais condições de degradação rápidos e eficientes. Estes diagnósticos realizados, utilizando as geotecnologias, favorecem o conhecimento e a delimitação espacial dos impactos ambientais, dando suporte na elaboração de projetos de recuperação do meio degradado.

A abordagem metodológica mostra-se adequada para o mapeamento impactos, segundo Carvalho & Freitas (2005), mesmo necessitando aperfeiçoamento para atingir resultados mais precisos e detalhados. O material de base socioeconômica mostraram-se limitados e uma abordagem interdisciplinar é sempre mais adequada. Neste caso é preciso se apoiar em outros produtos de sensoriamento remoto, tais como imagens de radar e óticas de alta resolução.

A aplicação de modelos conceituais, embora forneçam resultados aproximados devido à subjetividade inerente ao processo de avaliação da realidade, devem ser sempre confrontados com os dados observados e coletados em campo buscando apontar qual deles se ajusta melhor à área estudada, contribuindo na análise, na calibração e o aperfeiçoamento de modelos de análise da vulnerabilidade ambiental (CUNHA *et al.*, 2011a).

Segundo Silva *et al.*, (2009), as técnicas de sensoriamento remoto na identificação da vegetação, solo e águas superficiais podem ser consideradas adequadas para a tomada de decisão, pois geram produtos que podem direcionar ações futuras que mitiguem os impactos da ocupação de terras em regiões suscetíveis ao processo de desertificação, como o semiárido nordestino.

Para Aquino & Almeida (2012), a importância do emprego de técnicas de sensoriamento remoto, está na avaliação espacial e temporal das mudanças de cobertura das

terras. Para análise de impactos e degradação ambiental, elas se tornam fundamentais para o desenvolvimento de uma visão geral da área impactada, ou área de interesse de novos empreendimentos.

A degradação ambiental para Alves *et al.*, (2011) é um processo degenerativo do meio ambiente, as alterações biofísicas do meio provocam uma alteração em toda fauna e flora natural, com eventual perda de biodiversidade. Está associada à ação humana, mas, no decorrer da evolução de um ecossistema, o próprio meio pode-se auto-degradar.

Para Torres *et al.*, (2010) as geotecnologias precisam ser usadas como ferramentas para detecção dos problemas ambientais, no processamento e na utilização de dados provenientes de levantamentos realizados através de sensoriamento remoto, fotogrametria entre outras, agiliza a geração de informações cartográficas, permite a realização de operações análise espacial com esses dados que até então sofriam com as limitações humanas de percepção, processamento e análise. Esses métodos permitem a visualização dos resultados de forma espacial, possibilitando um entendimento melhor da degradação ambiental das terras, o que conseqüentemente poderemos propor para mitigar e/ou solucionar problema.

Nesta perspectiva, Lima & Cestaro (2010) explica que o diagnóstico do meio natural constitui uma nova ferramenta aplicada na apropriação da paisagem, a partir do conhecimento integrado dos seus elementos naturais. Este conhecimento se concentra na ideia de que tudo faz parte de um todo, que para ser compreendido, precisa ser tomado como um sistema geral, algo que não pode ser apreendido separadamente, mas, como um conjunto indissociável e complexo no qual tudo se interliga e interage. Assim, a análise sistêmica oferece o suporte necessário para o entendimento da interação dos elementos naturais e antrópicos.

Sporl & Ross (2004) identificaram que os ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

A pesquisa ambiental segundo Lima & Martinelli (2008), tem como objetivo compreender as relações entre a sociedade e natureza de forma integrada, holística, o que pode ser realizado sob a ótica sistêmica dos diversos elementos que compõem a paisagem geográfica. Os estudos da questão ambiental estabelecem relações entre o meio físico, biológico e antrópico e coloca como essas inter-relações se manifestam compondo a paisagem, em uma unidade dinâmica.

A teoria dos geossistemas e a abordagem geodinâmica possibilita delimitar unidades espaciais cujos processos atuais podem ser considerados semelhantes. Por isso é possível classificar essas unidades quanto à sua estabilidade e grau de recorrência, fra-

gilidade ou vulnerabilidade no que se refere às interferências, entre outras características úteis na esfera do planejamento e gerenciamento territorial (RODRIGUES, 2001).

1.4 Sistemas de informações geográficas aplicadas ao planejamento do território: Zoneamento Ecológico-Econômico

O território como uma interpretação humana, é historicamente condicionada aos resultados dos processos que o moldaram, cada território distingue-se em função de uma identidade construída pela interação entre a natureza e a ação transformadora das comunidades que a ocupam, reconstruído-a à medida do seu modo de vida e o seu nível de tecnologia evolui (SANTOS, 1981). Na perspectiva de Medeiros & Câmara (2006), na gestão do território toda ação que vise o planejamento, a ordenação e o monitoramento do espaço deve incluir a avaliação dos diferentes componentes do ambiente, o que inclui o estrato biogeográfico e suas inter-relações entre seus elementos.

Segundo Lima & Cestaro (2010) o zoneamento geoambiental objetiva elaborar diagnósticos do meio físico a partir das variáveis de solo, geologia, hidrografia, relevo, clima e cobertura vegetal, fornecendo, as informações necessárias aos planos de gestão sobre potencialidades e limitações dos recursos naturais e sua capacidade de resistência às pressões humanas. Para estabelecer as bases desse processo, é necessário realizar uma análise que descreva a vocação de todos os subespaços que compõem o território e efetue o levantamento de suas potencialidades econômicas e partir de um enfoque biofísico e geográfico (ROSS, 1995).

Almeida & Sousa (2005) explicam que a análise geoambiental faz parte dos procedimentos técnico-metodológicos direcionada à obtenção de diagnósticos ambientais que, por sua vez, servem como base para aplicar medidas de planejamento ambiental. Essa análise sustenta-se na avaliação das condições biofísicas de maneira integrada e de suas inter-relações com a sociedade. O conceito de zoneamento exige uma série de entendimentos prévios e, sua aplicação ou utilização em relação a um determinado espaço geográfico exige método, reflexão e estratégias próprias. Os princípios do zoneamento, quando aplicáveis e uma determinada área, permite identificar as potencialidades específicas ou preferenciais de cada um dos subespaços e subáreas do território em estudo (SABER, 1987).

A realização do levantamento das informações geográficas, que por sua vez vão formar um banco de dados geográficos sobre o referido território deve ser continuamente atualizado, pois a natureza funciona como um sistema dinâmico aberto e organizado, distribuído no espaço e no tempo (BECKER & EGLER, 1996). O zoneamento não pode ser apreendido como uma medida de contenção e restrição das atividades humanas, ele é um mecanismo de redirecionamento e/ou direcionamento do uso dos espaços a partir do

conhecimento das potencialidades e limitações dos recursos naturais. Dessa forma ele considera a estrutura, funcionamento e a dinâmica evolutiva de cada sistema ambiental, possibilitando a compreensão das relações de causa/efeito entre os elementos que integram os sistemas ambientais (LIMA & CESTARO, 2010).

Dadas a complexidade e a dimensão dos procedimentos envolvidos em projetos de zoneamento e diagnósticos, torna-se muito importante utilizar ferramentas de geoprocessamento que possam auxiliar nos objetivos, em especial ao automatizar tarefas trabalhosas e repetitivas. É imprescindível o conhecimento aprofundado do local selecionado, dos métodos de integração dos dados e das pretensões da sociedade atual no que diz respeito à qualidade de vida e, conseqüentemente ambiental (LIMA & CESTARO, 2010).

O conceito de zonalidade é utilizado em operadores de análise espacial, cujas restrições espaciais são definidas por áreas. A importância teórica deste conceito é dupla: permite a materialização num SIG de conceitos geográficos, como a unidade da paisagem e permite a ligação entre dados do meio físico-biótico e dados socioeconômicos, essencial para estudos de ordenação do território (TRICART & KIEWIETDEJONGE, 1992).

É importante frisar que quando se fala em informação geográfica no contexto do zoneamento considera-se o todo, isto é, o ambiente (o natural e o sócio-econômico), mesmo porque não poderia ser diferente, considerando-se as premissas que orientam a sua concepção (identificação, constatação e avaliação da realidade territorial; processo dinâmico; critérios de sustentabilidade e temporalidade) (ROSS, 1995)

Para Leite *et al.*, (2011) o uso de instrumentos tecnológicos de informação é relevante para facilitar a compreensão da dinâmica ambiental, destaca-se entre essas ferramentas, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento remoto. Este tem como função fundamental fornecer dados, de forma, precisos e da maneira rápida sobre área de estudo. O SIG tem importância principal no armazenamento e no cruzamento de dados sobre as variáveis presentes no espaço.

Para Lima & Cestaro (2010) o suporte ao uso dessa ferramenta, implementa o uso de imagens de satélite como base para definição dos impactos ambientais, pois uma imagem orbital é um recorte temporal das condições ambientais da paisagem de uma determinada área. A determinação da capacidade de sustentabilidade do território é um instrumento para aperfeiçoar os espaços e as políticas públicas com base na integração dos sistemas ambientais, econômico, social e cultural, que são capazes de fornecer subsídios às estratégias e ações de reorganização das atividades humanas.

A principal vantagem do uso desse tipo de ferramenta de análise está em sua capacidade de caracterização das limitações ambientais quanto às atividades humanas, permitindo a avaliação de grandes áreas com custos reduzidos, uma vez que a análise pode se basear em informações multitemporais de uso do solo, que podem ser obtidas

com técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. Este tipo de trabalho permite a elaboração de zoneamentos ambientais rápidos e precisos para a prevenção de degradação do meio e proposição de instrumentos de gestão ambiental para grandes áreas, fornecendo dados de grande importância para o planejamento regional do território (LOLLO & CARMO, 2012).

No estudo ambiental é fundamental compreender os padrões de organização do espaço, que não permanecem intactos em função da elevada dinâmica das atividades antropogênicas no meio natural. Nessa perspectiva, podemos analisar os diferentes componentes do meio ambiente, incluindo o meio físico, as ações humanas e suas relações. A aplicação dessas tecnologias no estudo ambiental facilita os processos de planejamento e de gestão, uma vez as informações provenientes do banco de dados podem ser sobrepostas, comparadas, avaliadas de maneira instantânea e sistemática. Como resultados dessas ações automatizadas, determinados padrões podem ser definidos e novas informações poderão ser geradas futuramente (LEITE & SANTOS, 2011).

Além disso o conhecimento do uso da terra permite detectar a existência de pressão sobre as áreas de vegetação, bem como em áreas de vegetação primária, para a implantação de projetos agrícolas, assentamentos rurais e implantação de chácaras, estimando a probabilidade de ocorrer a degradação dos solos e vegetação, fenômeno ligado à ausência de um manejo adequado e respeito à legislação ambiental (CUNHA *et al.*, 2011a).

Isso demonstra que o zoneamento é um instrumento amplo de planejamento onde são analisados diversos atributos sociais, ambientais, econômicos e institucionais, sendo possível desenvolver alternativas de usos para a reestruturação dos territórios que tem por finalidade, definir uma nova visão de planejamento (LOPES & CESTARO, 2011).

As técnicas de zoneamento permite a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um determinado espaço físico, observando suas vocações, fragilidades, usos coerentes e conflitos ambientais, determinadas a partir dos elementos do meio planejado. Seu resultado é a apresentação de um conjunto de unidades, cada qual sujeita às normas específicas para o desenvolvimento de atividades e para a conservação do meio (LOPES & CESTARO, 2011).

Nessa perspectiva, a análise paisagística com base nos processos relacionados ao funcionamento dos sistemas, permite fornecer alicerces para estudos centrados nas condições de estabilidade/fragilidade dos ambientes estudados. Estudos desse tipo permitem guiar um planejamento baseado em técnicas preventivas adaptadas para cada tipo de paisagem, a partir disso utilizar instrumentos necessários para o melhor planejamento, adequando o ordenamento dos usos desenvolvidos pela sociedade (OLIVEIRA & SOUZA, 2011).

Diante das modificações dos processos naturais pela ação da sociedade no ambiente, tornam-se necessárias técnicas que delimitem espacialmente estes processos, considerando a intensidade e a elaboração de prognósticos a curto e longo prazos, auxiliando a elaboração de medidas mitigadoras aos impactos da degradação ambiental. Além das concepções de tempo, são importantes na leitura geográfica dos processos e formas presentes no ambiente alterado pelas atividades socioeconômicas (FRANCISCO, 2011).

As diferentes escalas de zoneamento, bem como características especiais de cada área zoneada, podem justificar metodologias diferenciadas para se chegar a um ZEE mais coerente com a realidade estudada. Nesse sentido, a proposta metodológica possivelmente mais adequada para o zoneamento ecológico-econômico de áreas ocupadas por frentes agrícolas irrigadas, seria a que integrasse as variáveis e diferentes escalas de trabalho. No caso, a perspectiva da dinâmica ambiental e dos impactos ambientais ela se apresenta como alternativas viável para evidenciar melhor as interações entre os sistemas naturais e antrópicos atuantes (VASCONCELOS *et al.*, 2011).

As geotecnologias se mostram importantes para a compreensão da paisagem em estudo de forma integrada, permitindo, principalmente, apresentar as informações na forma de mapas temáticos. Também é importante destacar que as geotecnologias, pelos seus recursos e ferramentas, facilitam a organização de informações territoriais e ambientais municipais. O uso das geotecnologias torna-se importante para o planejamento ambiental, ordenamento territorial e do uso eficaz dos recursos da terra, tanto em um contexto municipal quanto em um contexto regional. A descrição detalhada dos municípios, fundamentado em mapas temáticos recentes, é essencial à elaboração de uma estrutura básica de dados para a interpretação, avaliação e decisão a respeito do manejo das unidades da paisagem (ECKHARDT *et al.*, 2010).

O zoneamento ambiental considera a importância ecológica e a distribuição espacial das atividades econômicas, considerando as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo alternativas de exploração do território e determinando, se necessário a realocação de atividades incompatíveis com o ambiente natural da área. Os zoneamentos tem propósito no desenvolvimento socioeconômico, interligando aos aspectos naturais, e a melhoria da qualidade de vida. Neste caso servem para subsidiar planos e projetos e tomadas de decisões, considerando as principais características, potencialidades e fragilidades do ambiente (MORAES *et al.*, 2012).

O objetivo do desenvolvimento de zoneamentos consiste em uma análise em macroescala, que indique quais sistemas de produção são indicados em cada local e, ao mesmo tempo, indicar as áreas que deverão receber incentivo para serem preservadas. A proposta de zoneamento ambiental permite indicar as áreas prioritárias de conservação, inclusive àquelas indicadas por legislação específica e as áreas que apresentam características mais favoráveis para a implantação de novas áreas de produção temporária e

permanente de atividades econômicas (REMPEL et al., 2012).

Dessa forma, acredita-se que, com os zoneamentos cada vez mais consistentes, os mesmos permitirão uma regulamentação do espaço geográfico a fim de se explorar as potencialidades locais e regionais buscando conservar a estabilidade dos ambientes naturais, minimizando os impactos advindos dos processos erosivos e, também, considerar a importância que tem o planejamento de uso do solo integrado aos demais instrumentos de gestão ambiental (OLIVEIRA & SOUZA, 2011).

2 Material e Métodos

2.1 Elaboração do banco de dados

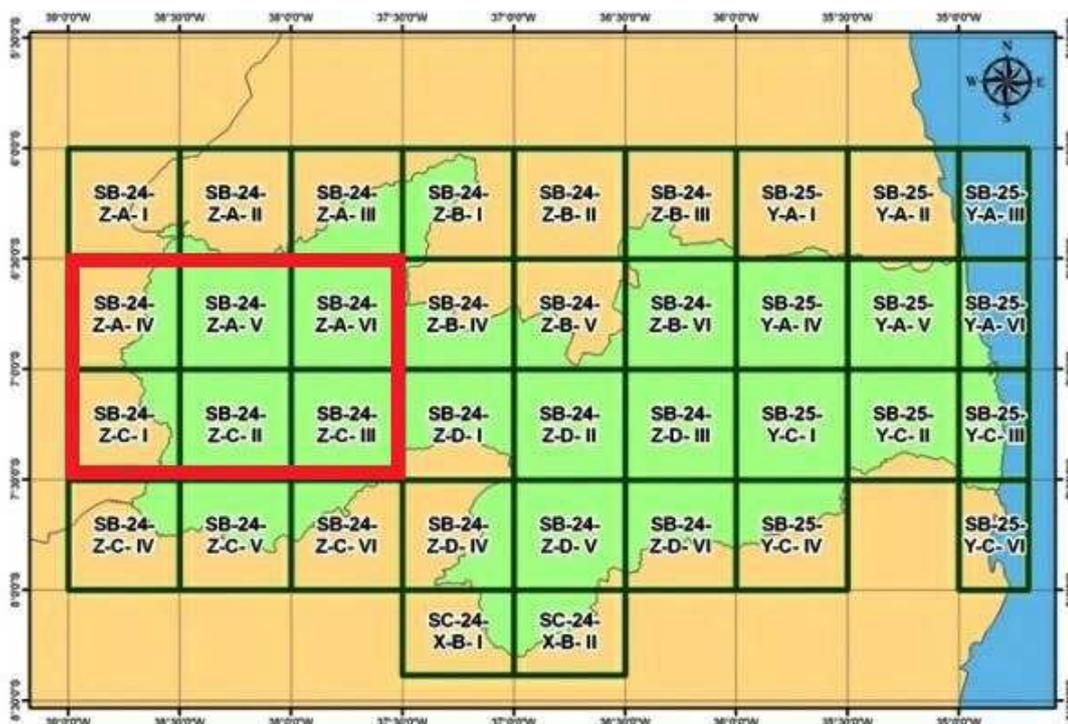
Os planos de informação do banco de dados digital georreferenciado foram elaborados, processados e analisados utilizando-se os seguintes softwares:

- *Regemy 0.2.43*: Registro de imagens automático e sistema de mosaico - O sistema de registro desenvolvido é um aplicativo completo para uso operacional por iniciantes como por usuários avançados, o registro pode ser alcançado através de um clique simples ou pode ser controlada por vários parâmetros, o sistema contém caixas de ferramentas que aumentam a força de registro utilizando o conhecimento do usuário.
- *Spring 5.2*: O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. Os objetivos do projeto SPRING são construir um sistema de informações geográficas para aplicações em Agricultura, Floresta, Gestão Ambiental, Geografia, Geologia, Planejamento Urbano e Regional, tornar amplamente acessível para a comunidade brasileira um SIG de rápido aprendizado, fornecer um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais, ser um mecanismo de difusão do conhecimento desenvolvido pelo INPE e seus parceiros, sob forma de novos algoritmos e metodologias.
- *TerraView 4.2*: O TerraView é um aplicativo construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib, tendo como principais objetivos: Apresentar à comunidade um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados, exemplificar a utilização da biblioteca TerraLib.
- *Estatcart*: Para acompanhar o desenvolvimento da tecnologia da informação e maximizar as consultas às suas bases de informações, o IBGE desenvolveu uma ferramenta que possibilita associar uma visão espacial aos dados - o Sistema de Informações Georreferenciadas EstatCart. Criado para atender à crescente procura de informações estatísticas e geográficas e(ou) em escala dos setores censitários, o sistema possibilita o acesso à diversas informações em CD-ROM: Base de Informações Municipais e bases do Censo 2010: Universo, Amostra, Setor Censitário e Área de Ponderação.

Os planos de informação foram georreferenciados e projetados no sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), zona 24, elipsoide SAD-69 (South American - 1969), datum SAD-69, origem Equador. Esta projeção é do tipo cilíndrica conforme, permitindo representar corretamente áreas e distâncias.

A base cartográfica do banco de dados foi constituída pelas cartas base da AESA-PB na escala 1:100.000 e formato CAD (Desenho por Auxílio de Computador) Figura 3. Para cobrir a área de estudo foram utilizadas as quadriculas apresentadas na Tabela 1.

Figura 3 – Base cartográfica (CAD) AESA - PB.



Fonte: SUDENE,1970.

Tabela 1 – Quadriculas das cartas base (1:100.000) referentes ao polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas.

Folha	Nomeclatura	Ano
Cajazeiras	SB-24-Z-A-IV	1970
Sousa	SB-24-Z-A-V	1970
Pombal	SB-24-Z-A-VI	1970
Milagres	SB-24-Z-C-I	1970
Itaporanga	SB-24-Z-C-II	1970
Piancó	SB-24-Z-C-III	1970

Fonte: AESA - PB.

Destas cartas, foram extraídas os seguintes temas:

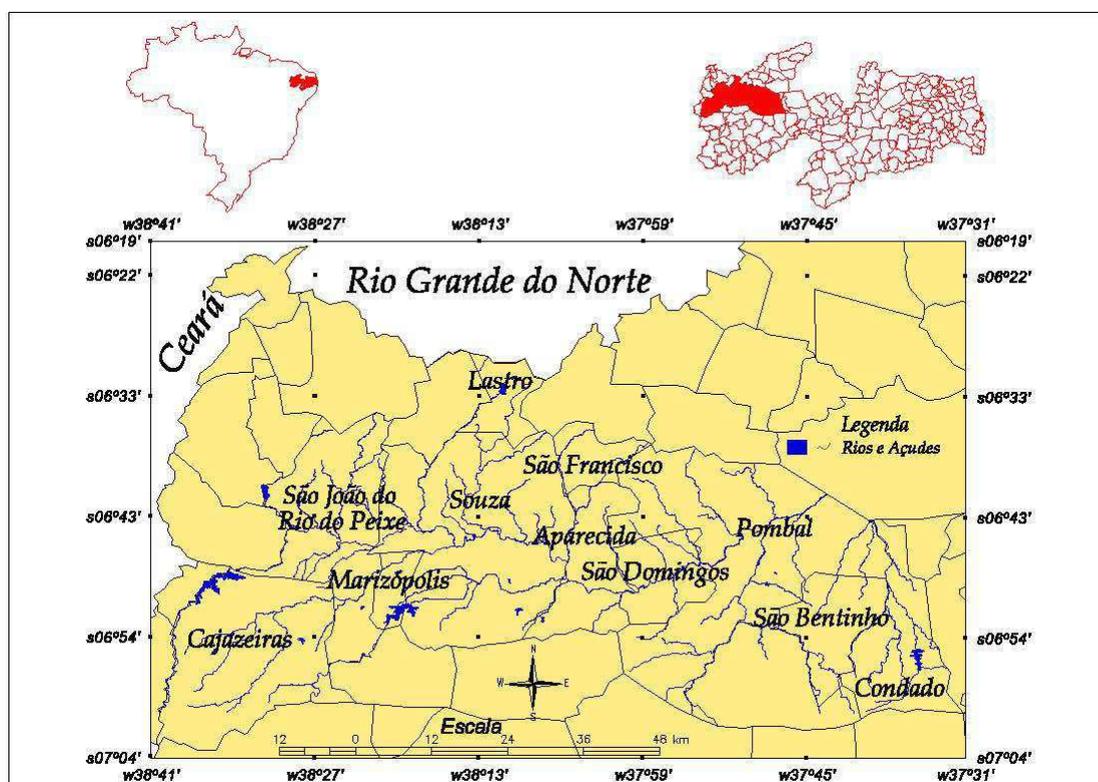
- rede de drenagem: rios, córregos, açudes e represas.
- malha viária: estradas pavimentadas e não-pavimentadas.

As cartas foram obtidas em formato digital, as quadriculas foram unidas por meio de mosaico, sendo inspecionadas visualmente e corrigidas as inconsistências relativas ao posicionamento e atributos na edição vetorial do Spring 5.2.

2.2 Localização da Área de Estudo

A área de estudo é o Polo de Desenvolvimento Agroindustrial do Alto Piranhas, localizado no Sertão do Estado da Paraíba, entre as coordenadas 6°23' 32" a 7°5' 30" de Latitude Sul, 37°30' 55" a 38°42' 54" de Longitude Oeste, possui uma área de 4. 200,9 km². A área possui um total de 12 municípios, são eles: Cajazeiras, Marizópolis, Sousa, São José do Rio do Peixe, Lastro, Aparecida, São Domingos, São Bentinho, São Francisco, Cajazeirinhas, Pombal e Condado Figura 4.

Figura 4 – Localização do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



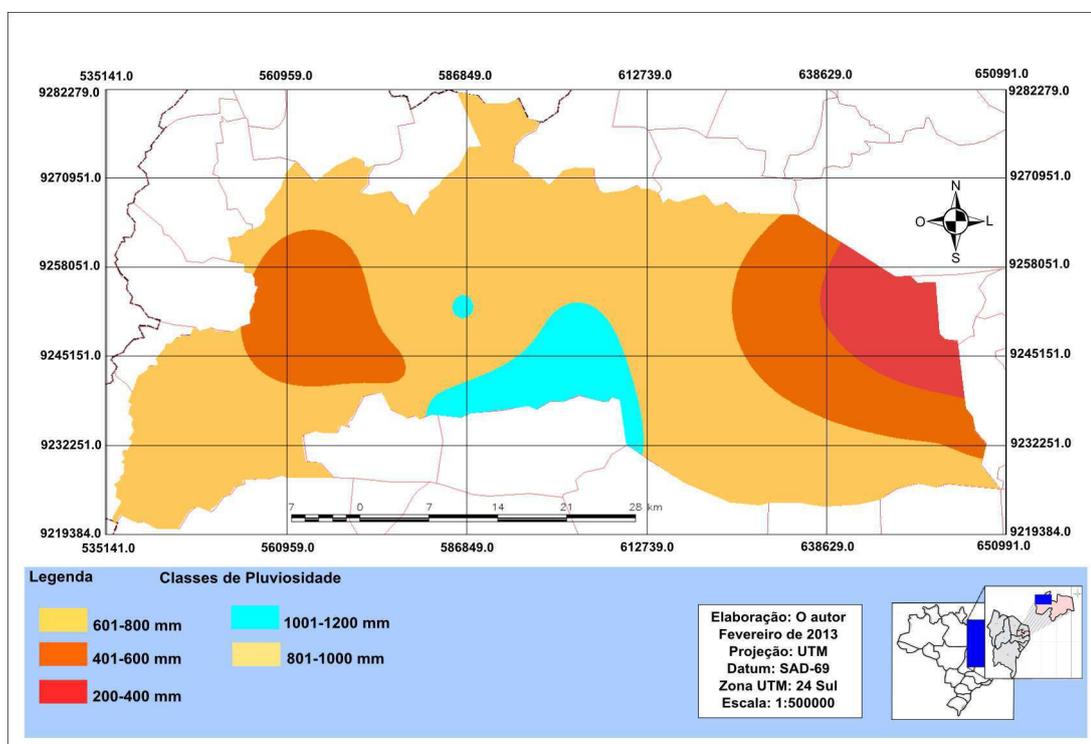
2.3 Aspectos Gerais

2.3.1 Clima e Hidrografia

O conhecimento do tipo climático de uma região fornece indicadores sobre suas condições médias de pluviosidade e temperatura. Essas características são uma das mais importantes informações para aplicar as atividades de planejamento, pois exerce grande influência na dinâmica ambiental. Na área de estudo, a posição geográfica de proximidade com o Planalto da Borborema e a distância do Oceano Atlântico, confere condições importantes nas condições climáticas da área em estudo. Segundo a classificação de Koppen, os tipos climáticos que ocorrem na área de estudo são, *BSwh* - Clima muito quente, semiárido, com estação chuvosa atrasando-se para outono, apresentando períodos de chuvas sazonais, sendo espacialmente e temporalmente mal distribuída, as temperaturas nunca são inferiores a 24°C e a estação seca pode prolongar-se até 10 meses (BRASIL, 1981).

A partir dos 12 postos pluviométricos, apresentados nas Tabelas 3 e 4, observa-se para o período de 2001 - 2012, uma média de 469,8 mm/ano, sendo o Sudoeste de Pombal a localidade com menor precipitação (200 - 400 mm/ano) e o Sul de Sousa a com maior (1001 - 1200 mm/ano).

Figura 5 – Pluviosidade da área de estudo.



As precipitações são maiores no interior da área de estudo, ficando em torno de 541,5 mm/ano, em 2002, e 398,1 mm/ano em 2012, diminuindo gradualmente em direção ao centro, nas menores altitudes. O clima foi avaliado a partir de um conjunto de amos-

tras representando a intensidade pluviométrica de cada um dos postos selecionados. Os valores foram estabelecidos de acordo com Crepani *et al.*, (1996) e a Figura 5.

A Tabela 2 mostra os valores atribuídos a cada uma dos postos considerados.

Tabela 2 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes intensidades das chuvas da área.

Clima	Valor
200-400mm	1.5
401-600mm	2.0
601-800mm	2.0
801-1000mm	2.0
1001-1200mm	2.5

Fonte: Crepani, 1996.

A intensidade pluviométrica está associada a erosividade das precipitações que, na época da seca encontram o solo mais exposto devido à falta de cobertura vegetal. Isso descreve um panorama onde a intensidade das chuvas está relacionado às enxurradas e consequente perda do solo.

Tabela 3 – Pluviosidade referente aos municípios do Alto Piranhas ano 2001.

Município/Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Aparecida	16,2	29,0	300,1	106,2	-	-	-	0,0	-	-	-	-	459,8
Cajazeiras	15,2	122,0	298,5	108,8	35,0	40,0	10,6	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	653,0
Cajazerinhas	8,9	47,3	349,8	100,4	10,7	36,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	711,7
Condado	2,8	68,6	323,4	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	695,4
Lastro	16,0	28,0	155,0	104,9	2,4	-	-	-	-	-	-	-	448,0
Marizópolis	119,1	-	276,5	119,5	7,3	22,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	512,2
Pombal	4,8	4,0	230,2	83,7	5,3	17,2	11,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	395,5
Sousa	25,0	49,5	353,7	99,5	3,5	17,7	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	662,1
São Bentinho	4,5	35,7	259,7	63,8	0,0	17,2	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	560,5
São Domingos	45,9	6,9	191,8	211,7	-	40,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	489,5
São Francisco	3,1	55,2	198,7	86,6	0,0	17,1	3,3	0,0	0,0	-	0,0	0,0	413,3
São João do Rio do Peixe	24,9	85,8	199,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	496,4

Fonte: AESA - PB.

Tabela 4 – Pluviosidade referente aos municípios do Alto Piranhas ano 2012.

Município/Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Aparecida	30,3	87,4	-	106,2	-	-	-	-	-	-	-	-	459,8
Cajazeiras	69,3	161,4	194,0	108,8	35,6	40,0	10,6	0,0	0,0	0,0	7,1	6,2	734,2
Cajazerinhas	27,3	80,0	37,3	100,4	10,7	36,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	294,2
Condado	104,0	113,4	45,3	50,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,2	345,4
Lastro	103,5	197,1	108,0	133,7	2,4	-	-	-	-	-	-	-	515,9
Marizópolis	119,1	105,3	26,8	119,5	7,3	22,7	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	503,3
Pombal	47,6	154,2	51,7	83,7	5,3	17,2	11,0	0,0	-	0,0	0,0	0,0	278,9
Sousa	50,6	138,8	87,2	99,5	3,5	17,7	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	406,5
São Bentinho	35,5	112,0	36,4	63,8	0,0	17,2	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	274,2
São Domingos	54,2	95,7	31,7	211,7	8,0	40,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	446,8
São Francisco	96,5	159,7	154,4	86,6	0,0	17,1	3,3	0,0	0,0	-	0,0	0,0	517,6
São João do Rio do Peixe	5,3	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3

Fonte: AESA - PB.

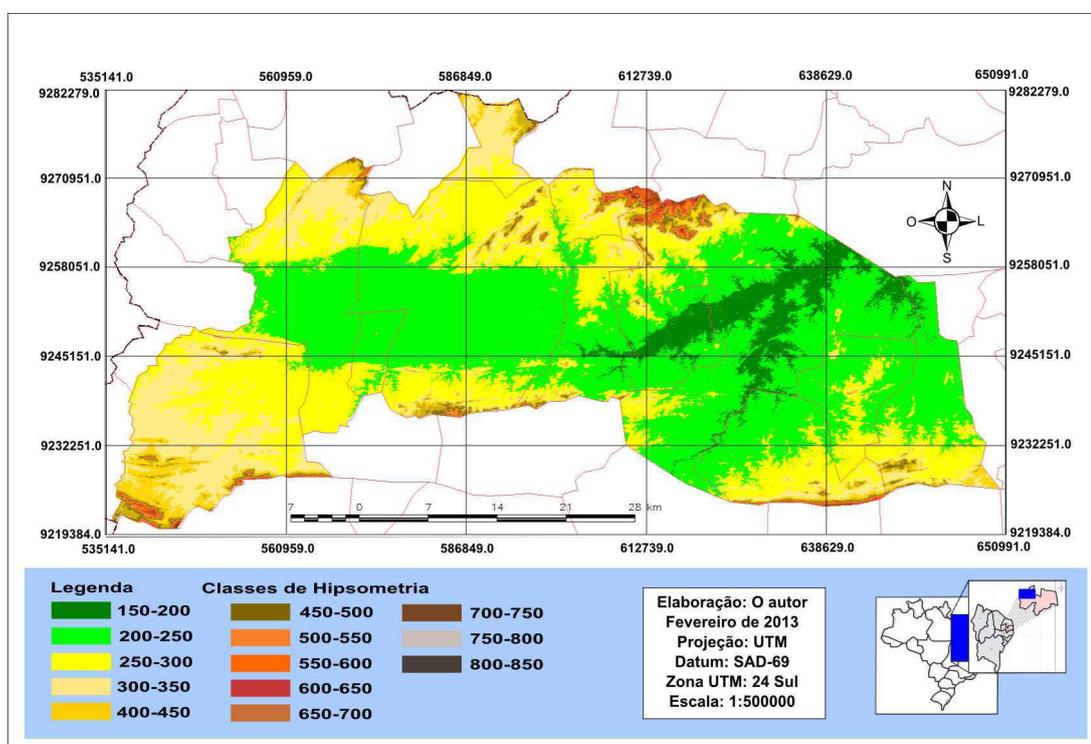
2.3.2 Hipsometria

De um modo geral, o terreno da área de estudo é relativamente plano e pouco acidentado Figura 6, com uma altitude média de 350 metros. Os valores de hipsometria total do polo variam de 150 a 500 metros, onde 6,2% entre 150 a 200 m, 43,2% apresentam 200 a 250 m, 28,6% são 250 a 300 m, apenas 8,8% possuem valores superiores a 350m Tabela 5.

Tabela 5 – Classes de Hipsometria da Área em Estudo.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
150-200	261,0	26.101,3	6,2
200-250	1.822,4	182.241,8	43,2
250-300	1.207,3	120.733,9	28,6
300-350	555,7	55.570,0	13,2
350-400	174,4	17.440,3	4,1
400-450	82,1	8.207,5	1,9
450-500	45,5	4.554,1	1,1
> 500	67,2	6.723,1	1,7
Total	4.215,7	421.572,6	100

Figura 6 – Hipsometria da área de estudo.



2.3.3 Declividade

O relevo da área de estudo é bastante ondulado nas unidades compostas pelas serras, também apresenta formações escarpadas nas regiões ao norte e ao sul, as superfícies mais suaves e suaves ondulados se concentram no interior da área de trabalho Figura 7.

Tabela 6 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes declividades da área.

Declividade	Valor
0-3%	1.0
3-7%	2.0
7-10%	2.0
10-20%	3.0
20-30%	3.0
30-40%	3.0
>40%	3.0

Fonte: Crepani, 2001.

A classe que representa inclinação inferior a 3% de declividade representa 12,4% da área do polo Tabela 7, estando em maior parte, distribuído ao longo as unidades geomorfológicas, principalmente sobre a Depressão Sertaneja de Formas Tabulares. Essa classe também aparece nas unidades Depressão Sertaneja de Superfície Pediplanada, Planalto Sertanejo de Formas Aguçadas, e nas Planícies Fluviais.

Tabela 7 – Classes de Declividade em da Área em Estudo.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
0-3	524,6	52.459,7	12,4
3-7	1.451,9	145.192,9	34,4
7-10	875,7	87.567,3	20,8
10-20	1.014,7	101.469,7	24,1
20-30	171,8	17.183,7	4,1
30-40	87,3	8.725,4	2,1
> 40	89,6	8.965,2	2,1
Total	4.215,6	421.564,2	100

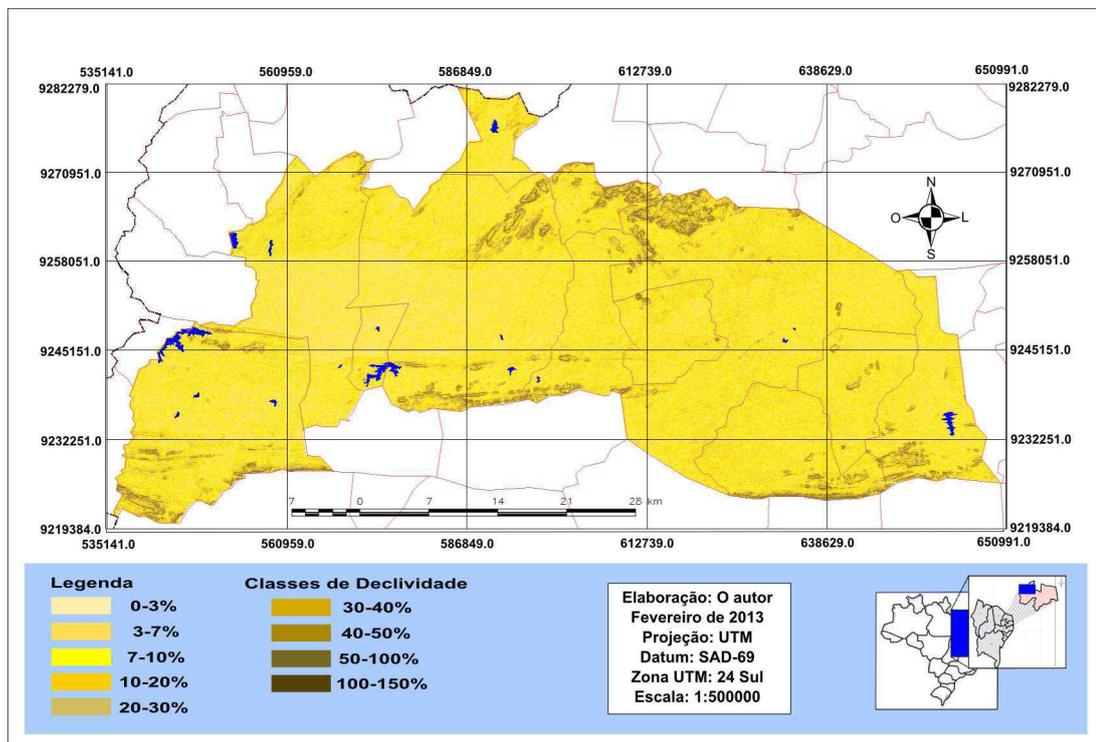
Os intervalos variáveis entre 3 - 7% representam 34,4%, apresentando a maior distribuição espacial, uma abrangência de 145.192,9 Hectares Tabela 6, localizadas principalmente nas unidades Depressão Sertaneja de Superfície Pediplanada, Planalto Sertanejo de Formas Aguçadas, e nas Planícies Fluviais, exceto Depressão Sertaneja de Formas Aguçadas eno Planalto Sertanejo de Formas Tabulares.

A classe que varia de 10 - 20%, cujo o valor representa a segunda maior classe dominante, representando 20,8% Tabela 6, distribuídos sobre toda a área de estudo, princi-

palmente nas superfícies onduladas, estando em sua maior parte no Planalto Sertanejo de Superfície Aguçada. Essa unidade fisiográfica concentra-se os morros e colinas, expressando um valor mais elevado de instabilidade.

As encostas com valores de declividades superiores a 40%, são áreas acidentadas e escarpadas, estando exclusivamente presente nas unidades de Planalto Sertanejo de Superfície Tabular e Convexas. Ocupando as áreas meridionais e setentrionais do polo, que significa porções com elevada instabilidade ecodinâmica.

Figura 7 – Declividade do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



2.3.4 Solos

Quanto aos solos da área de estudo representado na Figura 8, detalha as diferentes associações de tipos de solos, os valores de estabilidade e vulnerabilidade de cada classe pode ser observada na Tabela 8:

Vetissolo (V) representa 403,3 Km² (40.330,4 Ha²), ou 9,2% da área Tabela 9. São solos considerados estáveis aos processos de perda de solos pois são bem desenvolvidos, são solos minerais, não hidromórfico, argilosos a muito argilosos, que durante a estação seca apresentam expansões e contrações do solo, que resultam em fendilhamento e microrrelevo (BRASIL, 1981).

Apresentam uma drenagem imperfeita, com baixa permeabilidade, tornando-se encharcados e também suscetíveis à erosão (BRASIL, 1981). Apresentam horizonte vér-

Tabela 8 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes solos da área.

Solos	Valor
LD	3.0
LE	3.0
NC	3.0
PE	2.0
SA	3.0
SS	2.5
V	1.0

Fonte: Crepani, 2001.

tico, cores que variam do escuro ao amarelado, acinzentado ou avermelhado, profundos e/ou pouco profundos (IBGE, 2007).

Apresentam sequência de horizontes que não atendem aos requisitos dos solos da classe dos Chernossolos e ausência de contato lítico, ou horizonte petrocálcico, e de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico. São solos férteis e têm ocorrência associada a condições de clima e relevo que dificultam a remoção dos cátions básicos do solo (IBGE, 2007).

Solos com alto potencial de elementos úteis às plantas, ocorrendo em relevo plano, suave ondulado e ondulado. Potencialmente úteis para a atividade agrícola, porém possui restrições de suas características físicas, ressecando durante o período de estiagem, na época chuvosa tornam-se plásticos e pegajosos, o que dificultam o seu manejo. As práticas de irrigação precisam ser implantados sob rigoroso controle, devido a baixa permeabilidade e altos teores de sódio trocáveis (BRASIL, 1981).

Solonetz Solodizado (SS) ou Planossolos Nátricos compreendem 156,7 Km², ou 3,6%. São solos mal drenados, horizonte superficial aluvial, de textura leve, adensado com acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta. Possuem sérias limitações físicas, como baixa condutividade hidráulica, determinado a formação do lençol freático suspenso nos períodos chuvosos do ano, causando sérios distúrbios nas plantas menos adaptadas (OLIVEIRA, 2008).

Quando se encontra a pouca profundidade, pode influenciar a prática de preparo do solo para o plantio, especialmente com tração animal, devido a sua elevada consistência, que dificulta a aração e a gradagem. Os planossolos nátricos necessitam substituição e lavagem do sódio, eles também possuem boa permeabilidade interna (OLIVEIRA, 2008).

Litólico Distrófico (LD) representam 107,0 Km², (10,704,0 Ha²), ou 2,5%. São solos com saturação de bases e alumínio trocável, moderadamente ácido e neutro, são suscetíveis a erosão e acentuadamente drenados. Possuem textura argilosa, siltosa e arenosa, pedregoso e rochoso, ocorrendo em relevos planos e escarpados. Esses solos eu-

tróficos tem boa potencialidade, química e mineral, as atividades agrícolas são restringida pela deficiência de água, pedregosidade, rochosidade e pequena profundidade e relevo adverso (BRASIL, 1981).

Tabela 9 – Classes de Solos da Área em Estudo.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
V	403,3	40.330,4	9,2
SS	156,7	15.666,9	3,6
LD	107,0	10.704,0	2,5
LE	1.364,4	136.441,4	31,3
PE	465,5	46.551,0	10,7
NC	1.632,4	163.240,1	37,4
SA	231,4	23.144,7	5,3
Total	4.360,8	436.078,4	100

Litóico Eutrófico (LE) com uma área total de 1.364,4 Km², (136.441,4 Ha²), ou 31,3 %. São solos com saturação de bases e alumínio trocável, moderadamente ácido e neutro, são suscetíveis a erosão e acentuadamente drenados. Possuem textura argilosa, siltosa e arenosa, pedregoso e rochoso, ocorrendo em relevos planos e escarpados. Esses solos eutróficos tem boa potencialidade, química e mineral, as atividades agrícolas são restringida pela deficiência de água, pedregosidade, rochosidade e pequena profundidade e relevo adverso (BRASIL, 1981).

Podzóico Vermelho Amarelo Eutrófico (PE) apresentam 465,5 Km², (46.551,0 Ha²), ou 10,7%. Classe caracterizada por solos minerais, não hidromórfico, horizonte B textural, com diferenciação de textura entre os horizontes A e Bt, com dominância de argilas e quantidades significativas de minerais primários facilmente decomponíveis, os quais constitui fonte de nutrientes para plantas. Nos solos Podzóicos Vermelhos Amarelos Eutróficos encontrados na área, possuem características abruptas, plínico, concrecionado, com fases pedregosas e rochosas (BRASIL, 1981).

Bruno Não Cálcico (NC) representam 1.632,4 Km², (163.240,1 Ha²). São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, e constituição mineral de elevados teores de minerais primários facilmente decompostos e fontes de nutrição para as plantas (BRASIL, 1981).

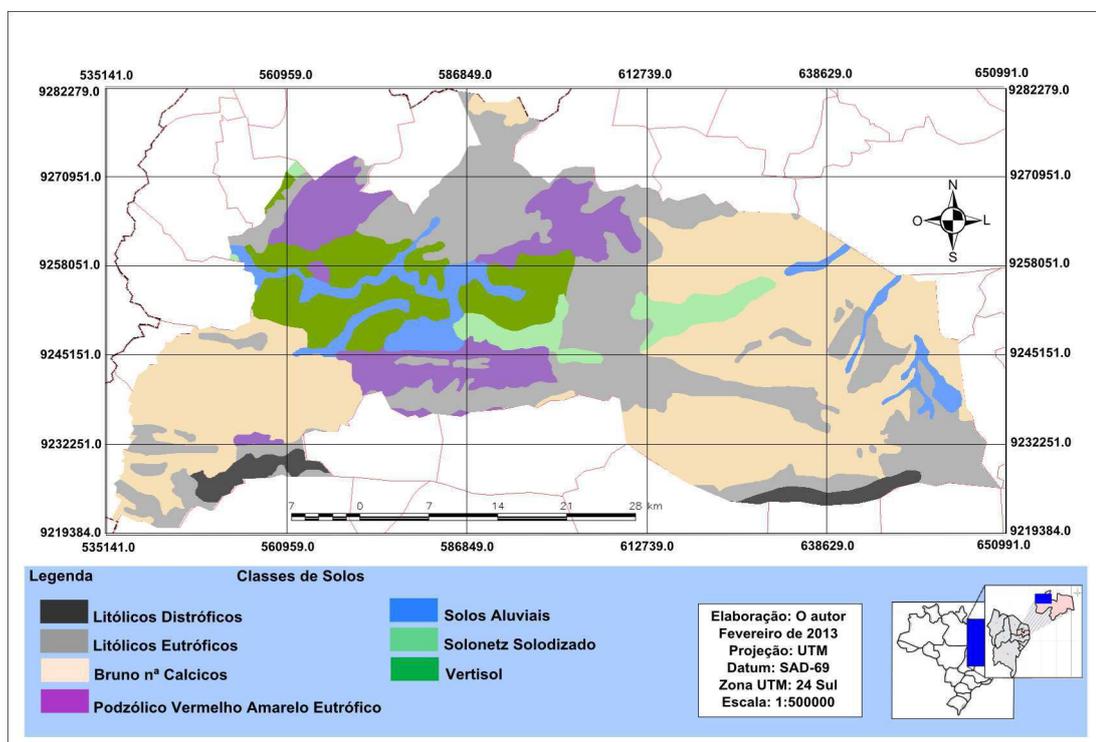
Possuem argila de atividade elevada, e altos valores de saturação, caracterizados por uma alta fertilidade natural, moderada acidez a praticamente neutra e apresentando solos com moderada alcalinidade. Esses solos apresentam uma pedregosidade superficial, com calhaus e matacões, com elevada suscetibilidade à erosão. Possuem textura média e as vezes arenosas no horizonte A, e textura argilosa no horizonte B (BRASIL, 1981).

Solos Aluviais (SA) apresentam 231,4 Km², (23.144,7 Ha²), 5,3 %. Solos pouco

desenvolvidos, formados a partir depósito de sedimentos fluviais não consolidados, com granulometria variada, do período Holoceno. Horizonte A fraco, moderado e sobrejacente a camadas estratificadas, alta soma de bases trocáveis, são solos de alta fertilidade natural, com PH moderadamente ácido e alcalino (BRASIL, 1981).

Apresentam argila de atividade elevada, e grande potencial agrícola, por serem eutrófico, com minerais decomponíveis, fonte de nutrientes para as plantas. A ocorrência desses Solos é verificada principalmente nas várzeas dos rios, localizados em relevo plano, e suscetíveis a salinização, devido aos altos teores de sódio (BRASIL, 1981).

Figura 8 – Solos do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



2.3.5 Litologia

As informações utilizadas para análise e descrição da litologia na área de estudo foram obtidas da Carta Geológica 1: 250.000 do Serviço Geológico do Brasil, organizado e confeccionado por Medeiros *et al.*, (2005). A área do projeto engloba o interior do sertão paraibano, localizado na Depressão Sertaneja, as classes litológicas estão apresentadas na Figura 9.

Para as classes litológicas foram adotadas valores definidos por Crepani *et al.*, (1996), a Tabela 10.

O Grupo Orós - Suíte Poço da cruz (PP3 δ pcg, PP3 γ pc), com 186,3² (18.625,5²), ou 4,4% Tabela 11. Consiste em associações litológicas que se encontra biotita meta-

Tabela 10 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes litologias da área.

Litologia	Valor
PP3 γ pcg	1.2
NP3 γ 2it	1.2
PP2caim	1.6
N34a	3.0
K1az	2.6
PP2cai	1.6
K1an	2.6
NP3 θ 2s	1.4
PP2caivs	1.6
PP2 γ cai	1.6
NP3 γ 2di	1.4
PP3 γ pc	1.2
NP3sq	1.5
NP3aju	1.9
K1rp	2.4

Fonte: Crepani, 2001.

granitóides de textura augen, gnaisses e metagranitóides granoblásticos, de composição variando de quartzo monzonítica à monzogranítica, de fonte crustal, incluindo também metadioritos.

O Complexo Caicó (PP2cai, PP2caim, PP2caivs, PP2 γ cal), ocupa uma área total de 28,1%, abrangendo a porção sul e oeste, localizado na porção oriental do maciço mediano do Rio Piranhas.

O Complexo do Caicó é constituído por rochas metassedimentares, gnaisses bandados, xistos, quartzitos, paraanfíbólios, mármore e calcários, com biotita gnaisses indiferenciados e migmatitos indiferenciados e rochas graníticas associadas, posicionada na porção oriental do maciço mediano do Rio Piranhas. Essa formação é representado por um conjunto de rochas polimetamórficas de idade pré-cambriana inferior a média, constituído litologicamente de gnaisses variados, migmatitos com várias estruturas com lentes de anfíbólios com granitóides com textura *augen* (BRASIL, 1981).

Um sistema antigo de dobras intrafoliais formado por outra fase, mais antiga acompanhada de um metamorfismo de alto grau, com intrusões graníticas, gnaissificados e dobrados, verificados na cobertura. Essa complexo apresenta estilos de dobramento que se superpuseram, como consequência de sua evolução (BRASIL, 1981).

A Suíte Intrusiva Itaporanga (NP3 γ 2it), representa uma área de 866,9 Km² (86.692,0 Ha²), ou 20,0%. As intrusões dessa área são formadas por Granitos, granodioritos e quartzo monzogranitos porfiríticos (sendo cristais de feldspato com 2cm a 5cm de comprimento), ocorrendo associado a dioritos (apresentando fácies intermediárias de mistura

magmática); calcialcalinos e quartzo sienitos de Brejo dos Santos.

Os Depósitos aluvionares e de terraços (N34a), compreende uma área de 384,4 Km² (38.440,1 Ha²), ou 8,8%. Refere-se à formações de sedimentos quartenários, que ocorrem distribuídos associados aos leitos dos principais rios. Formadas basicamente por depósitos de cascalho, argila e areias.

O Grupo Rio do Peixe - Formação Sousa (K1sz), representa uma área total de 324,1 Km² (32.414,0 Ha²), ou 7,5%, a porção sedimentar do Grupo Rio do Peixe e sua ocorrência restringe-se a bacia do Rio do Peixe, são áreas recobertas por sedimentos terciários e quartenários.

Tabela 11 – Classes de Litologia da Área em Estudo.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
PP3γpcg	186,3	18.625,5	4,4
NP3γ2it	866,9	86.692,0	20,0
PP2caim	3,0	304,7	0,1
N34a	384,4	38.440,1	8,8
K1az	324,1	32.414,0	7,5
PP2cai	1.107,0	110.710,2	25,5
K1an	55,0	5.496,8	1,3
NP3θ2s	23,9	2.387,3	0,5
PP2caivs	107,1	10.710,5	2,5
PP2γcai	731,4	73.144,8	16,8
NP3γ2di	23,4	2.335,2	0,5
PP3γpc	204,1	20.408,7	4,7
NP3sq	200,3	20.030,1	4,6
NP3aju	107,2	10.718,0	2,2
K1rp	26,1	2.613,4	0,6
Total	4.350,1	435.031,4	100

Suas características litofaciais sugerem um processo de sedimentação por águas calmas, em ambiente lacustre, e devido a atividade tectônica diminuiu, causando episódio de perturbações que causaram sedimentação de conglomerados intercalados em rochas pelíticas. A espessura é estimada em 1.200m na Bacia de Souza, e seu contato com a Formação Rio Piranhas é sobrejacente e gradativa (BRASIL, 1981).

A sedimentação dos argilitos são intercalados em níveis de calcário e arenitos finos e conglomeráticos, na parte inferior ocorre predominância de siltitos com cimento clífero escuro com intercalações de arenitos finos, camadas fossilíferas, com restos de peixes, fragmentos ósseos, e vegetais. Na parte superior predominam arenitos finos e siltitos arenosos escuros, com intercalações de calcários, folhetos e argilitos, além de camadas intercaladas de fosseis, siltitos e folhelhos vermelhos amarronzados, com intercalações de arenitos calcíferos, marga e calcário (BRASIL, 1981).

O Grupo Rio do Peixe - Formação Antenor Navarro (K1an), essa unidade cobre uma área de 55,0 Km² (5.496,8 Ha²), ou 1,3%, é considerada uma estrutura situada entre o Berriasiano e Barremiano, ou com uma idade mais antiga (Jurássico Inferior a Médio). Apresenta arenitos grossos a conglomeráticos com níveis de arenitos finos a médios, conglomerados polimíticos (por vezes com fragmentos atingindo 1,5 metro de diâmetro/comprimento) (BRASIL, 1981).

O Grupo Rio do Peixe ocorre em bacias isoladas nas regiões de Sousa, Iguatu, Lima Campos, Pombal e Brejo da Freiras. Representado afloramentos na bordas das bacias onde encontra-se sua presença, a espessura da Formação Antenor Navarro é variável entre 300m a 1.370m, na Formação Souza, essa variação é gradativa (BRASIL, 1981).

O Grupo Rio do Peixe - Formação Rio Piranhas (K1rp): Representa a parte superior do Grupo Rio do Peixe, cobre uma área de 26,1 Km² (2.613,4 Ha²), ou 0,6%. A máxima espessura é constatada uma profundidade de aproximadamente 320m, mostra intercalações de arenitos grossos a conglomeráticos, não sendo comuns níveis carbonáticos e fossilíferos. A matriz é feldpática e líticos, mal selecionados, com intercalações de arenitos médios a finos e de siltes (BRASIL, 1981).

A Suíte Intrusiva São João do Sabugi (NP3θ2s), representa 23,9 Km² (2.387,3 Ha²), ou 0,5% da área de estudo. Formado predominantemente de dioritos, quartzo dioritos, gabros e gabronoritos de afinidade subalcalina.

A Suíte Intrusiva Dona Inês (NP3γ2di), apresenta 23,4 Km² (2.335,2 Ha²), ou 0,5% da área. Formados por granitos finos cinza claro, leucocráticos, podendo conter moscovita, por vezes aflorando na forma de diques.

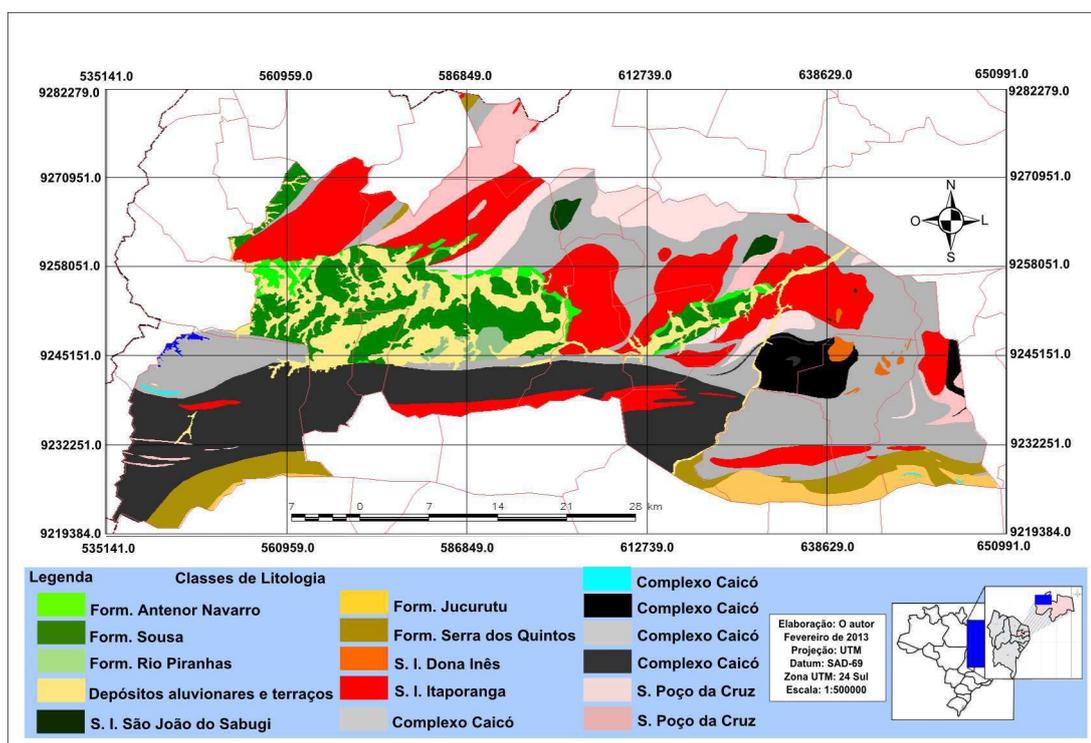
O Grupo Seridó, Formação Serra do Quintos (NP3sq), apresenta 200,3 Km² ou 4,6%, predominâncias de biotita gnaisses migmatizados e migmatitos, com níveis de mármore, intercalações de formações ferríferas e prováveis metabásicas.

O Grupo Seridó - Formação Jucurutu (NP3aju), cobre uma área total de 107,2 Km², (10.718,0 Ha²), ou 2,2%. A Formação Jucurutu é considerada uma variação litológica estrutural e/ou metamórfica. Litologicamente essa formação é representada por biotita-anfibólio gnaisses e biotita gnaisses predominantemente, com camadas de mármore, rochas calcissilicáticas e mais raramente quartzitos. As rochas da Formação Jucurutu existe uma participação na Orogênese Brasileira, havendo rochas com idades pré-brasilianas ou transamazônica (BRASIL, 1981).

2.3.6 Geomorfologia

Os aspectos geomorfológicos do interior do Sertão da Paraíba, localização da área em estudo, são compostos por um mosaico de ambientes e relevos, marcados com baixa declividade e drenagem de vales rasos, até relevos suaves a suave-ondulado como

Figura 9 – Litologia do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



é mostrado na Figura 10.

A partir da definição das classes, foi possível estabelecer os valores de estabilidade e vulnerabilidade, apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes classes geomorfológicas da área.

Geomorfologia	Valor
Depressão Sertaneja de Formas Aguçadas	3.0
Depressão Sertaneja de Formas Tabulares	1.5
Depressão Sertaneja de Superfície Pediplanada	2.0
Planície Fluvial	1.0
Planalto Sertanejo de Formas aguçadas	3.0
Planalto Sertanejo de Formas Convexas	3.0
Planalto Sertanejo de Formas Tabulares	3.0

Fonte: Crepani, 2001.

As superfícies da Depressão Sertaneja de Formas Aguçadas cobre uma área de 324,4 Km² (28.719,1 Ha²), ou 7,4% Tabela 13, localizado no norte e sul da área, apresentando uma declividade variável entre os valores de 3 a 10%. São áreas instáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo plano e suave ondulado.

A Depressão Sertaneja Superfície Pediplanada apresenta uma área de 497,9 Km² (40.337,2 Ha²), ou 11,4%, localizado ao norte dos municípios de São João do Rio do Peixe

e Lastro, declividade predominante 10% a valores acima de 40%, São áreas muito instáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo ondulado e forte ondulado.

O Planalto Sertanejo de Formas Aguçadas apresenta uma área de 211,2 Km² (16.963,7 Ha²), ou 4,8%, localizado no oeste de Cajazeiras e sul de Condado e Cajazerinhas, apresenta relevo escarpado com valores de declividade acima dos 40%, São áreas instáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo forte ondulado.

A Depressão Sertaneja Formas Tabulares apresenta uma área de 2.920,3 Km² (266.002,7 Ha²), ou 67,0%, localizado em porções distribuídas em todo o território do polo, relevo plano com declividade inferiores a 7%, São áreas estáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo suave ondulado.

Tabela 13 – Classes de Geomorfologia da Área em Estudo.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
Depressão Sertaneja de Formas Aguçadas	324,4	28.719,1	7,4
Depressão Sertaneja Superfície Pediplanada	497,9	40.337,2	11,4
Planalto Sertanejo de Formas Aguçadas	211,2	16.963,7	4,8
Depressão Sertaneja Formas Tabulares	2.920,3	266.002,7	67,0
Planalto Sertanejo Formas Tabulares	148,4	14.839,3	3,4
Planície Fluvial	228,0	22.798,0	5,2
Planalto Sertanejo Formas Convexas	30,0	3.003,2	0,8
Total	4.360,1	392.663,3	100

O Planalto Sertanejo Formas Tabulares apresenta uma área de 148,4 Km² (14.839,3 Ha²), ou 3,4%, localizado exclusivamente no sul do município de Cajazeiras, relevo escarpado de valores acima de 40%, São áreas instáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo forte ondulado.

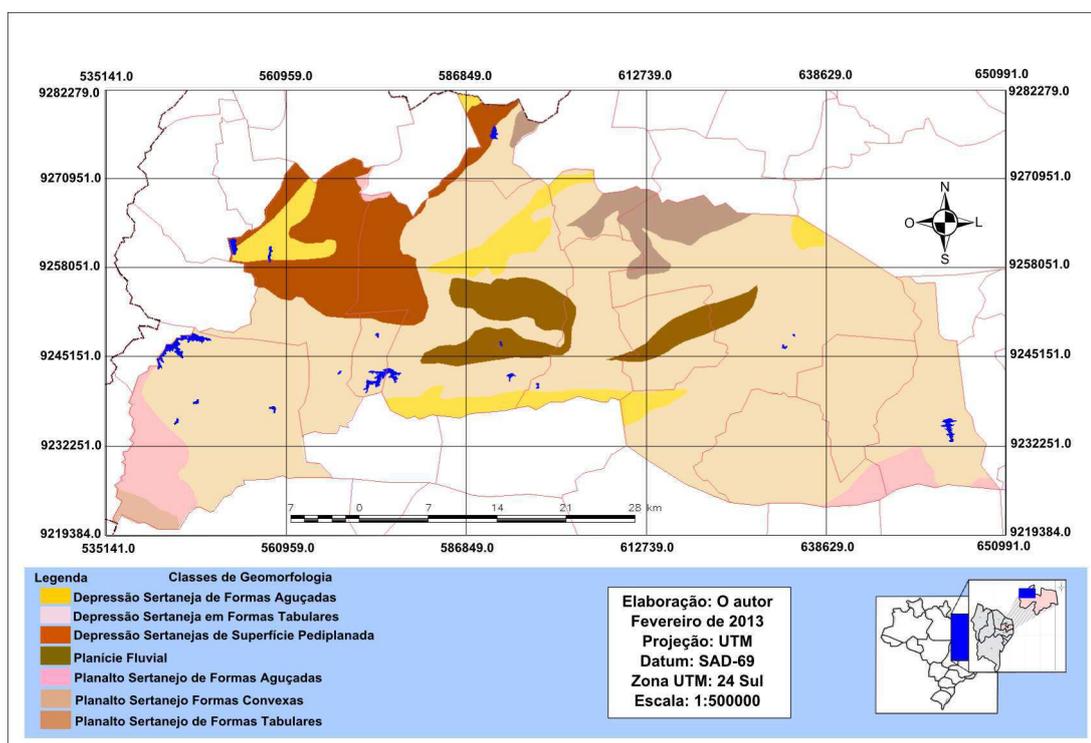
A Planície Fluvial apresenta uma área de 228,0 Km² (22.798,0 Ha²), ou 5,2%, localizado no interior dos municípios de Sousa, Aparecida, São Domingos e Pombal. Valores de declividade de menores 0 a 3%, São áreas mais estáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo plano.

O Planalto Sertanejo Formas Convexas apresenta uma área de 30,0 Km² (3.003,2 Ha²), ou 0,8%, localizado no norte dos municípios de Pombal, e São Francisco, valores de declividade acima de 40%, São áreas instáveis aos processos de perda de solo, possuindo um relevo escarpado.

2.3.7 Uso e Cobertura Vegetal

As antropizações e a cobertura vegetal, representam as principais informações sobre uso e ocupação do solo. Em se tratando de uso e cobertura do solo, as principais

Figura 10 – Geomorfologia do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



formações vegetais segundo (IBGE, 2012b), e (UEFS-BA, 2006) podem ser observados na Figura 11:

Caatinga Estépica Florestada é uma formação estruturada fundamentalmente em dois estratos: um superior, com predominância de espécies decíduas, pouco adensadas por grossos troncos, esgalhados, espinhosos; e um estrato inferior descontínuo. Apresenta uma área total de 906,1 Km² (90.609,8 Ha²), ou 21,5%.

Tabela 14 – Valores de vulnerabilidade/estabilidade para as diferentes usos e ocupações do solo da área.

Uso e ocupação do solo	Valor
Afloramento	3.0
Agricultura Irrigada	1.5
Agropecuária	2.0
Caatinga Estépica Florestada	1.0
Caatinga Estépica Arborizada	2.0
Zona Urbana/Solo Exposto	3.0
Água	0.0

Fonte: Crepani, 2001.

A flora característica possui predominância dos gêneros *Cavanillesia* e *Ceiba* (*Malvaceae*), sendo que o gênero neotropical *Cavanillesia* é homólogo do gênero paleotropical africano *Adansonia*; *Schinopsis* (neotropical andino-argentino) e *Astronium* (neotropical

afro-amazônico), pertencentes à família pantropical *Anacardiaceae*; *Vachellia*, *Senegalia*, *Mimosa*, *Chamaecrista* e outros da família *Fabaceae*, de dispersão pantropical, com distribuição descontínua, apresentando maior número de espécies neotropicais (IBGE, 2012b).

Caatinga Estépica Arborizada cobre uma área total de 1.511,0 Km² (151.098,6 Ha), ou 35,8%, o valor de vulnerabilidade adotado 2,0 (Tabela 15). É uma formação estruturada nitidamente em dois estratos: um, arbustivo-arbóreo superior, esparso, geralmente de características idênticas ao da Savana-Estépica Florestada, descrito acima; e outro, inferior gramíneo-lenhoso, também de relevante importância fitofisionômica.

Na sua composição florística, merecem destaque as seguintes espécies: *Spondias tuberosa* Arruda (*Anacardiaceae*), sendo o gênero de dispersão amazônica, mas a espécie endêmica; *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett (*Burseraceae*), gênero de dispersão afro-amazônica, mas espécie endêmica; *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (*Euphorbiaceae*), com família de dispersão pantropical, porém de espécie endêmica; *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (*Apocynaceae*), gênero com dispersão andino-argentina, mas de espécie endêmica; além de várias espécies do gênero *Mimosa* (IBGE, 2012b).

Tabela 15 – Classes de Uso e Cobertura do Solo da Área em Estudo.

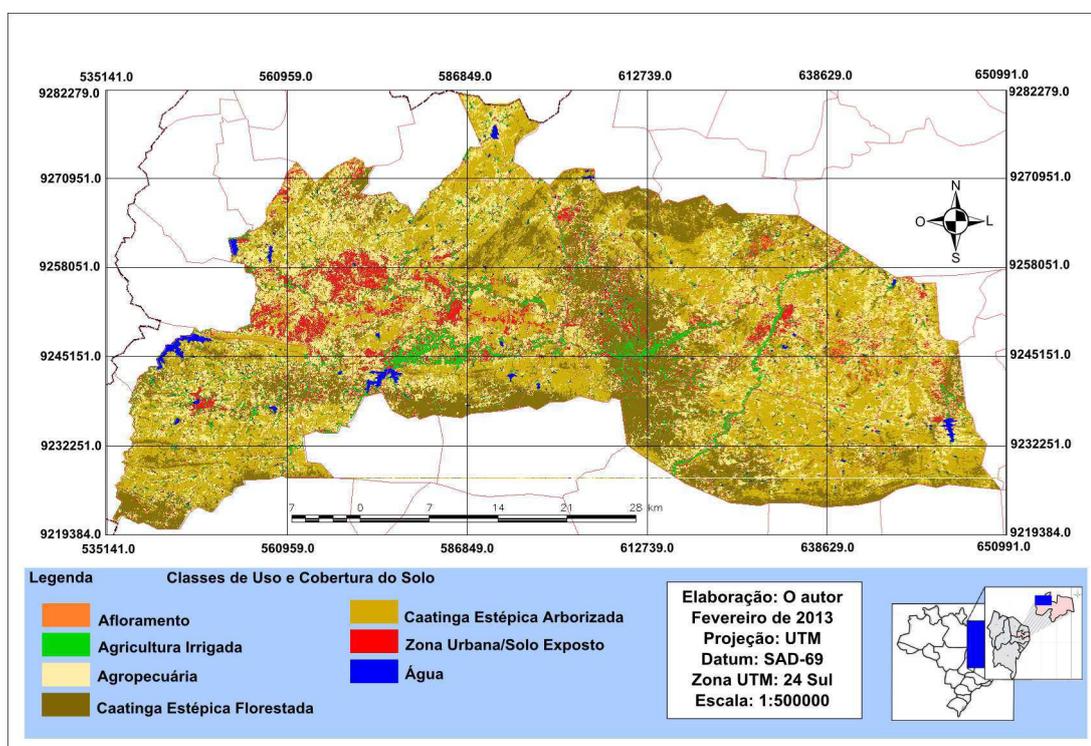
Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
Água	31,3	3.126,9	0,7
Agricultura Irrigada	229,9	22.991,6	5,5
Caatinga Estépica Florestada	906,1	90.609,8	21,5
Caatinga Estépica Arborizada	1.511,0	151.098,6	35,8
Afloramento Rochoso	10,5	1.045,5	0,2
Zona Urbana	378,1	37.812,0	9,1
Agropecuária	1.148,7	114.872,9	27,2
Total	4.215,6	421.557,4	100

Agricultura é dividida em culturas cíclicas e as permanentes, as culturas permanentes representam 229,9 Km² (22.991,6 Ha²), ou 5,5% da área de estudo. Os municípios apresentam lavouras permanentes, temporárias, lavouras com área plantada com forrageiras para corte, são usados vários sistemas de preparação do solo, como o cultivo de forma convencional ou (aração mais gradagem), ou gradagem mais profunda, áreas de cultivo mínimo (só gradagem), plantio direto na palha.

A agricultura permanente produz, principalmente frutas tropicais, nas áreas irrigadas. A produção da lavoura temporária: cana-de-açúcar, feijão em cor e fradinho em grão, mandioca, milho em grão. A pecuária é praticada com efetivos de bovinos, equinos, muares, caprinos, ovinos, suínos e aves. São desenvolvidas extensivamente em pastagens naturais, plantadas e degradadas, as atividades pecuárias e as lavouras temporárias apresentam uma área total, 1.148,7 Km² (114.872,9 Ha²) ou 27,2%.

Zona Urbana Consolidada ou outras apresentam 378,1 Km² (37.812,0 Ha²), 9,1% do total. essa classe também inclui além dos perímetros urbanos, as áreas de afloramento rochoso 10,5 Km² (1.045,5 Ha²), ou 0,2%.

Figura 11 – Cobertura Vegetal do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



2.3.8 Mapa do Clima e Dados Pluviométricos:

As informações referentes aos dados pluviométricos foram levantados junto à AESA - PB. Para a pluviosidade da área de trabalho, foram obtidos os anos e os meses referentes às imagens de satélite utilizadas no processo de classificação do uso e ocupação do solo.

Uma vez que o objetivo do trabalho foi utilizar os dados para calcular a vulnerabilidade ambiental, também foi usado o mapa de pluviosidade média anual da Paraíba, produzido pela AESA - PB (AESA, 2006b).

2.3.9 Mapa de Hipsometria e Declividade:

O Modelo Digital de Elevação do Terreno (MDET) é uma representação matemática de uma característica superfície terrestre. Ele é um plano de informação necessário para o cálculo da declividade.

A declividade e a hipsometria foi processada no spring 5.2. Foi usado uma grade numérica ASTER - GDEM (ASTER, 2012), que possui resolução de 30 metros, mais preciso em relação as imagens SRTM da NASA com resolução de 90 metros.

2.3.10 Mapa de Pedologia:

A carta de solos da Paraíba foi obtida em formato digital na GEOPORTAL da AESA - PB (AESA, 2006c), e do mosaico dos mapas Exploratório-Reconhecimento de solos da EMBRAPA, dos municípios Tabela 16:

Tabela 16 – Quadriculas dos mapas de solos referentes ao polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas.

Mapa	Nomeclatura	Escala
Cajazeiras	SB-24-Z-A-IV	1:500.000
Sousa	SB-24-Z-A-V	1:500.000
Pombal	SB-24-Z-A-VI	1:500.000
Milagres	SB-24-Z-C-I	1:500.000
Itaporanga	SB-24-Z-C-II	1:500.000
Piancó	SB-24-Z-C-III	1:500.000

Fonte: EMBRAPA, 1972.

2.3.11 Mapa da Litologia:

A carta de geologia foi obtida em formato digital no site da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, SB-24-Z-A, escala 1: 250.000 (MEDEIROS *et al.*, 2005).

2.3.12 Mapa de Geomorfologia:

A carta de Geomorfologia da Paraíba foi obtida em formato digital na GEOPORTAL da AESA - PB (AESA, 2006a).

2.3.13 Mapa de Uso e Cobertura do Solo:

Este levantamento visou perceber, a partir de mapeamento e cruzamento multitemporais e de campo, o uso e a ocupação do solo e a evolução do crescimento das atividades agroindustriais ocorridos área de estudo. Para tanto, foram utilizadas um conjunto de imagens do sensor ETM do satélite (LANDSAT-07, 2002), bandas R3, G4 B5, composição RGB, órbita 216, ponto 065 e datadas de 18/08/2001. Além de imagens do sensor LIS3 do satélite RESOURCESAT-P6LIS3, 2012), Bandas B2, R3, G4, composição BRG, e órbitas 335 - 336, ponto 081 datadas de 02/09/2012 e 14/08/2012, as bandas azul e verde, foram obtidas por meio de álgebra de mapas com as operações (AZUL = $0.85 * B2 - 0.15 * B4$; VERDE = $0.65 * B2 + 0.35 * B4$).

O processamento da imagem LIS3, composição em cores verdadeiras, facilitou a obtenção de informações do uso e ocupação do solo referente ao ano. Essas imagens foram registradas no Regeemy 0.2.43, importadas no Spring 5.2, onde foram filtradas e o método de classificação foi o supervisionado, denominado Máxima Verossimilhança (MAX-VER) (CÂMARA *et al.*, 1996).

Primeiramente foi efetuado um pré-processamento: dividido em duas etapas: o *processo de registro das imagens*, ou georreferenciamento que significa associar as imagens digitais a um sistema de coordenadas (latitude e longitude). Esse procedimento objetivou ajustar a imagem na sua posição correta no terreno, relacionando os pixels das imagens pelos pontos representativos da Terra. Dessa forma, as distorções causadas pelo sistema sensor ou pela imprecisão da posição da plataforma são eliminadas na imagem (GALLOTTI, 2008).

O procedimento de registro foi efetuado no software Regeemy, com parâmetros de aquisição: Automatic default, qualidade 512 pontos, transformação tipo *Affine*, busca por *Auto find tie points* e erro de 0, 840. O registro foi executado usando o interpolador vizinho mais próximo, no mosaico pela opção *Rendering, Register only, interpolador Nearest neighbor*.

A segunda etapa foi efetuada no Spring 5.2, foram usadas as ferramentas de processamento digital de imagens, o realce de *contraste* para causar uma transferência radiométrica em cada pixel, tendo por objetivo aumentar a discriminação visual entre objetos contido na imagem. Essa transferência radiométrica é executada pixel a pixel, não levando em consideração os valores de vizinhança (CÂMARA *et al.*, 1996).

Os filtros, assim como o contraste, operam sobre o valor de cada pixel na imagem, levando em consideração seus vizinhos, sendo usados os filtros Passa-Baixa-Média nas imagens Landsat 7 para gerar um efeito de suavização, e Passa-Alta nas imagens Lis3 usado para aumentar o nível de cinza e gerar um efeito de maior nitidez (IBGE, 2001).

Conforme o processo de classificação utilizado, a classificação pixel a pixel utiliza-se as informações espectrais, isoladamente, de cada pixel para encontrar as regiões homogêneas. O método estatístico usado nessa classificação foi o *Maxver* ou *Máxima Verossimilhança* (NOVO, 2010).

Para que o procedimento tivesse sucesso foi preciso obter um número razoável de pixels, para cada conjunto de treinamento, esse conjunto de treinamento definiu o diagrama de dispersão das classes que determinou a distribuição da probabilidade para cada classe do treinamento (NOVO, 2010).

2.3.14 Mapa da Cobertura Vegetal:

O mapa de vegetação de 2001 e 2012 foi elaborado a partir do mosaico de imagens ETM Landsat-7 Bandas R3, G4, B5, órbita 216 e ponto 065, 18/08/2001, LIS3 Bandas B2, R3, G4, órbita 335 e 336, ponto 081, datadas de 02/09/2012 e 14/08/2012. Utilizando interpretação visual, tendo como base o mapa de uso e cobertura do solos e a folha SB.24-Z-A/Sousa, obtido em meio digital no Ministério do Meio Ambiente (UEFS-BA, 2006).

Estes mapas foram elaborados para possibilitar analisar mais detalhadamente as mudanças na área em estudo, os mapas de uso e cobertura do solo estavam classificados apenas com a Caatinga Estépica Arborizada e Florestada. Dessa forma não era possível afirmar as mudanças que realmente ocorreram, como regeneração e/ou desmatamento, a classificação foi realizada considerando os aspectos de textura, padrão e forma.

O mapa de vegetação é composto pelas seguintes classes de acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira, IBGE (2012b):

- Caatinga Estépica Florestada:
- Caatinga Estépica Arborizada:
- Agropecuária:
- Zona Urbana Consolidada:

2.3.15 Diagnóstico da Vulnerabilidade Ambiental:

A determinação da vulnerabilidade ambiental da área de estudo foi possível com o uso dos métodos propostos por Ross, (1995), CREPANI *et al.*, (2001), adaptando essas técnicas as operações de álgebra de mapas do Spring 5.2 e à realidade geoambiental da área de estudo submetida bem como a escala de análise.

O conceito de estabilidade de uma unidade desenvolvido pelos princípios da Ecodinâmica (TRICART, 1977) e de operacionalização de (CREPANI *et al.*, 2001), que analisa a morfodinâmica das paisagens naturais, estabelecendo diferentes categorias morfodinâmicas resultante entre o balanço dos processos de morfogênese e pedogênese.

Desta forma, quando predomina a morfogênese, prevalecem os meios fortemente instáveis, modificando as formas de relevo. Nas situações em equilíbrio entre morfogênese e a pedogênese predomina os integrados e quando predomina a pedogênese prevalece os processos formadores dos solos com categoria estável.

A modelagem obedeceu as seguintes etapas de sobreposição com álgebra de mapas, foram determinados pesos de importância para cada tema, geologia, geomorfologia, tipo de solo, clima e pluviosidade, vegetação e uso e do solo.

A vulnerabilidade ambiental de cada unidade ambiental em função da média aritmética dos valores individuais de cada um dos cinco temas preexistentes para aquela unidade:

$$Vulnerabilidade = (G + R + S + V + C)/5$$

onde:

G = vulnerabilidade para o tema Geologia;

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;

S = vulnerabilidade para o tema Solos;

V = vulnerabilidade para o tema Uso e ocupação do solo;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

A proposta de análise da degradação baseado na ecodinâmica da paisagem, redefina as classes de vulnerabilidade ambiental adotando pesos às variáveis associadas aos temas geologia, geomorfologia, solos, uso e ocupação do solo e clima, permitindo traçar um quadro comparativo com as abordagens utilizadas para analisar os aspectos ambientais.

A definição e a atribuição dos "pesos" das variáveis foi um fator determinante na classificação da vulnerabilidade, podendo assim, conduzir a resultados variados pelo fato dos "pesos" e variáveis serem definidas de forma subjetiva pelo pesquisador.

Tabela 17 – Classes e Graus de Vulnerabilidade Ambiental.

Classes de Vulnerabilidade	Graus de Vulnerabilidade
Estáveis	1,0 - 1,4
Moderada Estabilidade	1,4 - 1,8
Moderada Vulnerabilidade	1,8 - 2,2
Média Estabilidade Vulnerabilidade	2,3 - 2,6
Vulneráveis	2,6 - 3,0

Fonte: Crepani, 2001.

2.3.16 Levantamento das Magnitudes dos Impactos Ambientais:

Os parâmetros foram separados em cinco níveis hierárquicos, considerando o tipo de atividade e nível de estabilidade ou vulnerabilidade ambiental, quanto maior o valor de vulnerabilidade ocupado pelas atividades agroindustriais, maior a magnitude do impacto ambiental. Os cinco parâmetros foram distribuídos da seguinte forma: Muito Baixo (1) Baixo (2) Moderado (3) Alto (4) Muito Alto (5).

A metodologia empregada nessa etapa do trabalho consistiu em mensurar, a partir de sobreposição Booleana, baseada em trabalho de campo e mapeamento, a magnitude

dos impactos ambientais devido à ocupação de áreas com vulnerabilidade ambiental por atividades agroindustriais.

A valorização da magnitude foi determinada a partir da ponderação de classes de impactos resultantes da sobreposição do uso e ocupação do solo em 2012 sobre o mapa de vulnerabilidade ambiental, instituindo pesos de acordo com o grau de vulnerabilidade.

2.3.17 Diagnóstico Sócio-econômico e Avaliação do Potencial Social:

Segundo Meirelles *et al.*, (1999), a potencialidade social é um fator indispensável para a integração ecológico-econômica necessária ao zoneamento e deve ser avaliada segundo unidades territoriais político-administrativas (municípios, distritos), visto que estas geralmente dispõem de um sistema estruturado de coleta e divulgação dos dados.

O primeiro procedimento adotado foi o de autoria de Meirelles *et al.*, (1999), que prevê a avaliação da potencialidade social através de quatro dimensões: a produtiva, a institucional, a natural e a humana. Seguindo o método, definiu-se para cada potencial um conjunto de indicadores, que foram calculados a partir de diversas variáveis.

Esses indicadores são reescalados segundo uma atribuição de pesos, numa escala de 1 a 3, do mais ao menos restritivo. Essa atribuição foi realizada de acordo com os intervalos estabelecidos na Tabela 18, que classifica como fatores restritivos ao desenvolvimento ou fatores dinâmicos indutores do crescimento.

Tabela 18 – Valores de Potencialidade Social.

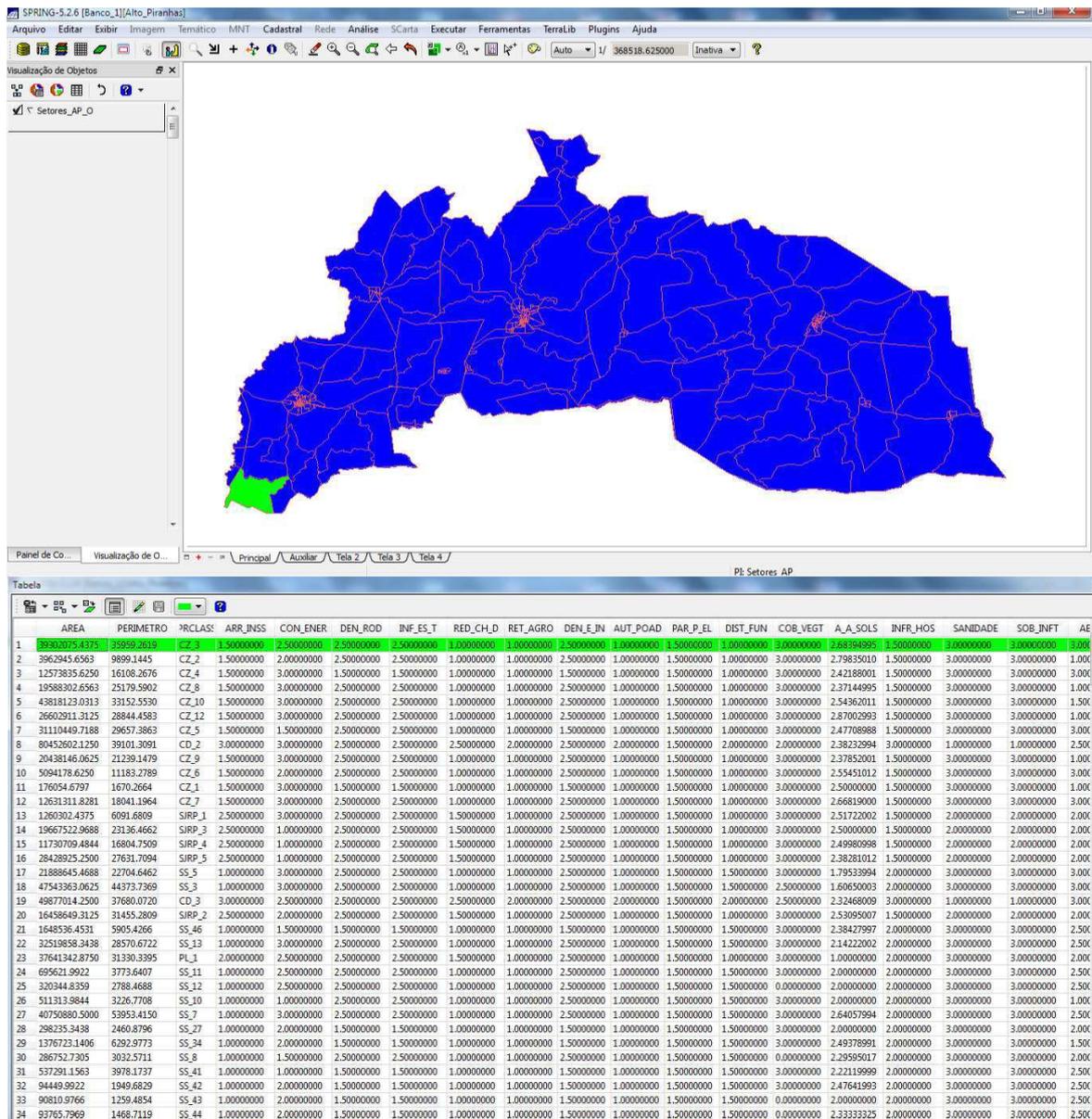
Potencial	Valor
Alto	2,7 - 3,0
Moderadamente alto	2,3 - 2,6
Médio	1,8 - 2,2
Moderadamente baixo	1,4 - 1,7
Baixo	1,0 - 1,3

Fonte: Almeida (2006), adaptado de Batista & Matricarti (2004).

A metodologia empregada nessa etapa do trabalho consistiu em construir mapas temáticos que expressam as 4 dimensões de avaliação da Potencialidade Social. A dimensão natural, a humana, a produtiva e a institucional avaliadas segundo parâmetros ajustados ao Estado da Paraíba e o Alto Piranhas.

Os dados foram apresentados no nível de agregação, correspondendo a escala do setor censitário. Para cada potencial foram definidos um conjunto de indicadores, que expressam a situação local, que foram calculados de acordo com as variáveis selecionadas no (DATASUS, 2012) e (IBGE, 2012a)/ (IBGE, 2010).

Figura 12 – Coleção de Geo-objetos da área de Estudo.

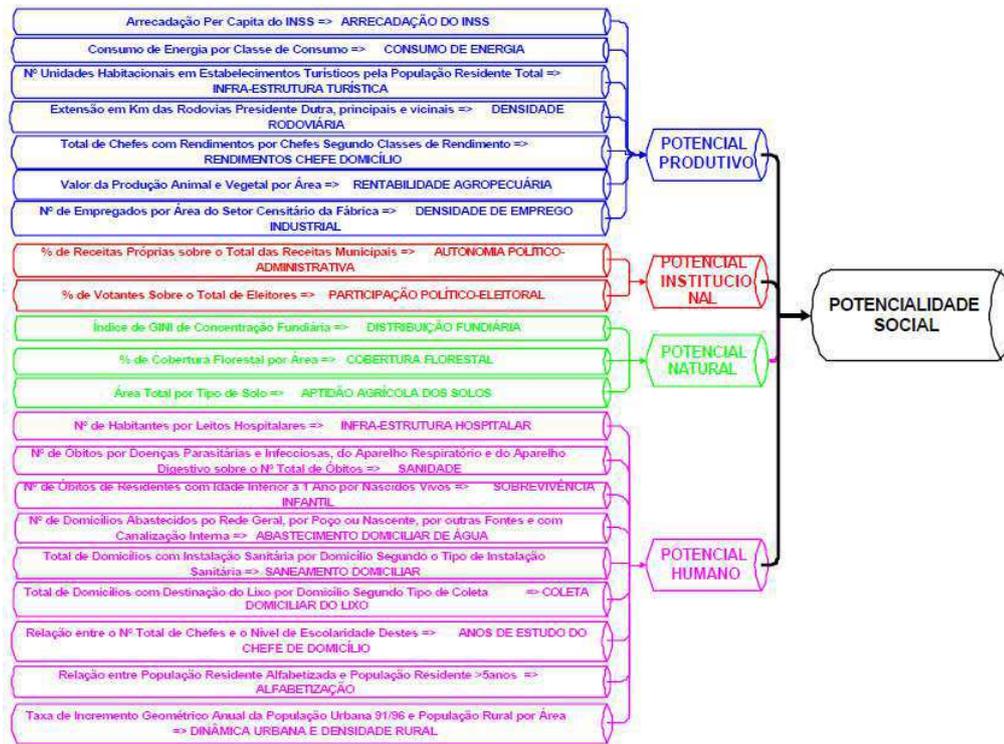


Os setores urbanos não foram agrupados, mantendo todas as unidades territoriais 297 (setores censitários rurais + setores urbanos), Figura 12. A geração dos potenciais foi obtida por meio de uma média aritmética simples dos indicadores de cada potencial. Em seguida, aplicou-se uma média aritmética dos valores dos potenciais para a obtenção do Mapa de Potencialidade Social e Econômica. Essa média atendeu à seguinte fórmula:

$$(2,5 * Pot_{Humano} + Pot_{Natural} + Pot_{produtivo} + 0,5 * Pot_{Institucional})/6 \quad (2.1)$$

Segundo os autores em questão, esses pesos foram estabelecidos principalmente com base no número de variáveis que compõem cada potencial. Os indicadores foram estabelecidos em uma tabela, agrupados em 21 atributos Figura 13.

Figura 13 – Esquema analítico de geração do mapa de potencialidade social e econômica, conforme Meirelles *et al.*, (1999).



Fonte: Meirelles *et al.*, (1999).

Os índices definidos na avaliação dos potenciais foram configuradas, de acordo com a disponibilidade dos dados, tendo por base os setores censitários e o município. Os indicadores foram gerados a partir do reescalonamento dos valores obtidos, variando entre 1 (Potencial Alto) e 2 (Médio Potencial) e 3 (Potencial Baixo). Foram definidas 5 classes para a distribuição por setores, as classes correspondem a uma escala cromática que varia do vermelho (situação pior) para o verde (situação melhor) Tabela 18.

Os potenciais natural, humano, produtivo e institucional foram representados cartograficamente a partir do conjunto dos respectivos atributos selecionados. A definição dos indicadores baseou-se em sua discretização para o conjunto de setores, utilizando procedimentos de Operações Matemáticas sobre atributos presentes no ambiente LEGAL/SPRING (CÂMARA *et al.*, 1996), como o *Espacialize*, *Atualize* e o *Fatie*.

Foram contemplados os temas de população, habitação, saúde, emprego, escolaridade, rendimentos, recursos energético, produção entre outros. A modelagem foi feita agrupando informações segundo atributos alfanuméricos com os domínios espaciais correspondente a Base de Setores Censitários Demográficos do IBGE - ano de referência 2010.

2.4 Análise das mudanças

Uma análise temporal das mudanças do uso e ocupação do solo foi realizada com bases nos mapas gerados para os anos de 2001 e 2012. Para uma análise mais detalhada da dinâmica destas mudanças ao longo do tempo, e a distribuição das atividades agroindustriais ao longo da área em estudo. Uma inferência referente às substituições das áreas referentes as principais classes de uso foi elaborada.

Assim, apenas para realizar esta análise através da sobreposição Booleana dos mapas, os principais deslocamentos existentes entre os mapas de uso e cobertura do solo dos dois anos foram corrigidos, possibilitando analisar as principais mudanças e a dinâmica das atividades agroindustriais.

Os mapas de 2001 e 2012 corrigidos foram mantidos em formato matricial, e foi realizada a sobreposição deles no ambiente de programação LEGAL/SPRING 5.2 (CÂMARA *et al.*, 1996). A partir do algoritmo foram gerados combinações entre as classes temáticas.

2.5 Análise das relações

As possíveis relações entre os aspectos foram avaliadas através da sobreposição booleana da álgebra de mapas. A existência de correlação entre as diferentes classes de uso e cobertura do solo e vulnerabilidade ambiental foram testadas de acordo com as regras de classificação nas operações booleanas.

3 Resultados e discussão

3.1 Análise das mudanças e correlações

3.1.1 Mudanças no Uso e Ocupação do Solo 2002-2012

De acordo com a Tabela 19, durante o ano de 2002, percebe-se um predomínio de áreas com agropecuária extensiva que corresponde a 27,2%, essa atividade é praticada também em áreas de caatinga estépica arborizada por apresentarem uma formação mais aberta e acessível aos animais, já a classe caatinga estépica arborizada corresponde a 35,8% da área total.

As regiões periféricas da área de estudo é coberta por vegetação do tipo caatinga estépica florestada, com um relevo e uma declividade mais escarpada e de difícil acesso, correspondendo a 21,5% de área. Como observado por Junior & Almeida (2010), esse é o primeiro padrão que constitui uma exploração da terra por pequenos e médios proprietários, onde destinam suas terras para criação de gado.

Tabela 19 – Classes de Uso e Ocupação do Solo da área em estudo para o ano de 2002.

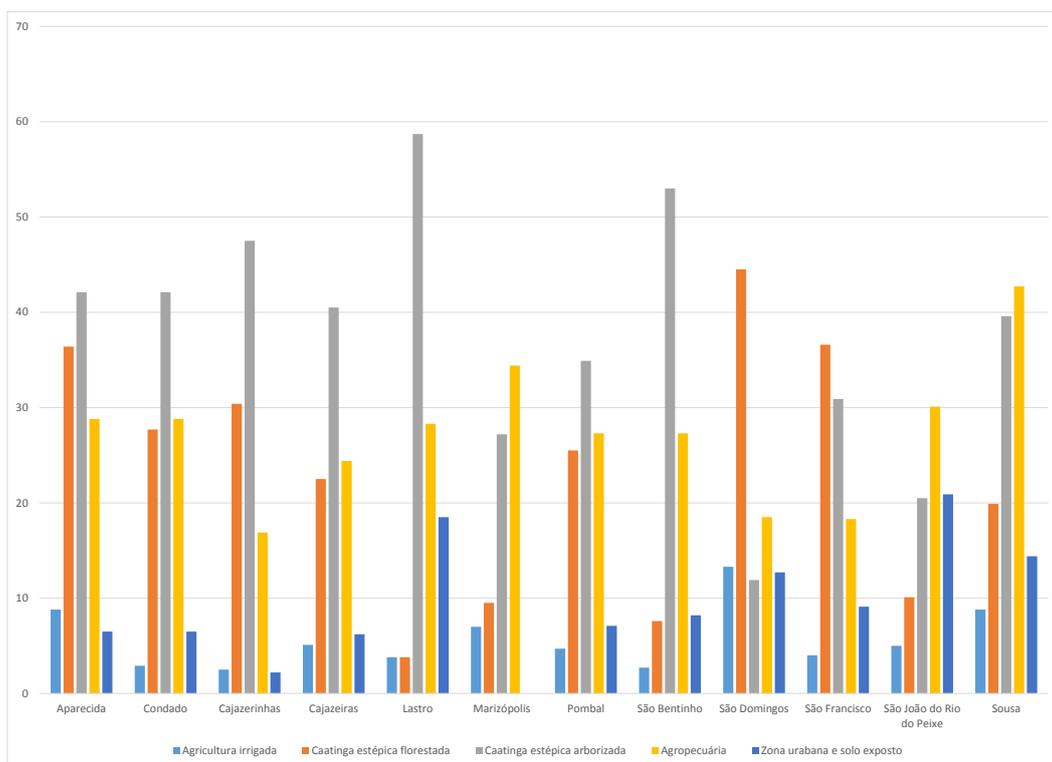
Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
Água	31,3	3.126,9	0,7
Agricultura Irrigada	229,9	22.991,6	5,5
Caatinga Estépica Florestada	906,1	90.609,8	21,5
Caatinga Estépica Arborizada	1.511,0	151.098,6	35,8
Afloramento Rochoso	10,5	1.045,5	0,2
Zona Urbana	378,1	37.812,0	9,1
Agropecuária	1.148,7	114.872,9	27,2
Total	4.215,6	421.557,4	100

O segundo padrão observado nas imagens refere-se as atividades agrícolas irrigadas que mesmo ocupando apenas 5,5% da área, são praticadas em áreas no interior de Sousa, com o uso de máquinas pesadas e técnicas modernas. Em relação a esse padrão podemos observar formas mais simples dessa atividade em torno dos açudes de São Gonçalo e Engenheiro Ávidos (Condado), e nas margens dos principais rios perenizados, como o Piancó e o Piranhas.

Segundo Junior & Almeida (2010), o preparo excessivo do solo, uso de máquinas pesadas e pisoteio de animais provocam uma menor infiltração no solo. Além dessa redu-

ção na infiltração do solo por essas atividades, é observado classes como, a zona urbana consolidada 9,1% e as áreas com afloramento 0,2%, que naturalmente contribui para o aumento desse processo. De acordo com a Figura 14, quando se refere ao ano de 2002, os dados descritos em relação a área total de cada município, percebe-se que as atividades agrícolas irrigadas, representadas pela classe de agricultura irrigada, estavam localizadas em pontos específicos do Alto Piranhas. Municípios como Condado concentrava ao longo do perímetro irrigado do Açude Engenheiro Ávidos, uma área de 2,9%, área pouco maior possui o município de Cajazerinhas com apenas 2,5%.

Figura 14 – Uso do Solo por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas 2002.



Os resultados obtidos a partir do processo e análise das imagens de satélite demonstram que os municípios que apresentavam as maiores áreas irrigadas são Sousa com 8,8%; Aparecida com uma área de 7,5%; São João do Rio do Peixe 5,0%; Marizópolis 7,0%; São Domingos com 13,3% e Cajazeiras 5,1%, isso ocorre em virtude das condições favoráveis de relevo, solos e proximidades dos recursos hídricos. Os demais apresentam uma pequena área como, Lastro com 3,8%; Pombal 4,7%; São Bentinho 2,7%; São Francisco 4,0%; que são regiões com maior potencial para desenvolver essas atividades, mesmo possuindo pouca oferta de água.

No gráfico da Figura 14, pode-se observar que a cobertura vegetal do polo do Alto Piranhas estava concentrada de forma desigual nos municípios da área em estudo. Esse padrão pode estar relacionado com a área total e desenvolvimento agropecuário da região,

os municípios com menor produção agropecuária apresentava, uma melhor condição da cobertura vegetal. Aparecida com 36,4%; Cajazerinhas com 30,4%; Pombal com 25,5%; São Domingos 44,5%; São Francisco 35,6% e Cajazeiras com 22,5%. Entre os municípios que apresentavam as menores áreas, estão Sousa com 19,9%, Lastro 3,8%. Marizópolis 9,5%; São Bentinho 7,6%; São João do Rio do Peixe 10,1% e Condado 18,6%.

A caatinga estépica arborizada são formações mais ralas e estão distribuídas por toda a área de estudo, principalmente nas menores altitudes e relevos planos e suaves ondulados. Esse tipo de cobertura é considerável em todos os municípios, como é perceptível no gráfico da Figura 14, onde Aparecida e Condado apresentava 42,1%; Cajazerinhas 47,5%; Cajazeiras 40,5%; Lastro 58,7% e São Bentinho 53,0%, ou seja, maiores áreas dessa classe temática. Outros municípios como Marizópolis 27,2%; Pombal 34,9%; São Domingos 11,9%; São Francisco 30,9%; São João do Rio do Peixe 20,5% e Sousa 39,6% apresentavam as menores áreas.

Isso não se difere do comportamento encontrado por Alves *et al.*, (2009), onde ele percebeu que isso se dava pela importância que a pecuária tem como atividade principal dentro do bioma caatinga, proporcionado pela vegetação nativa da caatinga que permite um consumo de matéria seca capaz de atender as necessidades dos animais. A criação do gado praticada extensivamente, responde atualmente por uma forte concentração de terras, sobretudo na após a utilização de pastos melhorados e da cultura de plantas forrageiras (palmas forrageiras).

No que se refere as atividades agropecuárias, foi observado que ela tem uma relação direta com o tamanho de cada município. São João do Rio do Peixe apresentava no ano de 2002 uma área de 42,7%; Sousa 30,1%; Marizópolis 34,4%, ou seja, as maiores áreas. E outros como São Francisco apresentavam uma área que corresponde 18,3%, São Bentinho 27,3%, Pombal 27,3%, Lastro 28,3%, Cajazeiras 24,4%, Cajazerinhas 16,9%, Condado e Aparecida 28,8% de área.

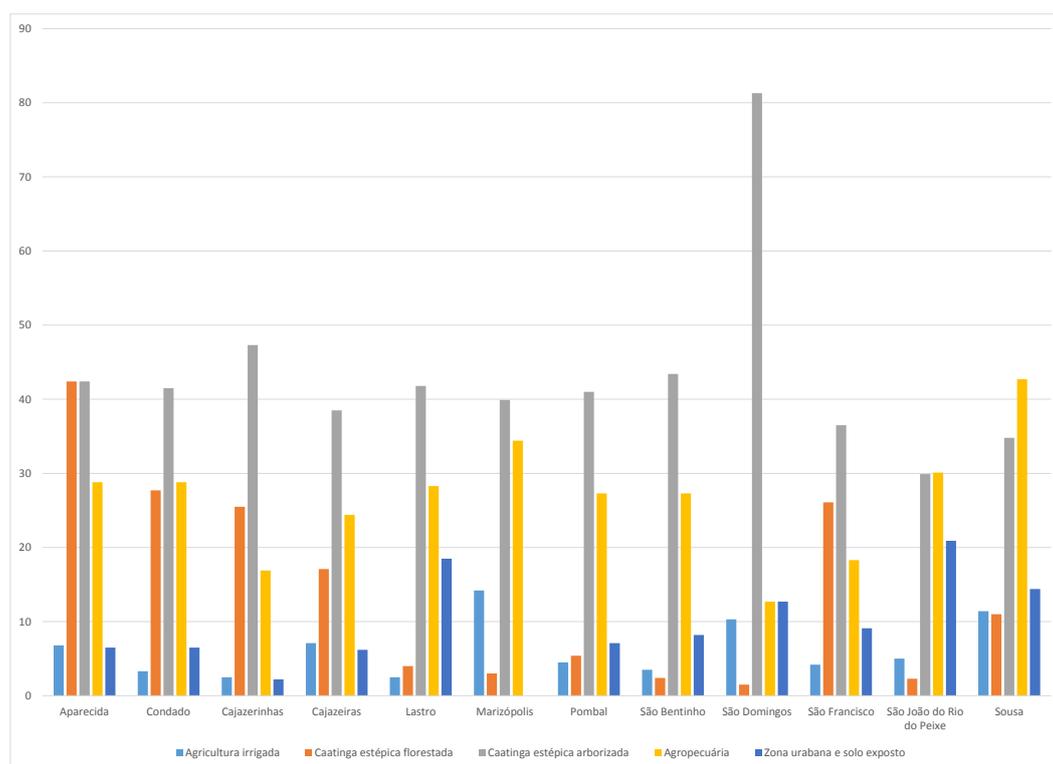
As demais classes são encontradas foram divididas em zona urbana consolidada e afloramentos. Dessa forma, temos Aparecida e Condado com 6,5%, Cajazerinhas 2,2%, Cajazeiras 6,2%, Lastro 18,5%, Pombal 7,1%, São Bentinho 8,2%, São Domingos 12,7%, São Francisco 9,1%, São João do Rio do Peixe 20,9% e Sousa com 14,4%. Na maioria dos casos, essas classes, são resultantes das atividades econômicas, que quase sempre são acompanhadas de desmatamentos indiscriminados da caatinga, que associados à fragilidade natural desse bioma trazem sérias consequências para as áreas periféricas das cidades. Ainda mais, provocando um comprometimento dos recursos hídricos, intensificando a erosão e compactando os solos (ALVES *et al.*, 2009).

No gráfico da Figura 15, observa-se que no ano de 2012, pode-se dizer que houveram intensas transformações em relação ao ano de 2002. No intervalo de tempo de 10 anos, as mudanças mais acentuadas estão ligadas a processos de desmatamento, que

foram acentuados. As principais mudanças também estão relacionadas ao aumento da agropecuária (27,2% - 32,1%), da caatinga estépica arborizada de (21,5 - 39,3%) e da caatinga estépica florestada (9,7% - 21,5%).

Outra característica importante que pode ser observada na Figura 15, foi o aumento da classe agricultura irrigada, que ocupava 5,5% e passou a ocupar 6,6% da área. Ainda podemos observar aumento nas manchas de solos degradados e solo exposto, respectivas classes, zona urbana consolidada (9,1% - 11,3%) e afloramento (0,4% - 0,2%).

Figura 15 – Uso do Solo por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas 2012.



A agropecuária e a caatinga estépica florestada aumentaram suas áreas em todos os municípios do Alto Piranhas Tabela 20. O percentual da classe caatinga estépica florestada ainda concentra-se nas áreas de proteção permanente de topos de morros, houve um crescimento da agricultura irrigada principalmente, no interior de Sousa, nos açudes São Gonçalo e Engenheiro Ávidos (Condado), e nas margens dos principais rios perenizados, como o Piancó e o Piranhas.

Durante a análise das imagens, observou-se que as atividades agropecuárias relacionam as atividades de criação, e cultivo feitos de forma extensiva no bioma natural, são desenvolvidas utilizando técnicas simples, com excessão do município de Sousa que utiliza máquinas e irrigação por meio de pivô central. Durante os anos de investigação, observamos a ocorrência de um aumento no tamanho das áreas com atividades antrópicas sobre o bioma. Como também foi observado por Santos *et al.*, (2010), ele evidenciou

que a diminuição das áreas com vegetação nativa estão relacionadas com o aumento das atividades antrópicas.

Tabela 20 – Classes de Uso e Ocupação do Solo da área em estudo para o ano de 2012.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
Água	26,2	2.624,4	0,6
Agricultura Irrigada	277,7	27.770,9	6,6
Caatinga Estépica Florestada	408,3	40.827,8	9,7
Caatinga Estépica Arborizada	1.657,3	165.732,9	39,3
Afloramento Rochoso	14,9	1.492,9	0,4
Zona Urbana	479,5	47.947,6	11,3
Agropecuária	1.351,8	135.181,3	32,1
Total	4.215,8	421.557,4	100

De acordo com os dados apresentados no gráfico da Figura 15, podemos perceber que no período de 2002-2012, as atividades agrícolas permanentes e irrigadas, passaram por um sensível desenvolvimento. Elas se intensificaram em regiões específicas do Alto Piranhas, como os municípios de Condado, com uma área de 3,3%, uma área pouco maior possui o município de Cajazerinhas com 4,5%. Os municípios que apresentam as maiores concentrações dessa classe foram Sousa com 11,4%; Aparecida com uma área de 6,8%; São João do Rio do Peixe 5,0%; Marizópolis 14,2%; São Domingos com 10,3% e Cajazeiras 7,1%. Os demais apresentam uma pequena área, dentre eles, Lastro com 2,5%; Pombal 4,5%; São Bentinho 3,5% e com São Francisco 4,2%.

Em se tratando de cobertura vegetal, o polo do Alto Piranhas está distribuída entre as formações, caatinga estépica florestada e arborizada. As áreas com maior concentração da caatinga estépica florestada são os municípios de Aparecida 42,4%; Cajazerinhas com 25,5%; Pombal 5,4%; São Domingos 15,0%; São Francisco 26,1% e Sousa com 11,0%. Os municípios que apresentavam as menores áreas são Cajazeiras com 17,1%; Lastro 4,0%; Marizópolis 3,0%; São Bentinho 2,4%; São João do Rio do Peixe 2,3% e Condado 11,0%. Essa cobertura vegetal está caracterizado com uma formação densa, e concentra-se nas maiores altitudes e regiões mais escarpadas.

No Gráfico representado na Figura 15, percebemos uma redução nas áreas de caatinga estépica florestada e arborizada, principalmente devido ao aumento da agricultura de cerqueiro e pecuária extensiva. Ocorreu um aumento das demais classes representadas pela zona urbana consolidada e afloramentos, isso evidencia o crescimento urbano vivenciado por várias cidades, e também aumento da degradação ambiental, caracterizado pelo crescimento dos afloramentos e do solo exposto.

A análise espacial em ambiente de sistemas de informações geográficas, permite identificar as mudanças nas feições da ocupação da paisagem. O SIG Spring - apresenta

uma linguagem específica para manipulação de dados temáticos e matriciais, o LEGAL fornece suporte na geração de sobreposições que identificam as principais mudanças no uso e ocupação do solo, as principais mudanças encontradas na área de estudo podem ser observadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Classes de Mudanças no Uso e Ocupação do Solo da área em estudo.

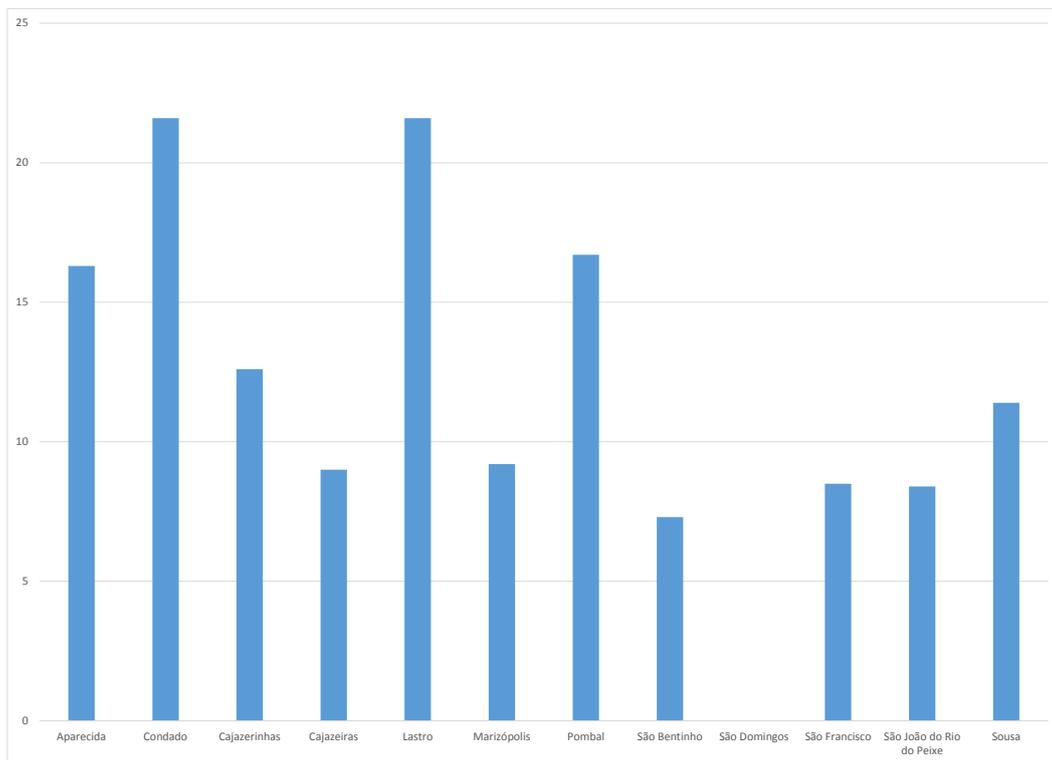
Classes	Área (Km ²)	Área (ha ²)	(%) Total
Caatinga Estépica Florestada Mantida	241,7	24.172,5	5,9
Caatinga Estépica Arborizada Mantida	868,5	86.852,8	20,6
Agropecuária Mantida	594,5	59.453,7	14,1
Afloramentos Mantidos	0,5	52,9	0,0
Crescimento Agricultura Irrigada	182,0	18.201,8	4,3
Água	36,2	3.615,0	0,9
Zona Urbana Mantida	94,1	9.410,6	2,2
Crescimento Caatinga	949,0	94.899,8	22,5
Regeneração	110,8	11.080,8	2,6
Agricultura Irrigada Mantida	95,1	9.509,4	2,3
Crescimento Agropecuário	757,1	75.711,3	18,0
Crescimento Afloramento	14,4	1.439,3	0,3
Crescimento Zona Urbana	267,4	26.736,2	6,3
Total	4.211,4	421.136,1	100

A classe "Desmatamento", foi obtida pela sobreposição da classe de caatinga estépica florestada, e caatinga estépica arborizada, sobre o tema agropecuária. De acordo com os dados que constam no gráfico da Figura 16 percebemos que os municípios que apresentaram as maiores áreas foram: Aparecida com 16,3%; Lastro 21,6%; Pombal 16,7%; Cajazeiras 12,6% e Sousa 11,4%. As áreas com menor desmatamento foram Condado 9,7%; Cajazerinhas 9,0%; Marizópolis 9,2%; São Bentinho 7,3%; São Francisco 8,5% e São João do Rio do Peixe 8,4%. Segundo Alves *et al.*, (2009), a intervenção humana nas caatingas vem acelerando a degradação do seu potencial florestal e dos seus solos e, por conseguinte, provocando desequilíbrios ecológicos de gravidade variável.

Esses resultados demonstram que ocorreu substituição das áreas de vegetação natural para a implantação de atividades agrícolas, como o uso de pastagens. A agropecuária é a principal atividade econômica da região, e isso pode ter influenciado na mudança do uso e ocupação do solo. A redução da cobertura vegetal foi semelhante ao observado por Santos *et al.*, (2010) em outras regiões, sendo que a substituição de áreas nativas por áreas antropizadas com cultivo foi constatado por (BARBOSA *et al.*, 1997).

Observa-se no gráfico da Figura 16, que proporcionalmente à área total do polo, os municípios menores apresentaram taxas elevadas de desmatamento, e são valores maiores do que seria desejável para a manutenção da qualidade ambiental dos municípios. Pode-se observar que todos os municípios apresentaram uma manutenção das coberturas

Figura 16 – Desmatamento por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



de caatinga estépica florestada e arborizada, representando as áreas que mantiveram as coberturas vegetais. Para essas duas classes temos respectivamente: 5,3% e 16,0% em Aparecida; Condado 5,3% e 27,7%; Cajazerinhas 38,7% e 28,4%; Cajazeiras 8,1 e 21,0%; Marizópolis 1,1 e 17,8%; Pombal 4,2% e 18,6%; São Bentinho 0,6% e 31,5%; 0,7% e 7,6% para São Domingos; São Francisco 18,8% e 18,0% e Sousa 7,3% e 19,9%. Também foi observado uma redução da caatinga estépica florestada, é relevante observar que a porcentagem de caatinga estépica arborizada é maior, e essas mesmas áreas apresentam um significativo uso agropecuário, o que caracteriza processo de desmatamento.

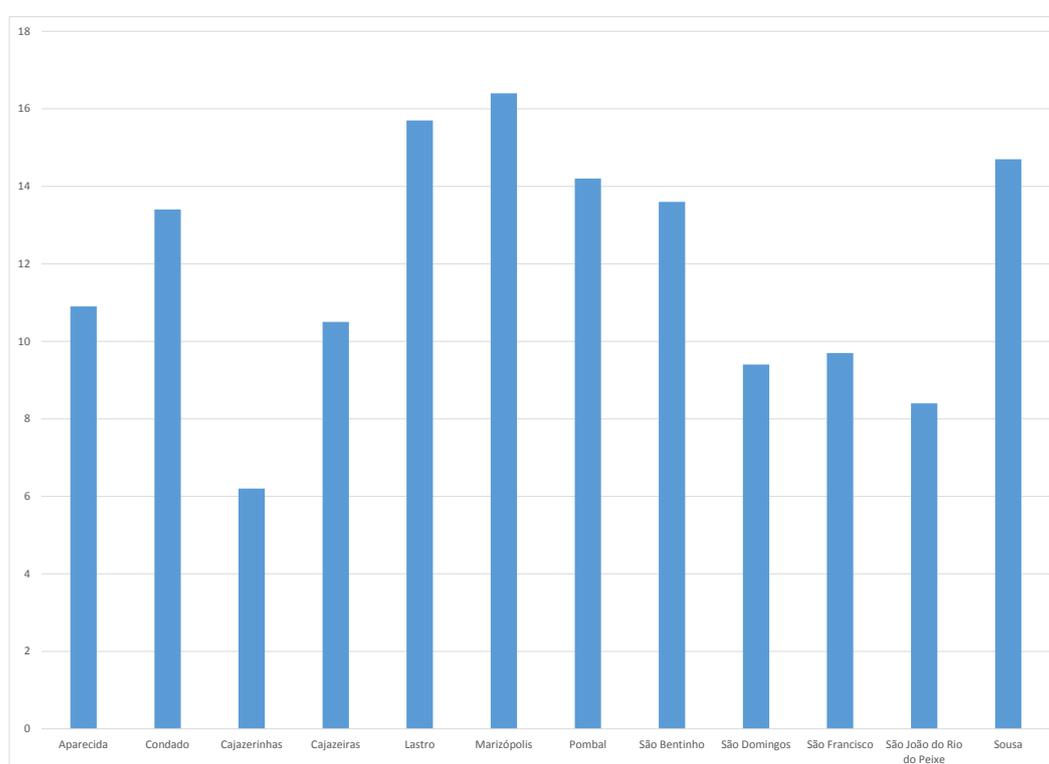
Para Cunha *et al.*, (2011b), os desmatamentos e as práticas inadequadas de usos dos recursos florestais retratam o modo de ocupação caracterizado pela contínua incorporação de recursos naturais. Os dados permitiram detectar a existência de forte pressão sobre as áreas de vegetação primária, para a implantação de projetos agrícolas, processo que estimula a degradação dos solos e vegetação, fenômeno ligado à ausência de um manejo adequado com a legislação ambiental.

A classe de "Agropecuária mantida", representa as áreas que não apresentaram mudanças entre os períodos de 2001 - 2012. Aparecida 10,9%; Condado 13,4%; Cajazerinhas 6,2%; Cajazeiras 10,5%; Lastro 15,7%; Marizópolis 16,4%; Pombal 14,2%; São Bentinho 13,6%; São Domingos 9,4%; São Francisco 9,7%; São João do Rio do Peixe 8,4%; Souza 14,7%. O Gráfico na Figura 17 confirma a ocupação deste solo por essa

atividade de grande impacto antrópico, como as áreas de agropecuária consolidada tem grande representatividade no ano de 2012, isso demonstra um alto grau de antropização, com elevado índice de desmatamento, prática comum na região.

Para Francisco (2011), um dos principais motivos para esse aumento do grau de antropização seria o uso intensivo de áreas com pastagens e a fragmentação ocasionada por esta atividade. Esse comportamento seria responsável pela geração de impactos de forma negativa sobre a biodiversidade, podendo em muitos casos, levar a extinção de determinadas espécies em regiões semiáridas.

Figura 17 – Agropecuária mantida por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.

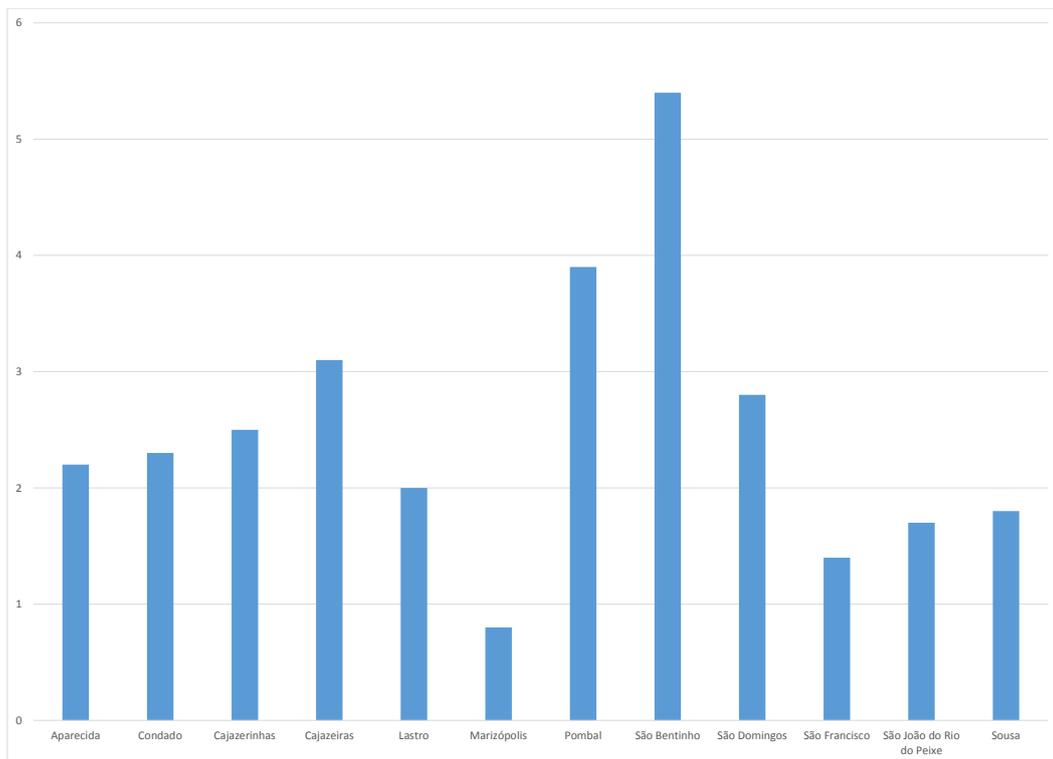


A classe "Crescimento das atividades agrícolas permanentes", apresentou um aumento em toda a região em relação ao mapeamento anterior. O aumento da área dessas atividades na região reflete o aproveitamento do potencial produtivo da região, o município de Aparecida apresentou 3,0%; Condado 2,6%; Cajazeiras 3,7%; Cajazeiras 4,9%; Lastro 3,2%; Marizópolis 10,3%; Pombal 3,1%; São Bentinho 3,4%; São Domingos 2,9%; São Francisco 3,0%; São João do Rio do Peixe 4,7% e Souza 6,4%. O percentual das áreas com culturas irrigadas, apresentaram um pequeno aumento no polo ao longo do tempo, desenvolvendo-se em áreas onde apresentava maior potencial, principalmente nas áreas com maior oferta de água.

A classe "Crescimento da cobertura vegetal", apresentou crescimento em todos os municípios, o que demonstra a regeneração natural na área. Podemos constatar esse

processo de regeneração no gráfico da Figura 18. Onde no período de 2001-2012, ocorreram alterações no percentual ocupado pela classe regeneração da cobertura vegetal, o percentual está dividido da seguinte forma: Aparecida apresenta 2,2%; Condado 2,3%; Cajazerinhas 2,5%; Cajazeiras 3,1%; Lastro 2,0%; Marizópolis 0,8%; Pombal 3,9%; São Bentinho 5,4%; São Domingos 2,8%; São Francisco 1,4%; São João do Rio do Peixe 1,7% e Souza 1,8%. Os valores referentes são pequenos, uma vez que a extrema exploração da paisagem pelas atividades econômicas, não permite plenamente, a recuperação natural da cobertura.

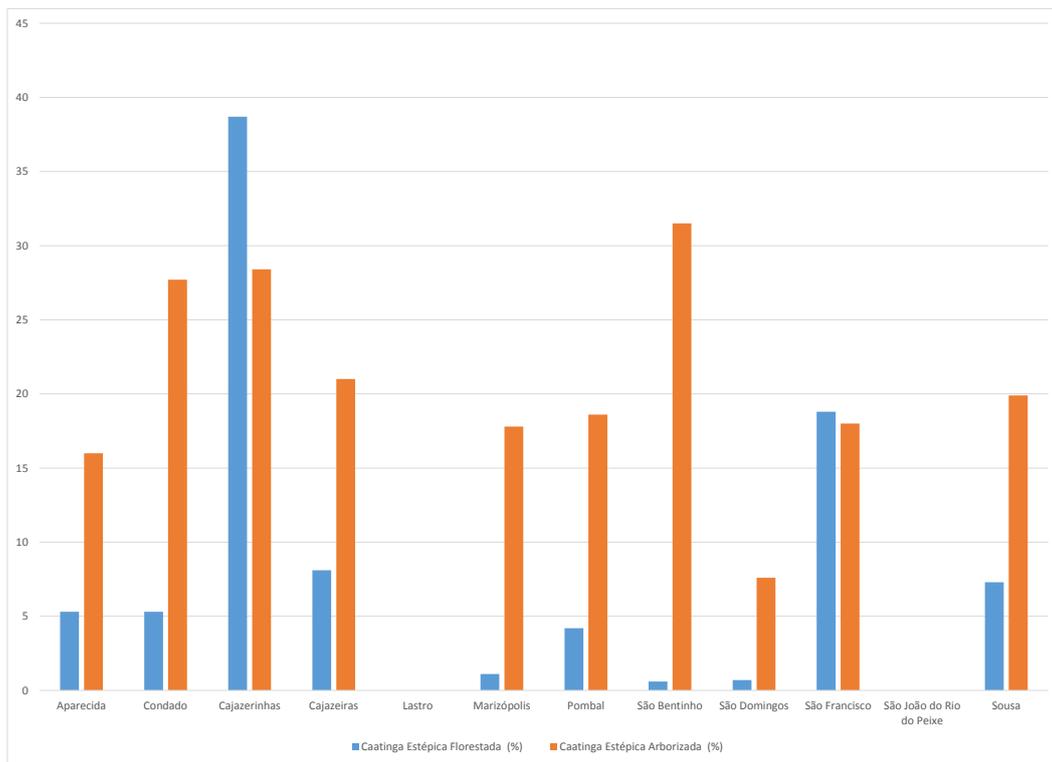
Figura 18 – Regeneração por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



Este resultado nos remete ao "Crescimento da cobertura vegetal", onde em Aparecida a classe apresenta 27,4%; Condado 24,4%; Cajazerinhas 30,6%; Cajazeiras 4,9%; Lastro 11,6%; Marizópolis 23,6%; Pombal 23,6%; São Bentinho 13,7%; São Domingos 40,8%; São Francisco 25,7%; São João do Rio do Peixe 18,7%, Souza 18,4%. Esse crescimento pode ser atribuído às áreas de vegetação mais rala, onde a cobertura (Caatinga Estépica Arborizada), se desenvolve sobre a vegetação mais densa (Caatinga Estépica Florestada), o que pode evidenciar um aumento da degradação ambiental sobre a vegetação mais densa, observe o gráfico da Figura 19.

O baixo crescimento da cobertura vegetal e da regeneração, pode ser explicada pela principal atividade econômica, principalmente, a agropecuária extensiva praticada sobre o bioma caatinga. As atividades agropecuárias como citado acima, são atividades

Figura 19 – Crescimento da cobertura vegetal por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



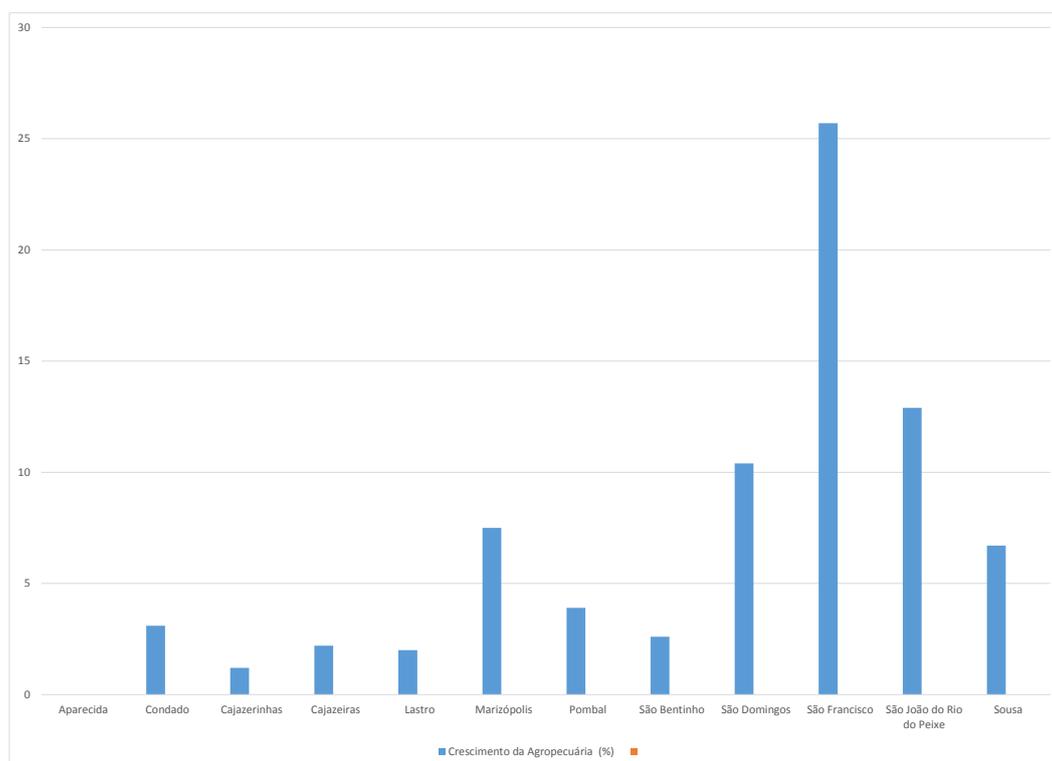
praticadas de forma tradicional, sem o uso de ferramentas ou técnicas modernas, como observado na Figura 17.

Por fim, a classe "Crescimento das atividades agropecuárias", esta classe apresentou crescimento gradativo durante o tempo avaliado. O gráfico da Figura 20 as áreas com maior crescimento foram São Francisco com 25,7%; São João do Rio do Peixe 12,9%; São Domingos 10,4%; Aparecida com 8,0% e Souza 6,7%. Os municípios de Condado apresenta 3,1%; Cajazerinhas 1,2%; Cajazeiras 2,2%; Lastro 2,0%; Marizópolis 7,5%; Pombal 3,9%; São Bentinho 2,6%, possuem áreas com menor crescimento.

Segundo Alves *et al.*, (2009), a utilização da caatinga como pastagem extensiva vem causando degradações fortes e por vezes irreversíveis do ecossistema. Já são encontradas extensas áreas cuja vegetação já se encontra muito empobrecida, tendo perdido a diversificação florística que lhe é peculiar, a exemplo da área periférica das cidades do sertão e no entorno das vilas, povoados e fazendas da região.

Com base na análise da vegetação e do uso e ocupação é possível observar que o desmatamento provoca um forte desequilíbrio ambiental, principalmente quando feito de forma indiscriminada e por práticas inadequadas de cultivo. As áreas mais degradadas estão localizadas nas áreas com maior incidência de desmatamento para realização de cultivos anuais como milho e feijão (SILVA & NUNES, 2009).

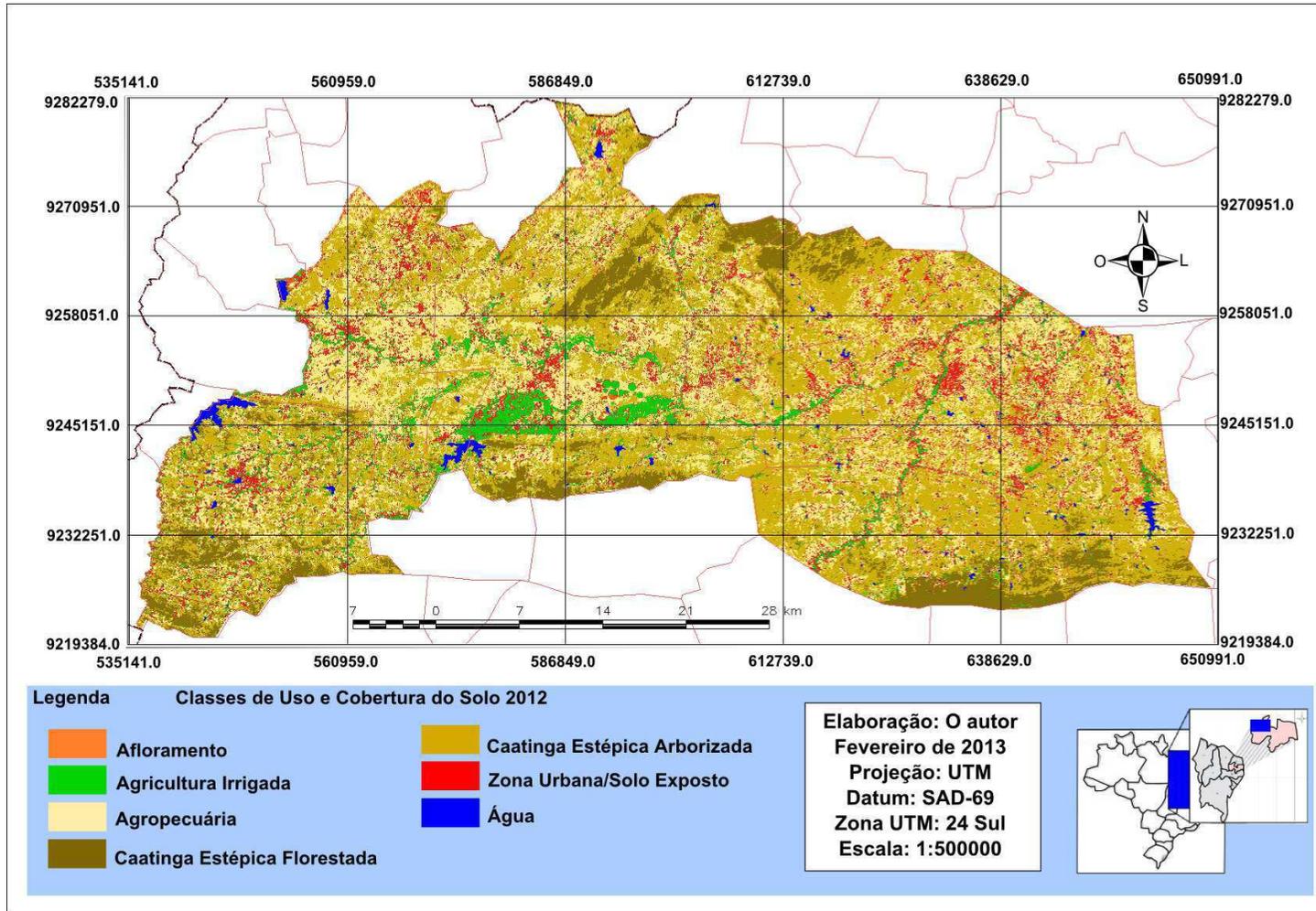
Figura 20 – Crescimento das atividades agropecuárias por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



Os dados demonstram que essas atividades cresceram principalmente em áreas com Caatinga Estépica Florestada, evidenciado pela redução dessa área, mas também na classe Caatinga Estépica Arborizada. Cabe ressaltar que, essa classe substituiu áreas com solos exposto, principalmente nas áreas de pastagem. A Figura 21 apresenta a distribuição das classes ao longo da área de estudo para os anos 2002/2012.

Esses cultivos são realizados geralmente no período chuvoso, ou seja, no início do primeiro semestre do ano, sendo feita a colheita por volta do mês de junho e julho, ficando o solo desprotegido durante o restante do ano e principalmente durante o início da estação chuvosa, ocasionando intenso processo de erosão do solo, que acarreta na perda de sua fertilidade, bem como a perda progressiva do mesmo (SILVA & NUNES, 2009).

Figura 21 – Dinâmica do Uso e Cobertura do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



3.1.2 Vulnerabilidade Ambiental

A integração dos planos de informações temáticas feitas a partir de operações algébricas entre os diversos mapas temáticos possibilitou estabelecer os parâmetros para a obtenção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental da área de estudo.

Os valores foram ponderados em geo-campos numéricos procurando indicar de forma mais fiel possível, os graus de vulnerabilidade dos ambientes analisados, considerando suas influências antrópicas, que podem distinguir ou influenciar a maior ou menor vulnerabilidade da área.

Primeiramente foi feito o estabelecimento de pesos para os temas de Uso e Cobertura do Solo/Vegetação, fatores físicos da área, como litologia, geomorfologia, precipitação e pedologia. Pois esses fatores são responsáveis pela morfoestruturação e morfoesculturação da área.

Da mesma forma, em função da área de estudo ser alvo de atividades agroindustriais, estabeleceu-se uma ponderação de acordo como essas atividades, afim de determinar a qualidade ambiental da área de estudo. Procedimento fundamental para distinguir os graus de vulnerabilidade, e direcionar as atividades futuras, os valores dessas vulnerabilidades podem ser observados na Tabela 22.

Tabela 22 – Classes de Vulnerabilidade Ambiental da Área em Estudo para o ano de 2012.

Classes	Área (Km ²)	Área (Ha ²)	(%) Total
Estáveis	7,3	731,9	0,3
Moderada Estabilidade	214,9	21.489,6	5,1
Média Estabilidade Vulnerabilidade	2.433,0	243.304,3	57,9
Moderada Vulnerabilidade	1.425,3	142.531,3	33,9
Vulneráveis	119,3	11.933,7	2,8
Total	4.199,9	419.990,8	100

Fonte: ALMEIDA, J. S.

3.1.2.1 Áreas Estáveis:

As áreas consideradas estáveis, possuem uma extensão de 7,3 km² ou 0,2% em área total. Possuem feições vegetais associadas a vegetações de caatinga estépica florestada e caatinga estépica arborizada intercaladas com áreas de agropecuária. São predominantemente associadas aos solos litólicos e geomorfologia do tipo, depressão sertaneja de formas aguçadas e tabulares. Essas áreas não são significativas nos municípios estudados, todos apresentam valores entre 0,1% a 0,4%

De acordo com Crepani *et al.*, (2001), esta classe de vulnerabilidade as áreas quase não apresentam restrições quanto à utilização dos recursos naturais, pelo fato de

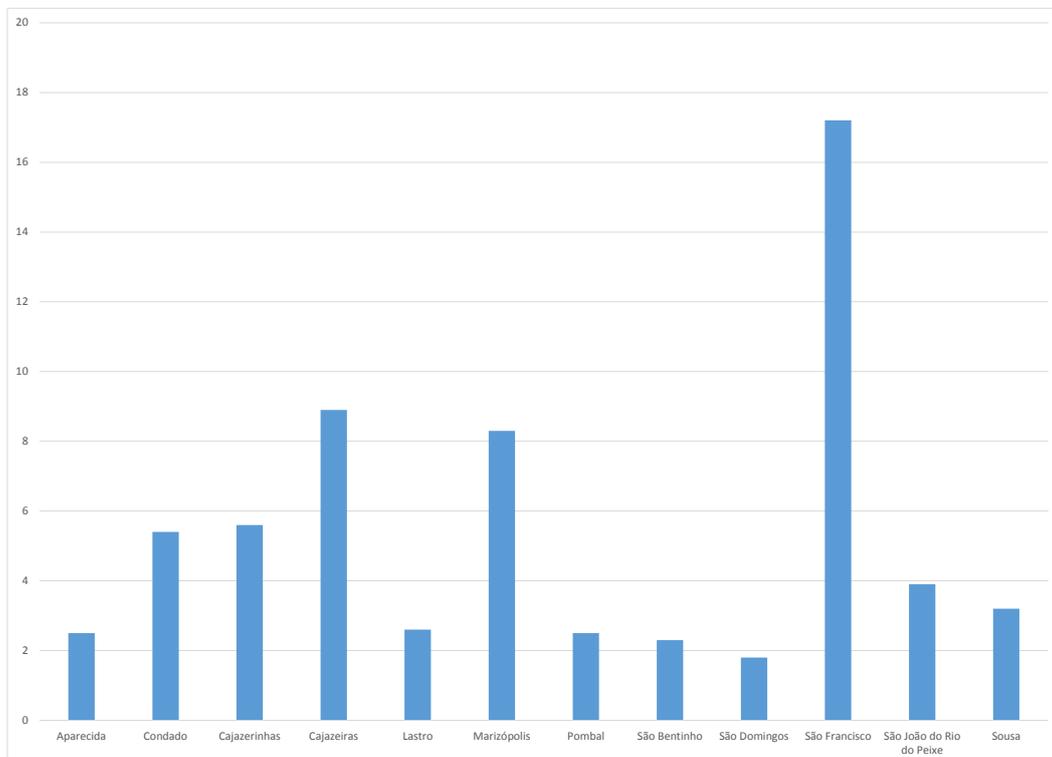
que os mesmos encontram-se com elevado poder de resiliência. A combinação de fatores condicionantes determina esse nível de vulnerabilidade natural demandando preocupações menos severas para implantação de qualquer empreendimento. As estratégias de desenvolvimento dessas áreas podem apontar para ações que causem impactos ambientais.

3.1.2.2 Áreas com Moderada Estabilidade:

As áreas consideradas com moderada estabilidade, possuem uma extensão de 214.9 km², 5,1%. As áreas apresentam características, feições vegetais do tipo caatinga estépica florestada, solo podzólico vermelho amarelo eutrófico e litólico eutrófico e depressão sertaneja de formas tabulares. Esta classe representa um razoável grau de proteção dado ao solo pelas atividades praticadas e pela interferência da atividade antrópica, os municípios analisados possuem valores baixos, que variam entre 1,8% a 17,2%.

Nesta classe de vulnerabilidade as áreas apresentam baixas restrições quanto à utilização dos recursos naturais. Alguns fatores condicionantes determinam um nível médio de vulnerabilidade, porém, a maioria dos fatores apresenta baixa vulnerabilidade natural. As estratégias de desenvolvimento dessas áreas devem apontar para ações que ofereçam baixo impacto potencial aos fatores limitantes (CREPANI *et al.*, 2001).

Figura 22 – Áreas com moderada estabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.

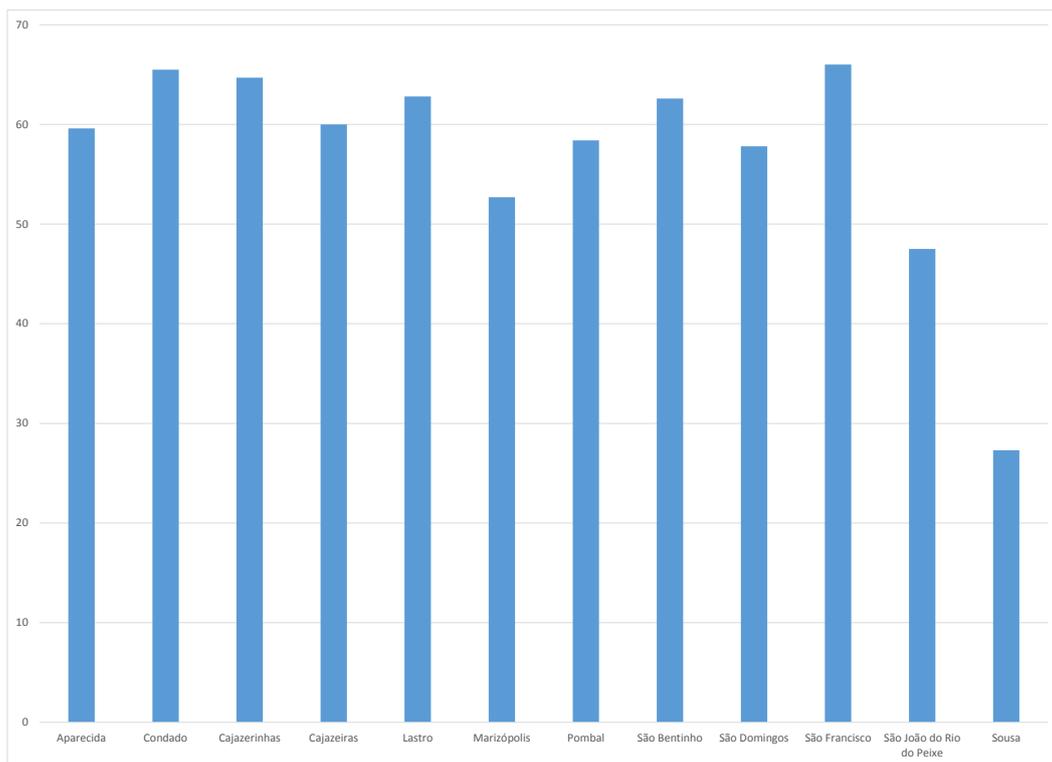


3.1.2.3 Áreas com Média Estabilidade e Vulnerabilidade:

As áreas consideradas com média estabilidade e vulnerabilidade, possuem uma extensão de 2.433,9 km², o que equivale há um pouco mais da metade da área de estudo totalizando 58,9%. Com geomorfologia associada à depressão sertaneja de formas tabulares, também representa áreas com solos litólicos eutróficos, Bruno Não Cálcicos e solonetz solodizado. Estes locais são mais vulneráveis a degradação do ambiente e que precisam estar sempre protegidos por cobertura vegetal.

Nesta classe de vulnerabilidade as áreas apresentam restrições moderadas quanto à utilização dos recursos naturais. Alguns fatores condicionante determinam esse nível de vulnerabilidade, porém, os demais apresentam pouca vulnerabilidade. As estratégias de desenvolvimento dessas áreas devem apontar para ações que não ofereçam danos potenciais aos fatores limitantes (CREPANI *et al.*, 2001).

Figura 23 – Áreas com moderada estabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



Representa uma situação intermediária entre a estabilidade e a vulnerabilidade ambiental, com valores que variam de 47,5% a 64,7%, predominando em todos os municípios estudados. Observa-se na Figura 23, que o grau de vulnerabilidade ambiental médio distribui-se nas áreas urbanas e rurais, no interior da área de estudo. Isso em virtude do processo de ocupação por pastagens, agropecuária, maiores declividades, e solos com vulnerabilidade média.

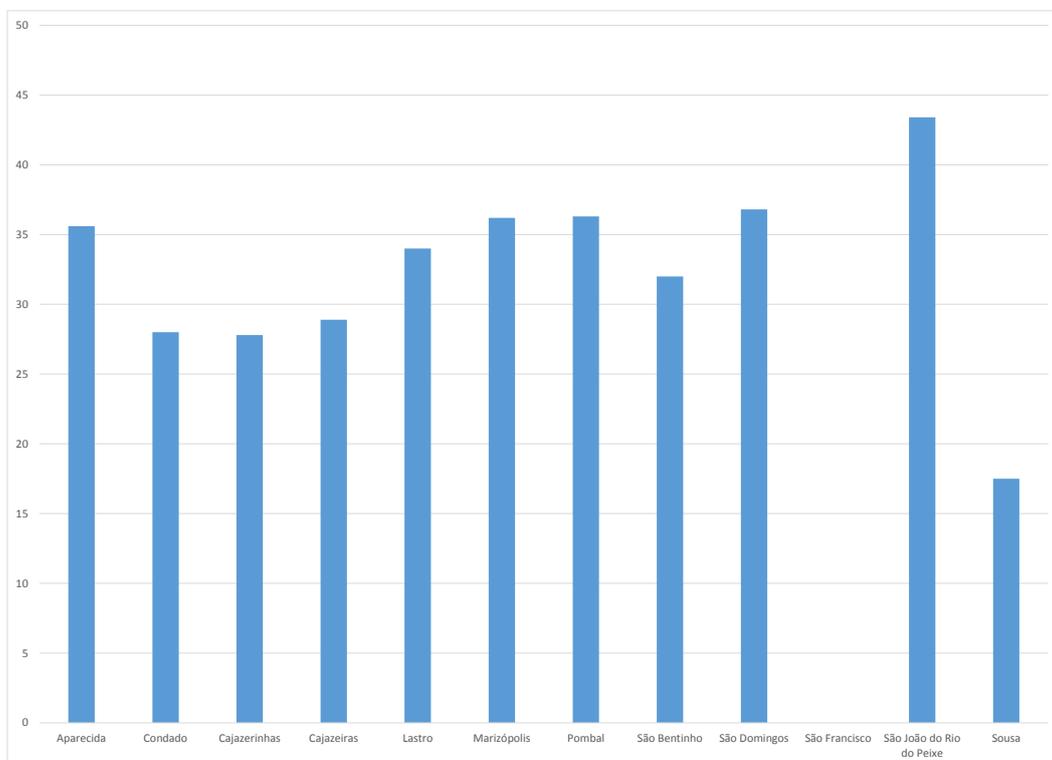
De modo geral, as características do uso e ocupação do solo contribui para a ocorrência desse grau de vulnerabilidade ambiental em virtude da presença de pastagens e de solo exposto, contribuindo com o aumento das áreas intermediárias (FRANCO *et al.*, 2011).

3.1.2.4 Áreas com Moderada Vulnerabilidade:

As áreas consideradas com moderada vulnerabilidade, possui a segunda área em extensão 1.425,5 km² ou 33% da área de estudo, como observado na na Figura 24. Estão adjacentes e associadas às áreas vulneráveis, diferenciando por está concentrada na Bacia do Rio do Peixe, planície fluvial e Depressão Sertaneja de Superfície Pediplanada.

Nesta classe de vulnerabilidade as áreas apresentam restrições consideráveis quanto à utilização dos recursos naturais, pelo fato de que os mesmos encontram-se menos vulneráveis as ações antrópicas do que na classes anterior. Uma combinação de fatores condicionantes determina esse nível de vulnerabilidade natural demandando avaliações cuidadosas para implantação de qualquer empreendimento. As estratégias de desenvolvimento dessas áreas devem apontar para ações que não ofereçam danos potenciais ao fator limitante (CREPANI *et al.*, 2001).

Figura 24 – Areas com moderada vulnerabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



Estão distribuídas na área de estudo, da seguinte forma: em Aparecida apresenta

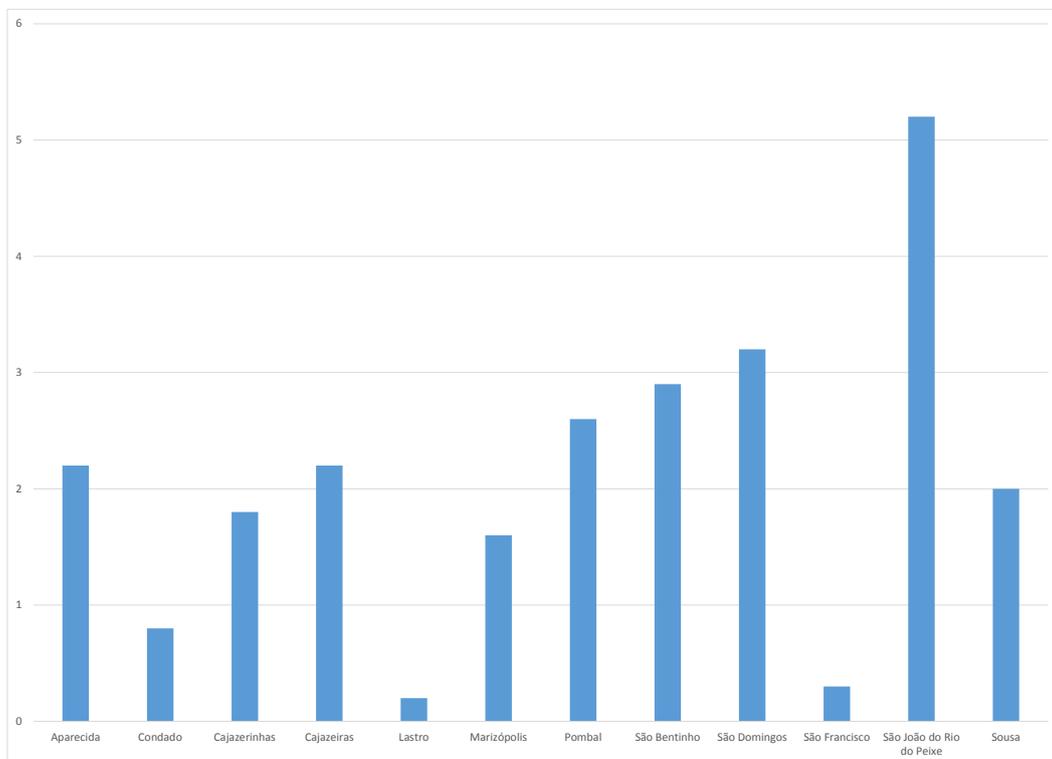
35,6%, Cajazeiras 28,9%, Cajazerinhas 27,8%, Condado 28,0%, Lastro 34,0%, Marizópolis 36,2%, Pombal 36,3%, São Bentinho 32,0%, São Domingos 36,8%, São João do Rio do Peixe 43,4% e Souza 17,5%. São locais onde normalmente se verifica menor representatividade da cobertura vegetal, como foi verificado, estas áreas apresentam um maior risco de perda de solo por erosão.

Isso também foi verificado por Nachornik *et al.*, (2011), onde ele encontrou áreas com maior vulnerabilidade nas planícies e terraços aluvionares e que foram significativamente alterados pela ocupação humana. A maioria delas são áreas em processo avançado de urbanização contendo relativo adensamento de moradias.

3.1.2.5 Áreas Vulneráveis:

Apesar de ser a classe de maior vulnerabilidade ambiental, é a que possui segunda menor área, perfazendo 119,3 km² ou 2,8% da área total. Tem feições vegetais associadas à Caatinga Estépica Arborizada, com agropecuária, predominando solos Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico, Vertisol, Solonetz Solodizado e solos aluviais. Ficam localizadas nas proximidades das sedes municipais, nos perímetros irrigados fortemente explorados (São Gonçalo e Várzeas de Sousa), áreas de proteção permanente dos rios e na Bacia do Rio do Peixe.

Figura 25 – Áreas com vulnerabilidade por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.

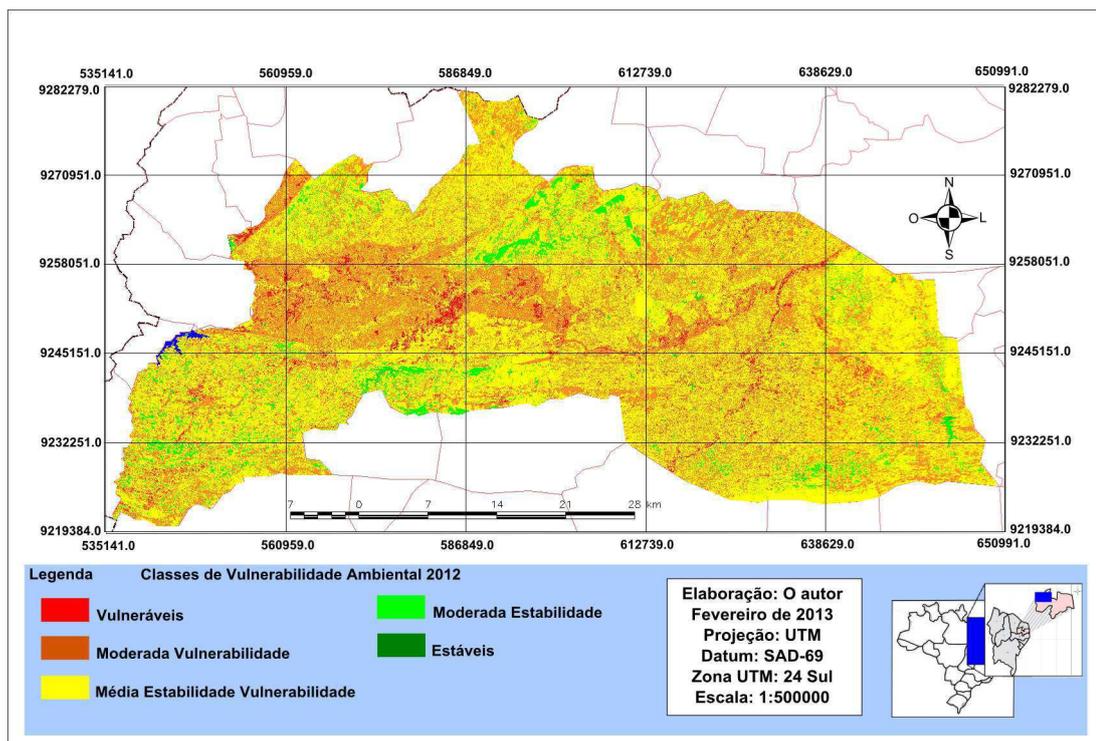


O gráfico da Figura 25 apresenta a quantificação das áreas com vulnerabilidade

nos diferentes municípios. Nota-se que os municípios apresentaram valores variáveis entre 0,2% a 5,2%. Nesta classe de vulnerabilidade as áreas apresentam sérias restrições quanto à utilização dos recursos naturais, pelo fato de que os mesmos encontram-se altamente vulneráveis as ações antrópicas. Uma combinação de fatores condicionantes determina esse nível de vulnerabilidade natural demandando avaliações cuidadosas para implantação de qualquer empreendimento. As estratégias de desenvolvimento dessas áreas devem apontar para ações que não causem impactos ambientais (CREPANI *et al.*, 2001).

De acordo com Silva *et al.*, (2012), são encontradas nessas áreas, maior propensão a erosão devido ao seu nível de degradação. A maior incidência erosiva dá-se entre as altas declividades nas áreas côncavas das encostas. Este intervalo é crítico, pois é suficiente para gerar escoamento superficial, enquanto permite desenvolvimento de camadas mais profundas de solo, ao contrário de declividades maiores que não permitem o pleno desenvolvimento destes.

Figura 26 – Vulnerabilidade Ambiental do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



3.1.3 Potencial Social e Econômico

A análise da socioeconomia local, foi feita sob a ótica dos procedimentos metodológicos aplicados por Meirelles *et al.*, (1999). As quatro dimensões analisadas foram (Produtiva, Institucional, Natural e Humana) encontra-se melhor detalhadas abaixo.

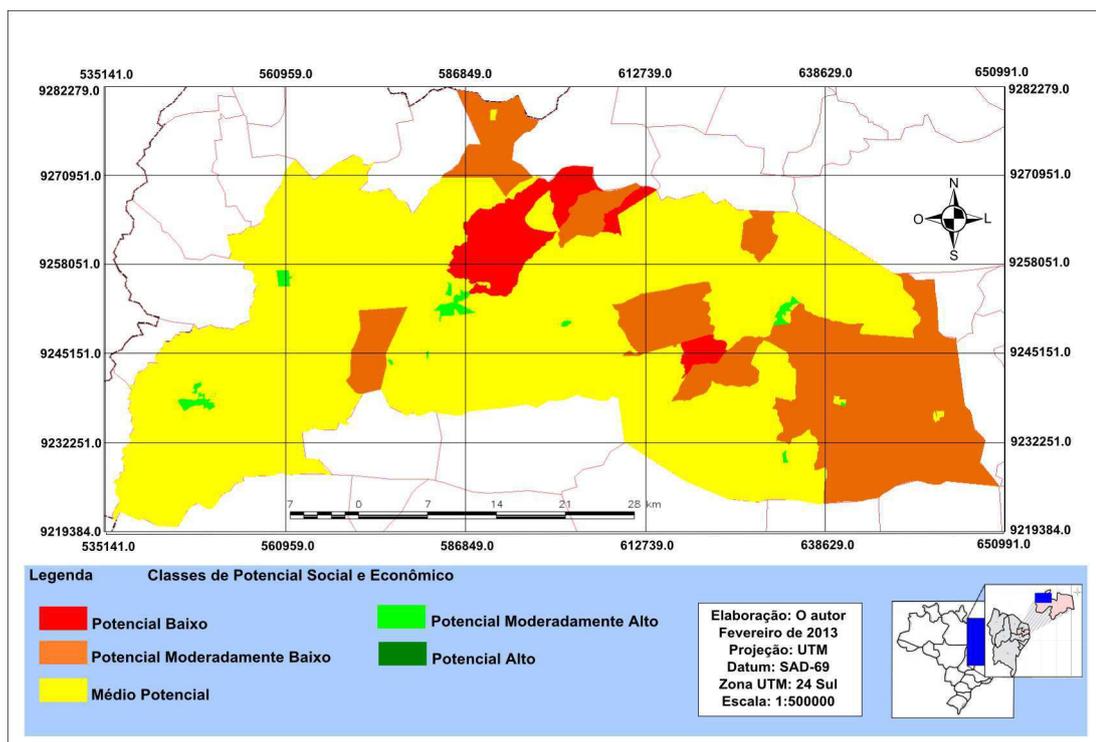
Para a obtenção do Potencial social e Econômico, os municípios analisados foram classificados segundo grau de Potencialidade em: Baixo; Moderadamente baixo; Médio;

Moderadamente alto; Alto.

Dessa forma, a classe predominante foi o Potencial Moderadamente Baixo, prevalecendo na maior parte da área de estudo, as áreas com Potencial Moderadamente Baixo estão distribuídos nos municípios da seguinte forma: Condado 99,2%, Cajazerinhas 31,0%, Lastro 98,7%, Marizópolis 99,1%, Pombal 16,0%, São Bentinho 99,0%, São Domingos 60,7%, São Francisco 46,7%. Municípios como Aparecida, Cajazerinhas, São João do Rio do Peixe e Souza, não apresentaram valores significativos para essa classe.

No entanto, observou-se também que nas áreas estudadas a classe de Médio Potencial apresentou valores significativos, compreendendo 99,3% em Aparecida, 0,8% de Condado, Cajazerinhas 68,7%, Cajazeiras 98,8%, Lastro 1,3%, Marizópolis 0,9%, Pombal 83,4%, São Bentinho 0,8%, São Domingos 25,5%, São Francisco 0,3%, São João do Rio do Peixe 99,1% e Souza 0,0%. A classe de Potencial Moderadamente Alto se distribui em pequenos valores sobre a área de estudo, variando entre valores de 0,1% a 1,2%. Esses resultados podem ser observados no mapa da Figura 27.

Figura 27 – Potencial Social e Econômico do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



3.1.4 Sustentabilidade Ambiental

A sustentabilidade ambiental é medida por meio da sobreposição do mapa de vulnerabilidade ambiental e o de potencial social e econômico. Assim é possível determinar a capacidade do ambiente de sustentar atividades econômicas e se essas atividades tem condições de restaurar o ambiente.

Nesse sentido a análise da sustentabilidade visou identificar a estrutura e a dinâmica da situação, avaliando de acordo com suas potencialidades e vulnerabilidades. De acordo com Becker & Egler (1996), as áreas produtivas são divididas em, Consolidadas (que podem ser utilizadas para o desenvolvimento humano) e Expansão (a serem utilizadas para expansão do potencial produtivo).

As áreas críticas são divididas em, Preservação (que devem ser preservadas devido a sua vulnerabilidade) e Recuperação (que devem ser recuperadas, apesar de seu elevado grau de vulnerabilidade, possuem um alto potencial para o desenvolvimento), por último temos as áreas institucionais, como as de preservação permanente (Conservação).

Ao se realizar a re-classificação analisando-se o Mapa de Vulnerabilidade Natural juntamente com o Potencial social. Observou-se que a área de estudo possui uma sustentabilidade ambiental predominantemente média, variando para baixa. A partir do da integração desses mapas é possível distinguir as principais classes de sustentabilidade ambiental no mapa da Figura 29.

As áreas com **Sustentabilidade Alta e Moderada**, são caracterizadas por baixa vulnerabilidade ambiental e baixa potencialidade socioeconômica, essas áreas correspondem ao eixo próximo das zonas urbanas. Favorece a expansão controlada, ou manutenção das atividades. Há viabilidade de expansão de atividades desde que sejam adotadas medidas preventivas de conservação ambiental.

Essa expansão deve visar principalmente ao favorecimento da comunidade local, uma vez que essas áreas encontra-se atualmente intensamente ocupadas com atividades antrópicas, porém, os índices de desenvolvimento da região são baixos. Os municípios apresentam valores que variam de 0,1% a 0,4%.

As áreas com **Sustentabilidade Média**, são caracterizadas por vulnerabilidade ambiental média, e com potencialidade socioeconômica de média a muito baixa. A ocupação tradicional aí ocasionou degradação ambiental significativa, com forte desmatamento, exigindo a recuperação de seu meio ambiente de modo a torná-las aptas a sustentar o impacto da expansão. Fazendo-se necessário assim uma expansão controlada das atividades antrópicas com a busca do desenvolvimento local e a melhoria dos índices de saúde e educação.

Embora ocorra predominantemente em todo o polo, o elemento dominante nessas áreas é a recuperação, por se tratarem de áreas com maior grau de desmatamento e degradação, decorrentes do povoamento agropecuário tradicional. Isso pode ser evidenciado, no gráfico da Figura 28, onde classe representa valores entre 53,1% a 96% de área nos municípios.

As áreas com **Sustentabilidade Moderadamente Baixa**, são caracterizadas por apresentarem níveis altos de vulnerabilidade ambiental, o que apresenta riscos para im-

plantação/expansão de atividades. Como apresentam bons índices de potencialidade socioeconômica (alto), recomenda-se a implantação de medidas mitigadoras dos impactos causados nessas áreas, em virtude das atividades antrópicas já instaladas, como, por exemplo: adoção/intensificação de medidas de conservação do solo, da fauna e da flora nativa.

Por se tratar de áreas extensas, necessitam da implantação de planos específicos que visem a essa manutenção ambiental, a situação de degradação e forte desmatamento associada à agropecuária tradicional é encontrada em toda a área de estudo. O desenvolvimento de atividades alternativas e sustentáveis, são ações fundamentais para a gestão do território nessa grande área, mesmo assim, os valores encontrados variam de 0,1% a 0,2%.

As áreas com **Sustentabilidade Baixa**, são semelhantes às zonas de manutenção ambiental, essas áreas apresentam vulnerabilidades altas, porém, com índices de desenvolvimento socioeconômico baixos ou muito baixos. São áreas com altos riscos de degradação ambiental, nas quais qualquer atividade antrópica implantada deve ser acompanhada de medidas rigorosas de conservação ambiental e do solo.

No presente, as mesmas necessitam de uma readequação do sistema de uso, visando à adoção de sistemas de produção sustentáveis, buscando o fortalecimento de atividades alternativas, visando a recuperação dessas áreas fortemente erodidas, ocupadas por pastagens degradadas. Os valores encontrados dessa classe variam de 16,3% a 34,3%.

Figura 28 – Sustentabilidade Ambiental por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.

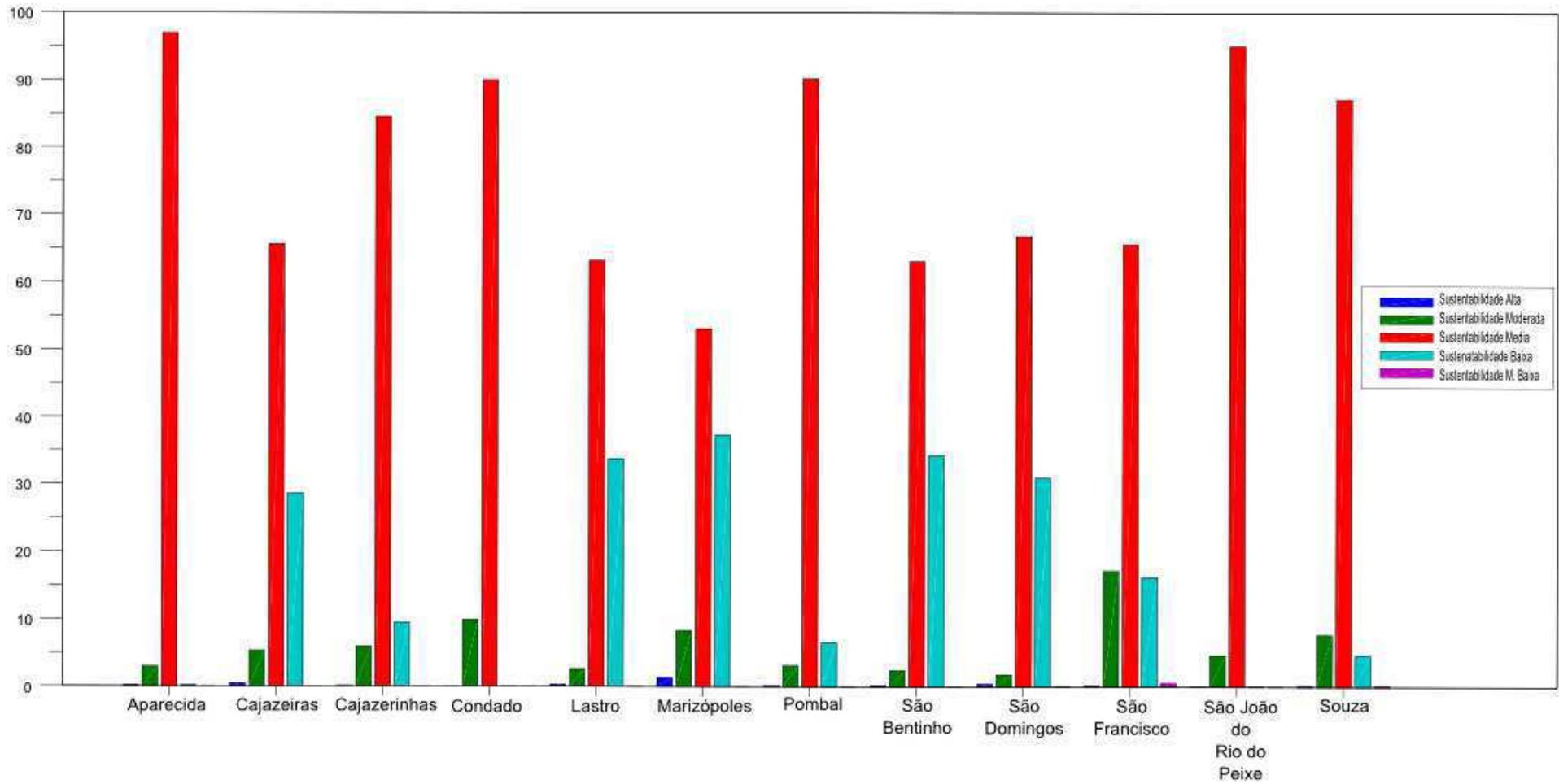
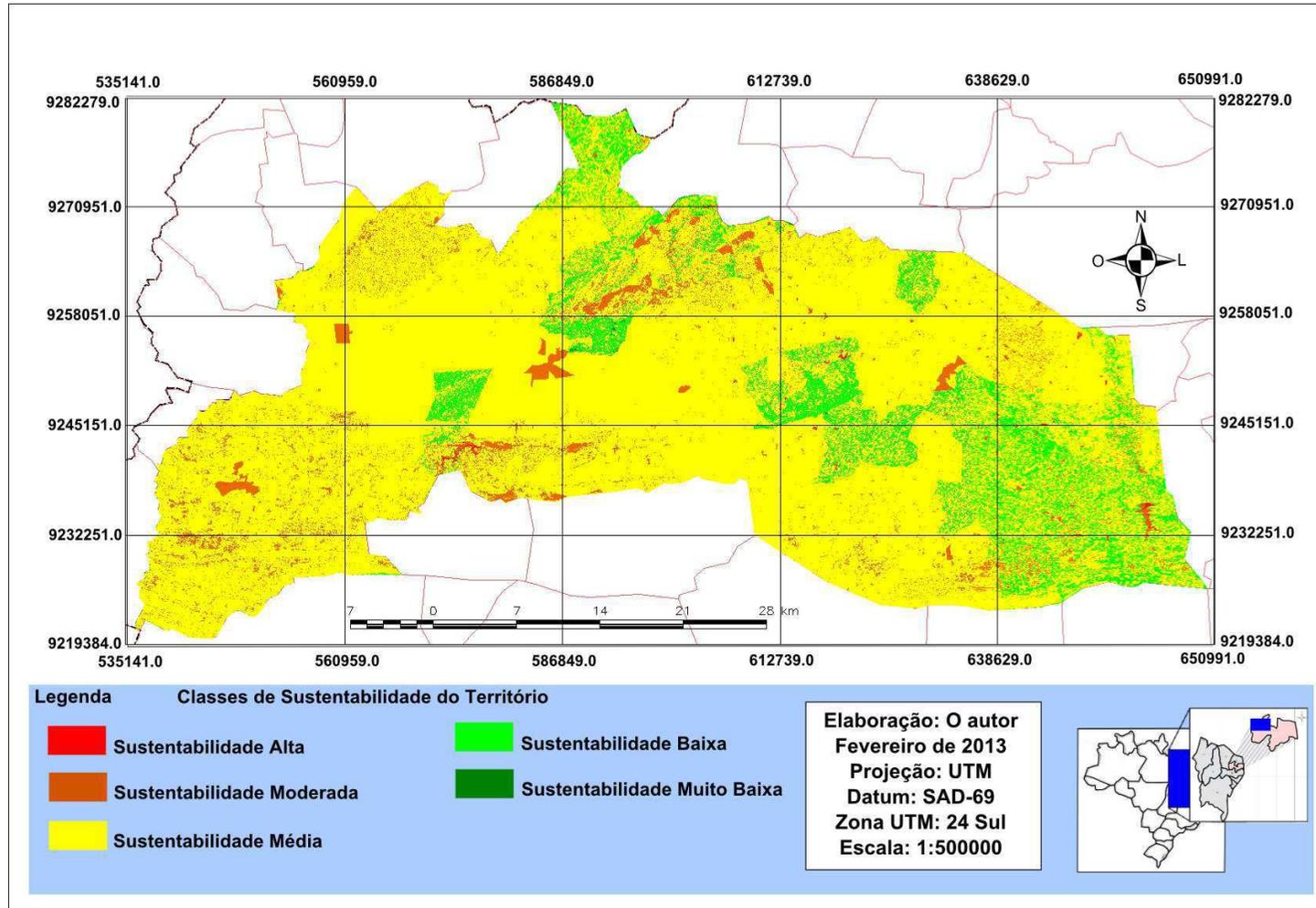


Figura 29 – Sustentabilidade Ambiental do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



3.1.5 Graus de Impactos

Como já foi mostrado, a magnitude dos impactos foi determinada a partir da ponderação de classes de impactos resultantes da sobreposição do uso e ocupação do solo em 2012 sobre o mapa de vulnerabilidade ambiental. Instituindo pesos de acordo com o grau de vulnerabilidade encontrado para cada célula matricial.

Neste sentido após o levantamento dos municípios inseridos no polo, foi observado que os mesmos perfazem um total de 4.177,7 km² ou 417.763,9 ha², da área. Desse total, 2.058,9 km² (205.890,0 ha²) ou 49,3% da área possuem magnitude de impactos de impactos ambientais classificadas como Muito Baixo. 51,3 km² (5.128,4 ha²) ou 1,2% da área possui magnitude classificada como Baixo.

A classe **Graus de Impactos Muito Baixos**, são áreas estáveis, que apresenta atividades antrópicas (agropecuária e solo exposto). Os municípios que concentram esse nível de impacto ambiental. A classe **Graus de Impactos Baixos**, são áreas de moderada estabilidade ou vulnerabilidade, que apresenta atividades antrópicas (agropecuária e solo exposto), estão ligeiramente distribuídos nos municípios em valores entre, 1,0% a 4,1%. As áreas com a classe **Graus de Impactos Moderado**, são áreas de moderada estabilidade ou vulnerabilidade, que apresenta atividades antrópicas (agropecuária e solo exposto), após a análise verificou-se que os municípios não apresentam esse grau de impacto ambiental.

A área de estudo apresenta como principais classes, os **Graus de Impactos Alto e Muito Alto**, são áreas de vulnerabilidade, que apresenta atividades antrópicas (agropecuária e solo exposto), A magnitude Muito Alta totaliza 116,7 km² (116.67,4 ha²) ou 2,8%, Já o de magnitude de impacto Alto perfaz 1.950,8 km² (196.078,0 ha²) ou 46,7% da área total do polo. São distribuídos respectivamente entre os valores de graus de impacto alto, que varia de 39,2% a 60,7%, e muito alto, variando de 4,0% a 5,6% nos municípios.

Segundo Rempel *et al.*, (2012), as fragilidades decorrentes dos componentes geoambientais que constituem a região em foco, aliadas ao uso inadequado das terras motivado por uma ação antrópica desordenada e visando resultados imediatistas, desencadearam esses desequilíbrios verificados na área de estudo.

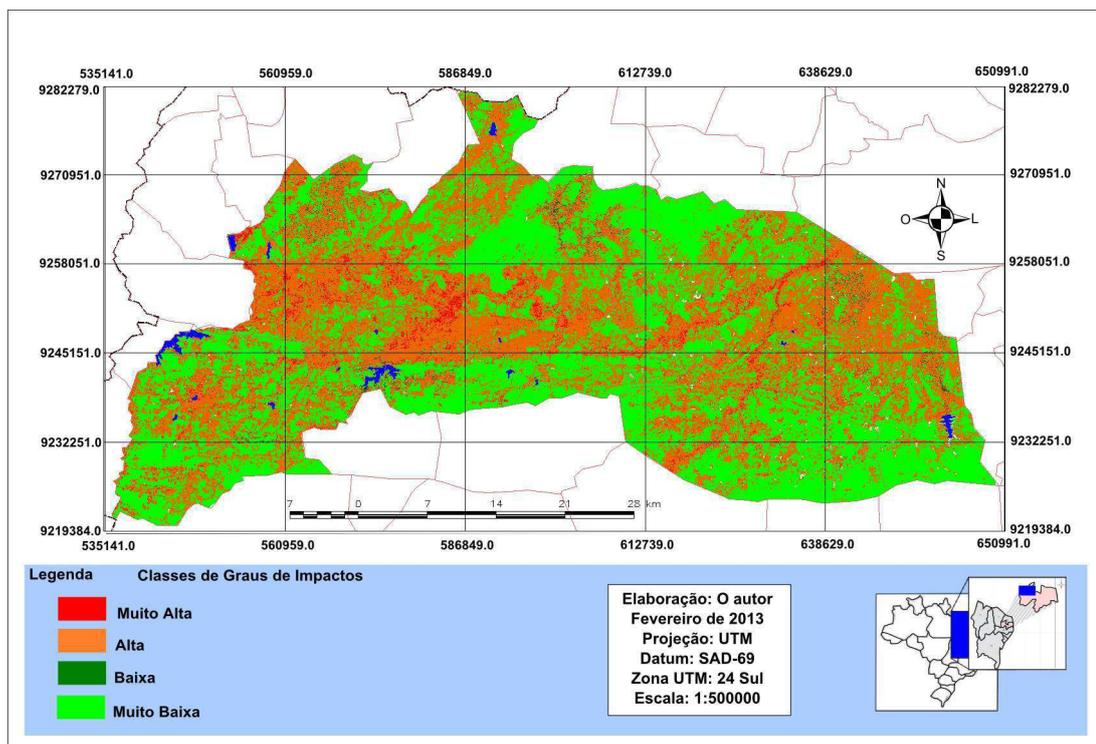
O predomínio na área de solos com características morfológicas, físicas e químicas que favorecem os diversos tipos de erosão e a proporção atingida por este fenômeno conforme observações em campo, torna prioritário o procedimento de levantamentos de solos a níveis mais detalhados, com a finalidade de avaliar a capacidade do uso destes solos, definindo a utilização mais adequada dos mesmos, as técnicas de manejo recomendadas, além das práticas conservacionistas imprescindíveis para mantê-los produtivos.

A degradação das áreas ambientais quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte e/ou ciclo de vida

diferente. A vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, predominante no semiárido, é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto. O descobrimento do solo favorece o processo de erosão. O cultivo continuado, com a retirada dos produtos agrícolas e sem reposição dos nutrientes retirados, leva à perda da fertilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Oliveira *et al.*, (2012) também chama a atenção para o perigo de um manejo inadequado das áreas irrigadas, onde quase sempre observa-se o uso de águas com teores elevados de sais, o mau manejo dos ciclos de molhamento e a ausência de drenagem podem levar à salinização. O uso de equipamentos pesados, em solos de textura pesada e com teores de água inadequados pode dar lugar à compactação dos solos. Isso é preocupante, principalmente em áreas do semiárido nordestino que apresentam fatores tão limitantes.

Figura 30 – Graus de Impactos Ambientais por município do Polo de Desenvolvimento do Alto Piranhas.



3.1.6 Sugestões para atividade futuras

Considerando os diferentes aspectos e situações observadas durante o desenvolvimento, levantamento dos dados, algumas atividades devem ser implementadas visando a adequação das atividades com a vulnerabilidade ambiental observada na área de estudo. Além da complementação de estudos realizados, é necessário inserir e modelar outros aspectos, que permita uma análise aprofundada do meio ambiente e da paisagem do polo do Alto Piranhas.

Uma análise mais detalhada das demais atividades que contaminam o solo, as águas superficiais, os lixões e agroindústrias. Este com intuito de delimitar os diferentes níveis de contaminação, e verificar a magnitude real dos impactos ocasionados e se os mesmos são reversíveis ou não. Com essa análise obter possíveis ações que diminua o risco à saúde da população, além de orientar e conduzir a ocupação de determinadas áreas com atividades inadequadas para o local.

A maioria das sugestões apresentadas, além de necessitarem do apoio e produção de dados, depende de uma ação conjunta com o poder público, municipais e fontes financiadoras. Os planejamentos e atividades realizadas devem ser efetivados para a orientação e recuperação das condições ambientais do polo, promovendo mudanças na ocupação dessa área.

Conclusão

A metodologia de análise dos impactos ambientais empregando álgebra de mapas se mostrou eficiente para o ambiente semiárido. A relação direta existente entre a magnitude dos impactos ambientais com o uso e ocupação do solo no polo de desenvolvimento agroindustrial do Alto Piranhas, se mostrou como um indicativo para a análise ambiental dessa área, pois forneceu subsídios para determinar o nível de ocupação e a capacidade do ambiente de absorver as atividades agroindustriais.

Com base na análise dos impactos ambientais e a determinação dos graus de vulnerabilidade ambiental do Alto Piranhas, percebe-se que a área de estudo possui um tênue equilíbrio por está localizado em ambiente semiárido que pode ser rompido com facilidade com a intensificação das atividades agroindustriais. Portanto, é necessário que as ações humanas sobre essa área seja ordenada, planejada e gerenciada, dessa forma os recursos naturais possam ser exauridos e os solos não sejam esgotados.

A análise conjunta das vulnerabilidades e potencialidades possibilitou a compartimentação do território do polo em grades matriciais, contendo as mesmas diretrizes voltadas para o desenvolvimento socioeconômico com a manutenção e/ou restauração do equilíbrio ambiental. O levantamento dos dados existentes sobre o polo permitiu a caracterização ambiental da região, demonstrando a existência de um extenso arcabouço de informações socioambientais que necessitam de compilação e centralização em um Sistema de Informações Ambientais do polo do Alto Piranhas, que seja de fácil acesso para a sociedade.

O diagnóstico do meio físico retratou, entre outras coisas, a devastação da cobertura vegetal, o que permitiu inferir sobre as áreas de risco severo de assoreamento dos corpos d'água. Uma análise associada da vulnerabilidade ambiental com a intensidade das atividades nos municípios possibilitou a obtenção das áreas de risco ambiental, que indicam as regiões que necessitam de uma maior ação fiscalizadora por parte dos órgãos ambientais, bem como sinalizam pesquisas futuras. Os dados socioeconômicos revelaram a disparidade existente entre alguns municípios, principalmente no tocante ao acesso aos serviços de saúde e saneamento domiciliar.

Foi revelado também um cenário de ausência de compartilhamento de informações entre os gestores municipais. O estudo permitiu concluir que para a realização de uma análise ambiental que avalie a real interação entre todos os fatores ambientais, em suas devidas proporções de relevância, é necessário tomar como área de estudo uma

unidade de menor extensão, como é o caso da unidade municipal.

A inexistência de um sistema de gestão ambiental numa região considerada carente de água é preocupante. Até certo ponto, tal situação justifica alguns quadros de degradação ambiental verificados e sugere que conceitos como conservação e recuperação ambiental ainda não foram internalizados pela comunidade local. Para obter sucesso na aplicação desta proposta, é necessário a geração de cenários futuros para a área. Por fim, considera-se como mecanismo propulsor para a execução da proposta de desenvolvimento sustentável do polo do Alto Piranhas, a disseminação dos dados gerados em SIG, proporcionando a elaboração e implantação de políticas integradas e ações coordenadas, visando uma melhor gestão do território.

Referências

- AESA. *Geomorfologia do Estado da Paraíba*. 2006. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 1 mapa, color., 66cm x 108cm. Escala 1:1.200.000.
- AESA. *Pluviosidade do Estado da Paraíba*. 2006. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 1 mapa, color., 66cm x 108cm. Escala 1:1.200.000.
- AESA. *Solos do Estado da Paraíba*. 2006. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 1 mapa, color., 66cm x 108cm. Escala 1:1.200.000.
- ALMEIDA, L. Q.; SOUSA, M. J. N. *Análise geoambiental ao planejamento territorial de Maracanaú (CE)*. [S.l.]: Revista Saúde e Ambiente/ Health and Environment Journal, 2005.
- ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Caatinga (Mossoró, Brasil)*, v. 22, 2009. n. 3, p. 126–135, julho/setembro, 2009.
- ALVES, T. L. B.; ARAUJO, A. R.; ALVES, A. N.; FERREIRA, A. C.; NÓBREGA, J. E. Diagnóstico ambiental da microbacia hidrográfica do rio do Saco, Santa Luzia/PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011. v. 2, 2011.
- AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, J. A. P. Aspectos socioambientais do núcleo de desertificação de São Raimundo Nonato/Piauí. *Mercator, Fortaleza*, 2012. v. 11, n. 26, p.171–182, set/dez 2012.
- ASTER Global Digital Elevation Model. Japão: METI/NASA, 2012. MNT: ASTGTM2-S07W038,ASTGTM2-S08W039.TIFF: 24,7 Mb.
- BARBOSA, C. C. F. *Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento*. Dissertação (Dissertação de Mestrado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Agosto 1997.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. *Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal*. Brasília - DF: SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/MMA-Ministério do Meio Ambiente, 1996.
- BRASIL. *FOLHAS SB.24/25 JAGUARIBE/NATAL. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra*. Rio de Janeiro: PROJETO RADAM BRASIL, 1981. 744p.
- CÂMARA, G. *Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos*. Tese (Tese de Doutorado) — INPE, São José dos Campos, 1996.
- CÂMARA, G. Banco de dados geográficos. In: _____. São José dos Campos: INPE, 2005. cap. Representação computacional de dados geográficos, p. 1–44. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/bamcodedadosgeograficos/representacaodedadosgeograficos.pdf>>.

- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GRARRIDO, J. Spring: Integrating remote sensing and gis by object-oriented data modeling. *Computers and Graphics*, 1996. v. 20, n. 3, p. 395–403, Jan/Jun 1996.
- CARVALHO, V. C.; FREITAS, M. W. D. Mapeamento das paisagens em nível de geossistema de três áreas representativas do bioma caatinga. In: SBSR (Ed.). *Anais XII*. Goiânia-GO: INPE, 2005. p. p. 2087–2099.
- CORDEIRO, J. P.; AMARAL, S.; FREITAS U, M.; CÂMARA, G. Álgebra de geo-campos e suas aplicações. In: INPE (Ed.). *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos, 1996. v. 8, p. p.1641–1648. Anais.
- CORDEIRO, J. P.; ERTHAL, J. G. Álgebra de mapas: Agregações e vizinhanças. In: INPE (Ed.). [S.I.], 2009. Anais.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLOREZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos - SP: INPE - Ministério da Ciência e tecnologia, 2001.
- CUNHA, R. C.; DUPAS, F. A.; PONS, N. A. D.; TUNDISI, J. G. Análise da influência das variáveis ambientais utilizando inferência fuzzy e zoneamento das vulnerabilidades. estudo do caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos/SP. *Geociências - UNESP*, 2011. v. 30, n. 3, p. 399–414, 2011.
- CUNHA, T. J. F.; SÁ, I. B.; NETO, M. B. O.; TAURA T. A. FILHO, J. C. A.; GIONGO, V.; SILVA, M. S. L.; DRUMOND, M. A. Uso atual e quantificação de áreas degradadas na margem direita do rio São Francisco no município de Curaçá, BA. *Revista brasileira de geografia física*, 2011. n. 6, 2011.
- DATASUS. *Estatística de Saúde*. Brasília: SUS - Sistema Único de Saúde, 2012. Informações de Saúde TABNET. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=02>>.
- ECKHARDT, R. R.; SILVA, J. Fava e; LINN, R. M. As geotecnologias no contexto do planejamento ambiental municipal, estudo de caso para o município de Três Coroas, RS, Brasil. *Geografia (Londrina)*, 2010. v. 19, n. 1, 2010.
- FRANCISCO, A. B. As escalas de análise na geografia dos estudos ambientais. *Revista Formação Online*, 2011. v. 18, n. 2, p. 39–62, jul/dez 2011.
- GALLOTTI, T. F. *Os satélites e suas aplicações*. São José dos Campos-SP: [s.n.], 2008. 52p.
- GRYGORIEV, A. A. The theoretical fundaments of modern physical geography. In: _____. Moscow: [s.n.], 1968. cap. The Interaction of Sciences in the Study of the Earth, p. 77–91.
- IBGE. *Introdução ao processamento digital de imagens*. 9. ed. Rio de Janeiro-RJ, 2001. 94p.
- IBGE. *Manual Técnico de Pedologia*. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ, 2007. 316p.

- IBGE. *Censo Demográfico 2010: resultado do universo, Características da População e dos Domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Base Estatcart de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados por Universo por Setor Censitário.
- IBGE. *Cidades Paraíba*. Rio de Janeiro: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. SIRGAS. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>.
- IBGE. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ, 2012. 91p.
- JUNIOR, J. S. B.; ALMEIDA, A. S. Análise multitemporal com a utilização da técnica de sensoriamento remoto e geoprocessamento no município de Bonito - Pará. *III Simpósio Brasileiro de Ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação. Recife - PE*, 2010.n. 15, p. 27–30, 2010.
- LANDSAT-07: ponto:216, rota:065,. São José dos Campos: [s.n.], 2002. Imagem de satélite: 10 de Fevereiro de 2002.TIFF: 53,8 Mb,Canais 3, 4 e 5.
- LEITE, M. E.; SANTOS, S. S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudanças de uso do solo na bacia do rio Vieira em Montes Claros-MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011. n. 4, p.779–792, 2011.
- LIMA, F. J.; CESTARO, A. L. *Considerações sobre zoneamentos como instrumentos de gestão do território*. Recife-PE: UFPE, 2010.
- LIMA, F. R.; MARTINELLI, M. As unidades ecodinâmicas na cartografia ambiental de síntese. In: UNESP (Ed.). Rio Claro-SP: UNESP, 2008. p. 440–448.
- LOLLO, J. A.; CARMO, J. P. A. Avaliação da fragilidade ambiental como mecanismo de gerenciamento de bacias hidrográficas - caso da bacia do Corumbataí, Brasil. In: ACTAS(Ed.). La Plata Argetina: UNLP, 2012. p. 1–19.
- LOPES, J. L. S.; CESTARO, L. A.; KELTING, F. M. S. Zoneamento ambiental como instrumento de suporte e planejamento de uso e ocupação do solo do município de Aquiraz/CE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2011. v. 4, n. 26, p. 738–747, 2011.
- MEDEIROS, J. S.; CÂMARA, G. Introdução a ciência da geoinformação. In: _____. São José dos Campos: INPE, 2006. cap. Geoprocessamento para Estudos Ambientais, p. 1–36. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>>.
- MEDEIROS, V. C.; AMARAL, C. A.; ROCHA, D. E. G. A.; SANTOS, R. B. *Geologia da Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará*. 2005. Programa Geologia do Brasil - Sousa. Folha SB.24-Z-A. 1 mapa, color, 66cm x 108cm. Escala 1:250.000.
- MEIRELLES, M. S. P.; BECKER, B.; EGLER, C.; MIRANDA, M.; BRAGANÇA, P. C. O.; SANTOS, U. P.; CAMPOS, M. L. *Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico em áreas com grande influência antrópica*. Rio de Janeiro, Acesso: 05 de Maio de 2014 1999. Enbrapa Solos. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/publicacoes/pdfs/circular_tecnica_4_1999_metod_zee.pdf>.

- MORAES, C. S. B.; QUEIROZ, O. T. M. M.; MAUAD, F. F. Planejamento e gestão ambiental municipal: uma proposta metodológica visando a sustentabilidade. *HOLOS Enviroment*, 2012. v. 12, n. 1, p. 12, 2012.
- NACHORNIK, V. L.; BRISKI, S. J.; PRATES, V. O mapeamento das vulnerabilidades ambientais em áreas urbanas da região metropolitana de Curitiba, PR como proposta para minimização de desastres. *Revista geográfica de América Central, Costa Rica*, 2011. p. p.1–14, II semestre, 2011.
- NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. *Landscape Ecology: Theory and Application*. 2. ed. New York: Springer-Verlag, 1993.
- NOVO, E. M. L. M. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- OLIVEIRA, A. C. C.; SOUZA, R. M. Ecodinâmica dos sistemas dunares do município de pirambu, litoral norte de sergipe. *Sociedade e Território - Natal*, 2011. v. 23, n. 2, p. 2–20, 2011.
- OLIVEIRA, F. F. G.; MATTOS, J. T. Aplicação das técnicas de geoprocessamento na análise dos impactos ambientais e na determinação da vulnerabilidade ambiental no litoral do Rio Grande do Norte - NE do Brasil. *REVISTA GEONORTE, Edição Especial*, 2012. v. 1, n. 4, p. 441–485, 2012.
- OLIVEIRA, j. B. *Pedologia aplicada*. Piracicaba-SP: [s.n.], 2008. 592p.
- REMPEL, C.; ECKHARDT, R. R.; SCHULTZ, G.; PÉRICO, E.; CYRNE, C. C. S. Zoneamento ecológico-econômico, ZEE, para sistemas orgânicos de produção agropecuária. *TECNOLÓGICA - Santa Cruz do Sul*, 2012. v. 16, n. 2, p. 90–97, jul/dez 2012.
- RESOURCESAT-P6LIS3: ponto: 081, rota: 335/336,. São José dos Campos: [s.n.], 2012. Imagem de satélite: 04 de Abril de 2012.TIFF: 53,8 Mb, Canais 2, 3 e 4.
- RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *Revista do Departamento de Geografia - USP*, 2001. São Paulo - SP, v. 14, p. 69–77, 2001.
- ROSS, J. L. S. *Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental*. São Paulo-SP: USP, 1995.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia e meio ambiente. In: _____. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro-RJ: [s.n.], 1996. cap. Geomorfologia Aplicada aos Eias-Rimas, p. 291–336.
- SABER, A. N. A. *Zoneamento Ecológico da Amazônia: Questões de Escala e Método*. [S.l.]: Instuto De Pesquisa Econômica Aplicada, Brasília - DF, 1987.
- SANGUINETTO, E. Avaliação de impactos ambientais (AIA), avaliação ambiental estratégica (AEE) e sustentabilidade em Minas Gerais. *Labor e Engenho, Campinas -Brasil*, 2011. v. 5, n. 3, p. 100–120, 2011.
- SANTOS, A. A metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra. In: REMOTO, A. do Simpósio de S. (Ed.). São José dos Campos-SP: [s.n.], 1981. v. 7, p. 172–175.

- SANTOS, M. F.; BALBIATI, C.; NEVES, S. M. A. S.; LOUREIRO, E. M. A relação entre o uso do solo e cobertura vegetal em Cáceres, MT e a diversidade polínica do mel de 2005 a 2009. *III Simpósio de geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, Embrapa Informática Agropecuária/INPE*, 2010. n. 3, p. 16–20, 2010.
- SILVA, A. S.; NUNES, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método ahp: uma análise integrada para suporte á decisão no município de Pacoti, CE. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil*, 2009. n. 14, p. 25–30 abril, INPE, p. 5435–5442, 2009.
- SILVA, F. T. C.; CASTRO, N. C.; GUERRA, A. J. T.; LIMA, F. S.; MENDES, S. P.; BEZERRA, J. F. R. Degradação ambiental em áreas destinadas à pecuária na sub-bacia hidrográfica do rio Sana, Macaé, RJ. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil*, 2012. n. 1, p. Revista de geografia (UFPE), v. 29, 2012.
- SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R.; PATRÍCIO, M. C. M.; MARIANO, E. B. Análise dinâmica do processo de desertificação na região de Gilbués-PI, utilizando imagens do TM/landsat 5. In: SBSR (Ed.). *Anais XIV*. Natal-RN: INPE, 2009. p. p. 6265–6272.
- SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP - Espaço e Tempo*, 2004. n. 15, p. 39–49, 2004.
- TORRES, R. C. S.; SARAIVA, A. G. S.; SOUSA, R. F.; BEPPLER, M.; GADELHA, A. G. Análise espacial do processo de desertificação de municípios do cariri paraibano utilizando a ferramenta de álgebra de mapas do Arcgis. *Revistga de Geografia - UFPE*, 2010. v. 28, n. 2, 2010.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. [S.l.]: IBGE-SUPREN, 1977.
- TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. Ecogeography and rural management: A contribution to the international geosphere-biosphere programme. *Essex. Longman Scientific e Technical*, 1992. 1992.
- UEFS-BA. *Cobertura Vegetal-Sousa, Folha SB.24-Z-A*. 2006. Cobertura Vegetal dos Biomas Terrestres - MMA, 1 mapa, color., 66cm x 108cm. Escala 1:250.000.
- VASCONCELOS, V. V.; HADAD, R. M.; JUNIOR, P. P. M. Adaptações metodológicas interescalares de zoneamentos ambientais a bacias hidrográficas agrárias do sudeste brasileiro. *Revista eletrônica do curso de geografia-Jataí - UFG*, 2011. v. 17, jul/dez 2011.
- ZONNEVELD, I. S. Land evaluation and landscape science. In: _____. [S.l.]: Enschede, 1972. v. 7, cap. Textbook of Photo- Interpretation-Use of aerial photographs in Geography and Geomorphology.

Apêndices

APÊNDICE A – Programas em LEGAL

```

{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico veget ("Imagem_Tema_2002");
Numerico vegetP ("Pondera_Vegetacao");
Tabela vegetT (Ponderacao);
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
veget = Recupere (Nome="ClassPixel_2002-T");
vegetT = Novo (CategoriaIni = "Imagem_Tema_2002",
               "Agropecuária" : 2.0,
               "Afloramento" : 3.0,
               "Agri_Irri" : 1.5,
               "Z_Urbana" : 3.0,
               "Caatinga_Rala" : 2.0,
               "Caatinga_Densa" : 1.0,
               "Água" : 0);
vegetP=Novo(Nome="Vegetacao2002",ResX=30,ResY=30,Escala=50000, Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
vegetP = Pondere (veget, vegetT);
}

```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico usot ("Imagem_Tema_2002");
Numerico usoP ("Pondera_Uso");
Tabela usoT (Ponderacao);
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
usot=Recupere(Nome="ClassPixel_2002-T");
usoT=Novo(CategoriaIni="Imagem_Tema_2002",
          "Agropecuária":2.0,
          "Afloramento":3.0,
          "Agri_Irri":1.5,
          "Z_Urbana":3.0,
          "Caatinga_Rala":2.0,
          "Caatinga_Densa":1.0,
          "Água":0);
usoP=Novo(Nome="Uso2002",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
usoP = Pondere(usot, usoT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico solo ("Solos");
Numerico soloP ("Pondera_Solos");
Tabela soloT (Ponderacao);

// =====
//  INSTANCIACIONES
//  =====
solo = Recupere (Nome="Solos");
soloT = Novo (CategoriaIni = "Solos",
              "LD" : 3.0,
              "LE" : 3.0,
              "PE" : 2.0,
              "NC" : 3.0,
              "SA" : 3.0,
              "SS" : 2.5,
              "V"  : 3.0);

soloP = Novo (Nome="Solos" , ResX=30, ResY=30, Escala=50000,Min = 0, Max = 3);

// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
soloP = Pondere (solo, soloT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico relevo ("Declividade_GDEM");
Numerico relevoP ("Pondera_Relevo");
Tabela relevoT (Ponderacao);
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
relevo = Recupere (Nome="Declividade_AP");
relevoT = Novo (CategoriaIni = "Declividade_GDEM",
               "150-177%" : 3.0,
               "100-150%" : 3.0,
               "50-100%" : 3.0,
               "40-50%" : 3.0,
               "30-40%" : 3.0,
               "20-30%" : 3.0,
               "10-20%" : 3.0,
               "7-10%" : 2.0,
               "3-7%" : 2.0,
               "0-3%" : 1.0);
relevoP=Novo(Nome="Relevo",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
relevoP = Pondere (relevo, relevoT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico pluvi ("Pluviosidade");
Numerico pluviP ("Pondera_Pluviosidade");
Tabela pluviT (Ponderacao);
// =====
//  INSTANCIACIONES
//  =====
pluvi=Recupere(Nome="Pluviosidade");
pluviT=Novo(CategoriaIni="Pluviosidade",
            "1001-1200" : 2.5,
            "200-400" : 1.5,
            "401-600" : 2.0,
            "601-800" : 2.0);
pluviP=Novo(Nome="Pluviosidade",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERACIONES
//  =====
pluviP = Pondere (pluvi, pluviT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico lito ("Litologia_Sousa");
Numerico litoP ("Pondera_Litologia");
Tabela litoT (Ponderacao);
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
lito=Recupere(Nome="LIT_Sousa");
litoT=Novo(CategoriaIni="Litologia_Sousa",
           "PP3ypcg" : 1.2,
           "PP2cai" : 1.6,
           "NP3y2it" : 1.2,
           "PP2caim" : 1.6,
           "N34a" : 3.0,
           "K1az" : 2.6,
           "PP2caib" : 1.6,
           "PP2cal" : 1.6,
           "K1an" : 2.5,
           "NP382s" : 1.4,
           "PP2caivs" : 1.6,
           "PP2ycal" : 1.6,
           "NP3y2dl" : 1.4,
           "PP3ypc" : 1.2,
           "NP3s9" : 1.5,
           "NP3aju" : 1.9,
           "K1rp" : 2.4);
litoP=Novo(Nome="Litologia",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
litoP = Pondere (lito, litoT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico impactos ("Impactos");
Numerico impactosP ("Pondera_Impactos");
Tabela  impactosT (Ponderacao);

// =====
//  INSTANCIACÕES
//  =====
impactos = Recupere (Nome="Impactos");

impactosT = Novo (CategoriaIni = "Impactos",
                  "Agri_Est" : 1.4,
                  "Agri_Mod_Est" : 1.8,
                  "Agri_Mod_Vuln" : 2.2,
                  "Agri_Vuln" : 3.0,
                  "Agri_MEV" : 2.6,
                  "Agro_Est" : 1.4,
                  "Agro_Mod_Est" : 1.8,
                  "Agro_Mod_Vuln" : 2.2,
                  "Agro_Vuln" : 3.0,
                  "Agro_MEV" : 2.6,
                  "Solo_Est" : 1.4,
                  "Solo_Mod_Est" : 1.8,
                  "Solo_Mod_Vuln" : 2.2,
                  "Solo_Vuln" : 3.0,
                  "Solo_MEV" : 2.2,
                  "Vegetacao" : 1.0,
                  "Água" : 0);
impactosP = Novo (Nome="Impactos" , ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
Min = 0, Max = 3);

// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====

impactosP = Pondere (impactos, impactosT);
```

}

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico solo ("Cobert_Fatias");
Numerico soloP ("CAT_MNT");
Tabela soloT (Ponderacao);

// =====
//  INSTANCIACIONES
//  =====
solo = Recupere (Nome="Cobert_Fatias");

soloT = Novo (CategoriaIni = "Cobert_Fatias",
              "0-10000" : 3.0,
              "10000-20000" : 3.0,
              "20000-30000" : 2.5,
              "30000-40000" : 2.5,
              "40000-50000" : 2.0,
              "50000-60000" : 1.5);

soloP = Novo (Nome="Cobert" , ResX=30, ResY=30, Escala=57000,Min = 0, Max = 3);

// =====
//  OPERACIONES
//  =====
soloP = Pondere (solo, soloT);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Numerico impactos    ("Pondera_Impactos");
Tematico impactosfat ("Graus_Impactos");
Tabela  tab          (Fatiamento);

// =====
//  INSTANCIACIONES
//  =====

impactos = Recupere (Nome = "Impactos");

tab = Novo (CategoriaFim = "Graus_Impactos",
           [1.0,1.4] : "Muito Baixa",
           [1.4,1.8] : "Baixa",
           [1.8,2.2] : "Moderada",
           [2.2,2.6] : "Alta",
           [2.6,3.0] : "Muito Alta");

impactosfat = Novo (Nome = "Graus_Impactos", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);

// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====

impactosfat = Fatie (impactos, tab);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Numerico pse      ("Potencial_SE");
Tematico psefat ("PotencialidadeSE");
Tabela  tab      (Fatiamento);

// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====

pse = Recupere (Nome = "Potencial_SE");

tab = Novo (CategoriaFim = "PotencialidadeSE",
           [0,1.4]   : "Potencial Alto",
           [1.4,1.8] : "Pot. Moderad. Alto",
           [1.8,2.2] : "Médio Potencial",
           [2.2,2.6] : "Pot. Moderad. Baixo",
           [2.6,3.0] : "Potencial Baixo");

psefat = Novo (Nome = "PotencialidadeSE", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);

// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====

psefat = Fatie (pse, tab);
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Numerico vuln    ("Vulnerabilidade_Ambiental");
Tematico vulnfat ("Sustentabilidade");
Tabela  tab      (Fatiamento);
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
vuln = Recupere (Nome = "Sustentabilidadesoma");
tab = Novo (CategoriaFim = "Sustentabilidade",
           [0,1.4] : "Sustentab_Alta",
           [1.4,1.8] : "Sustentab_Mode",
           [1.8,2.2] : "Sustentab_Media",
           [2.2,2.6] : "Sustentab_Baixa",
           [2.6,3.0] : "Sustentab_MBaixa");
vulnfat=Novo(Nome="Sustentabilidadesoma",ResX=30,ResY=30,Escala=50000);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
vulnfat = Fatie (vuln, tab);
}
```

```

{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico veget1 ("Imagem_Tema_2002");
Tematico veget2 ("Imagem_Tema_2012");
Tematico veget3 ("Dinâmica");
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
veget1 = Recuperar (Nome = "Class_2002-T");
veget2 = Recuperar (Nome = "ClassPixel2012_pos-T");
veget3 = Novo (Nome = "Dinâmica", ResX=28.5, ResY=28.5,
Escala=57000);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====

veget3 = Atribua (CategoriaFim = "Dinâmica")
{
"Caa_Den_M":(veget1.Classe == "Caatinga_Densa" &&
veget2.Classe == "Caatinga_Densa"),
"Caa_Ral_M":(veget1.Classe == "Caatinga_Rala" &&
veget2.Classe == "Caatinga_Rala"),
"AgropecuariaM":(veget1.Classe == "Agropecuária" &&
veget2.Classe == "Agropecuária"),
"Cres_Agro":(veget1.Classe == "Z_Urbana" &&
veget2.Classe == "Agropecuária" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Agropecuária" ||
veget1.Classe == "Afloramento" && veget2.Classe == "Agropecuária" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Agropecuária"),
"Desmatamento":(veget1.Classe == "Caatinga_Densa" &&
veget2.Classe == "Agropecuária" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Rala" && veget2.Classe == "Agropecuária"),
"Cresc_Caatinga":(veget1.Classe == "Caatinga_Densa" &&
veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Rala" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Agropecuária" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||

```

```
veget1.Classe == "Afloramento" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Agropecuária" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Afloramento" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa"),
"Regeneração":(veget1.Classe == "Caatinga_Rala" &&
veget2.Classe == "Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Densa" && veget2.Classe == "Z_Urbana"),
"AfloramentosM":(veget1.Classe == "Afloramento" &&
veget2.Classe == "Afloramento"),
"Cresc_Aflor":(veget1.Classe == "Caatinga_Rala" &&
veget2.Classe == "Afloramento" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Densa" && veget2.Classe == "Afloramento" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Afloramento" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Afloramento" ||
veget1.Classe == "Agropecuária" && veget2.Classe == "Afloramento"),
"Cres_Agri_Irri":(veget1.Classe == "Agropecuária" &&
veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Afloramento" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Rala" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Densa" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Afloramento" ),
"AIRR_Mant":(veget1.Classe == "Agri_Irri" &&
veget2.Classe == "Agri_Irri"),
"Água":(veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Densa" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Caatinga_Rala" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Agropecuária" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Afloramento" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Água" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Água"),
"Cres_ZU":(veget1.Classe == "Z_Urbana" &&
veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
```

```
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Agropecuária" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Agri_Irri" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Afloramento" ||
veget1.Classe == "Agri_Irri" && veget2.Classe == "Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Agropecuária" && veget2.Classe == "Z_Urbana"),
"Z_UrbanaM":(veget1.Classe == "Z_Urbana" && veget2.Classe == "Z_Urbana")
    };
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====

Objeto objutb ( "Setores_AP_0" );
Cadastral utbs ( "CAT_Cadastral" );
Numerico SaiMNT ("Potencial_SE");

// =====
//  INSTANCIACIONES
//  =====

utbs = Recupere (Nome = "Setores_AP");
SaiMNT = Novo (Nome = "Potencial_SE", ResX =30, ResY =30,
Escala = 50000, Min= 0.0000, Max= 3.0000);

// =====
//  OPERACIONES
//  =====

SaiMNT = Especialize ( objutb."POT_SCE2" OnMap utbs );
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Tematico veget1 ("Vulnerabilidade");
Tematico veget2 ("Imagem_Tema_2012");
Tematico veget3 ("Impactos");
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
veget1 = Recuperar (Nome = "Vulnerabilidade2012");
veget2 = Recuperar (Nome = "ClassPixel2012_pos-T");
veget3 = Novo (Nome = "Impactos2012", ResX=30, ResY=30,
Escala=50000);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
veget3 = Atribua (CategoriaFim = "Impactos")
{
"Agri_Est":(veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe ==
"Agri_Irri"),
"Agri_Mod_Est":(veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe ==
"Agri_Irri"),
"Agri_Mod_Vuln":(veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe ==
"Agri_Irri"),
"Agri_MEV":(veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe ==
"Agri_Irri"),
"Agri_Vuln":(veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe ==
"Agri_Irri"),
"Agro_Est":(veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe ==
"Agropecuária"),
"Agro_Mod_Est":(veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe ==
"Agropecuária"),
"Agro_Mod_Vuln":(veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe ==
"Agropecuária"),
"Agro_MEV":(veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe ==
"Agropecuária"),
"Agro_Vuln":(veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe ==
"Agropecuária"),
```

```
"Vegetacao":(veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe ==
"Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe == "Caatinga_Densa" ||
veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala" ||
veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe == "Caatinga_Rala"),
"Água" : (veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe == "Água" ||
veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe == "Água"),
"Solo_Est" : (veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe ==
"Água" ||
veget1.Classe == "Estáveis" && veget2.Classe == "Água"),
"Solo_Mod_Est" : (veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe ==
"Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Mod_Estab" && veget2.Classe == "Afloramento" ),
"Solo_Mod_Vuln" : (veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe ==
"Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Mod_Vuln" && veget2.Classe == "Afloramento"),
"Solo_MEV" : (veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe ==
"Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Méd_Esta_Vuln" && veget2.Classe == "Afloramento"),
"Solo_Vuln" : (veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe ==
"Z_Urbana" ||
veget1.Classe == "Vulneráveis" && veget2.Classe == "Afloramento")
};
}
```

```
{
//INTEGRACAO ENTRE VULNERAB. E POTENCIAL SOCIAL E ECONOMICO
//SUSTENTABILIDADE ATRAVES DE JUNCAO ESPACIAL

// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====

Numerico vuln ("Vulnerabilidade_Ambiental");
Numerico ptse ("Potencial_SE");
Tematico sustent ("Sustentabilidade");

// =====
//  INSTANCIACÕES
//  =====

vuln = Recupere (Nome = "Vulnerabilidade2012");
ptse = Recupere (Nome = "Potencial_SE");
sustent = Novo (Nome = "Sustentabilidade", ResX = 30, ResY = 30,
Escala = 250000);

// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====

sustent = Atribua
{
"Sustentab_Alta" : (vuln <=1.40)|| (ptse <=1.40),
"Sustentab_Mode" : (vuln > 1.40 && vuln <=1.80) ||
(ptse > 1.40 && ptse <=1.80),
"Sustentab_Media" : (vuln > 1.80 && vuln <=2.20) ||
(ptse > 1.80 && ptse <=2.20),
"Sustentab_Baixa" : (vuln > 2.20 && vuln <=2.60) ||
(ptse > 2.20 && ptse <=2.60),
"Sustentab_MBaixa" : (vuln > 2.60 && vuln <=3.00) ||
(ptse > 2.60 && ptse <=3.00)
};
}
```

```
//POTENCIAL INSTITUCIONAL
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj3."POT_INST" = obj1."AUT_POAD" + obj1."PAR_P_EL" / 2;
}

//POTENCIAL PRODUTIVO
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5, obj6, obj7,
obj8, obj9, obj10 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj8."POT_PRO2" = obj1."ARR_INSS" + obj2."CON_ENER" +
obj3."DEN_ROD" + obj4."INF_ES_T" +
obj5."RED_CH_D" + obj6."RET_AGRO" + obj7."DEN_E_IN";

obj10."POT_PROD" = obj9."POT_PRO2" / 7;
}

//POTENCIAL NATURAL
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5 ("Setores_AP_0");
```

```
// =====
// OPERAÇÃO
// =====

obj4."POT_NATU" = obj1."DIST_FUN" +
obj2."COB_VEGT" + obj3."A_A_SOLS";

obj5."POT_NAT2" = obj4."POT_NATU" / 3;
}

//POTENCIAL HUMANO
{
// =====
// DECLARAÇÕES
// =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5, obj6, obj7,
obj8, obj9, obj10, obj11 ("Setores_AP_0");

// =====
// OPERAÇÃO
// =====

obj10."POT_HUM" = obj1."INFR_HOS" + obj2."SANIDADE" +
obj3."SOB_INFT"+ obj4."ABS_D_G"
+ obj5."SAN_DOMC" + obj6."COL_LIXO" + obj7."ANS_E_CD" +
obj8."ALFABTZ" + obj9."DINU_DER";

obj11."POT_HUM2" = obj10."POT_HUM" / 9;
}

//POTENCIAL SOCIL E ECONÔMICO
{
// =====
// DECLARAÇÕES
// =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5,
obj6 ("Setores_AP_0");
```

```
// =====
// OPERAÇÃO
// =====

obj5."POT_SCEC" = obj1."POT_INST" + obj2."POT_PROD" +
obj3."POT_NAT2" + obj4."POT_HUM2";

obj6."POT_SCE2" = obj5."POT_SCEC" / 4;
}

//POTENCIAL SOCIL E ECONÔMICO
{
// =====
// DECLARAÇÕES
// =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5,
obj6 ("Setores_AP_0");

// =====
// OPERAÇÃO
// =====

obj5."POT_SE" = (2.5 * obj1."POT_HUM2" + obj2."POT_NAT2" +
obj3."POT_PROD" + 0.5 * obj4."POT_INST") / 6;
}
```

```
//POTENCIAL PRODUTIVO
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto   obj1, obj2, obj3, obj4, obj5, obj6,
obj7, obj8, obj9, obj10 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj8."POT_PRO2" = obj1."ARR_INSS" + obj2."CON_ENER" +
obj3."DEN_ROD" + obj4."INF_ES_T" + obj5."RED_CH_D" +
obj6."RET_AGRO" + obj7."DEN_E_IN";

obj10."POT_PROD" = obj9."POT_PRO2" / 7;
}
```

```
//POTENCIAL NATURAL
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj4."POT_NATU" = obj1."DIST_FUN" + obj2."COB_VEGT" + obj3."A_A_SOLS";

obj5."POT_NAT2" = obj4."POT_NATU" / 3;
}
```

```
//POTENCIAL HUMANO
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5, obj6, obj7,
obj8, obj9, obj10, obj11 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj10."POT_HUM" = obj1."INFR_HOS" + obj2."SANIDADE" +
obj3."SOB_INFT"+ obj4."ABS_D_G"
+ obj5."SAN_DOMC" + obj6."COL_LIXO" + obj7."ANS_E_CD" +
obj8."ALFABTZ" + obj9."DINU_DER";

obj11."POT_HUM2" = obj10."POT_HUM" / 9;
}
```

```
//POTENCIAL SOCIAL E ECONÔMICO
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto   obj1, obj2, obj3, obj4, obj5,
obj6 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj5."POT_SCEC" = obj1."POT_INST" + obj2."POT_PROD" +
obj3."POT_NAT2" + obj4."POT_HUM2";

obj6."POT_SCE2" = obj5."POT_SCEC" / 4;
}
```

```
//POTENCIAL SOCIAL E ECONÔMICO
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
Objeto    obj1, obj2, obj3, obj4, obj5,
obj6 ("Setores_AP_0");

// =====
//  OPERAÇÃO
//  =====

obj5."POT_SE" = (2.5 * obj1."POT_HUM2" + obj2."POT_NAT2" +
obj3."POT_PROD" + 0.5 * obj4."POT_INST") / 6;
}
```

```
{
//Declaração

MNT vuln ("Vulnerabilidade_Ambiental");
MNT pse ("Potencial_SE");
MNT sustent ("Vulnerabilidade_Ambiental");
MNT sustent2 ("Vulnerabilidade_Ambiental");

//Instanciação

vuln = Recupere(Nome="Vulnerabilidade2012");
pse = Recupere(Nome="Potencial_SE");
sustent = Novo(Nome="Sustentabilidade", ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
Min = 0, Max = 3);
sustent2 = Novo(Nome="Sustentabilidadesoma:", ResX=30, ResY=30, Escala=50000,
Min = 0, Max = 3);

//Operação

sustent = vuln + pse;
sustent2 = sustent / 2;
}
```

```
{
// =====
//  DECLARAÇÕES
//  =====
MNT lito ("Pondera_Litologia");
MNT pluvi ("Pondera_Pluviosidade");
MNT relevo ("Pondera_Relevo");
MNT solos ("Pondera_Solos");
MNT veget ("Pondera_Vegetacao");
MNT uso ("Pondera_Uso");
MNT vuln,frag("Vulnerabilidade_Ambiental");
// =====
//  INSTANCIÇÕES
//  =====
lito= Recupere(Nome="Litologia");
pluvi= Recupere(Nome="Pluviosidade");
relevo= Recupere(Nome="Relevo");
solos= Recupere(Nome="Solos");
veget= Recupere(Nome="Vegetacao2002");
uso= Recupere(Nome="Uso2002");
vuln=Novo(Nome="Opera_Vuln2002",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
frag=Novo(Nome="Vulnerabilidade",ResX=30,ResY=30,Escala=50000,Min=0,Max=3);
// =====
//  OPERAÇÕES
//  =====
vuln = lito+pluvi+relevo+solos+veget+uso;
frag = vuln/6;
}
```