



*Universidade Federal Da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**URBANA**  
**-MESTRADO-**

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE BACIAS  
PERIURBANAS E A PROTEÇÃO DE RESERVATÓRIOS UTILIZADOS  
EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO  
DE CASO DA BACIA DO RIO GRAMAME/PB**

*por*

***Elaine Cristina Teixeira Pedrosa***

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba  
para obtenção de grau de Mestre

***João Pessoa – Paraíba***

***agosto – 2008***



*Universidade Federal Da Paraíba*  
*Centro de Tecnologia*  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**URBANA**  
**-MESTRADO-**

**ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE BACIAS  
PERIURBANAS E A PROTEÇÃO DE RESERVATÓRIOS UTILIZADOS  
EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO  
DE CASO DA BACIA DO RIO GRAMAME/PB**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia Urbana  
da Universidade Federal da Paraíba,  
como parte dos requisitos necessários  
para a obtenção do título de Mestre

Elaine Cristina Teixeira Pedrosa

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadêlha  
Co-Orientador: Prof. Dr. Tarciso Cabral da Silva

***João Pessoa – Paraíba***

***agosto – 2008***

ELAINE CRISTINA TEIXEIRA PEDROSA

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DE BACIAS  
PERIURBANAS E A PROTEÇÃO DE RESERVATÓRIOS UTILIZADOS  
EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO  
DE CASO DA BACIA DO RIO GRAMAME/PB

Dissertação de Mestrado apresentada e aprovada, como requisito parcial para a obtenção  
do grau de Mestre no curso de pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade  
Federal da Paraíba pela seguinte comissão examinadora.

APROVADA EM:\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof.Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha - UFPB  
(Orientadora)

---

Prof.Dr. Tarciso Cabral da Silva - UFPB  
(Co-orientador)

---

Prof.Dr<sup>a</sup>. Luciene Vieira de Arruda - UEPB  
(Examinador Externo)

---

Prof.Dr. Gilson Barbosa Athayde Júnior - UFPB  
(Examinador Interno)

## DEDICATÓRIA

*Aos meus avós Alzira Teixeira e Antonio Teixeira (In Memoriam), que partiram durante o desenvolvimento desta dissertação, deixando enorme saudade.*

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço a Deus, pela minha vida e aos meus pais Pedro Pedrosa e Angelita Teixeira Pedrosa, por todo amor e dedicação em prol da minha educação e formação.

As minhas irmãs Maria Danielle e Maria Elizabeth, por terem me apoiado na transformação deste sonho em realidade.

As minhas primas Janaína, Susana, Sandra, Jackeline e Auxiliadora que sempre me apoiaram na construção desta pesquisa com palavras de carinho e incentivo.

A prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadêlha e ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Tarciso Cabral, que muito contribuíram com críticas e sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Pedro Costa Guedes Vianna pelos sábios conselhos e pela amizade que acompanha a minha trajetória desde os tempos de graduação. Sempre elogiando e algumas vezes criticando, para um melhor resultado.

Ao professor Leonardo meu esposo e companheiro de turma no mestrado, que esteve sempre ao meu lado nos trabalhos de campo, e muito contribuiu nas discussões sobre o tema e no refinamento das versões finais da dissertação.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e aos professores pela paciência e dedicação nos conhecimentos passados aos futuros mestres.

Aos bolsistas Breno, Marcel e José Correia, pela colaboração na confecção dos mapas.

Aos amigos que conquistei no mestrado, que sempre estiveram dispostos a ajudar nas trocas de informações e materiais, sempre demonstrando carinho e solidariedade uns com os outros, em especial a amiga Gianna, que estive mais próxima nos momentos finais do trabalho.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro, através da concessão da bolsa de estudo.

Muito obrigada por tudo!

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo identificar a vulnerabilidade ambiental da bacia do rio Gramame no trecho a montante do reservatório Gramame-Mamuaba, visando orientar um melhor planejamento de uso do solo. Este reservatório provê as águas para abastecimento das cidades de Pedras de Fogo, conde e da chamada Grande João Pessoa que compreende os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita. A área de estudo se localiza na porção sul da Zona da Mata Paraibana, no Nordeste do Brasil, possui uma área de 254,4 Km<sup>2</sup>, inserindo-se parcialmente nos municípios de Pedras de Fogo, Santa Rita e Alhandra. Foi aplicado neste estudo a metodologia utilizada no Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, de acordo com a teoria da ecodinâmica, para gerar o mapa de vulnerabilidade ambiental. Esta metodologia utiliza informações do meio físico relacionadas aos seguintes temas: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso do solo e clima, onde para cada tema são definidos intervalos de vulnerabilidade. Posteriormente os mapas temáticos são convertidos em grades numéricas, que são integradas em ambientes de Sistema de Informação Geográfica - SIG, através da técnica de análise geográfica denominada de álgebra de mapas. Com base neste mapa foi possível identificar as áreas mais vulneráveis das bacias hidrográficas, áreas estas localizadas nos fundos dos vales e nas vertentes mais acentuadas situadas próximas as nascentes dos rios Gramame e Mamuaba.

**PALAVRAS-CHAVES:** Vulnerabilidade; Uso do solo; Bacia do Gramame; SIG.

## ABSTRACT

This work aims to identify the environmental vulnerability of the Gramame river basins in the upstream of the Gramame-Mubamba reservoir seeking guide for a better planning of land use. This reservoir provides water supplies for the cities os Pedras-de-Fogo, Conde and so-called Great João Pessoa, witch comprises the municipalities of João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, and part of Santa Rita. The study area is located in the southern portion of ‘Zona da Mata’ of Paraíba, brazillian northeast, has an area of 254, 4 km<sup>2</sup>, inserting itself partially in the municipalities of Pedras de Fogo, Santa Rita and Alhandra. It was applied in this study the same methodology used in the Ecological-Economic Zoning – EEZ, according to the theory of ecodynamics, to generate the environmental vulnerability map. This methodology uses information from the physical environment related to the following themes: geology, geomorphology, pedology, vegetation and land use and climate, where for each theme are defined intervals of vulnerability. Posteriorly thematic maps are converted in numerical grids, witch are integrated in environments of Geographical Information System – GIS, using a technique of geographical analysis called of algebra of maps. Based on this map it was possible to identify the most vulnerable areas of the watersheds, these areas located in the bottom of the valleys and in the most pronounced slopes located near the headwaters of Gramame and Mubamba rivers.

**Keywords:** Vulnerability; Land use; Gramame basins; GIS

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 3.1	Localização da área de estudo em relação à bacia do rio Gramame	17
Figura 3.2	Localização da área de estudo e dos municípios que a integram	18
Figura 3.3	Sub-bacias Miriri, Alhandra e Olinda, que compõem a “clássica” Bacia Pernambuco-Paraíba	19
Figura 3.4	Estratigrafia da Sub-Bacia Alhandra	21
Figura 3.5	Imagem sombreada da área de estudo com drenagem	23
Figura 3.6	Detalhamento da feição dômica encontrada na área de estudo	24
Figura 3.7	Carta de solos com classificação antiga	25
Figura 3.8	Tipos climáticos do Estado da Paraíba	26
Figura 4.1	Modelo esquemático do cálculo da vulnerabilidade à perda de solo para cada Unidade Territorial Básica	36
Figura 4.2	Escala de vulnerabilidade para as Unidades Territoriais Básicas	36
Figura 5.1	Mosaico das cartas topográficas que abrangem o trecho a montante do reservatório Gramame/Mamuaba	40
Figura 5.2	Vetores extraídos da Carta S25Y-C-II-A-NE (Rio Mamuaba)	41
Figura 5.3	Mapa base da área de estudo, utilizado nos trabalhos de campo	42
Figura 5.4	Dados de altimetria, drenagem e limite da área de estudo inseridos no SPRING	44
Figura 5.5	Imagem de satélite utilizada nos trabalhos de campo	48
Figura 5.6	Composição 543RGB equalizada	49
Figura 5.7	Mapa de isoietas médias anuais da bacia do Gramame	50
Figura 5.8	Esquema para a geração da carta final de vulnerabilidade.	51



Figura 6.1	Mapa geológico da área de estudo ,elaborado para os fins desta pesquisa	54
Figura 6.2	Mapa de vulnerabilidade do tema geologia da área de estudo	56
Figura 6.3	Mapa Topomorfológico da área de estudo	57
Figura 6.4	Mapa de declividade da área de estudo	58
Figura 6.5	Mapa de vulnerabilidade do tema geomorfologia da área de estudo	61
Figura 6.6	Mapa de solos da área de estudo	62
Figura 6.7	Mapa de vulnerabilidade do tema pedologia da área de estudo	64
Figura 6.8	Mapa de vegetação e uso do solo da área de estudo	70
Figura 6.9	Mapa de vulnerabilidade do tema vegetação e uso do solo da área	71
Figura 6.10	Mapa de intensidade pluviométrica da área de estudo	73
Figura 6.11	Mapa de vulnerabilidade do tema intensidade pluviométrica da área de estudo	73
Figura 6.12	Mapa de vulnerabilidade da área de estudo	75

## LISTA DE FOTOS

Foto 6.1	Vertente do rio Mamuaba	59
Foto 6.2	Planície fluvial do rio Gramame	59
Foto 6.3	Ao fundo núcleo remanescente de vegetação florestal (mata) e em primeiro plano, área com cana-de-açúcar.	65
Foto 6.4	Plantação de mandioca (culturas subsistência)	66
Foto 6.5	Plantio de abacaxi	66
Foto 6.6	Reservatório Gramame-Mamuaba com cana-de-açúcar nas margens	67
Foto 6.7	Solo arenoso nos topos dos tabuleiros, constituído por um manto herbáceo de gramíneas	67
Foto 6.8	Mata ciliar do rio Gramame, com poucas árvores servindo de proteção ao rio	68
Foto 6.9	Mata ciliar do rio Mamuaba com núcleo remanescente de mata	68
Foto 6.10	Área desmatada com solo exposto preparação para plantio de cana-de-açúcar	77
Foto 6.11	Processo erosivo em vertente em área desmatada	77
Foto 6.12	Processo erosivo em vertente em área com pouca vegetação	78
Foto 6.13	Sedimentos de areia depositados em estrada na base da vertente desmatada	78
Foto 6.14	Rio Gramame assoreado e com pouca cobertura vegetal em suas margens	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Áreas ocupadas pelos municípios que integram a parcela da bacia do rio Gramame estudada	18
Quadro 3.2	Conversão das nomenclaturas utilizadas na carta de solos do plano diretor da bacia do Gramame elaborada pela SEMARH (2000) para o novo “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos” da EMBRAPA (1999)	25
Quadro 4.1	Categorias morfodinâmicas	33
Quadro 4.2	Características de cada tema a ser avaliado para determinação do grau de vulnerabilidade	35
Quadro 5.1	Valores para as classes de declividade	45
Quadro 5.2	Escala de valores de vulnerabilidade ambiental na área de estudo	51
Quadro 6.1	Escala de vulnerabilidade para o tema geologia da área de estudo	53
Quadro 6.2	Vulnerabilidade para as unidades topomorfológicas	59
Quadro 6.3	Valores de vulnerabilidade para as classes de declividade	60
Quadro 6.4	Vulnerabilidade para o tema pedologia	63
Quadro 6.5	Vulnerabilidade para vegetação e uso do solo	69
Quadro 6.6	Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade à perda de solo	72
Quadro 6.7	Vulnerabilidade para a intensidade pluviométrica	72
Quadro 6.8	Porcentagem das classes vulnerabilidade ambiental na área de estudo	74

## **LISTA DE SIGLAS**

CAC	Cartografia Assistida por Computador
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DXF	Drawing Exchange Format
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IUCN	The World Conservation Union
LEGAL	Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
MNT	Modelo Numérico do Terreno
ONG	Organizações Não Governamentais
PI	Plano de Informação
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
SAE	Secretaria de Assuntos Estratégicos
SEMARH	Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UTB	Unidade Territorial Básica
UTM	Universal Transversa de Mercator
WWF	World Wildlife Foundation
ZEE	Zoneamento Ecológico e Econômico

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FOTOS

LISTA DE QUADROS

ABREVIATURAS E SIGLAS

SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
	2.1 OBJETIVO GERAL	16
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3.</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>17</b>
	3.1 LOCALIZAÇÃO	17
	3.2 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	18
	<b>3.2.1. Formação Beberibe-Itamaracá</b>	<b>19</b>
	<b>3.2.2. Formação Gramame</b>	<b>20</b>
	<b>3.2.3. Sedimentos Terciários e Quaternários</b>	<b>20</b>
	<b>3.2.4. Formação Barreiras</b>	<b>20</b>
	<b>3.2.5. Sedimentos Quaternários</b>	<b>21</b>
	3.3. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	22
	3.4. CARACTERÍSTICAS DA HIDROGRAFIA	22
	3.5. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS	24
	3.6. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	26
	3.7. CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA VEGETAL E DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	26
<b>4.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>29</b>
	4.1 CONCEITOS SOBRE PAISAGEM	29
	4.2 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO	30
	4.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL	30
	4.4 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA DA PAISAGEM PARA ESTUDOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL	32
	<b>4.4.1 Principais Características Metodológicas</b>	<b>32</b>
	<b>4.4.2 Metodologia para elaboração do mapa de vulnerabilidade</b>	<b>33</b>
	4.5 ELABORAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE	37
<b>5.</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>39</b>

5.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	39
5.2	PROCESSAMENTO DOS DADOS	40
5.3	CONSTRUÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DE VULNERABILIDADE	44
5.3.1	Tema Geologia (G)	44
5.3.2	Tema Geomorfologia (R)	45
5.3.3	Tema Pedologia (P)	46
5.3.4	Tema Vegetação e uso do solo (V)	46
5.3.5	Tema Clima (C)	50
5.4	MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL	50
6.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	52
6.1	VALORES DE VULNERABILIDADE DOS TEMAS	52
6.1.1	Tema Geologia	52
6.1.2	Tema Geomorfologia	55
6.1.3	Tema Pedologia	60
6.1.4	Vegetação e uso do solo	65
6.1.5	Tema Clima	72
6.2	MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL	74
6.2.1	Classe Moderadamente estável	76
6.2.2	Classe Medianamente Estável/Vulnerável	76
6.2.3	Classe Moderadamente Vulnerável	76
7.	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	80
8.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	82
	<b>ANEXOS</b>	

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, devido a aparente abundância dos recursos hídricos, não existia, até bem pouco tempo, maiores preocupações por parte dos administradores do setor em gerenciar e manter a qualidade destes recursos. Entretanto, com os crescentes problemas de escassez e de poluição, houve uma mudança na percepção dos gestores da água e a partir de então se iniciou uma intensificação nas discussões sobre o gerenciamento dos recursos hídricos.

Assim a busca por soluções para problemas relacionados aos recursos hídricos no país vem evoluindo consideravelmente, passando de um enfoque estritamente técnico e econômico e incorporando um paradigma do uso, conservação e gestão dos recursos hídricos pautados em um conceito de sustentabilidade ambiental. Este novo modelo segue o preceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, aquele desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem às suas próprias (CMMAD, 1988).

No entanto, na prática, os agentes envolvidos na gestão das águas têm se deparado com o desafio de enfrentar conflitos diversos devido aos interesses de usos múltiplos da água, bem como à enorme diversidade ambiental, econômica e social do país.

Desse modo, embora diversos fatos apontem que nos últimos tempos passou a existir um esforço em planejar o espaço em escalas regionais, de forma a haver uma integração entre os desenvolvimentos social, cultural, ambiental e econômico, observa-se certa dificuldade em encontrar instrumentos de gestão que sejam aplicáveis em escalas locais. Em vista a este fato nota-se que, mais recentemente, o poder público vem aumentando a liberação de recursos financeiros para projetos de cunho ambiental que visem à proteção e recuperação dos corpos d'água de bacias hidrográfica de menor porte.

Nas bacias hidrográficas que se apresentam total ou parcialmente inseridas em ambiente urbano e/ ou periurbano, a aplicação de técnicas de proteção e recuperação dos corpos hídricos é mais complicada e problemática. Isso ocorre quase sempre devido à deficiência de infra-estrutura, principalmente aquela relacionada ao saneamento básico. Nestes casos, os esgotos domésticos, efluentes industriais e resíduos sólidos têm sido lançados de maneira inadequada nas coleções de água, alterando sua qualidade. Como conseqüências pode-se ter: aumento dos custos para o tratamento da água, desequilíbrio ecológico, mortandade de peixes e sérios riscos à saúde humana, além de tornar a água de diversos rios imprópria para seus usos múltiplos previstos.

Para amenizar as conseqüências causadas por atividades não planejadas em bacias hidrográficas, se faz necessário conhecer, de forma integrada, diversos componentes da paisagem (geologia, geomorfologia, solos, clima e vegetação) para que se possa entender sua dinâmica e ordenar as atividades de maneira sustentável ao ambiente em que estejam inseridas.

A legislação ambiental brasileira tem contribuído no planejamento ambiental estabelecendo diretrizes e medidas que buscam a preservação, conservação e proteção do meio ambiente. Dentre estes diplomas legais destacam-se o Código Florestal Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965) e as Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 302/02 e 303/02 (BRASIL, 2002a, 2002b), que estabelecem critérios para ocupação adequada dos recursos naturais evitando que o mal uso possa influir na qualidade dos recursos hídricos.

Considerando-se a grande importância da bacia do rio Gramame para o abastecimento público e as características das atividades ali desenvolvidas, ressalta-se a necessidade de um planejamento territorial adequado para aquela região. É neste cenário que se enquadra este trabalho, em que se desenvolve um estudo que identifica o grau de vulnerabilidade ambiental para a referida bacia, em especial nas porções situadas no alto e médio curso do rio Gramame, uma vez que são destes setores que provém às águas que formam o reservatório Gramame - Mamuaba.

A área objeto deste trabalho corresponde, então, à porção da bacia do rio Gramame localizada a montante do reservatório fluvial citado e localiza-se na porção sul da Zona da Mata Paraibana, no Nordeste do Brasil. O reservatório Gramame - Mamuaba é o maior provedor de água para o abastecimento urbano dos municípios da Grande João Pessoa.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Detectar o grau de vulnerabilidade ambiental na bacia do rio Gramame no trecho à montante do reservatório Gramame - Mamuaba, visando orientar um melhor planejamento de uso do solo.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar e mapear as variáveis relacionadas com a vulnerabilidade ambiental (geologia, geomorfologia, solo, clima, cobertura vegetal e uso da terra) da bacia hidrográfica do rio Gramame, à montante do reservatório Gramame - Mamuaba;
- Elaborar o mapa de vulnerabilidade da área de estudo, baseado nos dados obtidos na avaliação da vulnerabilidade ambiental.

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Gramame está localizada entre as latitudes 7° 11' e 7° 23' Sul e as longitudes 34° 48' e 35° 10' Oeste, na região litorânea sul do Estado da Paraíba, no Nordeste do Brasil. Abrange parcialmente os municípios de Alhandra, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo. Destes municípios, apenas Pedras de Fogo e Conde possuem suas sedes municipais totalmente inseridas na referida bacia.

A área objeto deste estudo compreende a porção da bacia do rio Gramame localizada a montante do reservatório Gramame - Mamuaba. É formada pelas bacias do alto e médio cursos do rio Gramame e pela bacia do rio Mamuaba, principal afluente do Gramame e abrange uma área aproximada de 254,45 km<sup>2</sup>. A Figura 3.1 apresenta a área de estudo em relação à bacia do Gramame.



Figura 3.1 – Localização da área de estudo em relação à bacia do rio Gramame

Dos municípios que se integram na bacia do rio Gramame, apenas Pedras de Fogo, Santa Rita e Alhandra inserem-se parcialmente na área de estudo conforme pode ser observado na Figura 3.2.

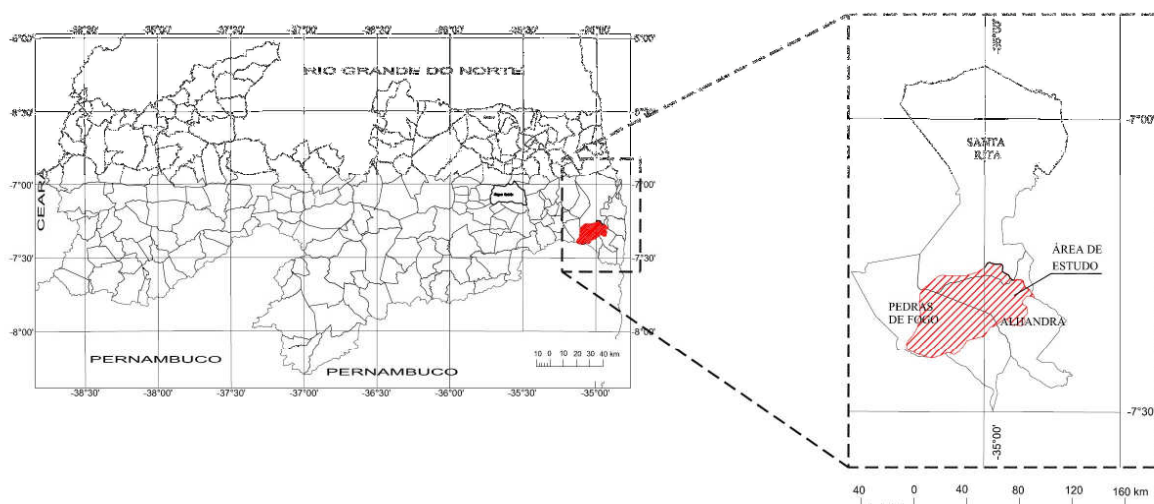


Figura 3.2 – Localização da área de estudo e dos municípios que a integram

O Quadro 3.1 apresenta o quantitativo de área de cada município que intercepta a área de estudo.

Quadro 3.1 – Áreas ocupadas pelos municípios que integram a parcela da bacia do rio Gramame estudada

Município	Área ocupada (km <sup>2</sup> )	Participação na área de estudo (%)
Alhandra	53,80	21,14
Santa Rita	17,94	7,05
Pedras de Fogo	182,71	71,81

### 3.2. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

A bacia do rio Gramame insere-se quase que totalmente nos terrenos sedimentares da Bacia Pernambuco-Paraíba, compreendida entre a cidade do Recife/PE até o vale do rio Camaratuba, a norte do município de João Pessoa/ PB (FEIJÓ, 1994). A Bacia Pernambuco-Paraíba é subdividida por falhas transversais, formando três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri (Figura 3.3). A bacia do Gramame, que abrange a área objeto deste estudo, fica totalmente inserida na sub-bacia Alhandra.

A geologia da área é compartimentada em terrenos cristalinos e terrenos sedimentares, conforme descrição que segue.

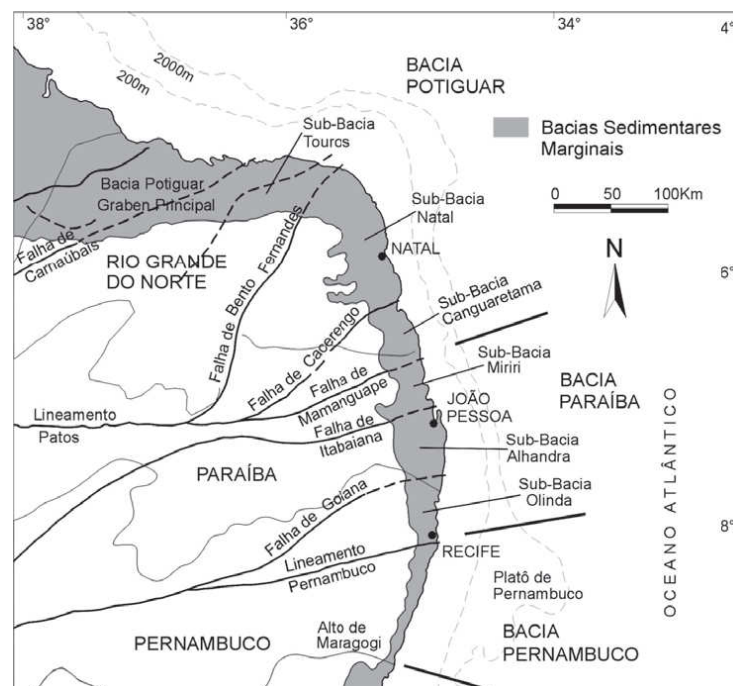


Figura 3.3 - Sub-bacias Miriri, Alhandra e Olinda, que compõem a “clássica” Bacia Pernambuco-Paraíba. (MABESOONE & ALHEIROS, 1991 – modificado)

Os terrenos Cristalinos da bacia hidrográfica do rio Gramame ocorrem através de corpos graníticos e granitóides, alongados e laminados, que aparecem em alguns pontos esparsos a oeste da mesma, em particular, na região próxima à cidade de Pedras de Fogo/PB, onde se localizam as nascentes dos rios Gramame e Mamuaba. Tais rochas apresentam contato geológico discordante em relação às rochas do cristalino plano (SEMARH, 2000).

Encontram-se na área evidências de um sistema de fraturas transversais seguindo a direção das rochas, de caráter tectônico distensional, sendo resultante dos movimentos epirogenéticos que ocorreram na região no Cretáceo Superior. Tal sistema é o provável responsável pela instalação da rede hidrográfica da região, subordinando-a à direção das fendas e fraturas reabertas e/ou formadas. Supõe-se, assim, que o alinhamento dos rios da bacia em estudo tenha como determinante as direções definidas por tal sistema de falhas e fraturas (SEMARH, 2000).

Os terrenos sedimentares da área correspondem às Formações do Grupo Paraíba, juntamente com as extensas exposições terciárias da Formação Barreiras e os Depósitos Quaternários.

### 3.2.1. Formação Beberibe-Itamaracá

Assenta-se diretamente e discordantemente sobre o embasamento cristalino. Possui uma espessura média de 230 a 280m, com máximo de 360m (LEAL e SÁ, 1998). Na sua

porção inferior, a Formação Beberibe-Itamaracá apresenta arenitos médios e grosseiros, ocorrendo, em alguns trechos, leitos conglomeráticos e intercalações de níveis argilosos. Acima dessa sequência ocorrem os arenitos finos com níveis de siltitos e folhelhos de origem continental (FURRIER, 2007).

### 3.2.2 Formação Gramame

Repousa de forma concordante acima da Formação Beberibe-Itamaracá. A espessura máxima da Formação Gramame tem cerca de 70 m (ALMEIDA, 2000). Consiste em um pacote sedimentar onde predominam espessuras inferiores a 55 m de sedimentos representados por calcários argilosos cinzentos (LEAL e SÁ, 1998), seguidos de uma sequência de rochas que se inicia com arenitos calcíferos até calcarenitos, passando gradativamente para os calcários. Trata-se de uma sequência transgressiva, bastante fossilífera (SUDENE, 1973 apud SEMARH, 2000). A denominação Gramame foi proposta por Eusébio de Oliveira, em 1940, referindo-se às ocorrências encontradas no vale do rio de mesmo nome.

### 3.2.3. Sedimentos Terciários e Quaternários

As Formações Beberibe-Itamaracá e Gramame podem ser capeadas ou não por depósitos Terciários, conhecidos por Formação Barreiras, ou por depósitos Quaternários (PETRI, 1983), representados pelas aluviões fluviais, sedimentos costeiros, recifes de arenitos, dunas, com ênfase para os depósitos flúvio-marinhos das planícies costeiras (SUDENE, 1978 apud SEMARH, 2000).

### 3.2.4. Formação Barreiras

Assentando-se, indistintamente, aos sedimentos do Grupo Paraíba e depósitos clásticos e ígneos da bacia Pernambuco-Paraíba ocorrem areias, siltes e argilas variegadas que formam a Formação Barreiras. Os sedimentos que compõem a Formação Barreiras são provenientes da ação do intemperismo sobre as rochas cristalinas do Planalto da Borborema, localizado mais para o interior do Estado da Paraíba. Através de análises sedimentológicas realizadas na Formação Barreiras por Gopinath, Costa e Júnior (1993) Gopinath et al (1993), constatou-se a presença de granitos, gnaisses e xistos, que são litologias predominantes no Planalto da Borborema.

*“Litologicamente essa sequência sedimentar é representada por argilas variegadas e arenitos avermelhados com níveis cauliniticos, ortoconglomerados grosseiros de elevada maturidade com matriz arenosa avermelhada, cimentados por material laterítico, siltico-ferruginoso, localmente às vezes muito consistente, incluindo seixos de quartzo, quartzito, bem selecionado e, estratificação indistinta. Na faixa litorânea, apresenta-se como um pacote de material areno-argiloso, de coloração vermelha e creme-amarelada, mal selecionada. Com níveis cauliniticos, com acamadamento não distinto, e intercalações de leitos de granulação mais grosseiras a conglomerática. No topo as camadas subjacentes são geralmente arenosas, tendo sofrido lavagem das argilas e dos óxidos de ferro (fenômeno atuais e sub-atuais de lixiviação e podzolização) (NEVES, 1993, p 19-20).”*

### 3.2.5. Sedimentos Quaternários

São dispostos de forma a preencher os vales e a formar as planícies costeiras e fluviais (SUDENE,1978 apud SEMARH, 2000). São sedimentos inconsolidados, de constituição areno-argilosa e de granulação predominantemente fina, com intercalações de fácies grosseiras e até conglomeráticas, de origem flúvio-marinha. A Figura 3.4 apresenta a estratigrafia completa da sub-bacia Alhandra.

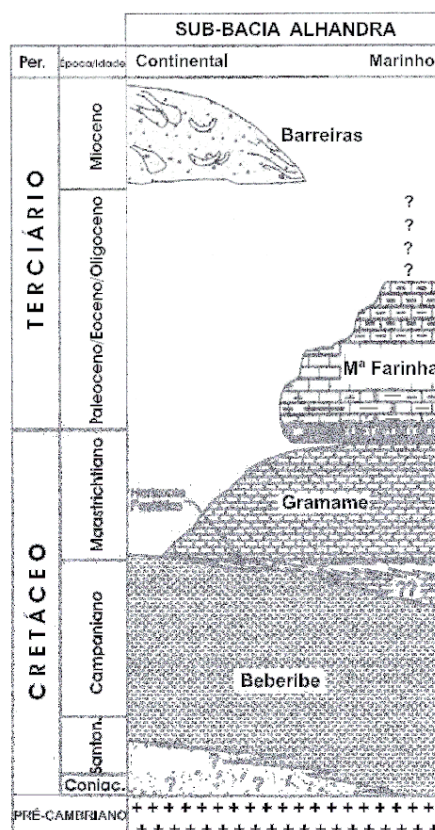


Figura 3.4 – Estratigrafia da Sub-Bacia Alhandra (modificado de BARBOSA et al, 2004)

### 3.3. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

São identificados na área de estudo dois principais grupos de feições geomorfológicas: as Planícies Fluviais e os Tabuleiros Litorâneos, regionalmente denominados de Baixos Planaltos Costeiros.

A bacia do rio Gramame situa-se no domínio dos Baixos Planaltos Costeiros, que são sustentados pela Formação Barreiras. Sua superfície é aplainada e suavemente inclinada na direção oeste-leste. Alcança cerca de 60 km de leste para oeste, com altitudes que vão aumentando, na mesma direção, variando de 30 – 40 m até 200 m.

As vertentes desse compartimento apresentam um modelado diferenciado: são alongadas, côncavas e, predominantemente convexas bastante dissecadas, podendo apresentar sulcos, ravinas e voçorocas, que aumentam de acordo com o sentido e ação do escoamento superficial das águas agravado pelo desmatamento.

Os vales apresentam-se amplos em alguns trechos, com fundo chato, e desenvolvimento de terraços.

Entre os rios Gramame e Mamuaba ocorrem áreas de intensa dissecação, com elevado grau de retalhamento advindo dos processos acentuados de erosão, cuja interferência é cada vez mais evidente no modelado (SEMARH, 2000). Nesta região os vales são mais próximos e as nascentes dos rios são mais encaixadas gerando formas do tipo “V”.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS DA HIDROGRAFIA

A bacia em estudo possui uma área de 254,4 km<sup>2</sup>, sendo composta por parte dos municípios de Alhandra, Santa Rita e Pedras de Fogo. É dividida em duas sub-bacias: alto/médio Gramame e Mamuaba.

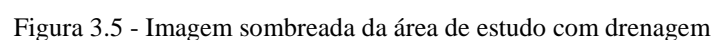
A bacia do alto e médio Gramame possui uma área de 125,7 km<sup>2</sup> e seus principais afluentes são:

- Na margem direita: rios Utinga e Pau-Brasil, e riachos Pitanga, Ibura e Piabuçu;
- Na margem esquerda: riachos Santa Cruz, da Quizada, do Bezerra, do Angelim, Botamonte, Esquentamento, Formigão e o rio Mamuaba.

A bacia do Mamuaba possui uma área de 128,6 Km<sup>2</sup> e seus principais afluentes são:



- Observou-se ainda nas cartas topográficas que as drenagens da margem direita dos dois rios, próximas aos divisores de água onde fica localizado o ponto mais elevado da área apresenta um padrão de drenagem diferente das demais. Neste trecho a drenagem ocorre como do tipo radial, ou seja, distribuindo-se em diversas direções a partir de um ponto central, proporcionando ao local uma feição dômica (Figura 3.6).





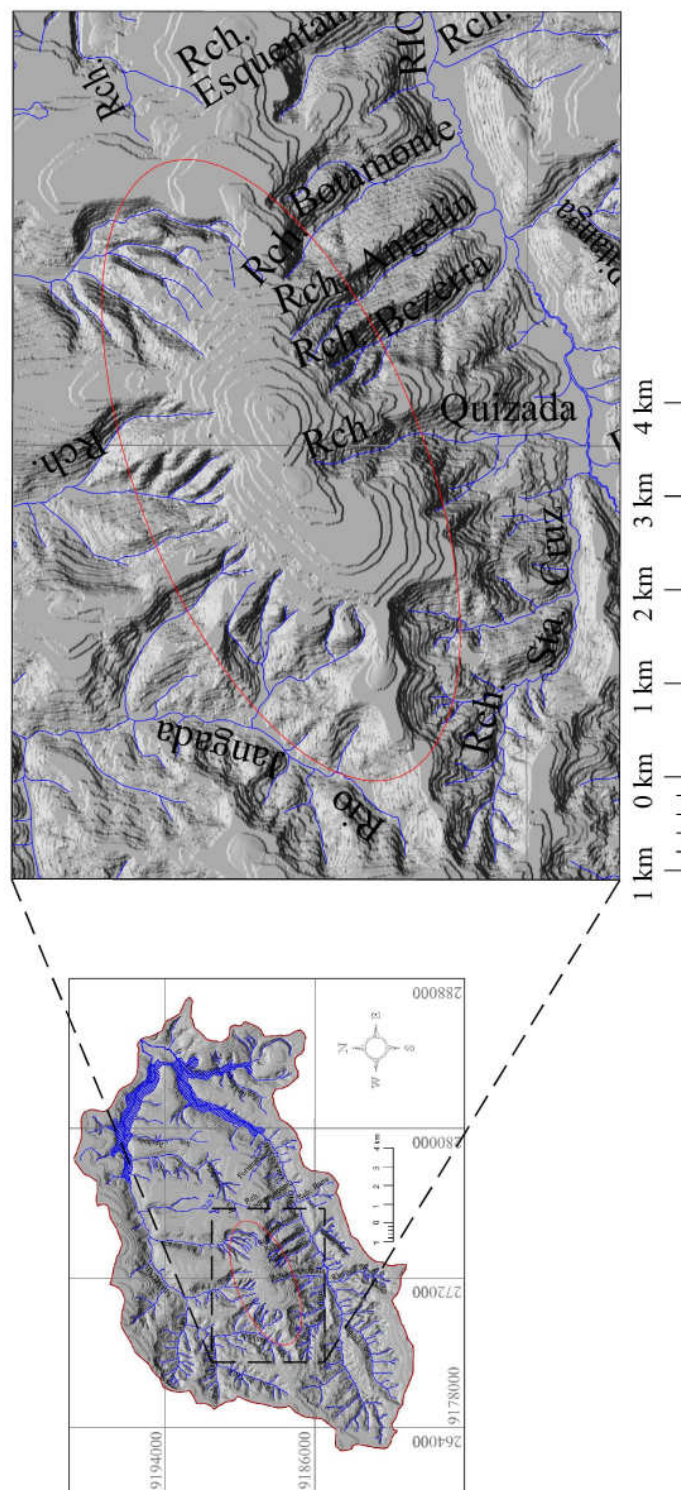


Figura 3. 6 – Detalhamento da feição dômica encontrada na área de estudo

### 3.5. CARACTERÍSTICAS PEDOLÓGICAS

A caracterização dos solos da área de estudo foi realizada com base na carta de solos elaborada pela SEMARH (2000) (Figura 3.7), e no texto explicativo que se encontra no Plano Diretor da Bacia do Rio Gramame.

Embora a publicação do Plano Diretor da Bacia do Gramame tenha ocorrido após a publicação do novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, a classificação dos solos foi realizada com a antiga nomenclatura. Para este trabalho, buscou-se atualizar as nomenclaturas para que se adequassem ao novo sistema (Quadro 3.2).

No Anexo encontra-se uma detalhada descrição dos solos da área de estudo, retirada do Plano Diretor da Bacia do rio Gramame, onde podem ser verificadas mais detalhadamente as características de cada um dos tipos de solo da área.

A ocorrência dos solos na área de estudo segue o padrão de ocorrência do Nordeste brasileiro citado por Lepsch (2002). Segundo o referido autor, os solos de maior ocorrência na região dos Tabuleiros do Nordeste do Brasil são os Latossolos, ocorrentes nos topos dos Tabuleiros; e os Argissolos, situados em áreas de relevo pouco mais acidentado, em geral nas encostas de colinas e morros. Ao longo de alguns cursos d'água são encontrados os Neossolos Flúvicos.

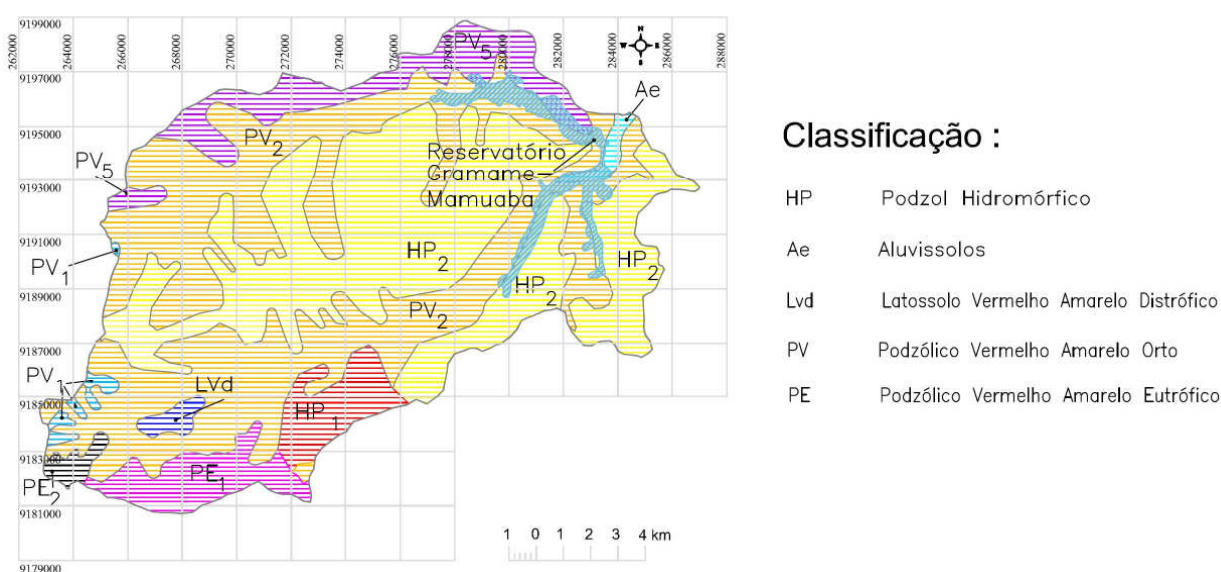


Figura 3. 7 - Carta de solos com classificação antiga (modificado de SEMARH, 2000)

Quadro 3.2 - Conversão das nomenclaturas utilizadas na carta de solos do plano diretor da Bacia do Gramame elaborada pela SEMARH (2000) para o novo “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos” da EMBRAPA (1999)

SEMARH (2000)	EMBRAPA (1999)
Podzólico Vermelho-Amarelo	Argissolo Vermelho-Amarelo
Podzol Hidromórfico	Espodossolo Hidromórfico
Aluvissolo	Neossolos Flúvicos

### 3.6. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

A área em estudo encontra-se inserida no clima do tipo As' (Figura 3.8), de acordo com a classificação de W. Köppen (EGLER, 1985), caracterizado como quente e úmido com concentração de chuvas de outono e inverno. Os meses mais chuvosos são junho e julho, dentro do período chuvoso que é de março a setembro. A média pluviométrica anual está entre 1.400 e 1.800 mm.

A média térmica anual na área de estudo é: mínima de 23,5° C e máxima de 26,5° C. Os principais sistemas circulatórios que influenciam esta região são as Massas Equatoriais Atlânticas (mEa) e a Massa Tropical Atlântica (mTa), fortemente influenciados pelos ventos alíseos de Sudeste, que trazem umidade do oceano.

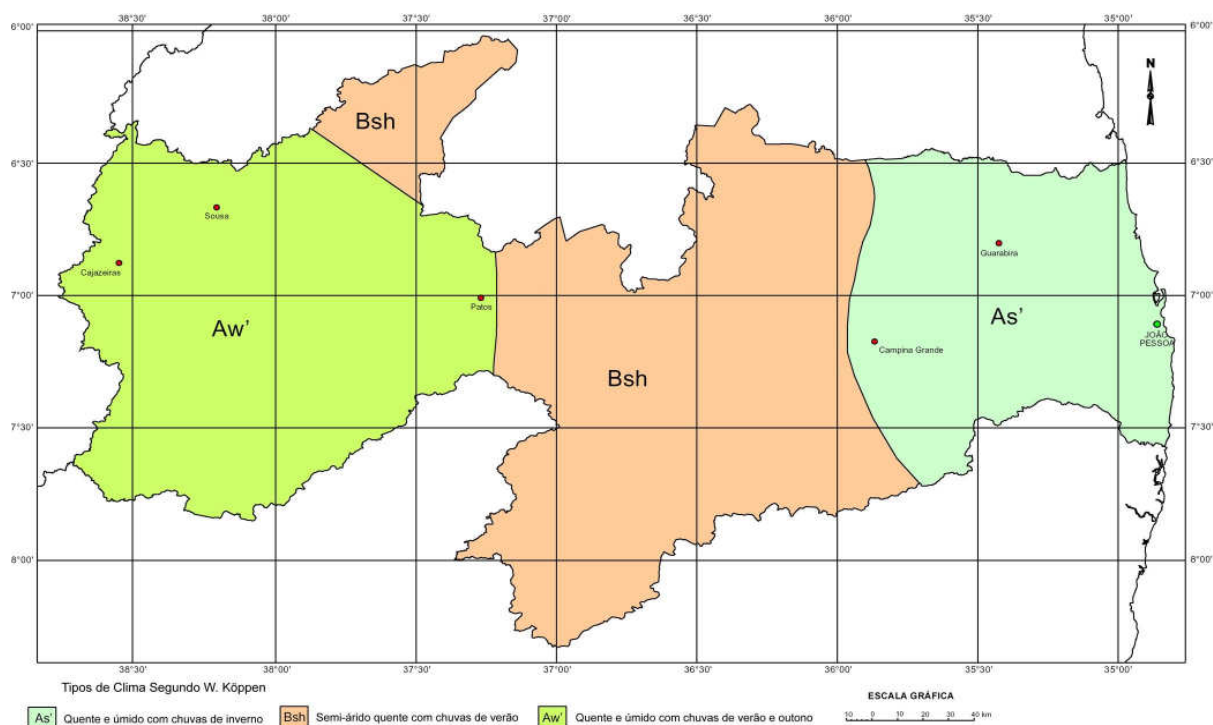


Figura 3. 8 – Tipos climáticos do Estado da Paraíba (modificado de EGLER, 1985)

### 3.7. CARACTERÍSTICAS DA COBERTURA VEGETAL E DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A vegetação tem a função de proteger o solo contra os efeitos dos impactos das gotas de chuva no solo. A energia das gotas é quebrada quando interceptada pelas folhas e galhos da vegetação e quando atinge o solo ocorre uma menor disponibilidade de energia potencial para o deslocamento superficial (*runoff*), favorecendo a infiltração das águas da

chuva no terreno. As raízes das plantas deixam o solo mais poroso, suas folhas ao caírem se transformam em um manto formado por matéria orgânica proveniente da decomposição, facilitando a retenção de água e a estruturação do solo.

Na caracterização da vegetação que compõe a área estudada, foi tomada como referência a classificação utilizada em Paraíba (2004), onde considera-se dois tipos principais de vegetação: a campestre e a florestal.

A vegetação campestre, que cobre boa parte dos solos mais arenosos dos Tabuleiros Litorâneos, é formada por um manto herbáceo de gramíneas e um estrato arbustivo de indivíduos esparsos, de porte baixo e tortuoso denominado de cerrado. Ocorrem em áreas de solos mais pobres e mal drenados, sendo uma formação semelhante aos campos cerrados do Brasil Central.

A tipologia florestal constituída pela mata perenifólia ou subperenifólia, compõe a vegetação florestal original que cobre a unidade de relevo dos tabuleiros, enquadrando-se na expressão “Mata Atlântica”, e na definição geral atribuída pelo Decreto Federal nº 750/93 (PARAÍBA, 2004).

Em áreas de reserva legal de algumas propriedades foram encontradas remanescentes de vegetação florestal com árvores de porte médio, em estágio avançado de recuperação. As áreas de Reserva Legal são exigidas através da Lei 7.803, de 18 de julho de 1989, onde a averbação ou registro da reserva legal deve ser realizada à margem da inscrição da matrícula do imóvel, sendo vedada “ a alteração de sua destinação, nos casos de transmissão a qualquer título, ou desmembramento da área (BRASIL, 1989).

Até a metade da década de 70 os solos dos Tabuleiros eram pouco explorados para a agricultura. Na verdade eram recobertos ainda por vegetação florestal e campestre e, em alguns trechos, eram cultivadas algumas frutas como mangueiras, coqueiros e abacaxi, mais adaptadas ao ambiente. Em menor escala ainda eram cultivadas mandioca, milho e cana-de-açúcar. O cultivo da cana-de-açúcar para fins comerciais se restringia aos fundos de vales que cortam os tabuleiros. A organização do espaço agrário na época obedecia às condições ambientais impostas pelo meio natural (LIMA; MOREIRA, 2002).

Com a criação do Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL) em 1975, envolvendo incentivos fiscais e financiamentos para o cultivo da cana-de-açúcar, os agricultores que antes viam os tabuleiros como uma barreira natural para a cana, devido as suas condições edáficas desfavoráveis (solos distróficos e arenosos), passaram a investir em técnicas de correção de solo, modernização dos equipamentos, ampliação do emprego

de fertilizantes, herbicidas e aquisição de novas terras, que não compensavam antes pelos baixos preços do açúcar (LIMA; MOREIRA, 2002).

Após a segunda metade dos anos 80, a forte expansão canavieira no Estado da Paraíba começou a declinar sistematicamente. A área colhida passou dos 178 mil hectares em 1986 para 92 mil hectares em 1993. A quantidade de cana produzida baixou de 10,7 milhões de toneladas em 1986 para 7,9 em 1993. Vale salientar que a forte queda na produção em 1993 não foi atribuída unicamente à crise que avançou sobre o setor, mas ao fato da ausência de chuvas decorrente de uma das mais rigorosas secas que afligiram o Nordeste (MOREIRA; TARGINO, 1997). Atualmente a agroindústria canavieira vem tentando recuperar-se com o incentivo do Governo Federal em aumentar a produção e o consumo dos biocombustíveis.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. CONCEITOS SOBRE PAISAGEM

Bertrand, propondo o estudo de Geografia Física Global, definiu a paisagem como “resultado sobre uma certa porção do espaço, da combinação dinâmica e, portanto, instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que, interagindo dialeticamente uns sobre os outros fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em contínua evolução” (BERTRAND, 1968 apud SUERTEGARAY, 2001).

Já a análise da morfologia da paisagem é tomada através de recortes estabelecidos segundo Dolfuss (1972), que estabelece que “a paisagem se define, isto é, descreve-se e explica-se a partir das formas de sua ‘morfologia’. As formas decorrem dos dados do meio ambiente natural ou são conseqüências da intervenção humana que imprime seu selo no espaço”.

Por outro lado, Santos (1988) define a paisagem como “um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais; é formada por frações de ambas, seja quanto ao tamanho, volume, cor, utilidade, ou por qualquer outro critério. A paisagem é sempre heterogênea”.

Quando Santos (1996) estabeleceu que o espaço é construído sobre a paisagem natural e antrópica, afirmou que: “a paisagem é o conjunto de formas que num dado momento exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”

Para Ross (2005) as unidades de paisagem naturais se diferenciam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos ou até mesmo pelo arranjo estrutural e do tipo de litologia ou por apenas um desses componentes.

A intervenção humana tem alterado o equilíbrio da paisagem natural criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos através da implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, açudes e retificações de canais fluviais.

A compartimentação do espaço em territórios político-administrativos muitas vezes não é coerente com a necessidade do entendimento das interações entre as variáveis naturais. Estas extrapolam os limites definidos pelo homem e alterações em alguma destas variáveis ocorridas em um dado local, podem comprometer a qualidade ambiental em territórios distintos daquele onde houve a intervenção.

Sendo assim, muitos autores vêm adotando, como unidade de estudo, não os territórios definidos pelo homem, e sim as unidades naturais, dentre elas, ganhando cada vez mais destaque, a bacia hidrográfica.

#### 4.2.A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO

A bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. É delimitada por divisores de água e formada por cabeceiras ou nascentes, cursos de água principais, afluentes, subafluentes etc (GUERRA, 1997).

Os componentes que integram as bacias hidrográficas como solo, água, vegetação e fauna estão em constante interação, respondendo às dinâmicas naturais de intemperismo e modelagem da paisagem e também às influências de natureza humana, tais como o uso e ocupação do solo. Qualquer desequilíbrio em qualquer um dos componentes pode interferir diretamente na dinâmica natural do sistema. Os recursos hídricos que integram os compartimentos naturais das bacias e sub-bacias hidrográficas são indicadores das condições da interação desses componentes (SOUZA & FERNANDES, 2000).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo da paisagem tem passado do nível acadêmico para o nível legal. No Brasil, o CONAMA, em sua Resolução N° 001/86 (artigo 5º, item III), determina que para iniciar qualquer estudo de impacto ambiental, deve-se primeiramente “definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza”.

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), também considera, em seus princípios básicos, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos Recursos Hídricos.

#### 4.3. PLANEJAMENTO AMBIENTAL

No início do século XIX as questões ambientais no Brasil eram tratadas distantes de metas políticas ou analisadas à margem de uma ótica voltada ao planejamento regional. O meio natural era discutido visando à preservação e a formação de santuários de forma que fosse garantida a manutenção de ecossistemas naturais. Posteriormente, em meados do século XX, as propostas de planejamento ambiental ganharam espaço, propiciando o início das discussões sobre planejamento dos recursos hídricos e a gestão de bacias hidrográficas.

A partir de 1930, foi criada a linha mestra da atual política ambiental brasileira com a constituição do Código das Águas, aprovado através do Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934); do Código Florestal Lei nº 4.771 de 15 de novembro de 1965 (BRASIL, 1965) e da Lei de Proteção à Fauna com a Lei nº 5.197 de 03 de janeiro de 1967 (BRASIL, 1967).

Em nível mundial, o Brasil iniciou o seu compromisso com o meio ambiente em 1972, quando ocorreu a primeira conferência temática liderada pelas Nações Unidas que foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Conferência de Estocolmo), onde foram discutidos temas como poluição da água e do ar, o perigo do crescimento populacional indiscriminado e os usos dos recursos naturais. Com esta Conferência criou-se o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), cujo objetivo é o de gerenciar as atividades de proteção ambiental, e o fundo voluntário para o meio ambiente.

As mudanças nas questões de planejamento ambiental no Brasil foram causadas pelas pressões crescentes de bancos internacionais, que passaram a exigir estudos de impacto ambiental para financiamento de projetos. Sociedades ambientalistas estrangeiras, como a IUCN/ WWF (*World Wildlife Foundation*) e Organizações Não Governamentais – ONG, também passaram a exigir participação nas tomadas de decisão sobre o meio ambiente no Brasil.

No entanto, a proposta de planejamento ambiental no Brasil tornou-se mais explícita com a aprovação da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), através da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981). Nesta Lei foram criados o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA, e o CONAMA, bem como foram formuladas as diretrizes de avaliação de impactos, planejamento e gerenciamentos, de zoneamentos ambientais, usando como unidades de planejamento as bacias hidrográficas (SANTOS, 2004).



#### 4.4. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO INTEGRADA DA PAISAGEM PARA ESTUDOS DE ORDENAMENTO TERRITORIAL

##### 4.4.1. Principais Características Metodológicas

A Teoria Geral dos Sistemas foi lançada nas ciências naturais pelo biólogo Bertalanfy, e propõe que os sistemas podem ser definidos como conjuntos de elementos com variáveis e características diversas, que mantêm relações entre si e entre o meio ambiente (BERTALANFY, 1950 apud MELO, 1995).

Na geografia, a teoria geral dos sistemas tem maior atuação na área da geografia física, onde foi introduzida nos anos de 1960 na Geomorfologia (CHORLEY, 1962). Dessa teoria surgiram diversas propostas de modelos conceituais de classificação dos sistemas. Os melhores exemplos são a abordagem ecodinâmica de Tricart (1977) e os esquemas de classificação propostos por Sotchava (1977). Este último entende que, embora os sistemas territoriais naturais (geossistemas) sejam considerados “fenômenos naturais”, devem ser estudados à luz dos fatores econômicos e sociais. Para Melo (1995), o geossistema se enquadra numa categoria de sistemas territoriais regido por leis naturais, modificados ou não por ações antrópicas.

No Brasil, os periódicos publicados pelo extinto Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, foram os primeiros a difundirem a idéia, através da publicação de Bertrand (1972) e, posteriormente, da tradução dos artigos de Sotchava (1977, 1978).

Bertrand (1972), definiu geossistema como um tipo de sistema aberto, hierarquicamente organizado, que é caracterizado pelos elementos biogeográficos e antrópicos, propostos através do potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia); exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e ação antrópica. O autor explicita melhor a idéia da subdivisão apresentada por Sotchava, propondo escalas espaciais diferentes em ordem decrescente sendo elas a zona, o domínio, a região, o geossistema, o geofácies e o geótopo.

Tricart (1977), propõe uma classificação ecodinâmica, ou meios morfodinâmicos, para identificar mais facilmente quais são as modificações desencadeadas por intervenções que venham a afetar o geossistema. O autor apresenta três grandes tipos de meios morfodinâmicos:

- Meios Estáveis – os processo pedogenéticos (de formação de solo) prevalecem sobre os morfogenéticos (formadores de relevo);
- Meios *Intergrades* (intermediários) – estes meios asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. É caracterizado pela interferência permanente de morfogênese e pedogênese exercendo-se de forma concorrente sobre um mesmo espaço;
- Meios Instáveis – são ambientes onde os processos morfogenéticos são predominantes, não permitindo que haja a pedogênese, prevalecendo os processo erosivos formadores do relevo.

O Quadro 4.1 apresenta as principais características de cada um dos meios propostos por Tricart (1977).

Quadro 4.1 – Categorias Morfodinâmicas

<b>Categorias morfodinâmicas</b>	<b>Características</b>
Meios estáveis	Cobertura vegetal densa; Dissecação moderada; Ausência de manifestações vulcânicas.
Meios <i>intergrades</i>	Balanco ente as interferências morfogenéticas e pedogenéticas.
Meios fortemente instáveis	Condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; Relevo com vigorosa dissecação; Presença de solos rasos; Inexistência de cobertura vegetal densa; Planícies e fundos de vales sujeitos a inundação; Geodinâmica interna intensa.

Fonte: Tricart (1977)

#### 4.4.2. Metodologia para elaboração do mapa de vulnerabilidade

Com o objetivo de subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, em convênio com a Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, desenvolveu uma metodologia de elaboração de mapas de vulnerabilidade, cuja finalidade é identificar o grau de resistência ao processo natural de erosão de uma determinada região. Tal metodologia foi aceita pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal como instrumento de planejamento e ordenamento do território brasileiro (CREPANI et al., 2001).

A metodologia concebida pelo INPE foi desenvolvida a partir do conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) e da potencialidade para estudos integrados advinda da utilização de imagens de satélite.

Para a aplicação desta metodologia se faz necessário a construção de um mapa de Unidades Homogêneas de Paisagem, ou Unidades Territoriais Básicas (UTB), que segundo Crepani et al (2001):

*“ é obtido com base na reinterpretação das informações temáticas obtidas (mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos de cobertura vegetal e uso do solo) sobre as imagens de satélite utilizadas como “ âncora”, e a geração de curvas de intensidade pluviométrica, definindo Planos de Informação- PI, temáticos georreferenciados (PI Geologia, PI Geomorfologia, PI Pedologia, PI Vegetação e Uso e PI Intensidade Pluviométrica). A interseção vetorial destes PI define o mapa de Unidades Territoriais Básicas.”*

Após a definição do mapa de UTB, composto de unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica, é realizada uma classificação do grau de vulnerabilidade das Unidades Territoriais encontradas, com base nos processos de morfogênese e pedogênese.

A vulnerabilidade é expressa através da integração dos dados temáticos realizados com base no modelo de 21 classes de vulnerabilidade, proposta por Crepani et al. (2001), distribuídas de acordo com a situação onde ocorrer o predomínio de pedogênese (com valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (valores próximos de 2,0) e situações de predomínio dos processos erosivos modificadores das formas de relevo, morfogênese (com valores próximos de 3,0).

Para cada tema (geologia, geomorfologia, pedologia, clima e vegetação) são atribuídos valores de vulnerabilidade, conforme suas características. O Quadro 4.2 apresenta as características mais relevantes de cada tema, a serem levadas em consideração quando da ponderação das vulnerabilidades individuais de cada tema.

Os temas (geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima), que compõem cada unidade territorial básica, recebem um valor final que é resultante da média aritmética dos valores individuais segundo a Equação 01, que busca representar a posição desta unidade dentro da escala de vulnerabilidade ambiental.

Quadro 4.2 - Características de cada tema a ser avaliado para determinação do grau de vulnerabilidade

<b>Temas</b>	<b>Características</b>
Geologia (G)	História da evolução geológica; Tipos de rocha e grau de coesão (rochas pouco coesas facilitam processos modificadores das formas do relevo e rochas bastante coesas facilitam os processos de formação de solos)
Geomorfologia (R)	Amplitude altimétrica; Grau de dissecação; Declividade
Pedologia (P)	Maturidade dos solos
Vegetação (Vg)	Densidade de cobertura vegetal
Clima (C)	Intensidade pluviométrica (total anual/ duração do período chuvoso)

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

$$V = (G + R + P + Vg + C) / 5 \quad (01)$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

P = vulnerabilidade para o tema Pedologia

Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação

C = vulnerabilidade para o tema Clima

Dentro desta escala de vulnerabilidade as unidades que apresentam maior estabilidade são representadas por valores mais próximos de 1,0, as unidades de estabilidade intermediária são representadas por valores ao redor de 2,0 enquanto que as unidades territoriais básicas mais vulneráveis apresentam valores mais próximos de 3,0.

Na Figura 4.1 observa-se, de forma gráfica, como se procede a atribuição de valores individuais de vulnerabilidade para cada tema estudado e a vulnerabilidade final da UTB, enquanto que na Figura 4.2 resumem-se as 21 classes de vulnerabilidade-estabilidade usadas pelo modelo para integrar os dados temáticos.

A representação destas classes em um mapa temático é feita por meio da combinação aditiva de três cores (azul, vermelho e verde) tendo sido concebida de forma que os valores próximos a estabilidade estejam associados a cor azul, os intermediários estão na cor verde e os de maior vulnerabilidade na cor vermelha .

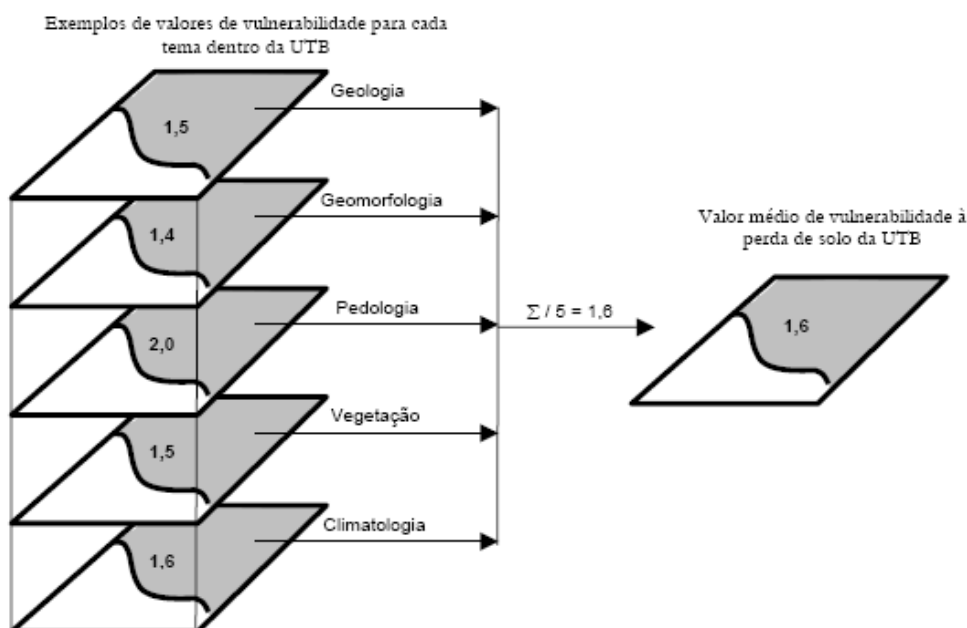


Figura 4. 1 - Modelo esquemático do cálculo da vulnerabilidade para cada Unidade Territorial Básica. (SOUSA, 1999,P. 37)

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA	GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			
			VERM.	VERDE	AZUL	CORES
U1	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2	2,9		255	51	0	
U3	2,8		255	102	0	
U4	2,7		255	153	0	
U5	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	2,5		255	255	0	
U7	2,4		204	255	0	
U8	2,3		153	255	0	
U9	2,2	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	2,1		51	255	0	
U11	2,0		0	255	0	
U12	1,9		0	255	51	
U13	1,8	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	102	
U14	1,7		0	255	153	
U15	1,6		0	255	204	
U16	1,5		0	255	255	
U17	1,4	ESTÁVEL	0	204	255	
U18	1,3		0	153	255	
U19	1,2		0	102	255	
U20	1,1		0	51	255	
U21	1,0		0	0	255	

Figura 4.2 - Escala de Vulnerabilidade para as Unidades Territoriais Básicas (CREPANI et al., 2001)

Estudos que aplicaram a metodologia para a geração de cartas de vulnerabilidade aplicadas por Crepani et al (2001) foram elaborados por pesquisadores de diferentes áreas, dentre eles destacam-se os trabalhos de Barbosa (1997), Spörl (2001), Palmeira (2004) e Gomes (2005). Em alguns destes casos a metodologia original sofreu algumas modificações e em outros foram usadas na íntegra.

#### 4.5.ELABORAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE

A elaboração de mapas de vulnerabilidade passa pela integração de dados cartográficos e tabulares oriundos de diversas fontes e gerados por metodologias e tecnologias também diversas. A manipulação manual destes dados visando sua compatibilização em relação a escalas e precisões é um trabalho bastante complexo e fatigante, muitas vezes até inviável. No entanto, os avanços observados, em especial nas últimas décadas, nas tecnologias da informação têm propiciado o surgimento de técnicas que vêm facilitando o tratamento de dados cartográficos. O geoprocessamento é um dos melhores exemplos deste avanço.

Segundo Rodrigues (1993 apud ROCHA, 2000), o geoprocessamento é entendido como sendo um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltados para um objetivo específico. Dentre as técnicas mais utilizadas no Geoprocessamento para estudos voltados à análise da paisagem, cita-se o Sensoriamento Remoto e dentre os sistemas computacionais, destacam-se os Sistemas de Informação Geográfica – SIG.

Através dos dados obtidos pelo sensoriamento remoto, em especial por fotografias aéreas e imagens de satélite, pode-se dispor de uma visão sinóptica da área de estudo, possibilitando inferir relações entre as diversas variáveis ambientais (naturais e antrópicas) que compõem a paisagem registrada.

Ultimamente tem-se utilizado cada vez mais as imagens de satélite para estudos ambientais em parte devido aos custos de aquisição que estão ficando menores e em parte por suas características intrínsecas, dentre as quais destacam-se: registro de faixas do espectro eletromagnético não captadas por fotografias (infravermelho médio e termal, por exemplo); resolução temporal, ou seja, repassagem pelo mesmo ponto da Terra em períodos pré-determinados, possibilitando estudos de caráter temporal; dentre outras. Os dados de sensores remotos são processados em sistemas com ferramental específico, voltado à atenuação de distorções e defeitos das imagens e destinados à classificação das imagens de acordo com temas específicos aos trabalhos a que as imagens se destinam.

No âmbito dos sistemas computacionais, têm destaque os SIG que vêm evoluindo não de forma isolada, mas a partir das necessidades nas produções de mapas e da compilação de registros geográficos, mesmo antes de existirem os computadores (MIRANDA, 2005). Ainda segundo Miranda (2005), é necessário que se entenda a diferenciação entre SIG e Cartografia Assistida por Computador – CAC, que são sistemas

projetados para captar, criar e visualizar mapas, não sendo capaz de fazer análises mais aprofundadas nos mapas gerados.

A tarefa de analisar mapas é mais atribuída aos SIG, que segundo Aronoff (1989), é entendido como um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados. Como instrumento para integração das informações devem ser adotadas ferramentas que facilitem a integração, tratamento e análise dos dados a serem obtidos ao longo da pesquisa.

Sendo assim, a adoção dos SIG apresenta-se bastante interessante para que se alcancem os objetivos propostos, uma vez que os mesmos têm se mostrado cada vez mais úteis no trato de questões relacionadas à gestão ambiental e do território. Tais sistemas tornam possível a integração, em uma base de dados única, de informações espaciais diversas, provenientes de bases cartográficas, censos, cadastros técnicos e imagens de sensoriamento remoto, podendo, ainda, apresentar ferramentas para cruzamento de informações, consultas, visualização e impressão dos dados georreferenciados (CÂMARA e MEDEIROS, 1998).

No caso dos estudos de vulnerabilidade, que envolvem o cruzamento de diversas variáveis, os SIG contribuem com a integração destes dados através de operações denominadas de Álgebra de Mapas, e que buscam combinar atributos diferentes, presentes em dois ou mais mapas temáticos de forma a gerar um novo mapa com a síntese das variáveis estudadas. Um bom exemplo da aplicação deste tipo de operação é a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental apresentado no Item 4.4.2.

## 5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão descritos os procedimentos utilizados para a confecção do mapa de vulnerabilidade da área estudada, que foram os seguintes:

- Levantamento bibliográfico;
- Processamento dos dados;
- Construção dos mapas temáticos de vulnerabilidade;

### 5.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Os procedimentos utilizados na realização do estudo tiveram na sua etapa inicial a realização de resgate documental referente à área a ser estudada, inventariando os trabalhos já elaborados e identificando o acervo cartográfico já existente. Nesta etapa, os principais documentos obtidos foram:

- Cartas topográficas (Figura 5.1) elaboradas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, na escala 1:25.000 geradas a partir de fotografias aéreas em escala 1:30.000 de 1970/71, com apoio básico e suplementar de 1972 e impressão em 1974, que abrange o trecho a montante do reservatório Gramame - Mamuaba, cujos índices de nomenclaturas são os seguintes: SB 25-Y-C-III-1-SO (Santa Rita); SB 25-Y-C-II-2-SE (Cruz do Espírito Santo); SB 25-Y-C-III-3-NO (Conde); SB 25-Y-C-II-4-NE (Rio Mumbaba); SB 25-Y-C-II-4-NO (São Miguel de Taipu); SB 25-Y-C-II-4-SE (Pedras de Fogo); SB 25-Y-C-II-4-SO (Ferreiros) (BRASIL, 1974).
- Mapa da Malha Municipal Digital do Brasil, elaborado pelo Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000), em escala 1:50.000;
- Mapas de solos, produzido pela SEMARH (2000) no formato digital, integrante do Plano Diretor da Bacia do Rio Gramame;
- Mapa geológico produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais- CPRM no formato digital, e que integra o projeto de cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea correspondente ao diagnóstico dos municípios de Alhandra, Pedras de Fogo e Santa Rita.



- Imagens orbitais do satélite Landsat 5-TM (abril de 2005) e Landsat 7 ETM+ (agosto de 2001), correspondentes à órbita/ ponto 214/65.

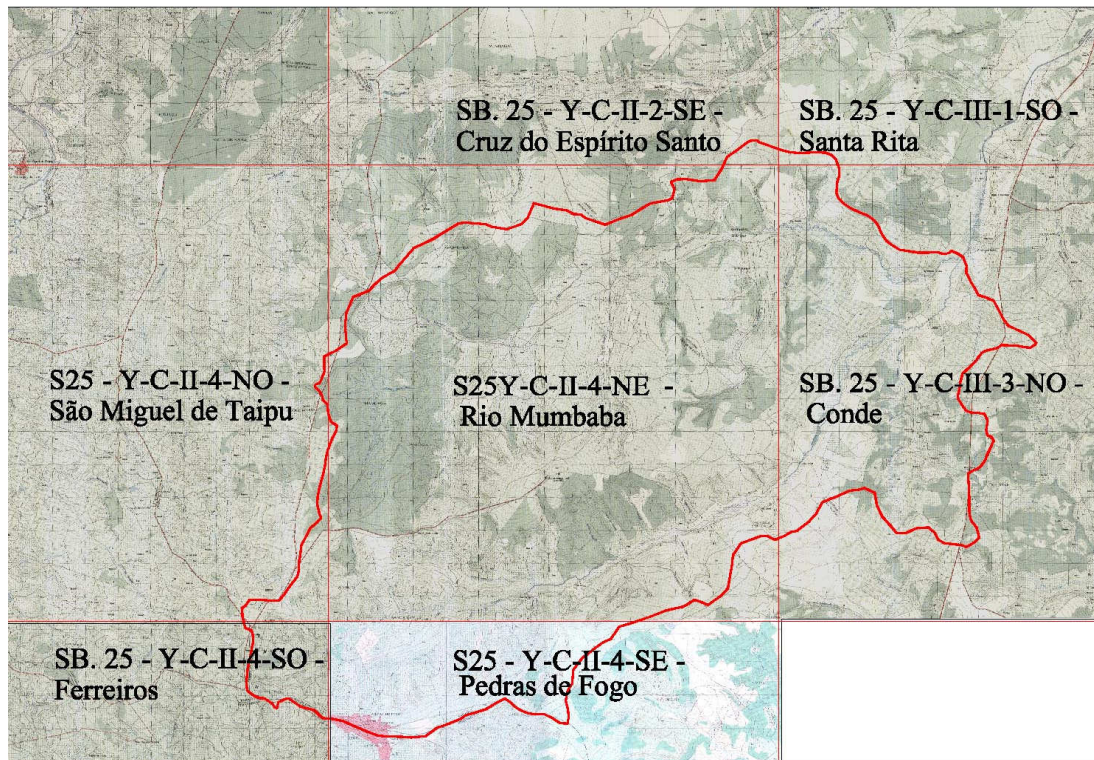


Figura 5.1 - Mosaico das cartas topográficas que abrangem o trecho a montante do Reservatório Gramame - Mamuaba

## 5.2.PROCESSAMENTO DOS DADOS

Uma vez que as cartas topográficas utilizadas neste estudo foram obtidas em meio analógico, tornou-se necessária sua conversão para o meio digital, tendo sido este processo executado por meio da digitalização em um scanner de grande formato, tendo sido gerado um arquivo digital para cada carta a ser utilizada.

Após a digitalização, foram extraídas das cartas as informações de interesse ao estudo através da vetorização destes elementos em um sistema de desenho auxiliado por computador. Os dados extraídos das cartas topográficas foram utilizados com a finalidade inicial da elaboração do mapa-base da bacia, a ser utilizado nos levantamentos de campo e posteriormente na confecção dos mapas temáticos.

As cartas foram individualmente vetorizadas utilizando-se da metodologia de vetorização em tela. Foram extraídas, em um primeiro momento, apenas a hidrografia, as

curvas de nível, cuja equidistância original é de 10 metros, e os pontos cotados. A Figura 5.2 apresenta uma das cartas vetorizadas que recobrem parte da área de estudo.

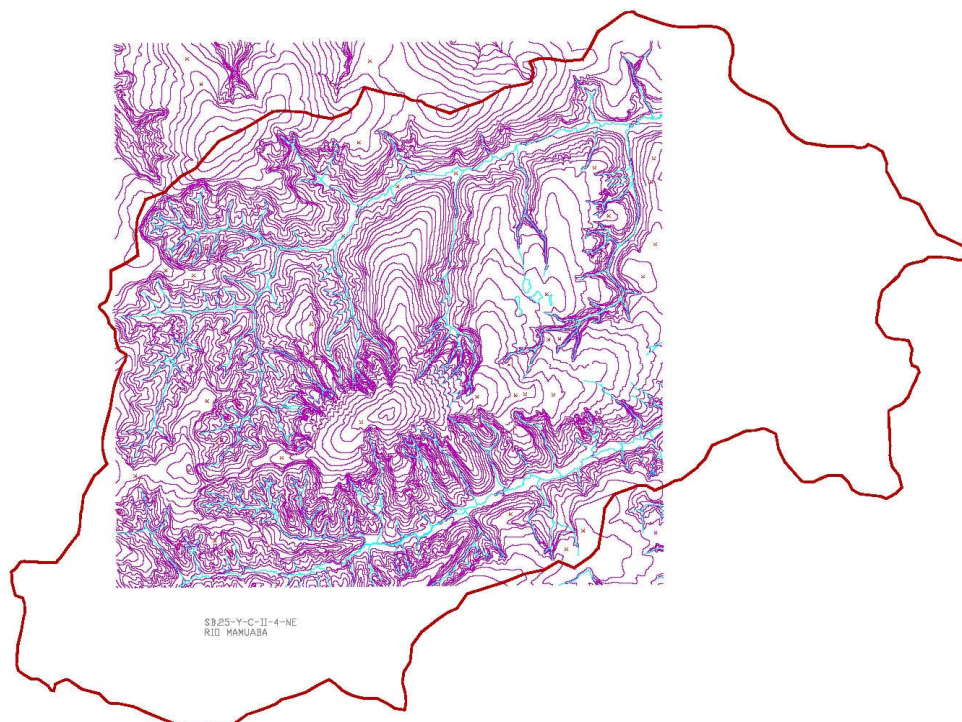


Figura 5.2 – Vetores extraídos da Carta S25Y-C-II-A-NE (Rio Mamuaba)

As cartas topográficas foram georreferenciadas individualmente, tomando-se como base a grade em projeção UTM e o *datum* horizontal Córrego Alegre. Após este processo foram inseridas as altitudes nas curvas de nível e nos pontos cotados.

Posteriormente foi confeccionado o mosaico das cartas e o recorte da área de estudo, para que formasse um mapa-base em escala 1:50.000, conforme apresentado na Figura 5.3).

Finalizada a etapa de vetorização e junção das cartas, foram realizadas visitas de campo para verificação e validação dos dados gerados no mapa-base da área estudada. As visitas de campo também tiveram a finalidade de conferir os dados extraídos das cartas topográficas e a obtenção de dados para auxiliar no processo de interpretação das imagens de satélite.

Na programação dos trabalhos de campo foram traçadas rotas com base nas imagens de satélite e no mapa-base da bacia. A poligonal da área de estudo e as vias principais de acesso foram inseridas em um receptor GPS (marca/ modelo Garmim map76s) para melhor visualização no campo do percurso que estava sendo seguido.



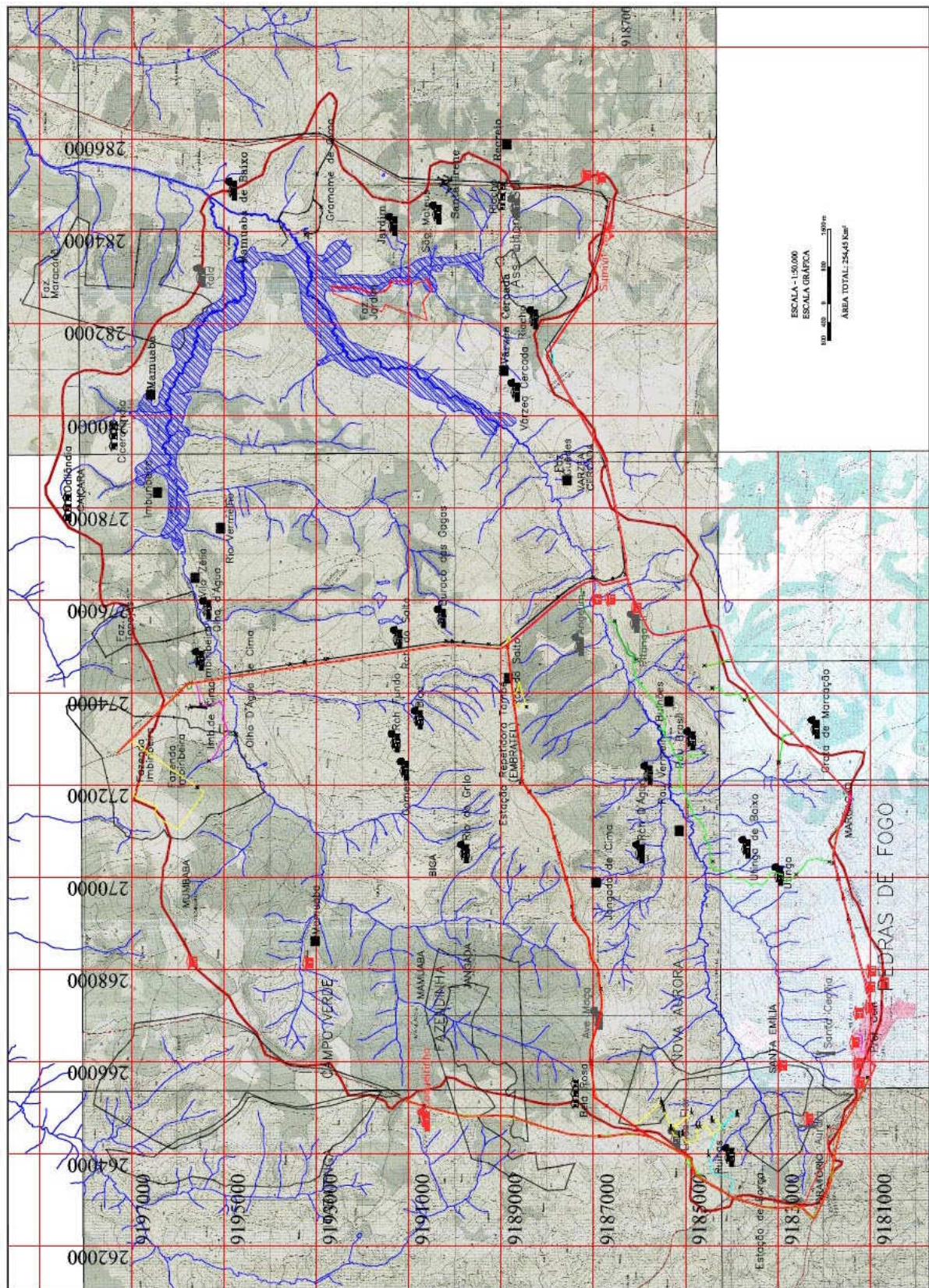


Figura 5.3 – Mapa base da área de estudo, utilizado nos trabalhos de campo

A área foi percorrida seguindo as vias de acesso principal (rodovias), secundárias e trilhas, de forma a cobrir o maior trecho possível da área em estudo. Em todo o processo foram marcados pontos no GPS e fotografadas as áreas de maior interesses no estudo.

No retorno do campo, os dados foram transferidos para o computador e importados para um SIG. No caso deste trabalho, o SIG adotado foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – SPRING (CÂMARA et al, 1996), versão 4.3.2, *software* gratuito e nacional, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e que dispõe de ferramentas para o tratamento de dados vetoriais e matriciais, principais tipos de dados utilizados para representação de fenômenos espaciais. Inicialmente foram importados os vetores da altimetria (curvas de nível e pontos cotados) e da drenagem da área, bem como a poligonal da área de estudo, (Figura 5.4) e em seguida os dados relativos às demais variáveis necessárias à elaboração do mapa de vulnerabilidade.

Para confecção dos mapas temáticos foram criadas, no SPRING, categorias temáticas para as quais foram importados os dados coletados durante a fase do resgate documental. Cada categoria é composta por um ou mais Planos de Informação – PI, os quais, no caso das categorias temáticas, podem apresentar classes que representam as características particulares de cada tema. Como exemplo, pode-se citar o caso do mapa de solos (categoria) que pode apresentar como classes os tipos de solos presentes na área de estudo.

Além das categorias temáticas, foram criadas, ainda, categorias do tipo imagem para importação da imagem de satélite e do tipo numérica, visando o armazenamento das grades numéricas a serem geradas quando da ponderação de cada um dos temas analisados. Cada um dos parâmetros componentes do mapa de vulnerabilidade originou um mapa temático próprio e uma grade numérica com os valores de vulnerabilidade de cada classe. O mapa síntese da vulnerabilidade foi gerado, então, pela ponderação das grades numéricas de cada um dos parâmetros.

Ao longo dos itens que se seguem são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa para a construção de cada um dos mapas temáticos utilizados, ao tempo em que são apresentados os dados utilizados para a construção de cada um deles e os procedimentos adotados no SPRING para o tratamento dos dados de cada parâmetro.



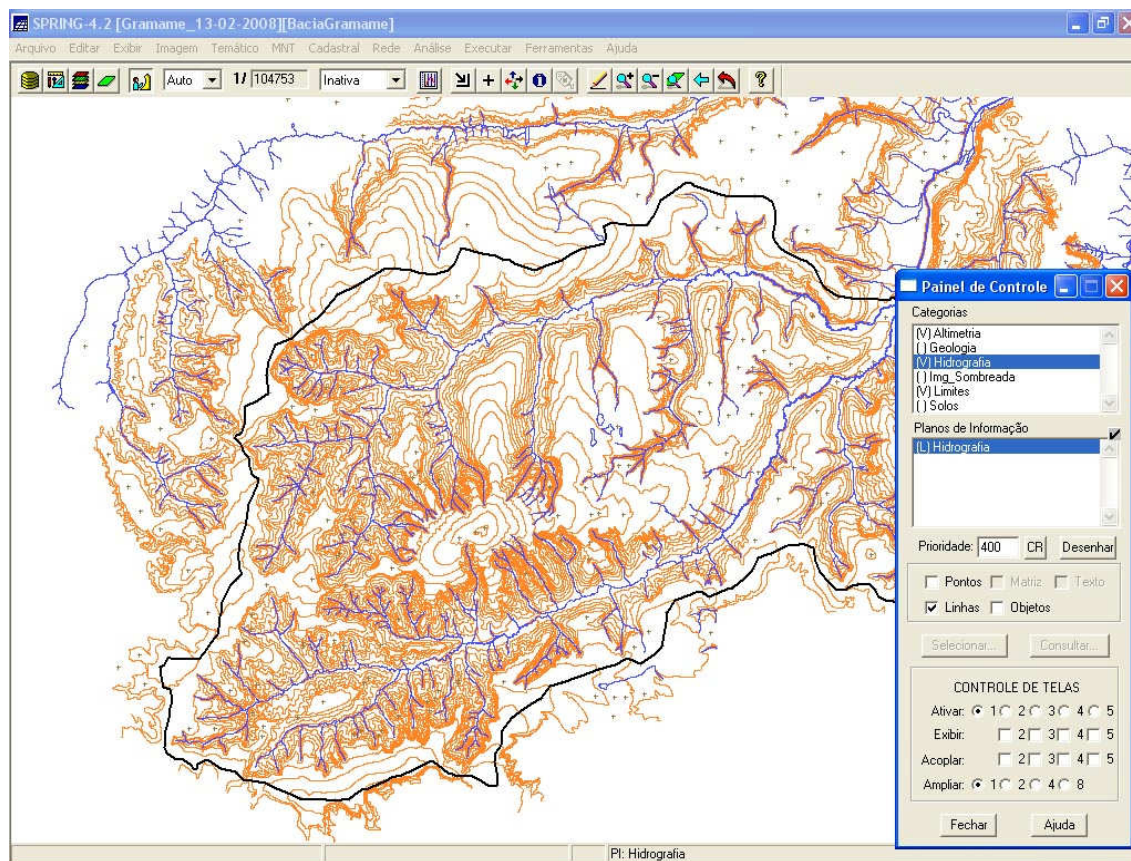


Figura 5.4 -Dados de altimetria, drenagem e limite da área de estudo inseridos no SPRING

### 5.3.CONSTRUÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DE VULNERABILIDADE

No desenvolvimento dos mapas temáticos procurou-se destacar, em cada um deles, os parâmetros que se apresentam como indicadores de categoria morfodinâmica (como a espessura e maturidade do solo), ou parâmetros que segundo Crepani et al (2001), são capazes de contribuir para o desenvolvimento dos processos morfodinâmicos (como o grau de coesão das rochas, a densidade de cobertura vegetal, os índices morfométricos do terreno e a intensidade pluviométrica).

#### 5.3.1. Tema Geologia (G)

Na geração do Plano de Informação – PI, de geologia utilizou-se, como base, o mapa geológico do estado da Paraíba, produzido pela CPRM (2005). O mapa, em formato *raster*, foi importado para um sistema de desenho no computador, para que se realizasse a vetorização e o georreferenciamento do mesmo. Após estes procedimentos o mapa com as unidades geológicas foi importado para o *software* SPRING de modo a compor o mapa temático de geologia da área de estudo.

### 5.3.2. Tema Geomorfologia (R)

Com a criação do PI geomorfologia foi possível realizar a análise e o cálculo de informações referentes à morfografia (mapa topomorfológico) e à declividade da área de estudo.

A declividade do terreno refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte. Segundo Spörl (2001), a classificação e o mapeamento da declividade do terreno são indispensáveis nos levantamentos de uso da terra e do relevo, e constituem elementos importantes no levantamento de potencialidade de utilização. Desta forma, a declividade deve ser considerada como uma variável reveladora de aptidões e limitações do uso da terra.

Segundo Santos (2004), no Brasil, grande parte dos planejamentos ambientais define o mapa de declividade a partir das bases cartográficas oferecidas pelos órgãos oficiais. Algumas dessas bases estão disponíveis somente em escalas generalizadas (1:100.000, às vezes até 1:250.000) e, conseqüentemente, com maior equidistância entre as curvas de nível (50 a 100 metros) podendo ocasionar, nestes casos, maior probabilidade de erro, principalmente em áreas de relevo suave a moderado.

A base cartográfica que definiu as classes de declividade utilizada neste estudo possui escala original de 1:25.000 e uma equidistância entre as curvas de nível de 10 metros, possibilitando um bom detalhamento do relevo da região em estudo.

O mapa de declividade foi elaborado a partir da transformação de dados vetoriais de altimetria (curvas de nível e pontos cotados), em dados matriciais. Para tal foi utilizada uma categoria do tipo Modelo Numérico do Terreno – MNT, no SPRING. Com base nas informações de altitudes contidas no MNT, utilizou-se a ferramenta “Declividades”, do SPRING, para que fosse gerada a grade de declividades para a área de estudo. As classes de declividade adotadas correspondem às mesmas propostas por Crepani et al (2001), e encontram-se indicadas no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Valores para as classes de declividade

Classes morfométricas	Declividade (%)
Muito baixa	<2
Baixa	2-6
Média	6-20
Alta	20-50
Muito alta	>50

Fonte: Crepani et al. (2001)

Para a elaboração do mapa topomorfológico utilizou-se uma imagem sombreada (Figura 3.5 – página 23) da área e o mapa de declividades. Com base nestes dois mapas foram mapeadas as seguintes formas de relevo: topos dos tabuleiros, vertentes e planícies fluviais.

No traçado das áreas de topo de tabuleiro procurou-se seguir as linhas que expressavam maior continuidade de áreas planas, sempre percorrendo os limites das vertentes. Quando as vertentes eram bastante íngremes os limites tornavam-se mais evidentes facilitando o traçado, caso contrário, seguia-se a delimitação dos topos através da sobreposição do Mapa de Declividade e da imagem sombreada.

As planícies fluviais, por sua vez, foram delimitadas percorrendo os limites das bases das vertentes, procurando obedecer aos pontos de mesma cota altimétrica.

#### **5.3.3. Tema Pedologia (P)**

Com base na carta de solo e no respectivo texto explicativo, ambos extraídos do Plano Diretor da Bacia do rio Gramame (SEMARH, 2000), associados ao mapa topomorfológico da área, foi gerado o mapa de solos com classes compatíveis com os tipos de solos identificados na área.

#### **5.3.4. Tema Vegetação e Uso do Solo (V)**

Para a construção do mapa de vegetação e uso do solo da área de estudo, utilizou-se das seguintes informações:

- Imagem do satélite LANDSAT 7 ETM+ (agosto de 2001), correspondente à cena 214/65;
- Mapa base confeccionado através de um mosaico composto de cartas topográficas, conforme exposto no item 5.2;
- Levantamentos de campo, com a utilização de GPS de navegação.

Nas visitas ao campo para identificação da vegetação foram traçadas trilhas e marcados pontos com o GPS que, posteriormente, foram exportadas em formato DXF (*Drawing Exchange Format*) e inseridas sobre o mapa base e sobre a imagem de satélite. Comparando a escala de trabalho utilizada com o erro de precisão do GPS de navegação, observou-se que este não influenciou negativamente na identificação das áreas de interesse.

As Figuras 5.3 (Página 42) e Figura 5.5 (Página 48) mostram respectivamente o mapa base e a imagem de satélite utilizados nos trabalhos de campo.

A interpretação da imagem de satélite foi realizada com a ajuda de técnicas de realce de contraste e interpretação visual em tela no *software* SPRING. Primeiramente criou-se uma composição colorida 4R5G3B (Figura 5.5) e, em seguida, realizou-se um procedimento e alteração do seu histograma pelo processo de equalização (Figura 5.6) (Página 49), de modo a facilitar a análise da imagem de satélite. Para extrair informações relativas ao uso do solo e vegetação, foi utilizada uma técnica conhecida como “interpretação em tela”, que consiste em desenhar sobre a imagem digital os polígonos de interesse, que neste caso são: solo exposto; agricultura; água e mata. Cada polígono é atribuído à uma classe que em seguida é pontuada de acordo com a vulnerabilidade que a mesma oferece ao ambiente.



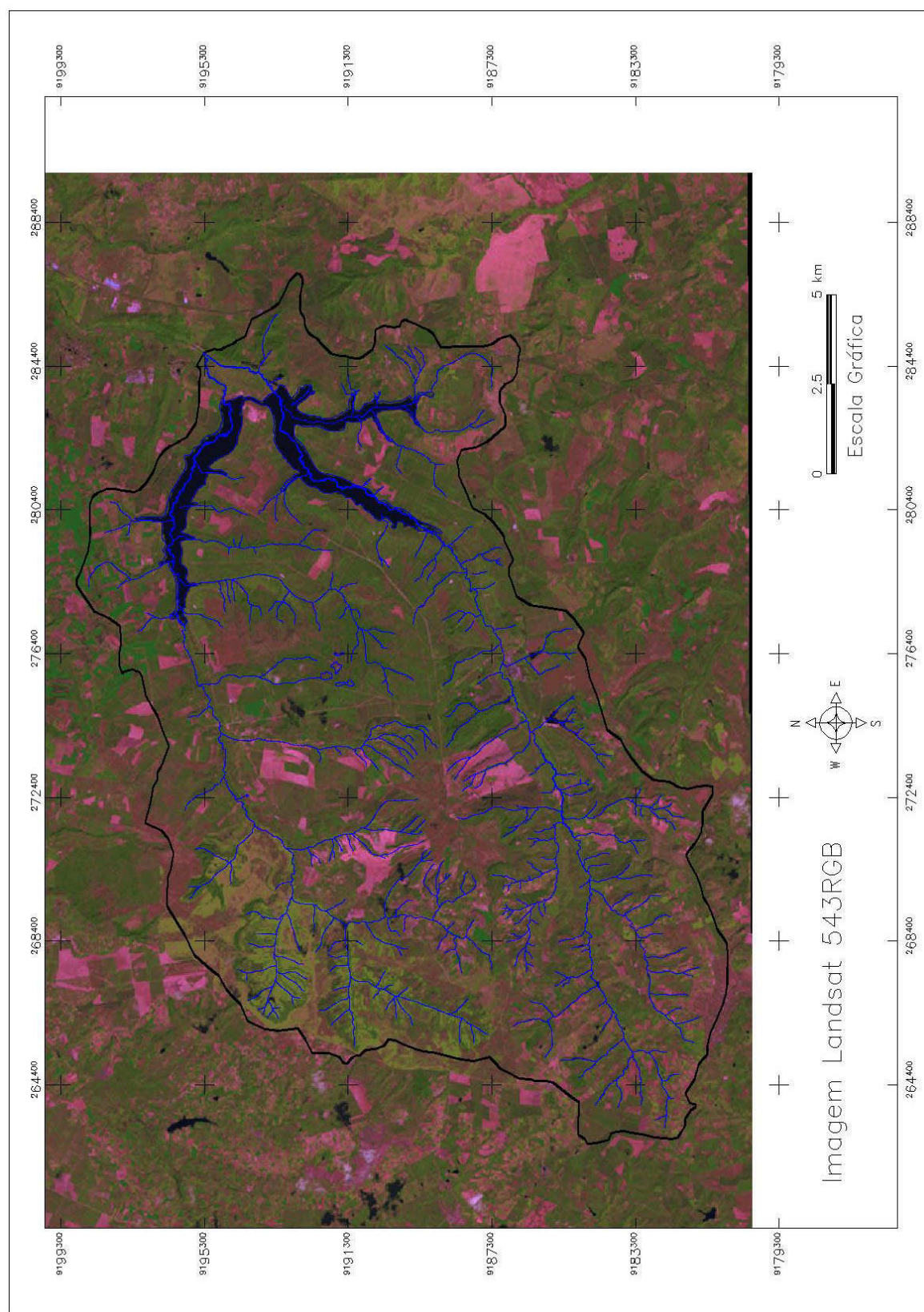


Figura 5.5 – Imagem de Satélite utilizada nos trabalhos de campo



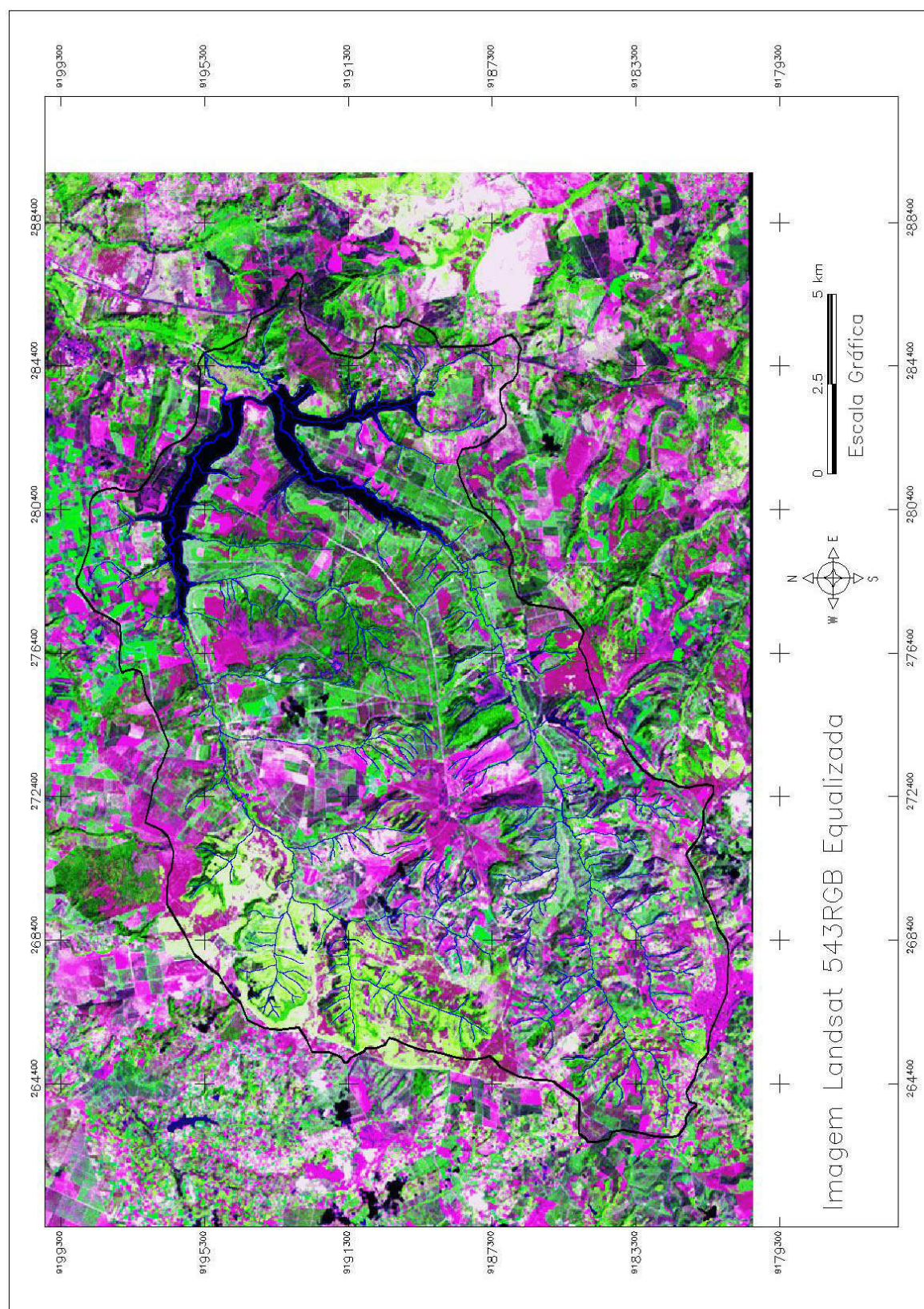


Figura 5.6 – Composição 543RGB equalizada

### 5.3.5. Tema Clima (C)

O clima é um dos fatores de controle do intemperismo, sendo a temperatura e a precipitação os elementos climáticos mais importantes dentre os parâmetros climáticos que agem no sentido de acelerar ou retardar as ações do intemperismo. Outro elemento importante refere-se aos tipos de vegetação que cobrem a paisagem.

No caso do mapa de vulnerabilidade elaborado neste trabalho, o componente do clima de maior interesse é a intensidade pluviométrica, que é obtida dividindo-se o valor da pluviosidade média anual (em mm) pela duração do período chuvoso na área que, neste caso, é de 6 a 7 meses. Este mapa foi confeccionado com base no Mapa de Isoietas Médias Anuais da bacia do Gramame (SEMARH, 2000) (Figura 5.7).

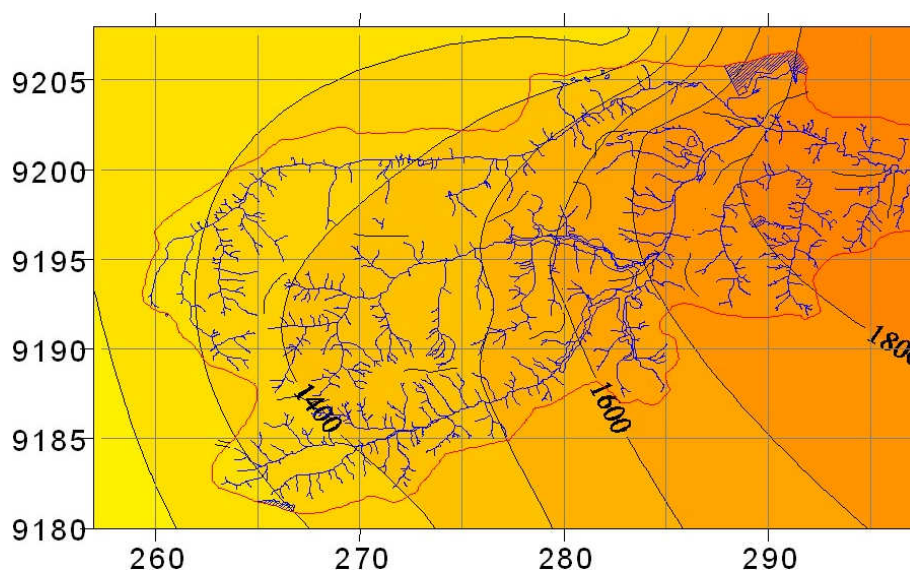


Figura 5. 7 – Mapa de Isoietas Médias Anuais da bacia do Gramame. Fonte: SEMARH, 2000

### 5.4. MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Após a elaboração dos mapas temáticos de cada parâmetro realizou-se uma operação pontual de ponderação, através da programação de rotinas em linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento ALgébrico) no SPRING. Para a realização destas operações, os dados foram transformados em mapas numéricos, que representam os valores de vulnerabilidade e estabilidade dos processos de perda de solo em cada tema de cada parâmetro.

Tomando-se como base as grades ponderadas geradas para cada tema, o programa realizou uma média aritmética dos valores dos cinco Planos de Informação – PI (geologia,



geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e uso do solo e intensidade pluviométrica) e por fim gerou uma grade que representa os valores de estabilidade e vulnerabilidade para a área de estudo. A Figura 5.8 apresenta um esquema explicativo da operação executada.

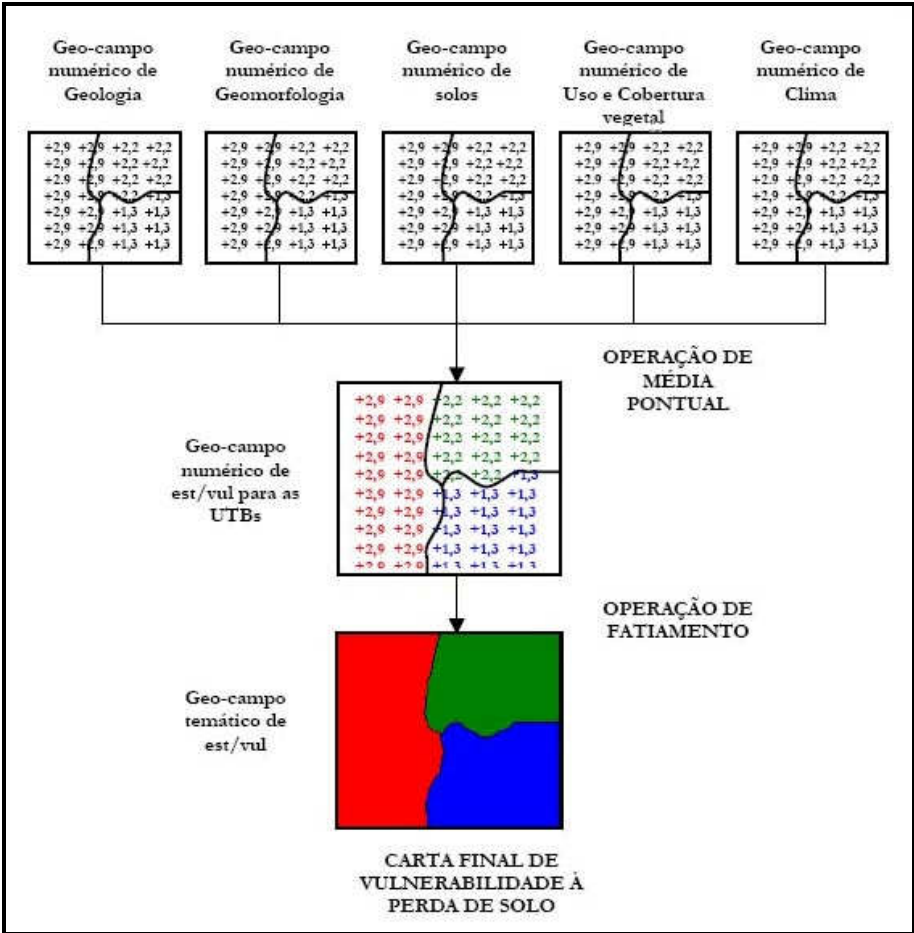


Figura - 5.8 Esquema para a geração da carta final de vulnerabilidade. Fonte: GOMES, 2005.

Após ter sido gerada esta última grade, a mesma foi “fatiada” no SPRING, em intervalos de classes de vulnerabilidade, conforme valores do Quadro 5.2, gerando o Mapa de Vulnerabilidade ambiental da área de estudo.

Quadro 5.2 - Escala de valores de vulnerabilidade ambiental na área de estudo

Classe de vulnerabilidade	Valor de Vulnerabilidade
Estável	1,0 – 1,3
Moderadamente estável	1,4 – 1,7
Medianamente estável/vulnerável	1,8 – 2,2
Moderadamente vulnerável	2,3 – 2,6
Vulnerável	2,7 – 3,0

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A análise da vulnerabilidade da área estudada baseia-se na análise dos mapas temáticos e sua caracterização quanto à morfogênese e pedogênese após atribuição de valores quanto a sua estabilidade ou vulnerabilidade. Os valores de vulnerabilidade de cada tema foram definidos de acordo com a metodologia apresentada por Crepani et al (2001).

### **6.1. VALORES DE VULNERABILIDADE DOS TEMAS**

Nos tópicos que se seguem são apresentados os valores de vulnerabilidade atribuídos a cada tema e as classes dos mesmos.

#### **6.1.1. Tema Geologia**

A vulnerabilidade ambiental da área, pautado no tema geologia, compreende as informações relativas ao grau de coesão das rochas que compõem o ambiente. Segundo Crepani et. Al. (1996), o grau de coesão das rochas significa a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem.

Como uma rocha é um agregado de minerais, a resistência ao intemperismo da mesma depende da resistência ao intemperismo dos minerais que a compõem e da resistência à desagregação entre os minerais. A análise do grau de coesão das rochas, integrada a partir dos princípios da Ecodinâmica, mostra que naquelas pouco coesas prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto que nas rochas muito coesas prevalecem os processos formadores de solos (pedogênese) (CREPANI et al. 2001).

Os valores relacionados ao grau de coesão das rochas foram atribuídos da seguinte forma: valores próximos a 1,0 (um - estabilidade), para as rochas que apresentam maior grau de coesão nas condições a que está submetida; valores próximos a 2,0 (dois-intermediários), para as rochas que apresentam valores intermediários no seu grau de coesão; e valores próximos 3,0 (três- vulnerabilidade), para as rochas que apresentam os menores valores no seu grau de coesão.

Com o objetivo de atribuir uma posição dentro de uma escala de vulnerabilidade à denudação (intemperismo + erosão), algumas litologias encontradas foram agrupadas, considerando todos os aspectos com relação ao grau de coesão das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares (CREPANI et al., 2000 apud SPÖRL, 2001).

De acordo com o mapa geológico foram identificadas na área as seguintes formações: Cristalino, Beberibe-Itamaracá, Barreiras e Aluviões. Os valores de vulnerabilidade do tema geologia foram definidos como indicado no Quadro 6.1 de forma que para a formação Beberibe-Itamaracá, que apresentava apenas um valor quanto ao tipo de litologia, adotou-se o valor indicado na metodologia de Crepani et al. (2001) e para as demais Formações (Cristalino, Barreiras e Aluviões) foi realizada uma média aritmética entre os valores de vulnerabilidade das litologias encontradas.

Quadro 6.1 – Escala de vulnerabilidade para o tema geologia da área de estudo

<b>Formações geológicas</b>	<b>Litologias</b>	<b>Grau de vulnerabilidade</b>
Cristalino	Granitóides Indiscriminados: Granito, Granodiorito	1,2
Formação Beberibe-Itamaracá	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Formação Barreiras	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos, Siltitos e Argilitos	2,6
Aluviões	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios, etc	3,0

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

A formação geológica composta por Granitóides possui características quanto a sua composição que eleva a estabilidade, sendo, por isso, atribuído valor para a vulnerabilidade igual a 1,2 por possuir uma maior resistência quando sofre intemperismo.

As formações geológicas formadas por rochas sedimentares apresentam valores maiores de vulnerabilidade. Características como granulometria, seleção, maturidade, diagênese e litificação são considerados no ordenamento da resistência das rochas sedimentares ao intemperismo e à erosão. A sequência da resistência é comparada ao grau de vulnerabilidade partindo do arenito quartzoso, maduro e bem selecionado (ortoquartzito) para os sedimentos inconsolidados (aluviões) (CREPANI, 2001).

A Figura 6.1 apresenta o mapa geológico da área de estudo, elaborado para fins desta pesquisa.

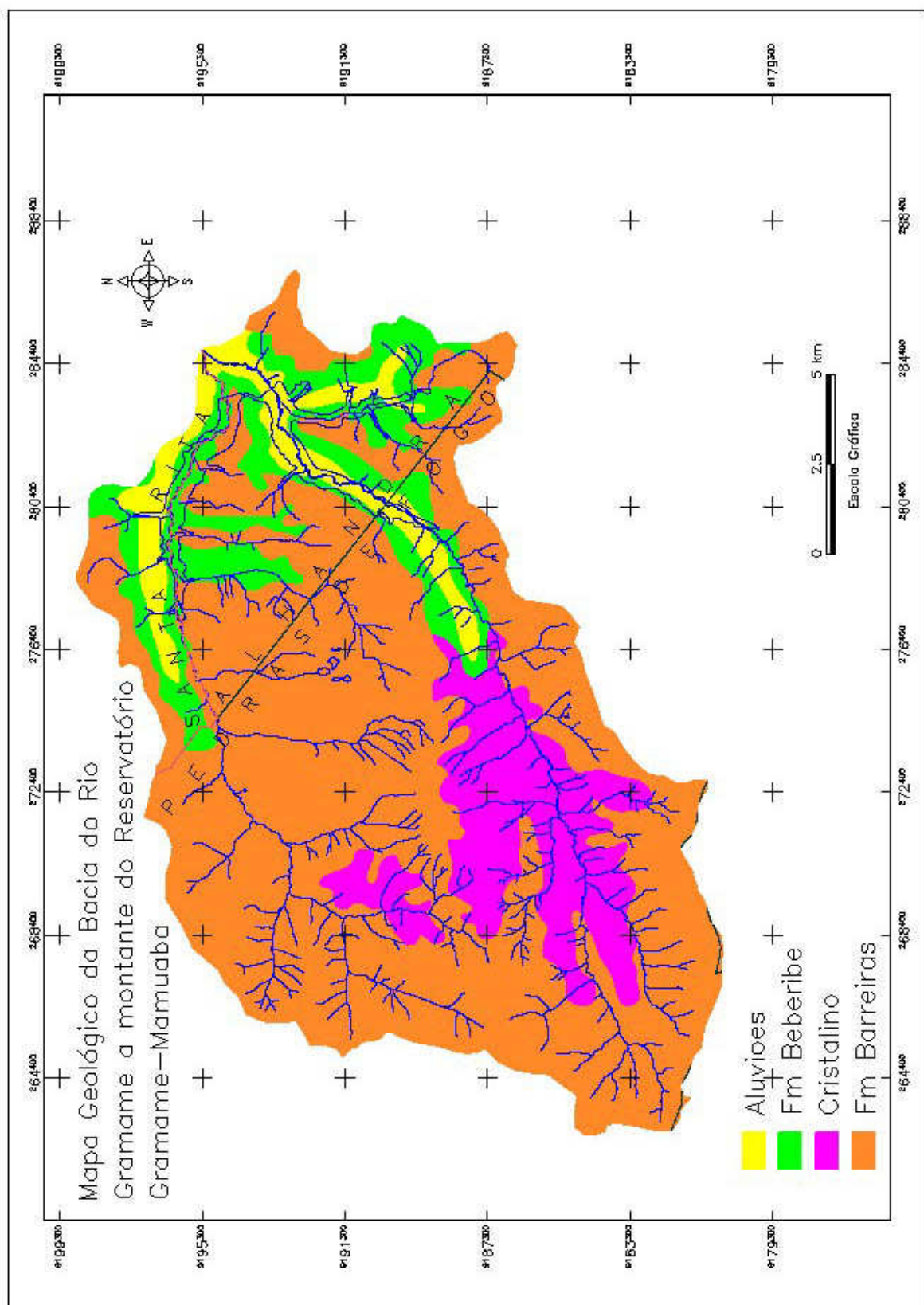


Figura 6. 1 –Mapa geológico da área de estudo, elaborado para os fins desta pesquisa - adaptado de CPRM (2005).

Com base no mapa geológico e nas informações relativas a valores de vulnerabilidade para cada tipo de litologia encontrada na área em estudo confeccionou-se o mapa da Figura 6.2, onde apresenta-se o mapa de vulnerabilidade do tema geologia para a área de estudo.

### **6.1.2. Tema Geomorfologia**

Conforme apresentado anteriormente, para a definição da vulnerabilidade do tema geomorfologia, foram utilizados dois mapas temáticos: topomorfológico e declividade (Figuras 6.3 e 6.4).

O mapa topomorfológico apresenta a configuração das unidades geomorfológicas na área de estudo. Foram delimitados na área três compartimentos geomorfológicos: topos dos tabuleiros, vertentes (Foto 6.1) e planícies fluviais (Foto 6.2).

- Topos de tabuleiros – São superfícies caracterizadas por relevos planos a suavemente ondulados. Na área de estudo constituem os níveis mais elevados, são desenvolvidos sobre a Formação Barreiras e o cristalino. Recebem menor valor de vulnerabilidade por serem considerados estáveis aos processos de perda de solo.
- Vertente – São áreas inclinadas, sujeitas ao escoamento superficial (*runoff*). Recebem valores intermediários de vulnerabilidade. Nas vertentes mais inclinadas as águas das chuvas provocam uma aceleração maior dos processos de perda de solo. Embora o escoamento pluvial seja importante na formação das vertentes, a ação de vários processos geomorfológicos no decorrer do tempo é que favorece a sua esculturação (ARAÚJO, 1993).
- Planície fluvial – As planícies fluviais acompanham o canal principal dos rios. As áreas de planícies são mais expressivas nos baixos cursos dos rios, estreitando-se progressivamente para montante. Mesmo possuindo relevo plano são consideradas as mais instáveis das unidades e recebem o maior valor de vulnerabilidade pois, nestes tipos de relevos, ocorre a acumulação de sedimentos e os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese em áreas sujeitas à inundação.



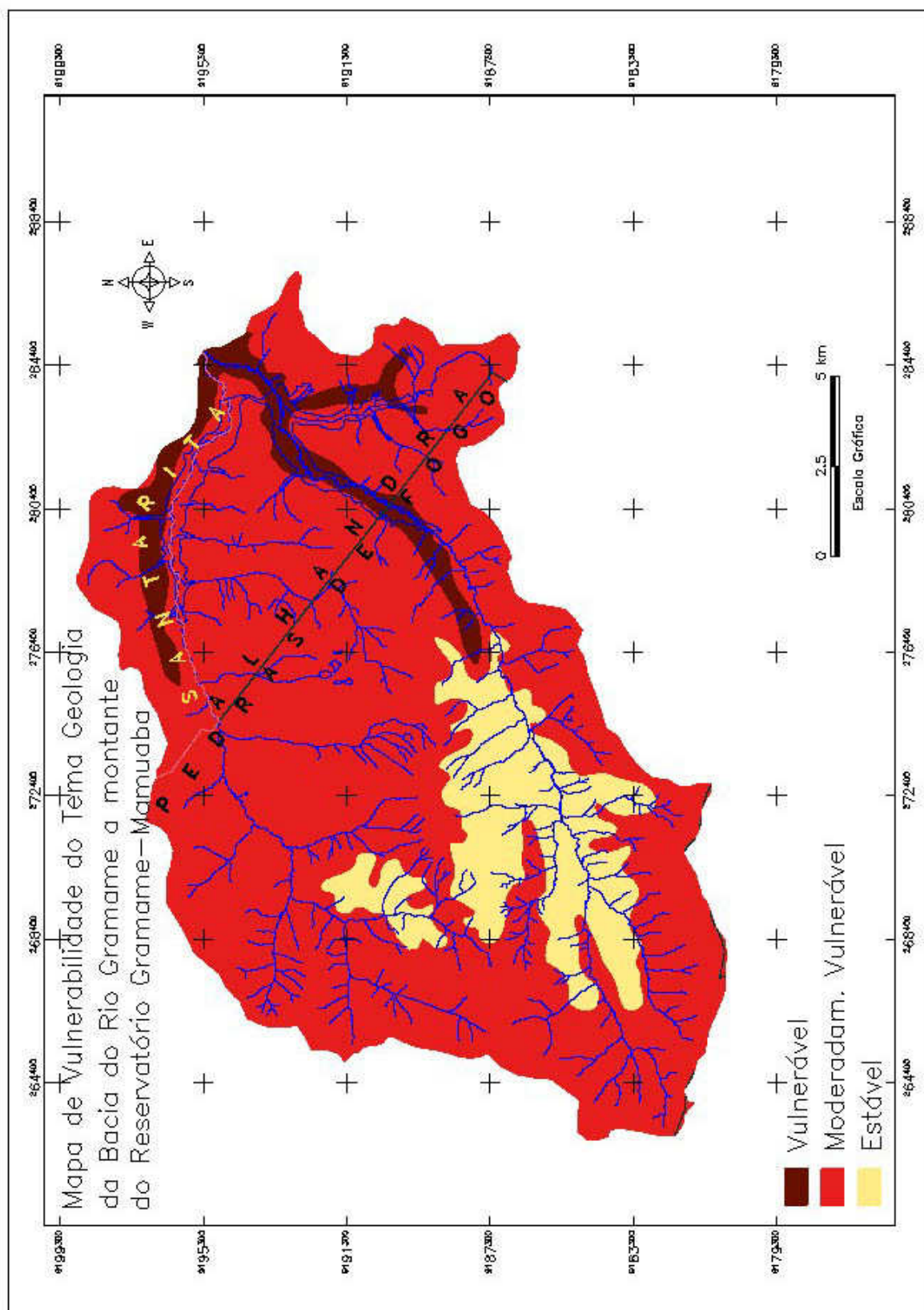


Figura 6.2 – Mapa de vulnerabilidade do tema Geologia da área de estudo.

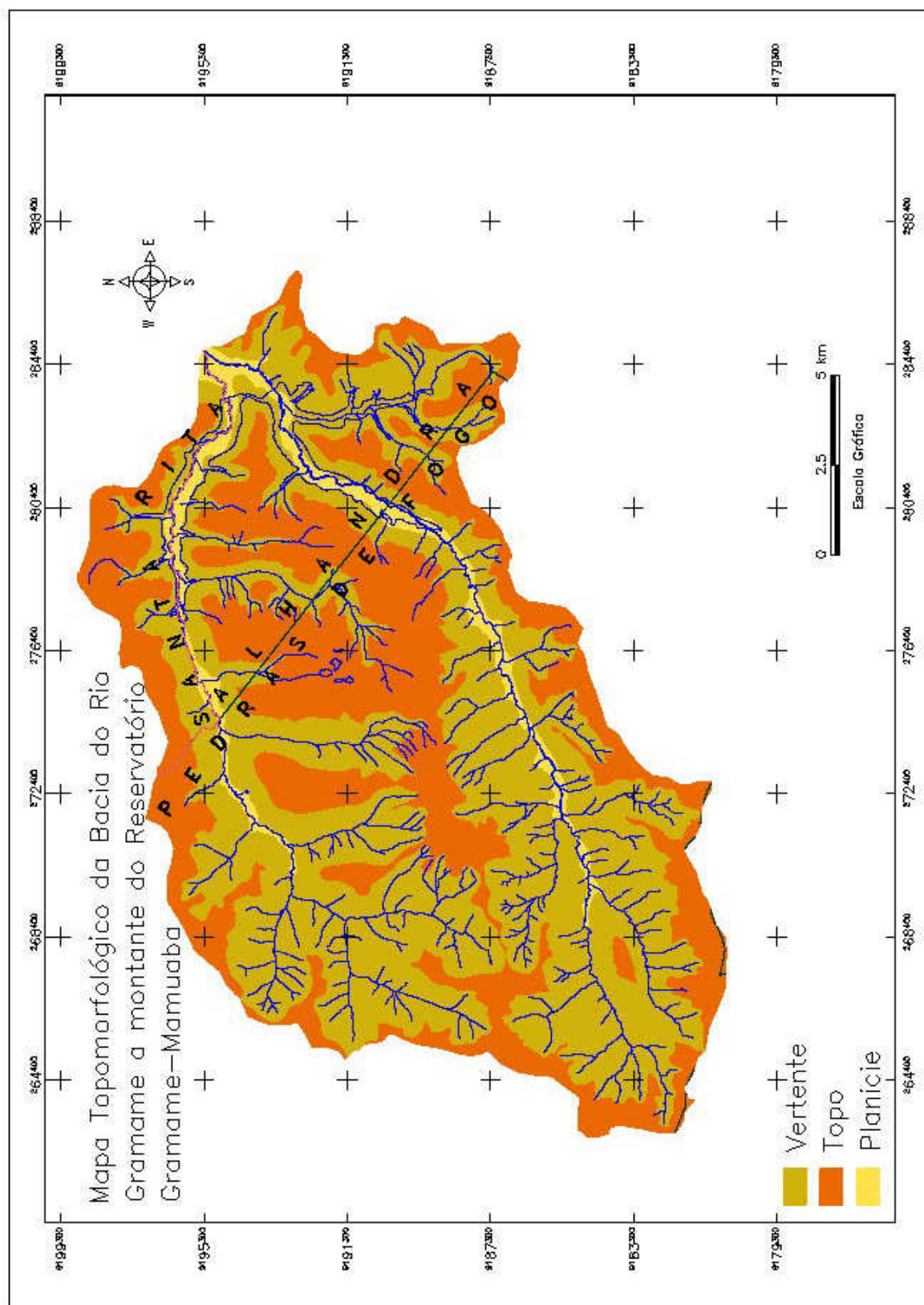


Figura 6.3 – Mapa topomorfológico da área de estudo.

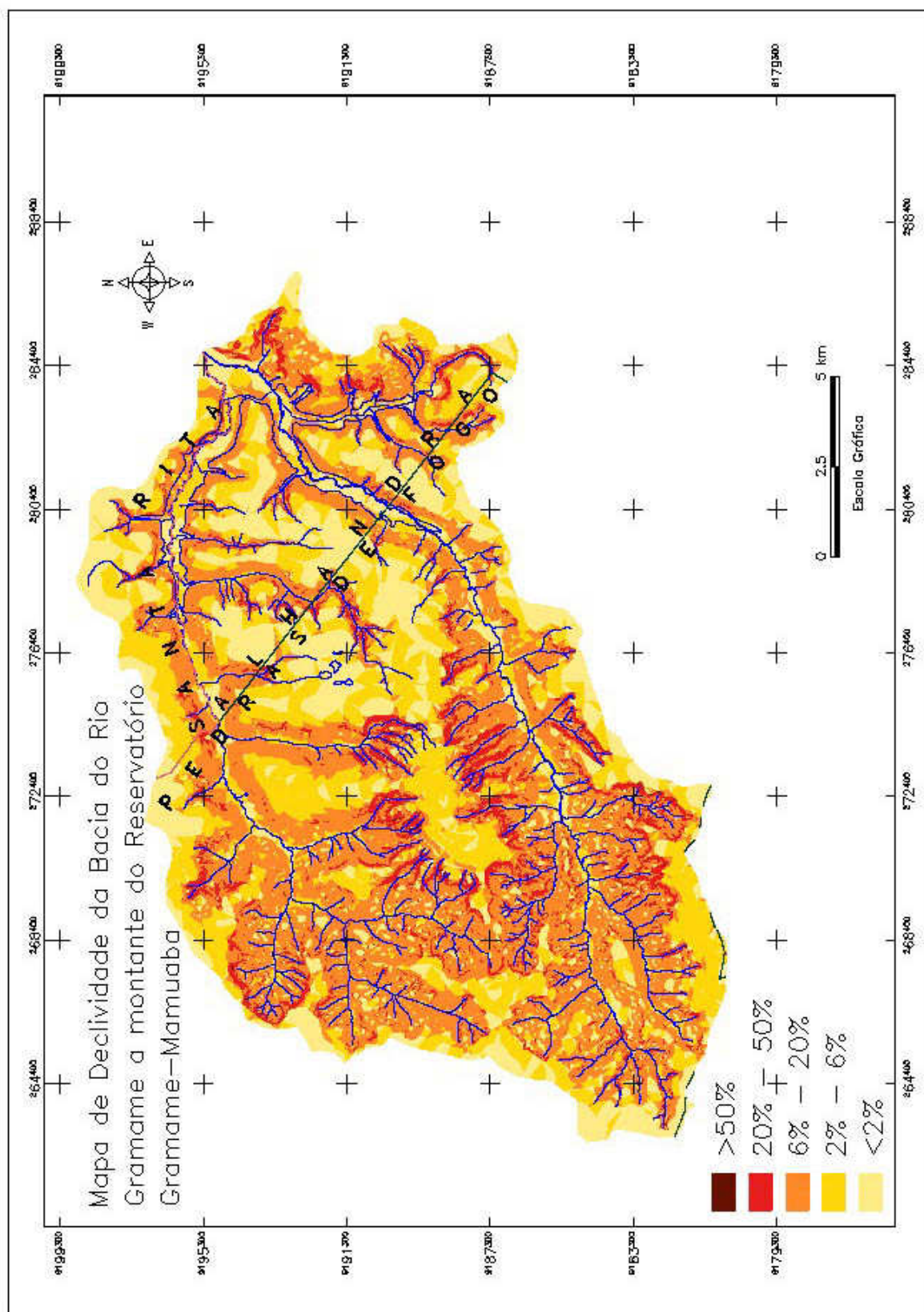


Figura 6.4 – Mapa de declividade da área de estudo





Foto 6.1 –Vertente do rio Mamuaba. (Foto Elaine C. T. Pedrosa)



Foto 6.2 –Planície fluvial do rio Gramame. (Foto Elaine C. T. Pedrosa)

O Quadro 6.2 apresenta os valores de vulnerabilidade atribuídos a cada uma das unidades topomorfológicas da área de estudo.

Quadro 6.2 - Vulnerabilidade para as unidades topomorfológicas

<b>Forma de relevo</b>	<b>Valor esta./vulner.</b>
Topos de tabuleiros	1,3
Vertente	2,7
Planície fluvial	3,0

Em relação ao mapa de declividades, este teve suas classes e os respectivos valores de vulnerabilidade definidos com base no proposto por Crepani (2001), como pode ser observado no Quadro 6.3.

Quadro 6.3 - Valores de vulnerabilidade para as classes de declividade

Declividade (%)	Valor esta./vulner.
<2	1,0
2-6	1,5
6-20	2,0
20-50	2,5
>50	3,0

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

Para definição da vulnerabilidade do tema geomorfologia, foram utilizados valores de cada índice morfométrico, obtidos com base na equação 02.

$$R = (T + D) / 2 \quad (02)$$

Onde:

R = Vulnerabilidade para o tema geomorfologia.

T = Vulnerabilidade atribuída a morfografia (topomorfologia).

D = Vulnerabilidade atribuída à declividade.

A Figura 6.5 apresenta o mapa de vulnerabilidade do tema geomorfologia da área de estudo.

### 6.1.3. Tema Pedologia

Para o tema pedologia a metodologia utilizada busca correlacionar o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo com valores de vulnerabilidades propostas por Crepani et al (2001). O Quadro 6.4 apresenta os valores de vulnerabilidade dos solos identificados na área de estudo, enquanto que a Figura 6.6 mostra o mapa de solo da área de estudo.

Uma área é considerada estável quando os efeitos atuantes nela indicam que existe a pedogênese, ou seja, o ambiente favorece a formação e o desenvolvimento do solo. Nestes ambientes os solos são bem desenvolvidos, bastante intemperizados e envelhecidos e o valor de vulnerabilidade destas áreas é igual a 1 (um). Os solos estáveis na área de estudo são representados pelos Latossolos. Estes, por serem solos bem desenvolvidos, bastante profundos e porosos, apresentam materiais mais decompostos sendo considerados solos velhos e maduros.

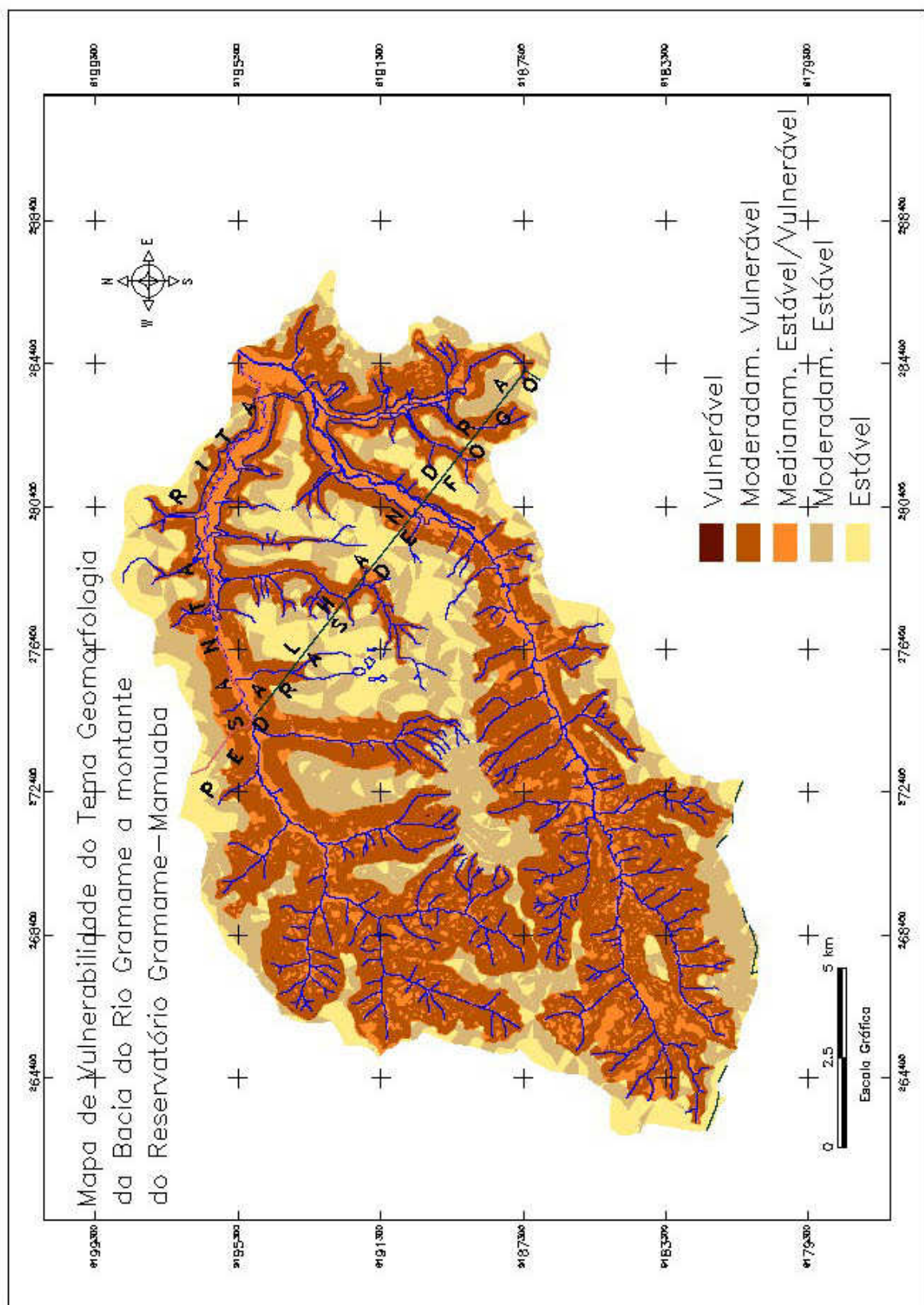


Figura 6.5 – Mapa de vulnerabilidade do tema geomorfologia da área de estudo.

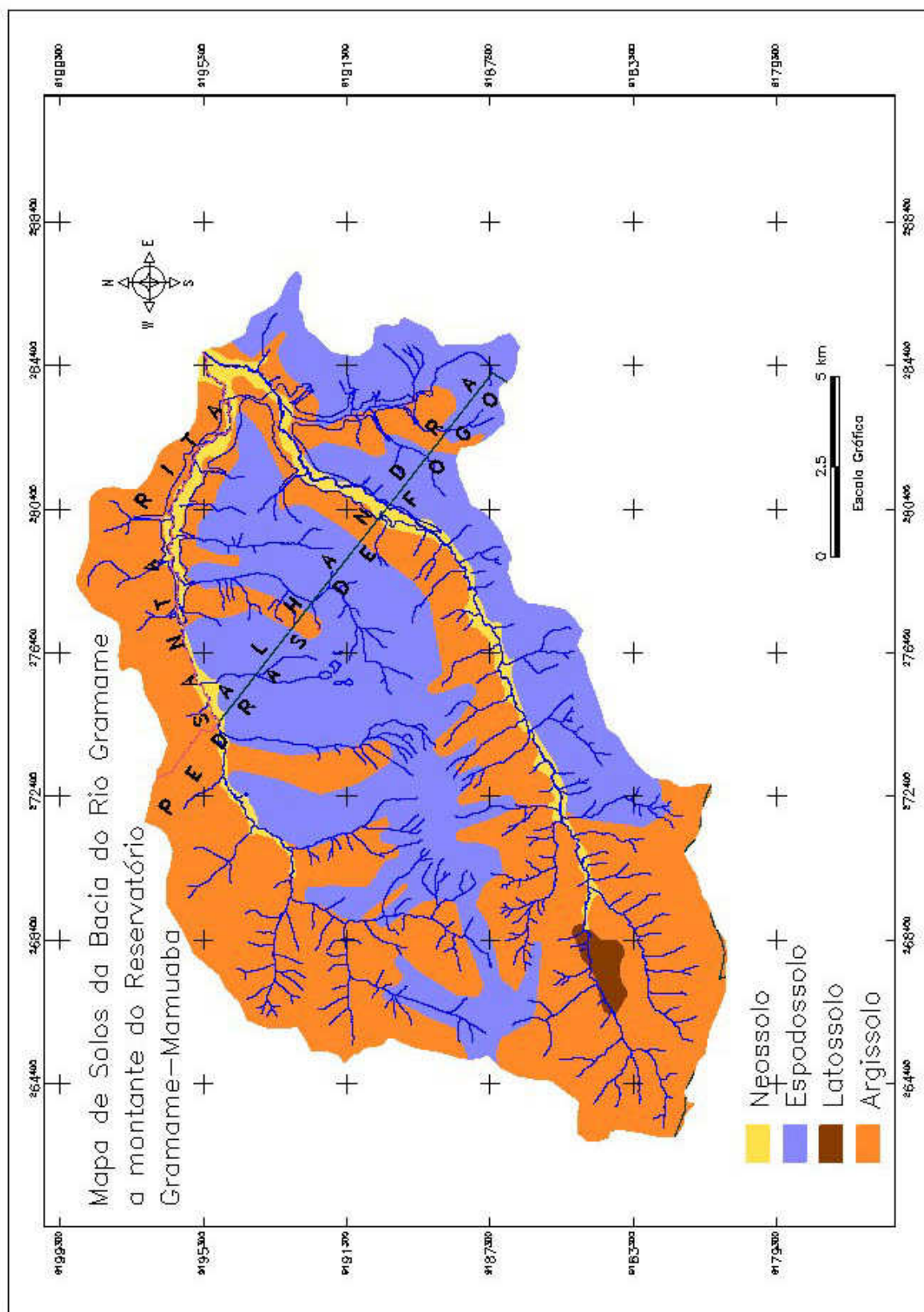


Figura 6.6 – Mapa de Solos da área de estudo, adaptado de SEMARH (2000)



Quadro 6.4 - Vulnerabilidade para o tema Pedologia

<b>Classe de solo</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
Latossolo Vermelho-Amarelo	1,0
Argissolos Vermelhos-Amarelo Espodossolos Hidromórfico	2,0
Neossolos Flúvicos	3,0

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

Seguindo a escala de vulnerabilidade, os solos com valor igual a 2 (dois), foram enquadrados nas áreas definidas como intermediárias. Na área de estudo predominam os argissolos (antes denominados de podzólicos) e os espodossolos (antes denominados podzóis). Os solos argissolos apresentam profundidades menores quando comparados com os latossolos, são menos estáveis e menos intemperizados, ocorrendo em áreas com topografias um pouco mais movimentadas.

Nas áreas consideradas vulneráveis ocorrem solos onde o valor atribuído é igual a 3 (três). São solos considerados jovens, em fase inicial de formação, porque estão se desenvolvendo a partir dos materiais de origem recém depositados ou por estarem situados em lugares de alta declividade. Nestes lugares a velocidade da erosão é igual ou maior do que a velocidade de transformação da rocha em solo. Este solo é pouco desenvolvido, com pequena evolução de seu perfil. Na área de estudo predominam os neossolos Flúvicos nos ambientes vulneráveis.

Através do mapa de vulnerabilidade da componente pedologia (Figura 6.7), pode-se observar que as áreas que apresentam solos do tipo latossolo, correspondem aos locais de menor vulnerabilidade. Já as áreas mais vulneráveis correspondem aos locais onde os solos são mais jovens e pouco desenvolvidos (neossolos flúvicos).



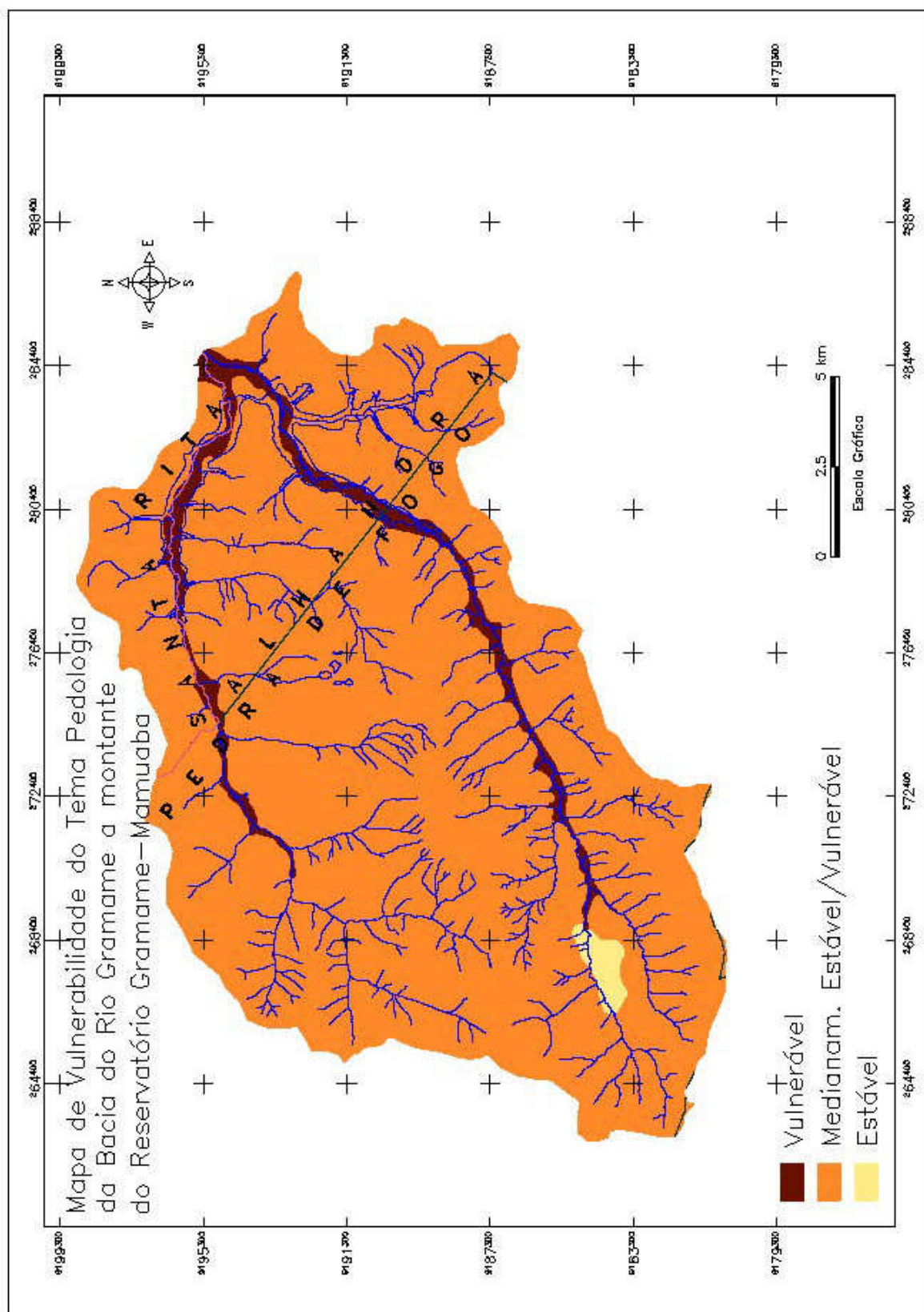


Figura 6.7 – Mapa de vulnerabilidade do tema pedologia da área de estudo

#### 6.1.4. Vegetação e uso do solo

Nas últimas décadas a retirada da vegetação nativa na área de estudo tem se intensificado para atender às atividades agrícolas como cultivo de abacaxi, coco, mandioca, inhame, cana-de-açúcar e bambu, bem como a implantação de açudes e a construção de vias de acesso. Nos topos dos tabuleiros a ocupação dos solos se dá de forma mais acentuada pelo cultivo da cana-de-açúcar e do bambu.

Com a instalação das usinas de beneficiamento da cana-de-açúcar, as áreas de plantio de cana expandiram-se, passando a ocupar também, além das vertentes e fundo de vales os topos dos tabuleiros.

As áreas de vegetação florestal (matas) estão atualmente reduzidas a pequenos núcleos de remanescentes constituídos por uma vegetação secundária que cobrem algumas vertentes dos tabuleiros. A vegetação campestre (cerrado) é encontrada em algumas áreas nos topos dos tabuleiros, sem grande expressividade.

As Fotos de 6.3 a 6.9 apresentam algumas características da área de estudo, identificadas na imagem de satélite e comprovadas quando dos trabalhos em campo.



Foto 6.3 - Ao fundo núcleo remanescente de vegetação florestal (mata) e em primeiro plano, área com cana-de-açúcar. (Foto Elaine C. T. Pedrosa)





Foto 6.4 – Plantação de mandioca (culturas de subsistência). Foto Elaine C. T. Pedrosa



Foto 6.5 – Plantio de abacaxi (Foto Elaine C. T. Pedrosa)





Foto 6.6 - Reservatório Gramame – Mamuaba, com cana-de-açúcar nas margens (Foto Elaine C. T. Pedrosa)



Foto 6.7 - Solo arenoso nos topos dos tabuleiros, constituído por um manto herbáceo de gramíneas. (Foto Elaine C. T. Pedrosa)





Foto 6. 8 - Mata ciliar do rio Gramame, com poucas árvores servindo de proteção ao rio. (Foto Elaine C. T. Pedrosa)



Foto 6.9 - Mata ciliar do rio Mamuaba com núcleo remanescente de mata (Foto Leonardo F. Meneses)

A partir das informações obtidas na interpretação das imagens de satélites e nos levantamentos em campo para confirmação dos dados interpretado, foi elaborado o mapa de vegetação e uso do solo da área de estudo. Com base neste mapa (Figura 6.8 – pag. 70), foram definidos os valores de vulnerabilidade para o tema, conforme Quadro 6.5.

Quadro 6.5 - Vulnerabilidade para vegetação e uso do solo

<b>Classe de uso</b>	<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Porcentagem de área por classe de vulnerabilidade</b>
Solo exposto	3,0	20,24%
Agricultura	2,5	66,24%
Água	2,0	3,45%
Vegetação florestal (mata)	1,0	10,07%

O parâmetro principal obtido para definição da estabilidade - vulnerabilidade do tema vegetação foi a densidade da cobertura vegetal na área. Quanto mais densa a cobertura vegetal da área (cobertura do terreno), mais protegida estará a área dos processos morfogenéticos, que são traduzidos na forma de erosão do solo. Quanto mais protegido estiver o solo, mais o ambiente se aproxima da estabilidade e do valor 1,0 (um). Para densidades de vegetação intermediárias, os valores são próximos de 2,0 (dois). Já para densidades de cobertura vegetal baixas o ambiente se torna mais vulnerável e o peso a ser atribuído tende para o valor 3,0 (três).

Em relação ao uso, quanto mais tempo o solo ficar coberto por vegetação, maior será sua proteção. Deste modo as áreas cultivadas, por deixarem o solo exposto em alguns períodos do ano, oferecem menor proteção ao solo, sendo assim a vulnerabilidade destas classes torna-se maior. A adoção de práticas conservacionistas poderia contribuir para diminuir o impacto da agricultura sobre o solo.

Outro fato relevante observado foi a descontinuidade de vegetação na mata ciliar ao longo dos rios. Constatou-se durante as visitas de campo que a cana-de-açúcar é plantada nas margens do rio Gramame ocupando grande parte das áreas originais de mata ciliar. O mesmo fato foi observado no rio Mamuaba, porém com menor predominância de cana-de-açúcar e com maior de cultura de subsistência.

A Figura 6.9 apresenta o mapa de vulnerabilidade deste tema.



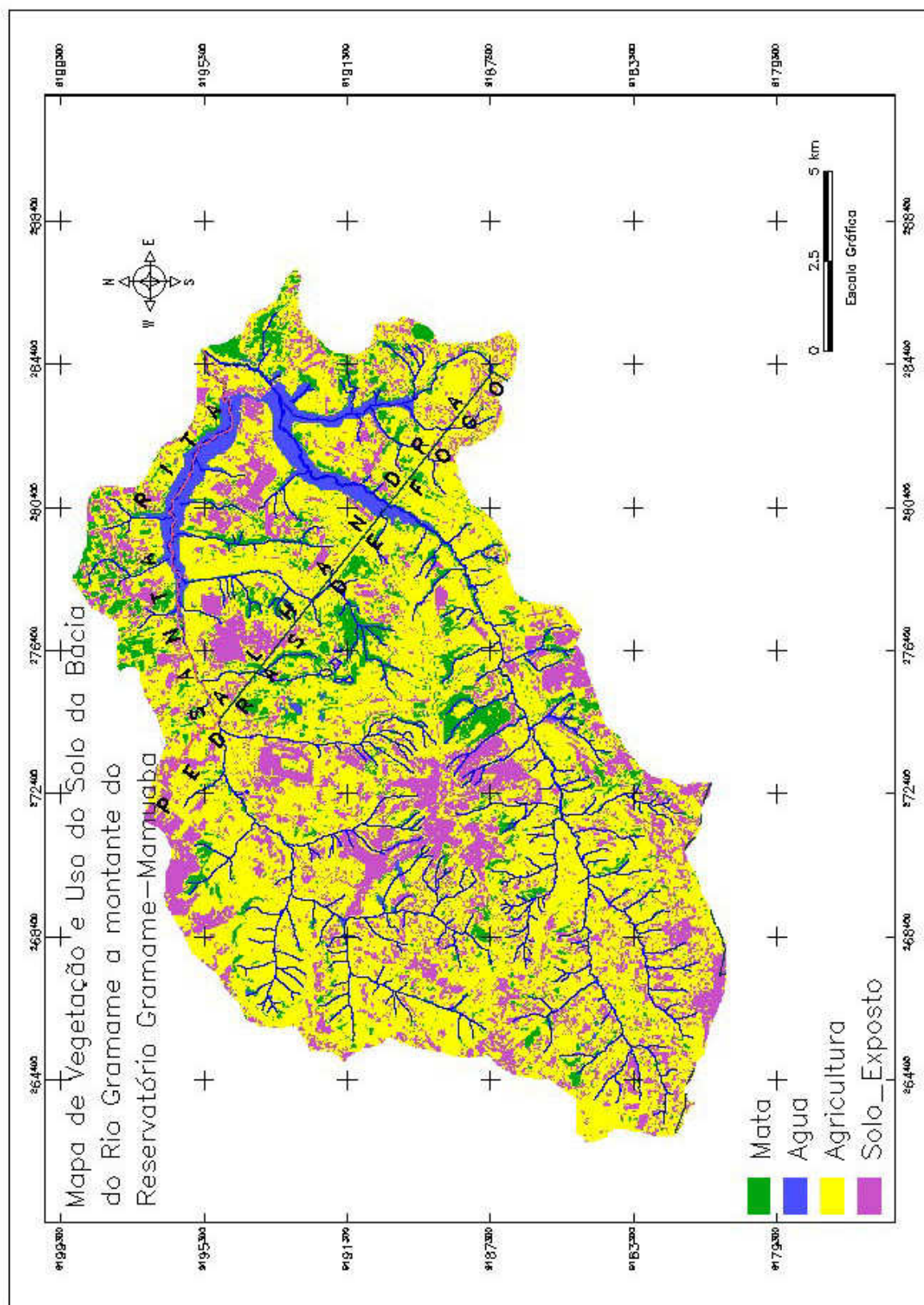


Figura 6.8 – Mapa de vegetação e uso do solo da área de estudo.

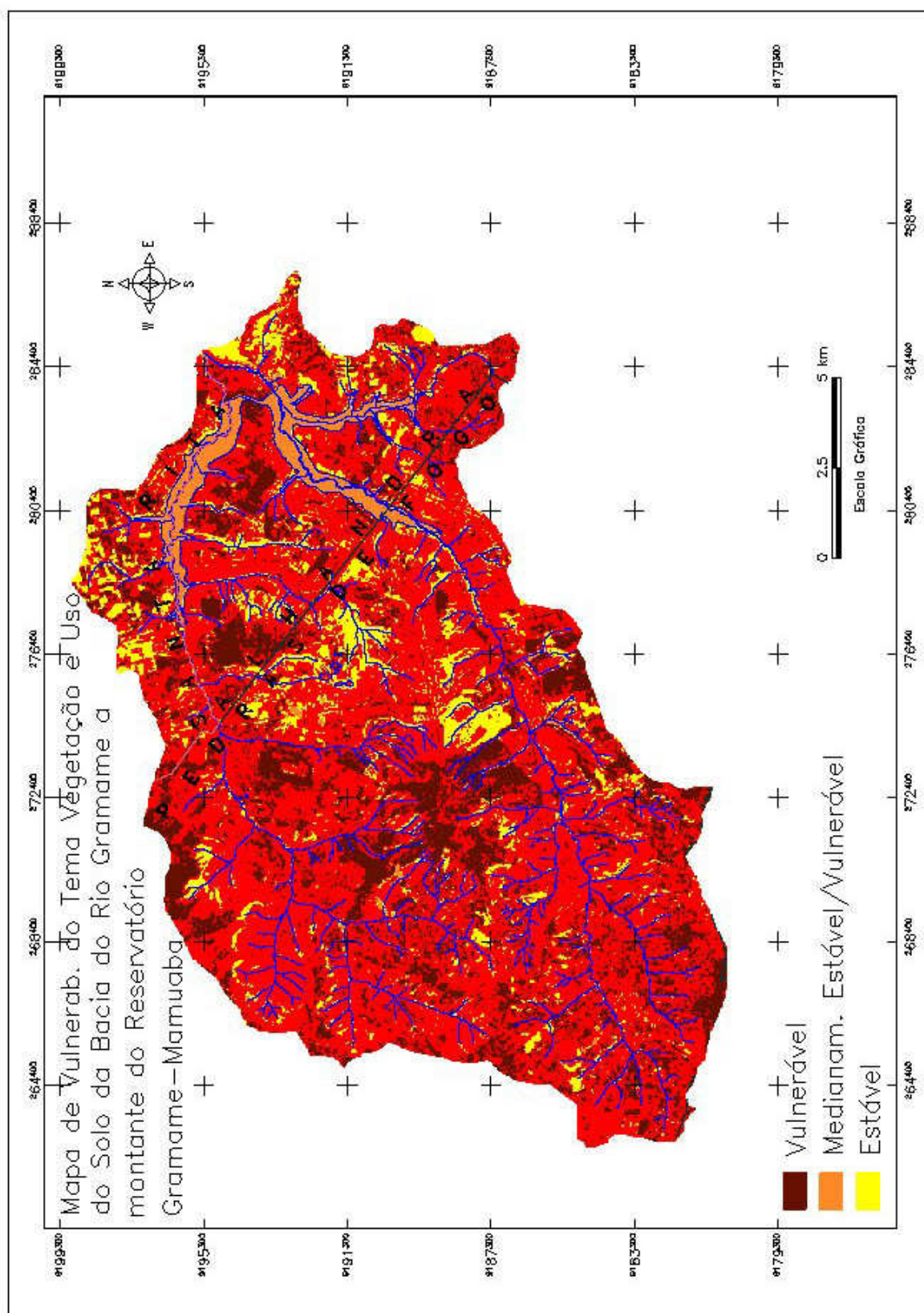


Figura 6.9 – Mapa de vulnerabilidade do tema vegetação e uso do Solo da área de estudo.



### 6.1.5. Tema Clima

Quanto mais altos os valores da intensidade pluviométrica, maior será a erosividade da chuva. Assim pode-se criar,então, uma escala dessa erosividade que represente qual a influência do clima nos processos morfodinâmicos.

O Quadro 6.6 apresenta a escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade, construída através da distribuição linear dos valores contidos entre os intervalos possíveis de intensidade pluviométrica para as diversas regiões do país. Baseado neste quadro construiu-se o Quadro 6.7, com valores de vulnerabilidade, associados aos intervalos de intensidade pluviométrica da área em estudo.

Quadro 6.6 – Escala de erosividade da chuva e valores de vulnerabilidade

<b>Intensidade Pluviométrica (mm/mês)</b>	<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Intensidade Pluviométrica (mm/mês)</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
< 50	1,0	300 - 325	2,1
50-75	1,1	325 - 350	2,2
75 - 100	1,2	350 -375	2,3
100 - 125	1,3	375 - 400	2,4
125 - 150	1,4	400 - 425	2,5
150 - 175	1,5	425 - 450	2,6
175 - 200	1,6	450 - 475	2,7
200 - 225	1,7	475 - 500	2,8
225-250	1,8	500 - 525	2,9
250 - 275	1,9	> 525	3,0
275 - 300	2,0		

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

Quadro 6.7 - Vulnerabilidade para a intensidade pluviométrica na área em estudo

<b>Intensidade pluviométrica (mm/mês)</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
200	1,7
216	1,7
233	1,8
250	1,9
266	1,9
283	2,0

A Figura 6.10 apresenta o mapa de intensidade pluviométrica da área de estudo, enquanto que a Figura 6.11 apresenta o mapa de vulnerabilidade em relação à intensidade pluviométrica na área.

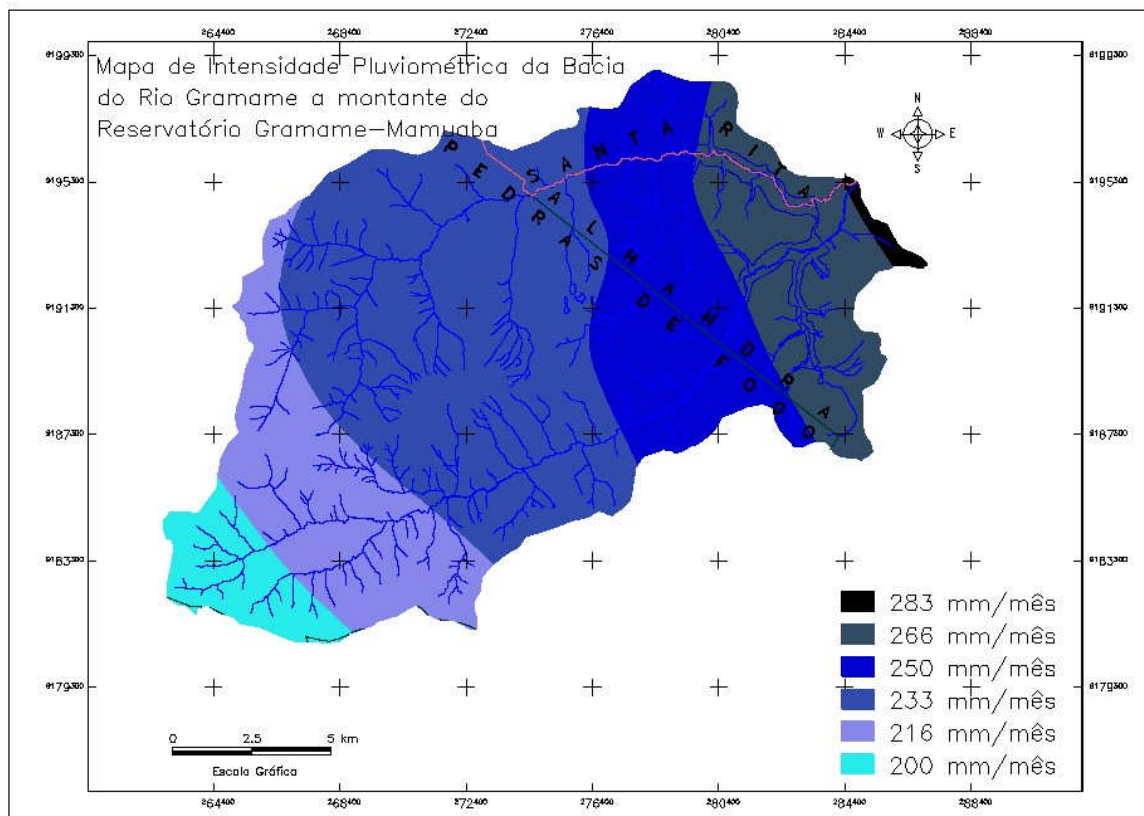


Figura 6.10 – Mapa de intensidade pluviométrica da área de estudo

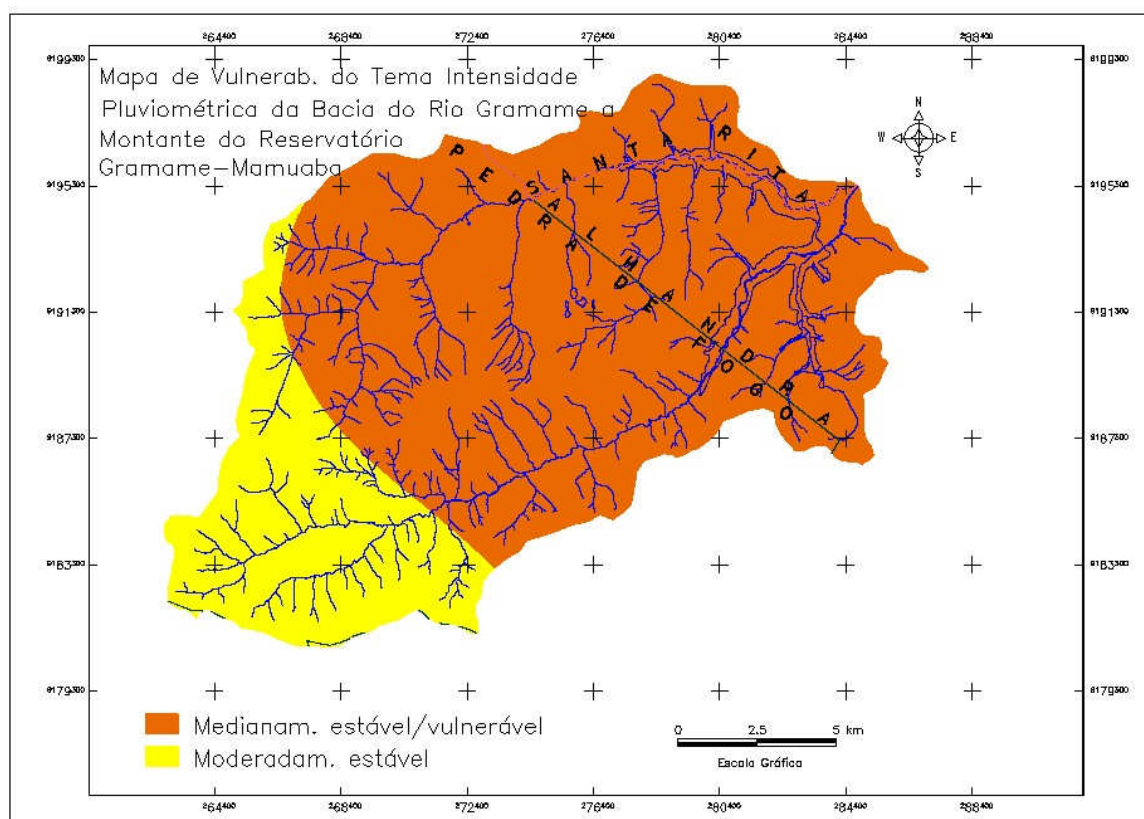


Figura 6.11 – Mapa de vulnerabilidade do tema intensidade pluviométrica da área de estudo.

## 6.2.MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Definidos os intervalos de vulnerabilidade desejados, realizou-se a conversão da grade numérica correspondente para uma categoria temática, obtendo-se, assim, o mapa síntese da vulnerabilidade ambiental da área (Figura 6.12). O resultado obtido em termos de porcentagem da área de estudo encontram-se no quadro 6.8.

Quadro 6.8 – Porcentagem das Classes vulnerabilidade ambiental na área de estudo

<b>Classe de vulnerabilidade</b>	<b>Porcentagem de área por classe de vulnerabilidade</b>
Estável	0,00%
Moderadamente estável	5,26%
Medianamente estável/vulnerável	81,26%
Moderadamente vulnerável	13,48%
Vulnerável	0,00%

Fonte: Modificado de Crepani et al. (2001)

Observa-se através do mapa gerado (Figura 6.12) e do quadro 6.8 que a classe de vulnerabilidade estável e vulnerável não obtiveram nenhuma ocorrência visível na área de estudo, ou as mesmas foram tão insignificantes que foram agrupadas em classes vizinhas, através do processo de generalização cartográfica. A seguir são apresentadas algumas considerações sobre a vulnerabilidade da área dividida por classes.

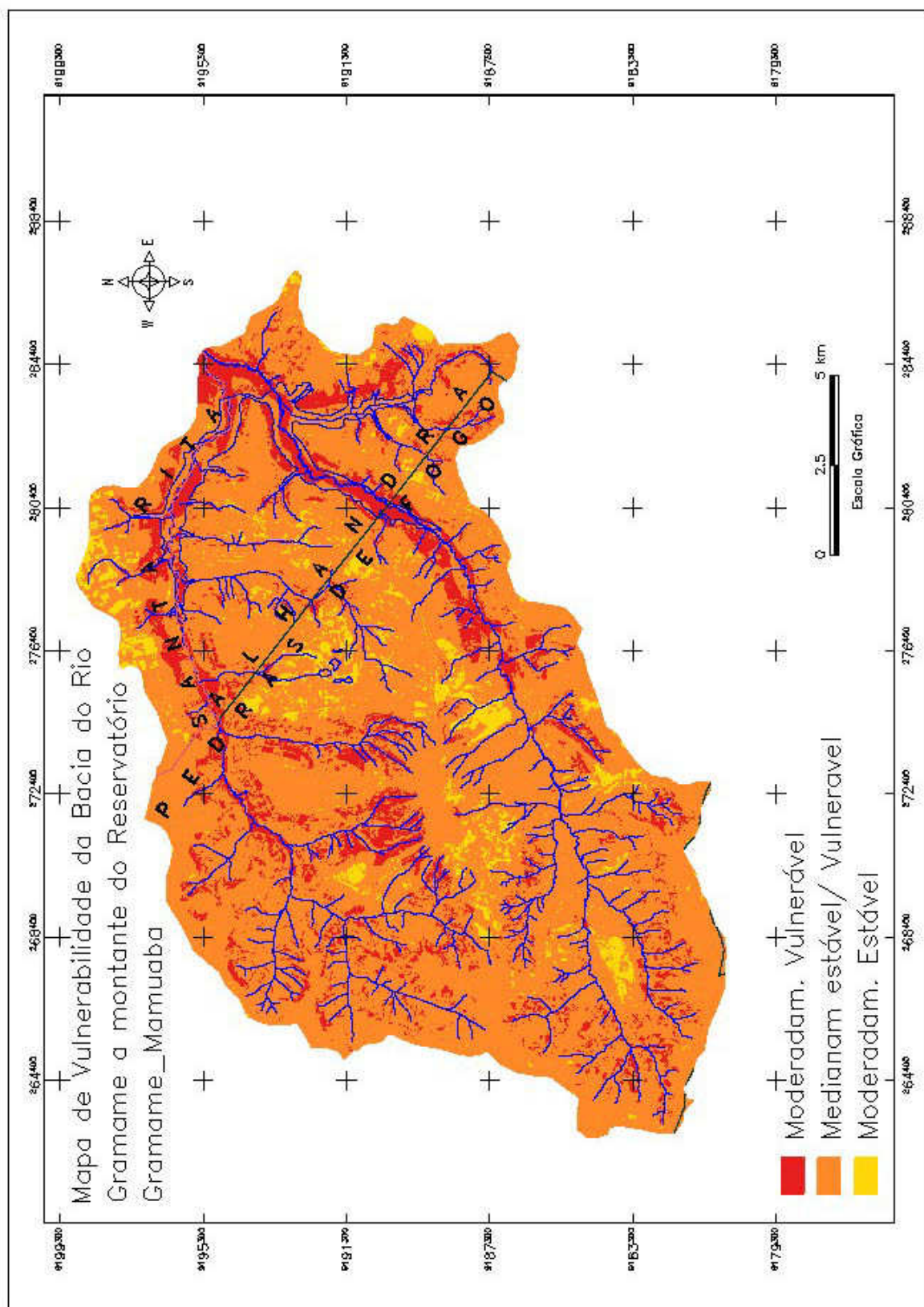


Figura 6.12 – Mapa de vulnerabilidade da área de estudo.

### **6.2.1. Classe Moderadamente Estável**

Ocupando uma área de 13,39 km<sup>2</sup>, ou seja, 5,26% da área de estudo, é a classe que menos se destaca no mapa de vulnerabilidade. Distribui-se nos topos dos tabuleiros e em suas vertentes mais suaves. Os solos que compõem estas áreas são formados por Latossolos, Argissolos e Espodossolos. A cobertura vegetal predominante é formada por núcleos remanescentes de mata, na sua maioria possíveis reservas legais das propriedades que integram a área de estudo. A grande importância na preservação destas matas é a proteção da área contra os efeitos modificadores da paisagem, ou seja, a erosão do solo.

### **6.2.2. Classe Medianamente Estável/Vulnerável**

As áreas que foram classificadas como medianamente estáveis/vulneráveis ocupam a maior parte da área, cerca de 206,76 Km<sup>2</sup> ou 81,26% da área de estudo. Encontram-se nas vertentes, nos topos dos tabuleiros e nas planícies dos rios Gramame e Mamuaba. Os solos que se desenvolveram nestas áreas são formados por latossolos, argissolos, espodossolos e os neossolos flúvicos. A cobertura vegetal, na sua maioria, encontra-se descaracterizada, com pequenos núcleos de remanescentes de matas. As vertentes são ocupadas principalmente por bambu, cana-de-açúcar e outras culturas anuais.

### **6.2.3. Classe Moderadamente Vulnerável**

As áreas consideradas de moderada vulnerabilidade ocupam cerca de 34,30 km<sup>2</sup>, ou 13,48% da área. Estas áreas estão localizadas nos fundos dos vales, onde predominam os neossolos flúvicos, e nas vertentes com declividades mais acentuadas, situadas próximas as nascentes dos afluentes dos rios Gramame e Mamuaba, onde se desenvolvem os demais solos da área.

A cobertura vegetal nestas áreas é formada por cana-de-açúcar, culturas anuais diversas e áreas desmatadas com solo exposto sendo preparado para o plantio (Foto 6.10). Em alguns trechos observam-se processos erosivos já instalados pela falta de vegetação e pela fragilidade do solo (Fotos 6.11 e 6.12). Nas áreas onde a taxa de infiltração do solo é baixa, com índice de declividade mais elevado e pouca ou nenhuma cobertura vegetal, observa-se um maior escoamento superficial e transporte de sedimentos para o fundo dos vales (Foto 6.13).



Foto 6.10 – Área desmatada com solo exposto preparação para plantio de cana-de-açúcar (Foto Elaine C.T. Pedrosa)



Foto 6.11 – Processo erosivo em vertente em área desmatada (Foto Elaine C. T. Pedrosa)

Conforme constatado nos trabalhos de campo e no mapa de vegetação e uso da terra, as planícies fluviais dos rios Gramame e Mamuaba são áreas onde o processo de perda de solo são mais favoráveis, considerando o ponto de vista geológico, geomorfológico e pedológico da área. O agravamento do quadro acontece pelo crescente desmatamento para a implantação de culturas diversas (Foto 6.14).

Observa-se no mapa de vulnerabilidade uma maior representatividade da classe moderadamente vulnerável nos trechos onde encontram-se as principais nascentes dos rios



Gramame e Mamuaba, localizadas no município de Pedras de Fogo, onde o uso do solo é formado por plantações de cana-de-açúcar, bambu e culturas de subsistência, e em trechos onde a declividade é mais acentuada.



Foto 6.12 – Processo erosivo em vertente de área com pouca vegetação (Foto Elaine C. T. Pedrosa)



Foto 6.13 – Sedimentos de areia depositados em estrada na base da vertente desmatada (Foto Elaine C. T. Pedrosa)





Foto 6.14 – Rio Gramame assoreado e com pouca cobertura vegetal em suas margens (Foto Elaine C. T. Pedrosa)

## **7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Os resultados deste estudo atenderam, de forma integral, aos objetivos previstos cuja prioridade é a análise da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica de contribuição ao reservatório Gramame-Mamuaba maior provedor de água para o abastecimento das cidades de Pedras de Fogo, conde e da chamada Grande João Pessoa que compreende os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita..

O planejamento e gestão das áreas a montante do reservatório Gramame-Mamuaba, tiveram como base o mapa gerado a partir do cruzamento das características físicas e bióticas.

A aplicabilidade do mapa de vulnerabilidade ambiental da área no planejamento e na gestão do território depende do aproveitamento de áreas mais estáveis para uso do solo, diminuindo sempre o desmatamento e priorizando novas áreas para reflorestamento. Preferencialmente, nas áreas que apresentem maior grau de vulnerabilidade, as culturas deverão ser menos intensivas, para ocasionar um desgaste menor ao solo.

Com relação à cobertura de área da bacia por município, Pedras de Fogo é o que possui maior parcela dentro dos seus limites (71,81%), a zona urbana do município encontra-se inserida totalmente na área, bem como as principais nascentes dos rios Gramame e Mamuaba. Em seguida, apresenta-se Alhandra com 21,14% e Santa Rita com 7,05%.

O uso do solo no trecho da bacia que recobre as áreas destes municípios se caracterizam por plantações de cana-de-açúcar, bambu e culturas de subsistência. As áreas de matas se restringem a possíveis áreas de Reserva Legal. Algumas nascentes e as vertentes dos rios encontram-se na classe de moderadamente vulnerável, devido ao forte avanço do desmatamento e a acentuada declividade do terreno.

Levando-se em consideração que Pedras de Fogo, possui maior área da bacia inserida em seu município, atribui-se aos gestores deste município maior responsabilidade na preservação das nascentes e no ordenamento do uso do solo das áreas identificadas com maior grau de vulnerabilidade, de modo a propiciar uma menor vulnerabilidade à bacia.

Os municípios inseridos na bacia devem integrar-se a projetos que visem recuperação de nascentes e manejo sustentável do solo, bem como buscar parcerias com produtores rurais, identificando áreas prioritárias para preservação. Devem ser discutidos os usos e as técnicas agrícolas que vêm sendo aplicadas na área e, assim, orientar os

produtores rurais a evitarem novas ocupações nas áreas mais vulneráveis, priorizando sua recuperação e preservação.

Nas áreas onde o grau de vulnerabilidade torna-se mais evidente, recomenda-se a diminuição do desmatamento, o reflorestamento das matas ciliares, além da implantação de projetos voltados a planos de manejo sustentável, que visem a recuperação das áreas próximas as nascentes e as vertentes com declividades mais acentuadas.

As áreas de remanescentes florestais destacadas no mapa de vegetação e uso do solo, é muito baixa, cerca de 10,07% da área da bacia. Propõe-se a elaboração de estudo para identificação das propriedades onde se inserem estas áreas de mata, de forma a que as mesmas sejam utilizadas como áreas de reserva legal das propriedades rurais, no caso das que ainda não as tenham. O mapa elaborado nesta pesquisa poderá contribuir em estudo desta natureza por apresentar, de forma georreferenciada, as áreas mais expressivas de ocorrência das matas.

O trecho da bacia que recobre maior área do reservatório Gramame-Mamuaba encontra-se nos municípios de Santa Rita e Alhandra, e a confluência do reservatório encontra-se no município de Alhandra. O uso do solo em suas margens é basicamente de plantio de cana-de-açúcar e pastagens, inexistindo qualquer tipo de mata de proteção do reservatório. Recomendam-se projetos de recuperação das matas de proteção do reservatório de forma que se cumpra o Código Florestal Lei nº 4.771, (BRASIL, 1965) e as Resoluções do CONAMA 302/02 e 303/02 (BRASIL, 2002a, 2002b), que estabelecem os recuos mínimos para o uso do solo nas áreas próximas a reservatórios, rios e nascentes.

As áreas de mata são de fundamental importância para o manejo sustentável da bacia que abastece o reservatório Gramame-Mamuaba. Entretanto observou-se que a monocultura tem avançado, alcançando as margens dos rios, não obedecendo aos recuos que a legislação ambiental determina para faixas marginais de proteção de rios, lagos, lagoas e reservatórios de água .

A metodologia e ferramentas de análise espacial utilizadas na confecção do mapa de vulnerabilidade da área de estudo apresentaram um resultado bastante satisfatório no que se refere ao produto final. Destaca-se a importância da utilização de SIG, nestes tipos de estudo, principalmente na facilidade e precisão na confecção dos mapas temáticos e na álgebra de mapas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. A. C. **Calcários recifais eocênicos da Formação Maria Farinha na sub-bacia Alhandra, Paraíba: aspectos taxionômicos, paleoecológicos, paleoambientais e estratigráficos.** 2000. Dissertação (Mestrado)- Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

ARAÚJO, M. E., **Estudo geomorfológico do extremo sul do litoral da Paraíba.** Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociência – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 1993.

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A Management Perspective.** WDL Publication, Ottawa, 1989

BARBOSA, C. C. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** São José dos Campos. 152p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M.; LIMA FILHO, M. F.; NEUMANN, V. H. **A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração.** Estudos Geológicos CTG/UFPE, Recife, v. 13, p. 89-108, 2004.

BRASIL. Decreto Federal **n.º 24.643**, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas

BRASIL. **Lei n.º 4.771**, de 15 de setembro de 1965. Dispõe sobre o Código Florestal brasileiro.

BRASIL. **Lei n.º 5.197**, de 03 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.

BRASIL. **Lei n.º 6.938**, de 31 de agosto de 1998. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei n.º 7.803**, de 18 de julho de 1989. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL. **Lei n.º 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Folhas: Santa Rita, Cruz do Espírito Santo, Conde, Rio Mumbaba, São Miguel de Taipu, Pedras de Fogo e Ferreiros**, Recife: SUDENE, 1974. Escala 1: 25.000

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 302**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno (2002a).

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 303**, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (2002b).

BERTALLANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Rio de Janeiro, Editora Vozes, 1973, 351p.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global – esboço metodológico**. Caderno de Ciência da Terra 13. São Paulo: Universidade de São Paulo – Instituto de Geografia, 1972, 1-36

CÂMARA, G. et al. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E.D. SANO, E.E. **Sistemas de Informações Geográficas, aplicações na agricultura**, 2 ed, Brasília, EMBRAPA-SPI/ EMBRAPA-CPAC, 1998

CHORLEY, R. J. **Geomorphology and General Systems Theory**. US. Geological Survey Professional Paper, vol. 500-B, 1962, pp. 1-10

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Diagnóstico dos municípios de Alhandra/ Pedras de Fogo/ Santa Rita, Estado da Paraíba/ Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Franklin de Moraes, Vanildo Almeida Mendes, Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. de; AZEVEDO, L. G.; Duarte, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P. ; FLORENZANO, 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: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, jun. 2001. 113p (INPE-8454-RPQ/722).

DOLFUSS, O. **O espaço geográfico**. São Paulo. Difusão Européia do Livro, 1972.

EGLER, G. A. C. et al. **Atlas Geográfico do Estado da Paraíba**. João Pessoa. GRAFSET, 1985.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro; Brasília : Embrapa - Produção de Informação, 1999.

FEIJÓ, F. J. **Bacia de Pernambuco-Paraíba**. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, v 8, n. 1, p. 143-147, jan./mar. 1994.

FURRIER, M. **Caracterização geomorfológica e do meio físico da folha João Pessoa - 1:100.000**. 2007. 213P. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia, FFLCH, Universidade de São Paulo, 2007.

GOMES, A. R. **Análise da vulnerabilidade à perda de solo em ambiente semi-árido utilizando Sensoriamento Remoto e geoprocessamento: área-piloto de Parnamirim – PE**. 2000. 160p. (INPE-12295-TDI/987). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005. Disponível na biblioteca digital URLib:<<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-sid.inpe.br/iris@1913/2005/04.14.17.01>> Acesso em: 19 de março de 2008.

GOPINATH, T. R.; COSTA, C. R. S.; JÚNIOR, M. A. S. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15., 1993. Natal. **Atas...** Natal: SBG/ Núcleo Nordeste, v. 1, p. 47-48, 1993.

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil. 1997.

IBGE, **Malha Municipal Digital do Brasil** – 2000.

LEAL E SÁ, L. T. **Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-Pe e João Pessoa-Pb**. 1998. 127f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Texto, 2002. 178p.

LIMA, E. R. V. ; MOREIRA, E. R. F. . **Expansão canavieira e transformações no espaço agrário do município de Santa Rita: o caso do Núcleo de Urbanização Rural de Lerolândia**. Cadernos do LOGEPA Série Monografia, João Pessoa/PB, v. 01, p. 02-34, 2002.

MABESOONE, J. M.; ALHEIROS, M. M. Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte - base estrutural. **Estudos Geológicos UFPE**, série B, Recife, v. 10, p.33-44, 1991.

MELO, R. D. **Geossistemas: Sistemas Territoriais Naturais**. Belo Horizonte. Notas de aulas, 1995.

MOREIRA, E.; TARGINO, I. **Capítulos de geografia agrária da Paraíba**. João Pessoa: Ed. UFPB, 1997. 332p.

MIRANDA, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas** – EMBRAPA Informação Tecnológica. Brasília, DF. 425p. 2005.

NEVES, S. M. **Análise geo-ambiental do litoral sul da Paraíba: Pitimbú- Caapora**.- Dissertação (Mestrado). Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1993.

PARAÍBA. SUDEMA. **Atualização do diagnóstico florestal do Estado da Paraíba**. João Pessoa: SUDEMA, 2004. 268p. 40 mapas.

PALMEIRA, A. F. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas à gestão do território do Município de Paragominas** (Estado do Pará). 2004. 270p. (INPE-12910-TDI/1012). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004. Disponível na biblioteca digital URL: <<http://mtc-m17.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/jeferson/2004/04.02.16.08> > Acesso em 19 de março de 2008.

PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**, T.A. Queiroz Editor, Editora da USP, São Paulo, 1983

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, MG: Ed. Do Autor, 2000.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo, Contexto, 2005

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo, HUCITEC, 1988.

SANTOS, M. **A Natureza do espaço**. São Paulo, HUCITEC, 1996.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo, Oficina De Textos, 2004.

SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. Governo do Estado da Paraíba. Plano **diretor de recursos hídricos da Bacia do rio Gramame**. V.1, UFPB: SCIENTEC, 2000.



SOUSA, C.J.S. **Carta de vulnerabilidade à erosão como subsídio ao zoneamento ecológico-econômico em área intensamente antropizada**. 172p. (INPE-7030-TDI/662). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. **Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas**. Métodos em questão, 16, IGEOG-USP, São Paulo, 1977.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio jaguari-mirim, ribeirão do quartel e ribeirão da prata**. São Paulo, 2001. 159 f. Tese (Doutorado) Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-10102007-145640/>> Acessado em: 14/10/2007

SUERTEGARAY, A. M. D. **Espaço geográfico uno e múltiplo**. Scripta Nova, 2001. 22p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, FIBGE, 97p, 1977

## ANEXO – CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE SOLO IDENTIFICADOS NA ÁREA DE ESTUDO

### **LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO *textura média***

Esta classe compreende solos com horizonte B latossólico (tal como foi definido por Bennema, J. e Camargo, M. N.(1964), não hidromórfico, com baixa soma de bases trocáveis (valor S) e capacidade de troca de cátions (valor T), apresentando saturação de bases (valor V%) sempre baixa, inferior a 35% no horizonte B<sub>2</sub> e textura média (teor da argila no horizonte B entre 15 e 35%).

São solos muito profundos, muito porosos, acentuadamente ou fortemente drenados, friáveis ou muito friáveis e têm como importante característica, a ausência de cerosidade, devido à pequena mobilidade da fração argila. São extremamente intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argilas do grupo 1:1 (normalmente caulinita) na fração mineral coloidal. Apresentam horizonte A fraco ou moderado.

Estes solos ocorrem na metade sul da Zona Úmida Costeira, associados com outras unidades, desenvolvidos sobre sedimentos do grupo Barreiras.

Predomina nas áreas de ocorrência destes solos, relevo plano, com altitudes entre 40 e 50 m da Zona Úmida Costeira.

Estes solos ocorrem sob vegetação de cerrado e com menos frequência sob floresta subperenifólia. São também comuns nas áreas cobertas por formações de transição entre floresta subperenifólia e cerrado.

Na bacia Gramame - Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

- Lvd - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia/ cerrado, relevo plano.

### **PODZÓLICO VERMELHO AMARELO *orto***

Esta unidade é constituída por solos em horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, ou seja, valor T (capacidade de troca de cátions) para 100 g/argila, após correção para carbono, menor que 24 me/100 g. São solos ácidos, de baixa saturação de bases, saturação com alumínio geralmente superior a 50% e que apresentam no horizonte B<sub>t</sub> películas de materiais coloidais (cerosidade) revestindo os elementos estruturais.

Apresentam perfis profundos, com espessura variando de 150 a 250 cm e bem diferenciados. Estes solos apresentam baixa fertilidade natural, são moderadamente a bem drenados, desenvolvidos a partir de rochas do Pré-Cambriano (CD). Na área da bacia, estes solos apresentam normalmente, um processo erosivo do tipo laminar de grau moderado.

Os resquícios de vegetação que ainda ocorrem sobre estes solos, relaciona-se com floresta subperenifólia.

Na bacia hidrográfica do Rio Gramame, esta classe taxonômica, foi mapeada e definida por cinco unidades de mapeamento:

- PV1 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, abrupício, com fragipan, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo plano.
- PV2 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, abrupício, plínthico, com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, com fragipan, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado.
- PV3 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Tb, variação acinzentada, com fragipan, com A moderado, textura argilosa + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado, de relevo plano.
- PV4 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, latossólico, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase floresta subperenifólia/ cerrado, relevo Plano + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado e relevo plano.
- PV5 - Associação de PODZÓLICO VERMELHO ÁLICO Tb, variação acinzentada, abrupício, com fragipan, com A moderado, textura média + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb, com fragipan, com A moderado, textura média + PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado de relevo plano.

### **PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO**

São solos com horizonte B textural não hidromórfico, argila de atividade baixa, ou seja capacidade de troca de cátions, menor que 24 mE/100g de argila (após correção do carbono). Estes solos diferenciam-se da classe Podzólico Vermelho Amarelo orto,

essencialmente por apresentar saturação de bases (valor “V”%) acima de 35% no horizonte “B2t”. Estes solos apresentam baixa saturação com alumínio.

Na bacia Gramame - Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada e definida por três unidades de mapeamento:

- PE1 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo suave ondulado.
- PE2 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado.
- PE3 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb, com A proeminente, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia, relevo ondulado, substrato gnaiss e granito.

### **PODZOL HIDROMÓRFICO**

Esta classe compreendendo solos minerais, podendo ser hidromórficos ou não, caracterizado com por um horizonte “B” podzol (spodic horizon), do tipo iluvial, apresentando acumulação de carbono orgânico e/ou sesquióxidos livres (principalmente ferro), precedido de um horizonte “E” alvíco.

São solos muito arenosos, bem diferenciados, profundos, ácidos, com saturação de bases muito baixa e alta saturação com alumínio.

Estes solos são desenvolvidos sobre sedimentos arenosos do Grupo Barreiras, referidos ao Terciário e sobre sedimentos arenosos quartzosos marinhos da Baixada Litorânea, referidas ao Holoceno. Em ambos os casos o relevo geralmente é plano ou com pequenas ondulações e depressões, havendo sobre os Baixos Platôs Costeiros ocorrência de relevo suave ondulado. As altitudes variam de 5 m, na planície litorânea, a 80 ou 100 m, nos Baixos Platôs Costeiros mais afastados do litoral.

As formações vegetais encontradas freqüentemente sobre estes solos são cerrados arbóreo-arbustivos, campos de restinga e floresta perenifólia de restinga.

Na bacia Gramame - Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

- HP1 - PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado de relevo plano.

- HP2 - Associação de PODZOL HIDROMÓRFICO, fase cerrado, relevo plano + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO, com A moderado, textura média, fase cerrado, relevo plano.

### **SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS textura indiscriminada.**

Esta unidade é constituída por solos pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais, que apresentam apenas um horizonte superficial - A ou A<sub>p</sub> - diferenciado, ao qual seguem-se camadas estratificadas (IIC, IIIC, IVC, ...), sem relação genética entre si, normalmente. Há casos em que pode-se verificar o início de formação de um horizonte B.

Possuem argila de atividade alta, saturação com alumínio praticamente inexistente e alta saturação de bases.

São solos de fertilidade natural alta, pouco profundos ou profundos, moderadamente ácidos e/ou moderadamente alcalinos nas camadas inferiores, sem problemas de erosão, apresentando drenagem moderada ou imperfeita.

As áreas de ocorrência desta unidade são referidas ao Holoceno. O material originário é constituído por sedimentos aluviais ou colúvio - aluviais, não consolidados, de natureza variada, formando camadas estratificadas, sobrepostas, sem disposição preferencial de estratos.

Ocupam normalmente as partes de cotas mais baixas da região onde ocorrem, em relevo plano ou com ondulações muito suaves. As declividades variam de 0 a 3%. Os solos aluviais mapeados na Baixada Litorânea tem altitudes em torno de 10 metros.

Na bacia Gramame - Mamuaba, esta classe taxonômica, foi mapeada apenas por uma unidade de mapeamento:

- Ae - ALUVISSOLOS EUTRÓFICOS Ta, textura indiscriminada, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.