

**ALESSANDRA OLIVEIRA GHEZZI**

**AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA  
DO RIO XAXIM, BAIA DE ANTONINA – PR, COM O AUXÍLIO DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Projeto de Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do  
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor  
de Ciências Agrárias da Universidade Federal do  
Paraná

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Celina Wisniewski

Colaborador: Prof<sup>o</sup> Msc. Hideo Araki

**CURITIBA  
SETEMBRO/2003**

**ALESSANDRA OLIVEIRA GHEZZI**

**AVALIAÇÃO E MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA  
DO RIO XAXIM, BAIA DE ANTONINA – PR, COM O AUXÍLIO DE  
GEOPROCESSAMENTO**

Projeto de Dissertação de Mestrado do  
Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do  
Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor  
de Ciências Agrárias da Universidade Federal do  
Paraná

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Celina Wisniewski

Colaborador: Prof<sup>o</sup> Msc. Hideo Araki

**CURITIBA  
SETEMBRO/2003**

*“O rio atinge seus objetivos porque aprendeu a contornar obstáculos” Lao-Tsé*

## ***Agradecimentos***

*A Deus pela força, esperança e vitória que hoje eu conquisto;*  
*À minha orientadora Celina Wisniewski, pela paciência e conselhos relevantes;*  
*Ao Professor Hideo Araki, meu co-orientador por toda sua ajuda e paciência;*  
*A todos da Universidade Federal do Paraná que de alguma forma contribuíram para*  
*que este trabalho fosse concluído.*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa*  
*com a qual fui contemplada nos anos de mestrado.*

***Dedicatória***

*Dedico esta dissertação ao meu marido, Jefferson, por todo amor, carinho, paciência,  
incentivo e ajuda que mesmo estando longe pode me oferecer;*

*Ao meu filho, Pedro Lucas, que chega mês que vem. Meu presente que muito me  
incentivou a prosseguir;*

*Aos meus pais, Carlos e Marilena, pelo carinho em todos os momentos de minha vida;*

*A minha família pela paciência e incentivo.*

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>2</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
2.1 GERAL .....	4
2.2 ESPECÍFICOS .....	4
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1 ESTUDO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	5
3.2 ESTUDO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	7
3.3 PLANEJAMENTO AMBIENTAL EM BACIA HIDROGRÁFICA.....	8
3.4 FERRAMENTAS UTILIZADAS NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.....	10
3.4.1 <i>Sistemas de Informações Geográficas - SIG</i> .....	10
3.4.2 <i>Geoprocessamento</i> .....	10
3.4.3 <i>Sistemas e Aplicações do Geoprocessamento</i> .....	11
3.4.4 <i>Diferença entre CAD e Geoprocessamento</i> .....	12
3.4.5 <i>O Sensoriamento Remoto</i> .....	13
3.4.6 <i>Aplicações do Sensoriamento Remoto</i> .....	15
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
4.1 DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS: .....	17
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	17
4.2.1 <i>Localização</i> .....	17
4.2.2 <i>Clima</i> .....	18
4.2.3 <i>Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Rio Xaxim: ....</i>	19
4.2.4 <i>Solos e Vegetação</i> .....	20
4.3 LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES CARTOGRÁFICAS.....	22
4.3.1 <i>Carta base:</i> .....	22
4.3.2 <i>Mapa de declividade:</i> .....	23
4.3.3 <i>Mapa de Solos:</i> .....	23
4.3.4 <i>Recorte das Imagens:</i> .....	23
4.3.5 <i>Mapa de Uso e Ocupação do Solo:</i> .....	25
4.3.6 <i>Mapas de degradação</i> .....	26

4.4	UTILIZAÇÃO DOS SOFTWARES DE APOIO AO SENSORIAMENTO REMOTO .....	27
4.4.1	<i>ENVI 3.4</i> .....	27
4.4.2	<i>MULTISPEC</i> .....	28
4.4.3	<i>ERDAS</i> .....	28
4.4.4	<i>MATLAB</i> .....	28
4.4.5	<i>Análise Multitemporal</i> .....	29
4.4.6	<i>Classificação Supervisionada</i> .....	29
4.5	TRATAMENTO DOS DADOS PARA ESTUDO DA FRAGILIDADE .....	30
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
5.1	CARTA BASE:.....	34
5.2	MAPA DE DECLIVIDADE E MODELO DE ELEVAÇÃO:.....	35
5.3	MAPA DE SOLOS .....	37
5.4	MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	39
5.5	MAPAS DE DEGRADAÇÃO.....	40
5.5.1	<i>Mapa de Declividade</i> .....	43
5.5.2	<i>Mapa de Solos</i> .....	45
5.5.3	<i>Uso e Ocupação do Solo</i> .....	45
5.6	FRAGILIDADE AMBIENTAL .....	47
5.6.1	<i>Fragilidade Potencial:</i> .....	47
5.6.2	<i>Fragilidade Emergente</i> .....	48
5.6.3	<i>Fragilidade Ambiental</i> .....	49
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>
8.1	ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO MATLAB PARA A CONFECÇÃO DOS MAPAS DE FRAGILIDADE POTENCIAL.....	56
8.2	ROTINA DE PROGRAMAÇÃO DO MATLAB PARA A CONFECÇÃO DOS MAPAS DE FRAGILIDADE EMERGENTE .....	57

## RESUMO

O Presente estudo teve por objetivo avaliar e mapear a fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, localizada no município de Antonina, estado do Paraná, com o auxílio do Geoprocessamento. A Bacia possui 56,20 Km<sup>2</sup> e foi avaliada conforme a metodologia de ROSS (1997). Os resultados indicam que na bacia do rio Xaxim, predominam as classes de fragilidade potencial média e baixa, em função principalmente da declividade, e classes de fragilidade emergente média e baixa em função principalmente da declividade e solos. Desta forma, concluiu-se que a fragilidade ambiental da bacia do Rio Xaxim pode ser classificada como sendo baixa, observando-se que devem ser realizados monitoramentos para que esta classe seja mantida ou ainda reclassificada futuramente para a fragilidade mais baixa. A metodologia utilizada atendeu às expectativas salvo alterações de inclusão da área de mangue em uma classe de fragilidade à parte, uma vez que a metodologia não contempla uma classe de fragilidade para esta área. O Material cartográfico gerado atendeu às necessidades da pesquisa e demonstrou ser de fácil interpretação.



## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Segundo GUERRA (1999), o conceito de bacia está fortemente relacionado aos projetos de planejamento e conservação ambiental. Neste contexto, é importante analisar os aspectos físicos da bacia, que se apresentam extremamente relevantes, além da maneira como foi conduzida a ocupação da área, com o objetivo de buscar os fatores que marcam o comportamento da bacia, sua fragilidade e o grau de degradação em que se encontra o ambiente, assim como possíveis medidas para a prevenção da degradação, ou correções a serem efetuadas, com o objetivo de reconstituir o ambiente.

Identificar a fragilidade ambiental de uma bacia significa avaliar, primeiramente através de análises isoladas de indicadores dos aspectos físicos relevantes do ambiente em estudo, e posteriores cruzamentos destes, a intensidade com que este ambiente pode ser explorado sem prejudicar sua dinâmica e seu equilíbrio, levando em consideração as limitações a ele impostas através das componentes naturais e antrópicas.

A necessidade de se executar um mapeamento da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas vem de encontro com princípios de conservação e desenvolvimento sustentável, uma vez que ambos propõem a utilização do meio de maneira a conservar suas características.

O Litoral Paranaense, é um dos menores litorais de todos os estados brasileiros. São cerca de 600 mil hectares de ambientes terrestres e marinhos, que incluem 300 mil hectares de floresta que representam a maior área contínua de mata atlântica em bom estado de preservação da costa brasileira.

A bacia do Rio Xaxim, no município de Antonina, vem sofrendo atividades antrópicas relacionadas principalmente à agricultura, desde a década de 80, o que interfere diretamente na sua dinâmica natural. Este fato pode ocasionar desequilíbrios ambientais, desencadeando processos de degradação dos solos e águas entre outros fatores. Estes processos acabam por interferir direta ou indiretamente nas questões econômicas e sociais das populações locais.

Assim, justifica-se o presente trabalho pelo fato de o estudo da fragilidade ambiental fornecer ferramentas que indicam possibilidades de utilização do solo de forma que venha a suprir as necessidades das populações locais de maneira sustentável, evitando a degradação do ambiente.

## **2 OBJETIVOS**

### 2.1 Geral

Identificar as áreas de maior e menor fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, tendo como finalidade observar a situação real do ambiente de estudo, buscando promover a adequação dos usos às suas diversas características.

### 2.2 Específicos

Gerar mapas temáticos e a partir do cruzamento destes obter os mapas de fragilidade potencial e emergente da bacia do rio Xaxim, utilizando a metodologia proposta por ROSS (1997);

A partir da análise temporal das imagens da bacia, gerar mapas de degradação ambiental, correlacionados com os mapas de fragilidade;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo CHRISTOFOLETTI (1999) “Os modelos para a análise da funcionalidade dos sistemas procuram focalizar os fluxos de matéria e energia, as características dos processos atuantes e os mecanismos de retroalimentação, assim cõo a interação entre a morfologia e a dinâmica dos sistemas a fim de salientar o entrosamento entre formas-processos”.

A questão sobre modelagem em sistemas ambientais consiste em observar os fenômenos de interesse do cientista, explicitando a análise e a modelagem dos componentes dos sistemas, expondo aspectos dos objetos estudados, finalizando o estudo visualizando a concepção integrada do conjunto (TRUDGILL, 1998 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999). Cabe ressaltar que “para a análise sistêmica é fundamental que haja a compreensão do aninhamento hierárquico de todo o sistema, em suas grandezas espaciais e funcionais” (CHRSTOFOLETTI, 1999).

#### 3.1 Estudo de Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas constituem-se em instrumentos de grande interesse científico, em virtude da riqueza de informações que delas podem ser extraídas. Através de estudos em seu interior, podem ser observados diversos aspectos indicadores, como sua forma, grau de conservação e possibilidades de sua exploração pelo homem, tornando-a um excelente objeto para desenvolver projetos relacionados ao planejamento ambiental.

Segundo GUERRA (1978), “bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais se verifica a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado - os rios. A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d’água, cursos d’água principais, afluentes, subafluentes, etc.”

De acordo com NETO (1994), citado por GHEZZI & SANTOS (1999) “a área de captação do escoamento superficial que alimenta um curso de água, separada de outras bacias pelos divisores situados nas partes mais elevadas, representa a bacia hidrográfica como unidade topograficamente definida, que apresenta relações sistêmicas entre seus componentes, proporcionando os estudos de caráter hidrológico, geomorfológico, pedológico, geológico, ambiental, social, e de uso, manejo e conservação do solo”.

Para CANALI & OKA FIORI (1987), “a análise das redes de drenagem é de fundamental importância para a compreensão de um sistema ambiental, dado que a estruturação da rede de canais fluviais é resultante da interação entre elementos de natureza geológica, climatológica, topográfica e biogeográfica”.

Com diversas conceituações, pode-se identificar a bacia hidrográfica como sendo uma “unidade natural de análises da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação. As análises são geralmente efetuadas em unidades denominadas de bacias hidrográficas ou de drenagem, caracterizando uma parte da drenagem de um determinado local” (FREITAS & KERR in GUERRA, 1999).

São diversos os estudos dirigidos às bacias hidrográficas dentre eles, CHRISTOFOLETTI (1980) afirma que “os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuíam função relevante e que a análise da rede hidrográfica pode levar à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d’água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre”.

Os principais fatores e seus efeitos funcionais na ação hidrológica das bacias podem ser vistos, segundo CANALI (1998), como: “fatores edáficos e geológicos, a cobertura vegetal, divisores de água, o tamanho da bacia, a forma da bacia, o grau de ramificação do sistema de drenagem a densidade de drenagem, a extensão média do escoamento superficial, e a erosão (geológica ou normal).”

BELTRAME (1994) indica que “no estudo dos parâmetros para diagnóstico do meio físico, com fins conservacionistas, elegem-se indicadores (parâmetros) potenciais de proteção ou degradação dos recursos naturais renováveis da bacia hidrográfica”.

Considerando tais indicadores pode-se adotar, por exemplo, características de relevo, como a declividade, as características pedológicas e de uso dos solos como relevantes para definir outros aspectos que compõem a fórmula que descreve o estado físico conservacionista da bacia. Dessa forma os parâmetros levantados, serão selecionados conforme seu potencial, buscando com isto identificar o grau de fragilidade ambiental em que se encontra a bacia hidrográfica .

### 3.2 Estudo da Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental diz respeito à susceptibilidade de dano que o meio ambiente pode sofrer, sendo, a poluição também um atributo para a fragilidade. Sendo assim, a fragilidade ambiental refere-se a áreas sensíveis a impactos ambientais, tendo baixa capacidade de recuperação.

Segundo o Dicionario de la Naturaleza (1987), a fragilidade ambiental pode ser entendida como “o grau de suscetibilidade ao dano, ante à incidência de determinadas ações. Pode definir-se também como o inverso da capacidade de absorção de possíveis alterações sem que haja perda de qualidade”.

A má utilização dos recursos naturais pode levar o ambiente a reagir de forma bastante rápida iniciando processos de degradação do espaço ao qual pertença. Nestes casos o planejamento ambiental deve ser visto como sendo de extrema importância no sentido de buscar soluções que tragam parte ou totalidade de equilíbrio ao meio degradado.

Os estudos de diagnóstico dentro do planejamento ambiental devem ser conduzidos de forma que se consigam englobar todas as causas e todos os acontecimentos geradores de determinada situação. Neste contexto, ROSS (1997) afirma que “a Geografia como um todo e a geomorfologia especificamente, são de virtual importância no trabalho de investigar e analisar o quadro ambiental, que é antes de mais nada um espaço, humanizado ou não, eminentemente geográfico.”

Para GHEZZI & SANTOS (1999), é necessário que o estudo da paisagem, seja entendido como um estudo da complexidade de suas variáveis, ou seja, uma abordagem englobando diversos aspectos do meio físico e biológico, avaliando os mecanismos que

interferem nas constantes mudanças que nelas ocorrem, buscando assim efetuar a delimitação de áreas que apresentem graus de degradação, bem como sua fragilidade natural ou causada pela antropização, perfazendo o estudo de sua fragilidade ambiental.

ROSS (1994 apud SANTOS & VITTE,1998), sobre os estudos de fragilidade ambiental, afirma que “(...) neste tipo de análise, os conhecimentos relativos aos recursos naturais setORIZADOS (solos, relevo, rochas e minerais, água, clima, flora e fauna) devem ser avaliados de forma integrada, baseado no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre suas componentes físicas e bióticas”.

Indica-se através do estudo da fragilidade, a vulnerabilidade de um ambiente a algum tipo de uso ou ocupação, quer por decorrência de sua exploração, quer por fatores naturais próprios. Seu estudo tem por objetivo observar como um ambiente, que naturalmente pode apresentar graus de fragilidade, se comporta ou pode vir a se comportar com o advento da interferência antrópica.

Para SANTOS (1997), “o termo fragilidade do meio pode aparecer como ambiente de risco ou risco ambiental, o qual define-se como perigo ou possibilidade de perigo ou perda”.

Sendo assim, sob um ponto de vista ambiental, a formulação de uma carta de fragilidade ambiental auxiliaria “(...) em um diagnóstico-síntese que pode perfeitamente nortear as intervenções antrópicas futuras e corrigir as presentes. É portanto um instrumento importante no trabalho de planejamento físico territorial” (ROSS, 1991).

### 3.3 Planejamento Ambiental em Bacia Hidrográfica

No início deste século já era comum em diversos países da Europa, o uso da estratégia do planejamento buscando decisões acerca de formas alternativas de melhor utilizar os recursos disponíveis, mas a discussão central estava voltada aos terrenos urbanos e às múltiplas funções de uma cidade. Uma visão um pouco mais diferenciada de planejamento surgiu na década de 50 quando, nos Estados Unidos, a principal

preocupação girava em torno da necessidade de se avaliarem os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais (SANTOS et al, 1997).

Os anos 70 e início dos anos 80 são marcados por grandes transformações na sociedade: a conservação e preservação dos recursos naturais e o papel do homem integrado no meio passam a ter papel importante na discussão da qualidade de vida da população. Neste período, os conceitos sobre planejamento sofrem uma reformulação, onde a questão ambiental é amplamente contemplada.

Surge então, nessa época, a tendência de elaborar planejamentos ambientais regionais integrados, que se resumiam na formalização do sistema de planejamento já existente, mas onde os elementos componentes do plano eram provenientes do meio natural ou antropizado, analisados de forma interativa. No Brasil, a premissa era planejar e gerenciar através de zoneamentos ambientais, usando como unidades de planejamento as bacias hidrográficas, como apresentado na Lei no 6.938, da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), de 1981 (SANTOS et al, 1997).

A concepção de Bacia Hidrográfica como objeto de estudo, data desde a segunda metade do século XX. Muitos pesquisadores, entre as décadas de 60 a 90 chamam atenção, conforme GUERRA (1999), para “a bacia hidrográfica como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atuam na sua esculturação”. Com isto, observam-se os primeiros pensamentos voltados ao planejamento ambiental.

“O planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode minimizar, ou mesmo evitar a ocorrência de impactos ambientais decorrentes da ação antrópica indiscriminada, com o objetivo de orientar a ocupação humana, para que sejam resguardadas as áreas destinadas à preservação ambiental, tendo em vista a conservação dos recursos naturais, a forte instabilidade, fragilidade ambiental ou a alta suscetibilidade à erosão e movimentos de massa que certas porções da paisagem podem apresentar” GUERRA (1999).

Dessa maneira a bacia hidrográfica torna-se a unidade ideal para se efetuar trabalhos de planejamento de um modo geral, fornecendo subsídios para que sejam efetuados diversos estudos que se tornem necessários, como por exemplo o estudo da fragilidade ambiental.



Percebe-se, pois, que o termo planejamento ambiental é utilizado para “definir todo e qualquer projeto de planejamento de uma determinada área que leve em consideração fatores físicos-naturais e sócio-econômicos para a avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais, ainda que haja, de acordo com os objetivos e metodologias de cada projeto, certa ênfase em determinado fator” (GUERRA 1999).

### 3.4 Ferramentas Utilizadas no Planejamento Ambiental

#### 3.4.1 Sistemas de Informações Geográficas - SIG

O termo Sistema de Informações Geográficas (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. Devido a sua ampla gama de aplicações, englobando projetos nas áreas de agricultura, floresta, cartografia, entre outros, de acordo com CAMARA (1995), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:

- Como ferramenta para produção de mapas;
- Como suporte para análise espacial de fenômenos;
- Como banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Detendo uma vasta literatura sobre assunto pode-se apresentar como exemplo mais elucidativo as seguintes definições para SIG:

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF, 1989).

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 1988).

#### 3.4.2 Geoprocessamento

De acordo com CAMARA e MEDEIROS (1998), o termo Geoprocessamento denota uma disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o

tratamento de informações geográficas. Esta tecnologia, denominada geoprocessamento, tem influenciado de maneira crescente as áreas de Cartografia, análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

O Geoprocessamento, para MAXIMIANO (1996), “possibilita a automatização de trabalhos cartográficos facilitando a realização de análises complexas”.

A cartografia digital com toda a evolução que vem sofrendo vem se tornando um instrumento de grande valia tanto para as ciências da Terra quanto para outras ciências que dela necessitem em seus trabalhos, como “engenharia civil, mecânica, arquitetura, comunicação social e outras”, MAXIMIANO (1996).

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento, denominados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), surgiram há mais de três décadas e vêm se tornando ferramentas valiosas nas mais diversas áreas de conhecimento. Tais sistemas constituem um ambiente tecnológico e organizacional que ganha, cada vez mais adeptos em todo mundo.

É interessante observar que o emprego do conceito de computação para o processamento de dados geográficos reporta-se ao século passado, quando Herman Hollerith, funcionário do Bureau of Census americano, criou e empregou cartões perfurados e uma máquina tabuladora para agilizar as atividades relativas ao censo de 1890, tendo finalizado após três anos, um imenso avanço ao censo anterior (1880) que demorou 08 anos para ser completamente processado por vias convencionais (MENEGUETTE, 2002).

#### 3.4.2.1 Sistemas e Aplicações do Geoprocessamento

RODRIGUES (1988; 1990), citado em MENEGUETTE (2002) apresenta a seguinte classificação dos Sistemas de Geoprocessamento:

- sistemas aplicativos: conjuntos de programas que realizam operações associadas a atividades de projeto, análise, avaliação, planejamento, etc., em áreas tais como Transportes, Mineração, Hidrologia, Urbanismo; são sistemas voltados à representação de entes de expressão espacial e a realização de operações sobre estas

representações; visam a realização de um largo espectro de tarefas e podem ser agrupados segundo classes de sistemas voltados à entrada de dados, à saída de dados, à saída de dados e a realização de tarefas específicas; como por exemplo: projeto assistido por computador, mapeamento automatizado;

- sistemas de informações: SIG, *stricto sensu*, denota software que desempenha as funções de coleta, tratamento e apresentação de informações sobre entes de expressão espacial e sobre o contínuo espacial. SIG, *lato sensu*, denota o software; o hardware; os procedimentos de entrada e saída dos dados; fluxos de dados de fornecedores para o sistema e deste para os consumidores; normas de codificação de dados; normas de operação; pessoal técnico; etc., que desempenham as funções de coleta, tratamento e apresentação de informações.
- sistemas especialistas: sistemas computacionais que empregam o conhecimento na solução de problemas que normalmente demandariam a inteligência humana; emulam o desempenho de um especialista atuando em uma dada área do conhecimento.

#### 3.4.2.2 CAD e Geoprocessamento

Muitos problemas no uso das ferramentas de Geoprocessamento decorrem do fato de que, por inexperiência, muitos técnicos utilizam sistemas CAD como SIG (CAMARA e MEDEIROS 1998).

Desta forma é necessário identificar as diferenças entre estes dois sistemas.

O sistema CAD (Computer Aided Design) ou Projeto Assistido por Computador, de acordo com MENEGUETTE (2002), é uma tecnologia normalmente empregada pelo CAM (Computer Assisted Mapping), ou Mapeamento Assistido por Computador, para a produção de mapas como substituição ao processo cartográfico tradicional. Os dados são organizados em camadas (layers), empregadas para organizar as feições do mapa por temas (themes).

CAM pode reduzir em muito o tempo de produção de mapas e possibilitar economias de recursos financeiros quando comparado aos processos cartográficos tradicionais, tornando as atualizações mais simples e rápidas, uma vez que modifica somente o elemento selecionado sem causar alteração nos demais. CAM, entretanto, não é um sistema muito adequado para realizar análises; as relações espaciais não são definidas na estrutura de dados, requerendo processamentos especiais para a inspeção de tais relações, o que torna demorada a resposta a perguntas complexas.

Diferente do sistema CAD, uma das características básicas e gerais de um SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade, pertinência que podem se estabelecer entre objetos geográficos). Armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas que fazem um SIG se distinguir de um sistema CAD. Em grande parte das aplicações de CAD, os desenhos não possuem atributos descritivos, mas apenas propriedades gráficas, tais como cor e espessura. Já em Geoprocessamento, os dados geográficos possuem atributos, o que torna necessário prover meios de consultar, atualizar e manusear um banco de dados espaciais.

### 3.4.3 Sensoriamento Remoto

Para NOVO (1993) o Sensoriamento Remoto pode ser definido como “a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objetos sem contato físico com eles”. Em termos mais específicos, é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem a verificação *in loco*. Os sensores seriam os equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações.

No sensoriamento remoto a identificação dos objetos ou materiais é feita pelas suas características espectrais expressas nas várias bandas das imagens adquiridas por um sensor. Por sua vez, quanto maior for o número de imagens e bandas, que a complementem, maior será o volume de dados, tornando-se necessário o uso de técnicas automáticas de análise, que pela versatilidade própria dos computadores, introduz múltiplas formas de abordagem de dados (LILLESAND E KIEFER, 1987).

SLATER (1980), afirma que os sistemas sensores multiespectrais são idealizados para atender a aplicações multidisciplinares. Do especialista e do usuário de sensoriamento remoto é exigido um mínimo de conhecimento sobre as propriedades físicas e químicas dos diferentes materiais que compõem a superfície do terreno, pois a informação espectral que estará contida em cada elemento de resolução do terreno (pixel), será uma integração do conjunto de propriedades destes materiais (normalmente vegetação, solo, rocha e água).

Para CURRAN (1985), o sensoriamento remoto ampliou a capacidade do homem em obter informações sobre os recursos naturais e o meio ambiente, colocando-se como mais uma ferramenta complementar para facilitar trabalhos temáticos e de levantamentos.

De acordo com CHUVIECO (1990), as principais vantagens do sensoriamento remoto, além de custo e tempo, são:

- cobertura global e periódica da superfície terrestre: as características orbitais dos satélites, permitem que os mesmos obtenham, repetidas vezes, informações de áreas inacessíveis por outros meios, como zonas polares e desérticas;
- visão panorâmica: como os sensores utilizados em sensoriamento remoto estão instalados em satélites cujas órbitas estão entre 700 e 900 km de altitude, é possível a coleta de dados de extensas áreas; por exemplo, uma imagem de satélite LANDSAT abrange em uma única cena uma área de 185 km por 185 km;
- homogeneidade na tomada dos dados: na aerofotogrametria, são necessárias várias aerofotos para abrangência de grandes áreas, que são obtidas num longo espaço de tempo; isto acarreta condições e situações diferentes na aquisição de cada foto (como diferentes condições atmosféricas e diferente iluminação - áreas de sombras); em contrapartida, uma imagem de satélite é obtida por um único sensor, num curto espaço de tempo e abrangendo uma grande área da superfície;
- informação de regiões não visíveis do espectro eletromagnético: como os sensores ótico-eletrônicos utilizados no sensoriamento remoto são sensíveis a mais bandas do espectro eletromagnético (infravermelho

médio e termal, microondas) do que as detectadas pelas fotografias convencionais, as imagens deles provenientes proporcionam valiosas informações para estudos de meio ambiente, registrando informações imperceptíveis ao olho humano;

- formato digital das imagens: agiliza o processamento e tratamento das imagens, reduzindo custos, além de permitir uma integração dos resultados com a cartografia, por exemplo, na produção de mapas temáticos – cartografia temática.

NOVO (1989), indica que as principais vantagens que justificam os programas de sensoriamento remoto orbital são as seguintes: estímulo às pesquisas multidisciplinares; informações de áreas de difícil acesso; universalização dos dados e das técnicas de tratamento e análise de dados digitais; facilidade do recobrimento de grandes áreas (visão sinóptica); cobertura repetitiva com mesma hora local; grande quantidade de dados pontuais, sobre uma mesma área; transferência de dados Satélite/Terra em tempo real; e o aspecto multiespectral, isto é, a capacidade dos sistemas sensores gerarem produtos em diferentes faixas espectrais, tornando possível o estudo e análise de diferentes elementos, os quais são identificados em determinadas faixas do espectro eletromagnético.

#### 3.4.3.1 Aplicações do Sensoriamento Remoto

São diversas as utilidades que o Sensoriamento demonstra ter na área de avaliação do meio ambiente. De acordo com NOVO (1989), pode-se citar as seguintes aplicações:

Na área da agricultura, as aplicações de Sensoriamento Remoto podem relacionar-se às atividades de levantamentos e caracterização dos solos e mapeamento de culturas;

Na área da Geografia, as principais aplicações concentram-se na utilização de informações para monitoramento do uso da terra (rural e urbana) e para monitoramento de processos geomorfológicos;

Em arqueologia, as técnicas de Sensoriamento Remoto podem ser utilizadas não só como ferramenta e identificação de novos sítios arqueológicos, como também como fonte de dados para o planejamento de sistemas de amostragem, para a aquisição de medidas de estruturas arqueológicas e, principalmente, para o estudo das relações entre o ambiente e o conteúdo cultural de um dado sítio;

Na avaliação de recursos hídricos, os dados do Sensoriamento Remoto permitem estender informações pontuais para um contexto espacial mais amplo e fornecem subsídios para uma distribuição racional de pontos de coleta de dados hidrológicos;

Em Geomorfologia Ambiental, área que mais se beneficia da tecnologia do Sensoriamento Remoto, associando-se a informação orbital, com a de fotografias aéreas, tem-se uma aplicabilidade relacionada à mapeamentos de formas de relevo, construção de informações base para lançamento de novas informações e interpretação geomorfológica completa;

Na Geologia, as aplicações estão relacionadas ao mapeamento geológico e à pesquisa mineral.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Desenvolvimento dos trabalhos:

O trabalho, foi desenvolvido de acordo com o modelo descrito por MAXIMIANO (1996):

- I. caracterização da área de estudo;
- II. levantamento das informações cartográficas como carta topográfica, mapa de solos e de uso dos solos;
- III. Com o auxílio da carta topográfica, delimitou-se a Bacia do Rio Xaxim, posteriormente esta carta foi escanerizada, e foram digitalizados os aspectos físicos referentes à hidrografia e curvas de nível;
- IV. O mapa base digitalizado, foi transportado para os seguintes softwares: ENVI 3.4, MULTISPEC, ERDAS e MATLAB, onde foram geoprocessados os mapas de declividade, solos, uso do solo e degradação; através da classificação supervisionada; a análise multitemporal, e posteriormente os mapas de fragilidade propriamente ditos.
- V. O mapa de fragilidade potencial foi gerado a partir do cruzamento dos mapas de declividade e solos, no software MATLAB.
- VI. Para o mapa de fragilidade emergente foram utilizados os mapas de fragilidade potencial e de uso do solo, utilizando os mesmos procedimentos e software utilizados na geração do mapa de fragilidade potencial.

### 4.2 Caracterização da área de estudo

#### 4.2.1 Localização

O presente estudo foi realizado na bacia do rio Xaxim, integrante da baía de Antonina, Paraná (FIGURA 1). De acordo com GHEZZI e FERRETTI, (2000), a área em estudo, está situada na porção leste do litoral paranaense, compreendendo as cartas



topográficas de Morretes ( FOLHA SG.22-X-DII-3/ MI-2843-3 ) e Antonina (FOLHA SG. 22-X-D-II-3/ MI-2843-4 ), na escala 1: 50.000 ( FONTE IBGE ). Entre as coordenadas geográficas  $48^{\circ}50'56''$  W e  $25^{\circ}20'9,7''$  S,  $48^{\circ}45'58''$  W e  $25^{\circ}25'40''$  S.

Os limites apresentados são: ao Norte e Oeste a Serra dos Órgãos, a Leste a Bacia de Antonina e ao Sul a rodovia estadual PR-408.

A Bacia do Rio Xaxim, tendo uma área de 56,20 Km<sup>2</sup>, está inserida no município de Antonina, fazendo divisa com os municípios de Morretes e Campina Grande do Sul.

O trabalho foi realizado apenas em laboratório, não sendo realizadas visitas a campo.



FIGURA 1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM

#### 4.2.2 Clima

O Clima da Bacia pode ser classificado de acordo com a Classificação de KÖEPPEN, é Cfa mesotérmico úmido sem estação seca, e com temperatura média anual superior a 18°C. As duas massas de ar atuantes são: a Tropical Atlântica (TA), fonte de

ar quente e úmido, atingindo o continente devido ao relevo característico ao longo da Costa Leste; Polar Atlântica (PA), fonte de ar frio e úmido.

#### 4.2.3 Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Rio Xaxim:

A geomorfologia da Bacia do Rio Xaxim, de acordo com GHEZZI e FERRETTI (2000) pode ser classificada em três compartimentos geomorfológicos: Serras e Morros, Planícies e Mangues.

O compartimento de Serras e Morros encontra-se principalmente à oeste, noroeste e sudoeste da área da bacia. Apresenta relevo muito elevado e acidentado, com fortes declividades, geralmente superiores a 30%.

Os divisores d'água são bem definidos e alongados. O contato das vertentes com as planícies é abrupto, quando o encontro é com as planícies aluviais e suaves, quando são com o mangue. A densidade de drenagem é elevada, nas quais os rios se encontram bem encaixados nos vales, com predomínio de erosão linear.

Neste compartimento encontram-se topos arredondados – que são tipos de topos os quais caracterizam-se por serem pontos elevados e isolados do restante do conjunto serrano localizados ao norte, centro, sudoeste e sul – e topos angulosos – os quais apresentam vertentes bem íngremes presentes na região noroeste e sudoeste.

As Planícies aluviais e de restinga possuem relevo plano a suave ondulado, com altitudes variando de 4 a 50 metros. Aparecem alguns casos de topos isolados geralmente arredondados ou alongados. A planície aluvial foi originada pelos depósitos de sedimentos que os rios eram obrigados a abandonar durante o período de maré baixa, quando grande parte da plataforma continental ficava emersa, sendo sulcada por esses rios. Apresenta contato suave com a região de mangue e, como já mencionado, abrupto com a região de Serras e Morros. Podem também ocorrer em algumas partes contato suave entre estes.

Os rios apresentam vale de fundo chato e um padrão de canal meandrante.

A região de Mangues é uma área sujeita aos fluxos e refluxos das marés. Apresenta vegetação altamente especializada, sendo um ecossistema muito importante

para o equilíbrio ecológico, pois como os rios que a formam possuem na grande maioria as nascentes em regiões serranas podem transportar muitos sedimentos para a baía provocando um assoreamento da mesma.

#### 4.2.4 Solos e Vegetação

No interior da bacia , de acordo com o mapa de levantamento de solos do Estado do Paraná realizado pela EMBRAPA-PR (1984) é possível identificar os seguintes tipos de solos: **Comentar sobre a nova classificação dos solos**

- **Ca31**: Associação Cambissolo álico Tb + Solos Litólicos álicos ambos A moderado textura argilosa fase floresta subtropical altimontana relevo montanhoso e escarpado substrato migmatitos.

Esta associação apresenta-se numa proporção estimada de 70% e 30%, respectivamente.

O primeiro componente ocorre em topografia menos declivosa, ficando a mais íngreme para o segundo componente. Predominam em superfícies de topografia muito movimentada com declives com altitude variando de 500 a 800m.

A vegetação primária sobre estes solos é do tipo floresta subtropical altimontana, comum às altas serras, onde a precipitação é elevada e a nebulosidade é uma constante durante longos períodos do dia e praticamente durante o ano todo, determinando condições de extrema umidade ambiental.

Áreas com esta associação praticamente não são utilizadas para agricultura, estando quase que inteiramente cobertas por vegetação natural ou pastagens.

Tendo em vista a baixa fertilidade natural dos solos, os graves riscos de erosão a que estão sujeitos caso a cobertura vegetal seja retirada e aos severos impedimentos ao uso de máquinas e implementos agrícolas, conclui-se que a associação como um todo é inapta para agricultura, devendo ser incentivada a preservação da flora e da fauna.

- **Ca15:** Associação Cambissolo álico Tb fase floresta tropical altimontana relevo montanhoso substrato migmatitos + Latossolo Vermelho-amarelo álico podzólico fase floresta tropical perúmida relevo forte ondulado e ondulado ambos A moderado textura argilosa.

O relevo para esta associação varia desde montanhoso, onde se encontram os Cambissolos, até fortemente ondulado e ondulado onde, predominantemente, ocorre o Latossolo Vermelho-amarelo podzólico. A altitude varia desde os 300 e 400 metros até 30 e 50 metros.

Nas áreas mais altas, a vegetação é do tipo floresta tropical altimontana e nas mais baixas, floresta tropical perúmida.

O primeiro componente da associação, por ser pouco profundo, muito susceptível à erosão, de baixa fertilidade natural e por ocorrer em relevo montanhoso, é inapto para a agricultura. O segundo componente, embora de baixa fertilidade natural, já é mais profundo e menos susceptível à erosão, podendo ser utilizado com culturas de subsistência, principalmente com culturas perenes, desde que sejam tomadas medidas de controle à erosão, correção apropriada da sua baixa fertilidade e alta toxicidade devido ao alumínio trocável. Podem, também ser utilizados com pastagem plantada.

- **Cd2:** Associação Cambissolo Distrófico Tb A moderado textura argilosa fase floresta tropical perenifilia de várzea relevo plano substrato sedimentos recentes + Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados.

Os solos desta associação encontram-se numa proporção praticamente equivalente e apesar de ocorrerem no mesmo tipo de relevo o primeiro componente é moderadamente a bem drenado e o segundo mal ou imperfeitamente drenado.

- **Pva25:** Associação Podzólico Vermelho-amarelo álico latossólico A moderado fase floresta tropical perúmida relevo ondulado e forte ondulado + Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados fase floresta tropical perenifolia de várzea relevo suave ondulado e plano ambos textura argilosa.

O primeiro componente ocorre em relevo ondulado e forte ondulado e o segundo, em relevo plano e em altitudes compreendidas entre 50 e 300 metros.

A vegetação é do tipo floresta tropical perúmida nas áreas de ocorrência do primeiro componente e tropical perenifólia de várzea nas do segundo.

Além da baixa fertilidade natural e elevada saturação por alumínio, também o relevo bastante movimentado do primeiro componente restringe em muito a sua utilização ao segundo componente, o excesso de água é o principal problema, e com a construção de canais de drenagem podem ser utilizados, desde que as deficiências de fertilidade sejam também devidamente corrigidas.

- **Pva10:** Podzólico Vermelho-amarelo álico latossólico. A moderado textura argilosa fase floresta tropical perúmida relevo ondulado e forte ondulado.

- **SM:** Solos Indiscriminados de Mangue + Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados textura argilosa fase campo subtropical de várzea relevo plano.

Ocorrem em relevo praticamente plano e as altitudes estão ao nível do mar.

O tipo de vegetação que cobre a totalidade da área é o manguezal, que se caracteriza por apresentar árvores de pequeno a médio porte, com troncos finos, folhas vibráteis e coriáceas, talófitas e hidrófitas ao mesmo tempo.

Não são usados para agricultura e estão cobertos pela vegetação natural.

#### 4.3 Levantamento das Informações Cartográficas

Para chegar-se aos mapas com as informações de fragilidade ambiental, primeiramente foi necessário confeccionar mapas temáticos específicos. São eles:

##### 4.3.1 Carta base:

A elaboração da carta base foi feita através de digitalização no sistema CAD – Computer Aided Design - do Microstation J, em sua ferramenta Descartes. A carta base consta de dados relativos à topografia, drenagem e delimitação da bacia do rio Xaxim

#### 4.3.2 Mapa de declividade:

O mapa de declividade foi confeccionado no software ERDAS a partir das informações planialtimétricas fornecidas pela carta base. A partir destas informações também foi gerado o Modelo de Elevação do Terreno onde é possível avaliar o modelado da bacia de forma mais clara.

#### 4.3.3 Mapa de Solos:

O mapa de solos foi confeccionado com base na carta de solos do Estado do Paraná realizada pela EMBRAPA (1984), e gentilmente cedido pelo Laboratório de Fotointerpretação do Depto de Solos e Eng<sup>a</sup> Agrícola do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, já em meio digital. A escala do mapa de solos foi adequada digitalmente às escalas utilizada para os demais mapas temáticos

#### 4.3.4 Recorte das Imagens:

O recorte das imagens (FIGURAS 2, 3 e 4) foi realizado a partir do ENVI 3.4, onde isolou-se a área de estudo recobrindo-as com uma máscara contendo a área da bacia. Com base nestes recortes foram gerados os mapas de uso e ocupação dos solos e de degradação da vegetação no interior da bacia.

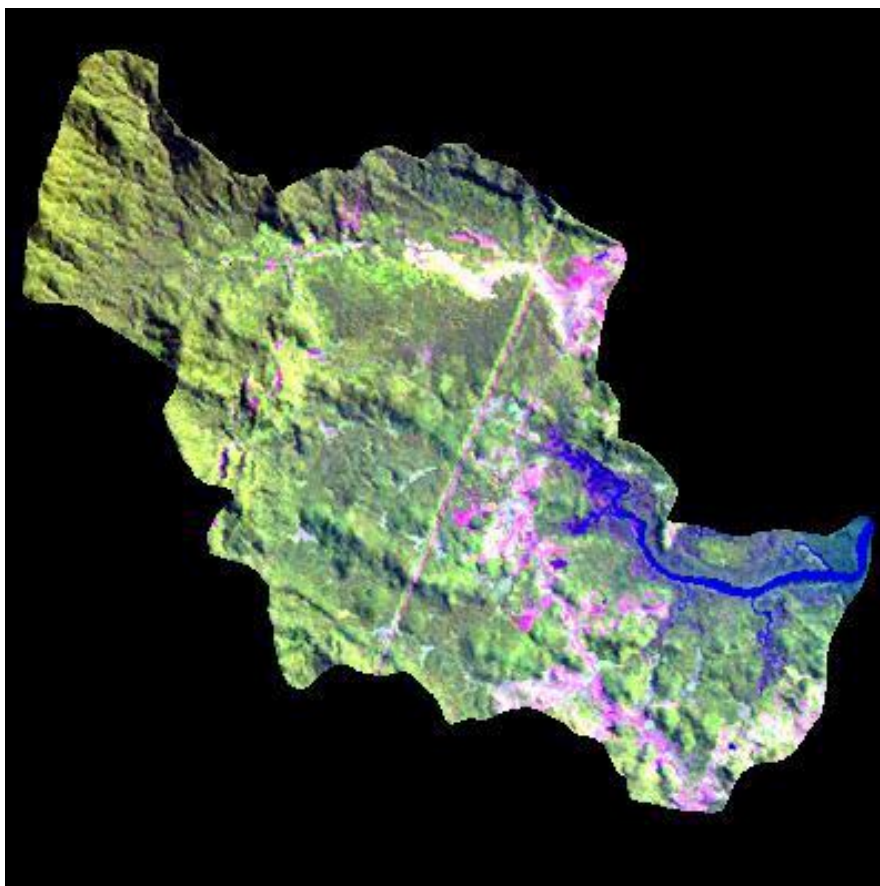


FIGURA 2 IMAGEM DE 1986 DA BACIA DO RIO XAXIM

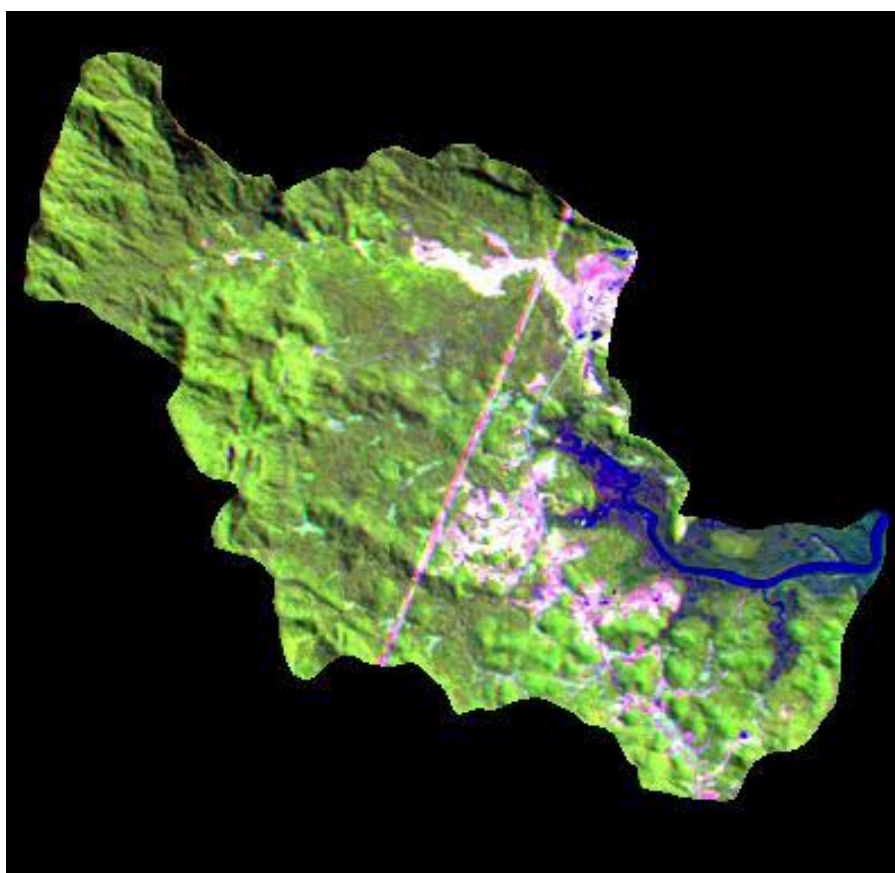


FIGURA 3 IMAGEM DE 1999 DA BACIA DO RIO XAXIM



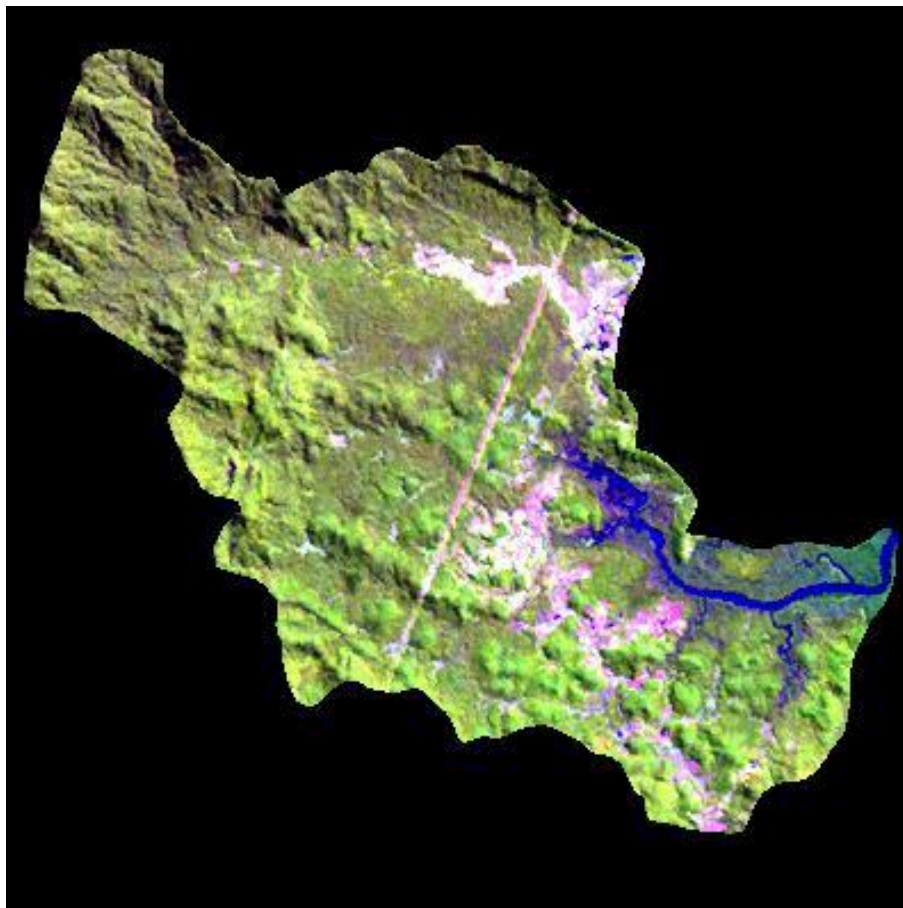


FIGURA 4 IMAGEM DE 2002 DA BACIA DO RIO XAXIM

#### 4.3.5 Mapa de Uso e Ocupação do Solo:

O mapa de Uso e Ocupação do Solo foi confeccionado a partir da imagem LANDSAT TM de 2002, bandas 3,4 e 5, tratada no ENVI 3.4 e posteriormente classificada no software MULTISPEC.

No ENVI foram realizadas as etapas de registro das imagens e no MULTISPEC a geração das classes de uso e ocupação do solo, observando a resposta espectral para cada classe identificada.

A classificação das imagens de satélites multiespectrais consiste da associação de cada pixel da imagem a um “rótulo” que descreve um objeto real (vegetação, solo, etc.). Assim, os valores numéricos associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de



cobertura da superfície terrestre imageada (água, tipo de solo, de vegetação, etc.), podendo ser chamadas de temas ou classes.

Para a confecção do mapa de uso e ocupação do solo e de fragilidade do uso e ocupação, será utilizado o mapa de degradação da vegetação para o ano de 2002.

Cruzando-se este mapa com o de fragilidade potencial da bacia, chega-se ao mapa de fragilidade emergente da bacia do rio Xaxim.

#### 4.3.6 Mapas de degradação

Degradação é o processo de transformação do meio ambiente que leva à perda de suas características positivas, e até à sua extinção. O meio ambiente foi sendo modificado através da urbanização e/ou processos de modernização. No final dos anos 60, muitas pessoas começaram a dar importância a esta transformação, compreendendo que os bens ambientais podem acabar para sempre. Seres vivos e inclusive seres humanos.

A degradação ambiental é um tema muito complexo onde envolve causas diversas, sobretudo relacionadas com o desenvolvimento econômico e social da sociedade moderna. Contudo, é necessária uma reavaliação do modelo neoliberal, pois, o consumismo e a exploração do meio ambiente para fins capitalistas compromete diretamente a possibilidade de gerações futuras não terem problemas com a questão da degradação do meio ambiente. Para isso, faz-se necessários estudos para afirmar a importância de avaliar a degradação no meio ambiente, o que no caso deste tópico trata dos mapas de degradação.

Entenda-se por mapas de degradação como mapas que indiquem áreas desprovidas de vegetação arbórea ou com solo descoberto.

Para um maior detalhamento da situação da vegetação da bacia do rio Xaxim, foram confeccionados os mapas de degradação da bacia para os anos de 1986, 1999 e 2002, com base nas imagens LANDSAT TM, bandas 3, 4 e 5, todas datadas de setembro.

Optou-se por trabalhar com as imagens de setembro pelo fato de ser um mês em que já não há influência dos meses frios sobre a vegetação ou sobre o relevo através do sombreamento das vertentes. Isso contribui para que a imagem capturada pelo sensor seja mais nítida e retrate melhor a situação do ambiente no momento de sua aquisição.

Estes mapas também foram classificados no Multispec gerando informações sobre as áreas degradadas e a situação da degradação da vegetação para cada ano observado. Observam-se nestes mapas áreas degradadas e áreas com vegetação, qualquer que seja a cobertura vegetal.

#### 4.4 Utilização dos Softwares de Apoio ao Sensoriamento Remoto

Para a pesquisa da área de estudo foram utilizadas imagens LANDSAT TM, com bandas espectrais que permitam realizar análises referentes à situação do uso e ocupação do solo do ambiente em estudo. As imagens foram processadas nos softwares ENVI 3.4, MULTISPEC, ERDAS E MATLAB.

##### 4.4.1 ENVI 3.4

Na bacia do rio Xaxim, foi realizado o registro imagem-imagem.

O registro imagem-imagem identifica na imagem uma ou mais marcas de origem e orientação, permitindo que imagens tomadas em instantes diferentes possam ser alinhadas por transformações geométricas, corrigindo distorções existentes na imagem, causadas no processo de sua formação, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma.

#### 4.4.2 MULTISPEC

MultiSpec é um sistema utilizado para processar e analisar dados multispectrais observados da imagem da terra tais como aquelas produzidas pela série de satélites LANDSAT TM, entre outros. Neste caso, são utilizadas técnicas em que o critério de decisão depende da distribuição de níveis de cinza, em vários canais espectrais (bandas das imagens).

O Multispec foi utilizado para realizar as classificações de uso e ocupação do solo e de degradação da vegetação da bacia do rio Xaxim, utilizando-se para tanto as bandas 3, 4 e 5.

#### 4.4.3 ERDAS

O ERDAS É um programa criado para analisar e interpretar imagens, como aquelas obtidas das imagens de satélite. Nele pode-se trabalhar a leitura de dados de satélite (ou radar) bem como realizar o registro de mapas de várias extensões.

Na bacia do rio Xaxim o ERDAS foi utilizado para gerar o Modelo Digital de Elevação, onde será sobreposta a imagem de 2002, tornando visível a situação da vegetação da bacia em relação à elevação do terreno em que se encontra.

#### 4.4.4 MATLAB

De acordo com Vieira (2002), o Matlab é um sistema para cálculo científico que proporciona um ambiente de fácil utilização com uma notação intuitiva mais poderosa. Permite a realização de algoritmos numéricos sobre matrizes com um mínimo de programação. Além disso, no ambiente Matlab é possível a criação e manipulação de matrizes sem a necessidade de dimensionamento prévio e a manipulação de variáveis pode ser realizada de forma interativa. O termo Matlab tem origem na junção dos termos MATrix e LABoratory.

O MATLAB foi utilizado para gerar os mapas de fragilidade Potencial e Emergente.

No MATLAB foi criada uma sequência de rotinas de programação que indicou ao software como as classes deviam ser cruzadas (ANEXOS). Neste caso foi utilizada a média aritmética, proposta por SANTOS (1997), dos valores de fragilidades encontrados para os mapas de solos e declividade. Isto fornecerá os valores dos graus de fragilidade para o mapa resultante, dando origem às classes de fragilidade potencial formadas.

#### 4.5 Análise Multitemporal

A análise multitemporal é consiste na manipulação de imagens de diferentes datas. Para que este tipo de análise possa vir a acontecer é necessário que a imagem de uma época esteja adequadamente registrada à imagem de outra época, fazendo assim, com que haja uma superposição dos pixels das cenas de ambas as épocas.

A análise multitemporal tem por finalidade identificar a situação do ambiente em diferentes épocas. Com isto é possível, por exemplo, identificar os tipos de uso e ocupação do solo, permitindo avaliar se houve regressão ou aumento das áreas de uso.

Neste trabalho foram cruzadas as informações sobre o uso do solo, utilizando-se imagens de 1986, 1999 e 2002. Para tanto foram criados 3 displays dentro do ENVI 3.4, cada um contendo três bandas, 3, 4 e 5, de cada ano carregadas em RGB.

#### 4.6 Classificação Supervisionada

A classificação de imagens apresenta-se como um processo de decisão no qual um grupo de pixels é definido como formadores de uma determinada classe.

As maneiras de se realizar uma classificação de imagens dependerá da utilização ou não de fase de treinamento onde o analista interage com o computador.

Desta forma, o método é dito não supervisionado quando o classificador não utiliza a priori nenhum conhecimento sobre as classes existentes na imagem e define automaticamente a estratificação da cena, atribuindo a cada pixel uma determinada classe. Esta abordagem é correspondente à técnica de segmentação de imagens, onde as mesmas são divididas em certas classes sem reconhecimento prévio. Neste caso, o algoritmo define estas classes com base em regras pré-selecionadas.

Já no método de classificação chamado de supervisionado há um conhecimento prévio de algumas áreas nas quais se deseje trabalhar, o que permite amostras de treinamento confiáveis. O algoritmo classificador opera com base na distribuição de probabilidade de cada classe selecionada. Isto significa dizer que o analista primeiramente treina o classificador que depois associará os demais pixels à uma determinada classe (pré-definidas) através de regras estatísticas preestabelecidas.

Dentre os diversos métodos de classificação descritos, observa-se os mais comuns são a classificação por paralelepípedo (single cell) e a classificação por máxima verossimilhança (Maximum Likelihood).

No método do paralelepípedo, a mais simples das classificações supervisionadas e de maior rapidez computacional, as “assinaturas” das classes são estabelecidas pelo exame de histogramas, que compõem os atributos espectrais individuais dos dados contidos nas amostras de treinamento. Os limites inferior e superior do histograma são identificados e utilizados para descrever a amplitude dos valores de brilho característica de cada componente temática na imagem orbital. (VENTURIERI e SANTOS, 1998).

Para o cruzamento das informações referentes à vegetação e degradação, um display foi criado, dentro do MULTISPEC, onde foram classificadas 3 classes de vegetação: Cobertura Vegetal, de qualquer espécie e com pixels de comportamento semelhantes na imagem, área de mangue e área desmatada.

#### 4.7 Tratamento dos Dados para Estudo da Fragilidade

De acordo com ROSS (1994), citado por SANTOS (1997), “o conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelo levantamento dos solos, relevo,

rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e do homem. Para a análise da fragilidade ambiental, entretanto, exige-se que estes conhecimentos setorizados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre seus componentes físicos e bióticos”.

A metodologia ora utilizada pode ser empregada através da utilização de ferramentas computacionais relativas à mapeamento (CAD) e de análise de variáveis (SIG).

O produto final é um documento cartográfico de utilidade prática para o diagnóstico e análise ambiental, bem como para subsidiar projetos de ordenamento territorial.

No decorrer do desenvolvimento da pesquisa, utilizar-se-á a proposta metodológica de ROSS (1997) com base em TRICART (1963) que afirma que os elementos de descrição do relevo são informações que devem ser retiradas das cartas topográficas.

TRICART (1977) propõe que “a paisagem seja analisada pelo seu comportamento dinâmico, partindo da identificação das unidades de paisagem”, denominadas por ele de unidades ecodinâmicas:

“O conceito de Unidades Ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de sistemas, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e fluxos de energia e matéria no meio ambiente. Portanto, é completamente distinto do ponto de vista estático do inventário. Um inventário pode ser útil para a ordenação e administração do território, mas, somente quando se trata de recursos ecológicos deve ter por objetivo a avaliação do impacto da inserção da tecnologia humana no ecossistema. Isso significa determinar a taxa aceitável de extração de recursos, sem degradação do ecossistema, ou determinar quais as medidas que devem ser tomadas para permitir uma extração mais elevada com a menor possível. Esse tipo de avaliação exige bom conhecimento do funcionamento do sistema, ou seja, dos fluxos de energia/matéria que o caracterizam. Um inventário não pode fornecê-los, exatamente como um único censo de população não permite definir a dinâmica dessa população”. (TRICART, 1977 in ROSS, 1997).

A metodologia recomenda que seja efetuada uma análise integrada dos componentes e que cada tema seja avaliado a partir de uma hierarquia de 5 classes de fragilidade, de acordo com cada tema que for desenvolvido durante a análise como solo, declividade, uso do solo, etc.

Partindo deste princípio ROSS (1997), propõe cinco classes de fragilidade de acordo com a declividade expostas a seguir na Tabela 1.

TABELA 1 FRAGILIDADE DAS CLASSES DE DECLIVIDADE

Classes de Declividade	Classes de Fragilidade
até 6%	1 – Muito Baixa
de 6 a 12%	2 – Baixa
de 12 a 20%	3 – Média
de 20 a 30%	4 – Alta
Acima de 30%	5 – Muito Alta

Fonte ROSS (1994).

Para a fragilidade ou grau de erodibilidade dos solos, ROSS (1994) agrupou as classes de solos, de acordo com a antiga Classificação de solos de 1981 como observadas no Tabela 2.

TABELA 2 FRAGILIDADE DAS CLASSES DE SOLO

Tipos de solos	Classes de Fragilidade
Latossolo roxo, Latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo textura argilosa.	1 – Muito Baixa
Latossolo amarelo e vermelho amarelo textura média/argilosa.	2 – Baixa
Latossolo vermelho amarelo, Terra roxa, Terra bruna, Podzólico vermelho amarelo textura média argilosa.	3 – Média
Podzólico vermelho amarelo textura média arenosa, Cambissolos.	4 – Alta
Podzólicos com cascalho, Litólicos e Areias Quartzozas.	5 – Muito Alta

Fonte: ROSS, 1994.

A partir de diversos trabalhos, ROSS (1997), propõe ainda que seja efetuada a classificação do grau de proteção do interior da bacia em relação à sua cobertura vegetal, desta maneira chega-se ao Tabela 3, que demonstra a capacidade de proteção do tipo de vegetação.

TABELA 3 GRAU DE PROTEÇÃO DOS TIPOS DE COBERTURA VEGETAL

Tipos de Cobertura Vegetal	Graus de Proteção
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.	1 – Muito Baixo
Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja) com solo exposto entre ruas, culturas de ciclo curto (arroz, trigo feijão, soja, milho, algodão) com cultivo em curvas de nível/terraceamento.	2 – Baixo
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas	3 – Médio
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.	4 – Alto
Florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.	5 – Muito Alto

Fonte: ROSS, 1994



Para algumas situações foi necessária a inclusão de informações à metodologia utilizada, uma vez que esta não contemplava todas as variáveis necessárias à finalização da pesquisa. Neste caso, incluiu-se a classe de fragilidade alta para as áreas de mangue no mapa de fragilidade do Uso e Ocupação.

Para as classes de fragilidade dos solos da bacia do rio Xaxim, como pela carta de solos da EMBRAPA havia muitas associações, utilizou-se um critério de proteção dos solos com base no percentual da maior classe de solo presente na associação relacionada com o que a metodologia de ROSS (1991) o qual propõe uma hierarquia na qual leva em consideração os graus de proteção do terreno, ou seja, em função do maior ou menor grau de fragilidade, face suas características físicas e minerais em relação a ação antrópica.

## **5 RESULTADOS**

Os dados analisados resultaram no material cartográfico que será apresentado a seguir:

### **5.1 Carta base:**

A carta base (FIGURA 5) foi extraída das cartas topográficas do IBGE de Morretes e Antonina, e digitalizadas no Microstation J, ferramenta Descartes, de onde foram extraídas as informações de drenagem, curvas de nível e delimitação da bacia.

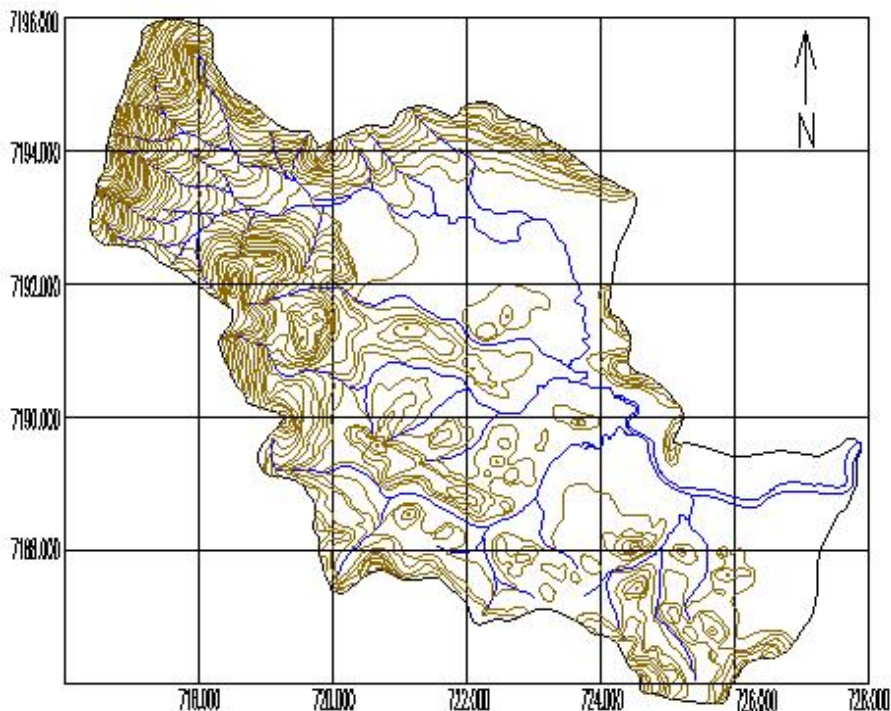


FIGURA 5 - MAPA BASE DA BACIA DO RIO XAXIM

## 5.2 Mapa de declividade e Modelo de Elevação:

O mapa de declividade (FIGURA 6) foi gerado partindo da carta base com a utilização das informações planimétricas das curvas de nível da bacia, com isso foi possível distinguir elevações e porções mais baixas do local estudado. Além do mapa de declividade apontar localidades mais e/ou menos elevadas, também foi gerado um modelo de elevação do terreno (FIGURA 7) a partir das informações planialtimétricas, com o objetivo de facilitar a identificação visual da situação de inclinação da bacia do rio Xaxim, sobreposta pela imagem do LANDSAT TM de 2002, extrapolado em 5 vezes para melhor visualização da inclinação do terreno.

O que se constatou na área é a predominância de porções mais baixas de terreno em sua formação (0 a 5% de declividade), sendo que estas, estão presentes na parte central, a centro-norte, e à leste. As áreas com maior declividade (acima de 30%)

são minorias dentro da bacia, situando-se principalmente a noroeste e norte. As outras porcentagens de declividade situam-se entre 6 e 30 por cento, estando em sua maioria, na parte noroeste da área.

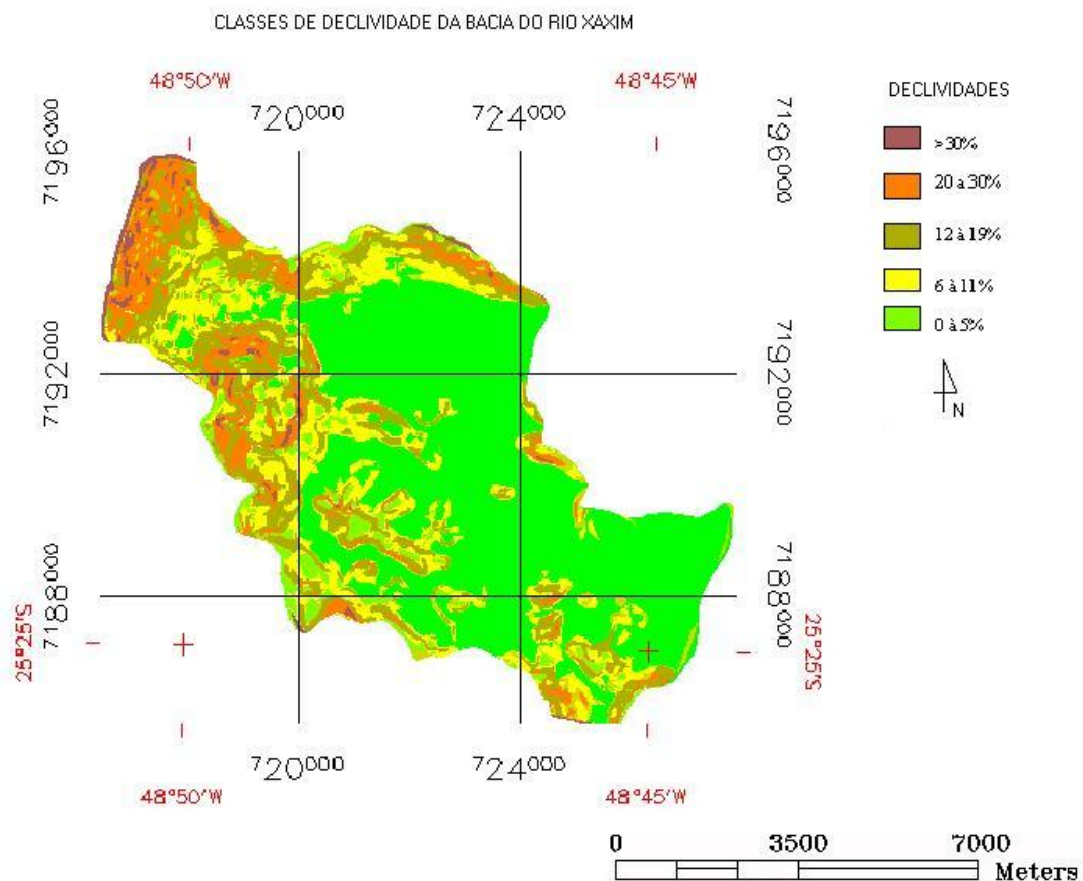


FIGURA 6 - CLASSES DE DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO XAXIM

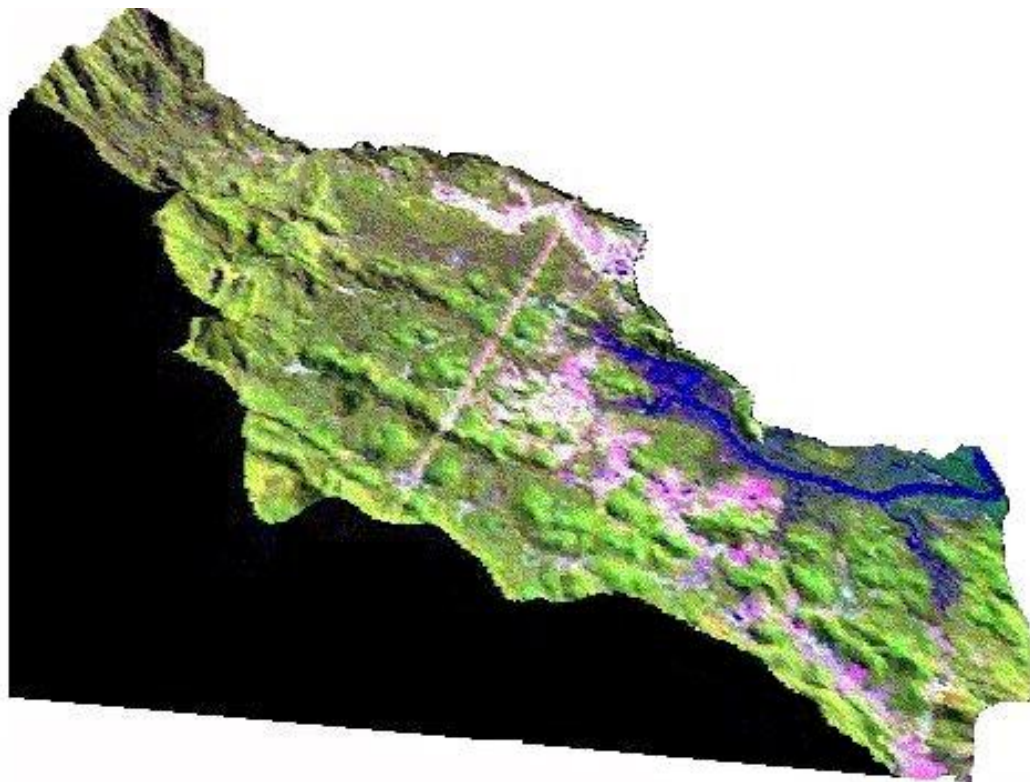


FIGURA 7 – MODELO DE ELEVAÇÃO DO TERRENO DA BACIA DO RIO XAXIM

### 5.3 Mapa de Solos

O Mapa de solos (FIGURA 8) forneceu os principais tipos de solos encontrados no interior da bacia do rio Xaxim. A partir deste mapa foi possível verificar a que classes de fragilidade cada tipo de solo pertence, com isso foi possível realizar o cruzamento destas informações com as de outros mapas.

Os tipos de solo e suas respectivas localizações na bacia são:

- Ca31 – associação cambissolo álico + solo litólico álico. Encontrado em pequena porção no noroeste da bacia;
- Ca15 – associação cambissolo álico + latossolo vermelho-amarelo álico podzólico. Na porção noroeste da bacia e uma pequena porção na parte oeste;

-Cd2 – associação cambissolo distrófico + solo hidromórfico gleizado indiscriminado. Encontra-se predominante na parte norte da bacia, possuindo pequenas porções no centro-norte e centro-oeste;

-Pva10 – podzólico vermelho-amarelo álico latossólico. Encontra-se distribuído nas partes centro-oeste, centro-sul, oeste, sul, nordeste e leste da bacia. Apesar de se encontrar em muitas partes da bacia, o solo Pva10 não é o solo predominante, apenas encontra-se bem distribuído na bacia;

-Pva25 – associação podzólico vermelho-amarelo álico latossólico + solo hidromórfico gleizado indiscriminado. Solo encontrado nas partes central, sul, sudeste e leste.

-Associação solo indiscriminado de mangue + solo hidromórfico gleizado. Encontra-se principalmente na parte leste da bacia do Rio Xaxim, possuindo pequenas porções na parte sudeste e centro-leste.

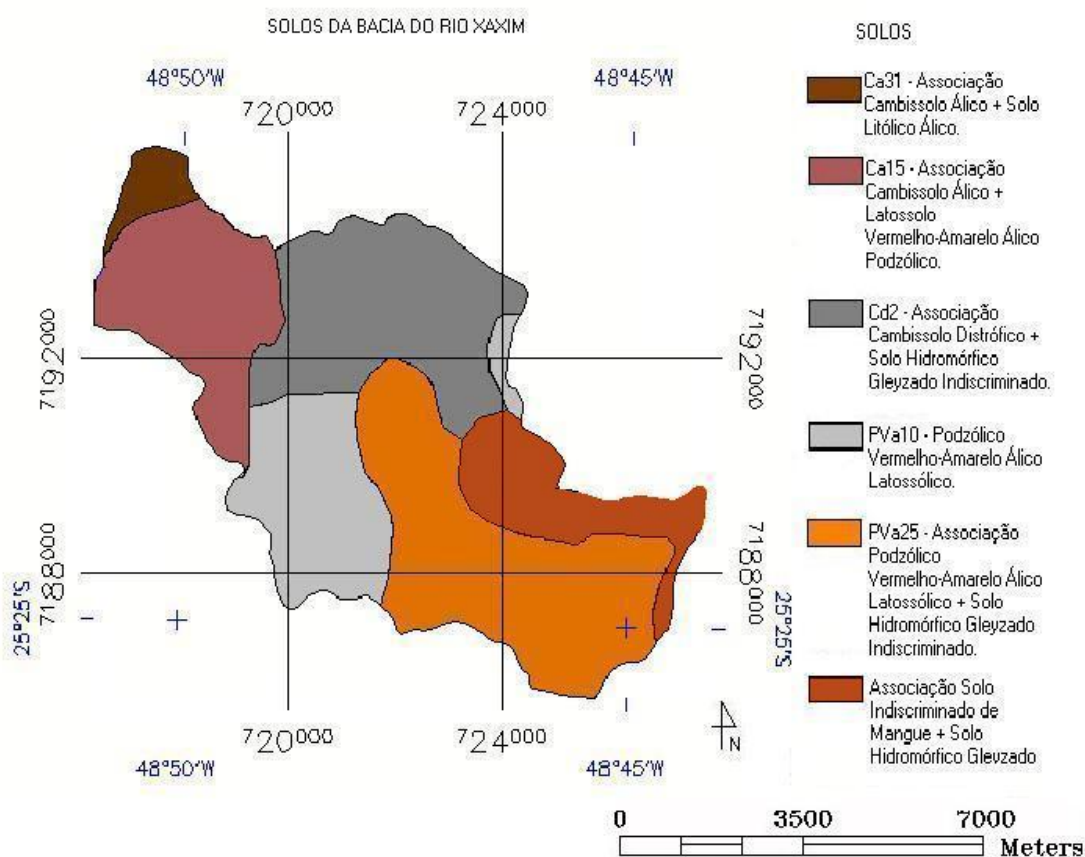


FIGURA 8 - MAPA DE SOLOS DA BACIA DO RIO XAXIM

#### 5.4 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

O mapa de uso e ocupação do solo é um ótimo auxílio para possíveis planejamentos na área. Utilizando o mapa de uso e ocupação, (FIGURA 9) foi possível identificar 3 grupos, a citar:

Área com cobertura vegetal: O classificador não fez distinção de coloração de pixels para a formação de mais de uma classe de vegetação, pois a cobertura vegetal é “(...) a projeção do verde em cartas planimétricas e pode ser identificada por meio de fotografias aéreas, sem auxílio de estereoscopia” (CAVALHEIRO *et al.* 1999). No caso deste trabalho utilizou-se, ao invés de fotografias aéreas, imagem de satélite. Porém, quando se faz o levantamento ou a distinção da cobertura vegetal dos demais usos e ocupações, não se utilizam subcategoria para separar a cobertura vegetal, a não ser que, este seja o intuito do trabalho, o que no caso não o é. Sendo assim, inclui-se neste item todo o tipo de área com vegetação, sendo estas, primária, secundária e/ou capoeira.

Área desmatada: Incluem áreas sem vegetação, com solo exposto. Estas áreas podem ter sido utilizadas para diversos tipos de uso e ocupação ou simplesmente desmatadas, não estando definidas quanto ao seu tipo de uso, com isso, foram inseridas dentro de uma mesma categoria. Isto aconteceu por não ser possível fazer uma separação de subcategorias utilizando apenas como avaliação à imagem LANDSAT TM, sendo que a nitidez das imagens não permitiu uma melhor categorização.

Área de mangue: Incluem áreas de várzeas ao longo dos rios entre os manguezais e a planície e áreas de vegetação com influência fluvio marinha na foz do rio Xaxim.

É importante ressaltar que para esta categoria ser definida, foi necessário separar das demais a vegetação que possui de alguma maneira influência fluvial, pois, do contrário, se encontraria dentro da categoria cobertura vegetal

Por se tratar de uma parte da cobertura vegetal ligada à parte fluvial, este tipo de vegetação encontra-se quase por completo na área leste da bacia (onde o rio possui forma mais volumosa), possuindo um pequeno percentual na área centro-leste e sudeste.

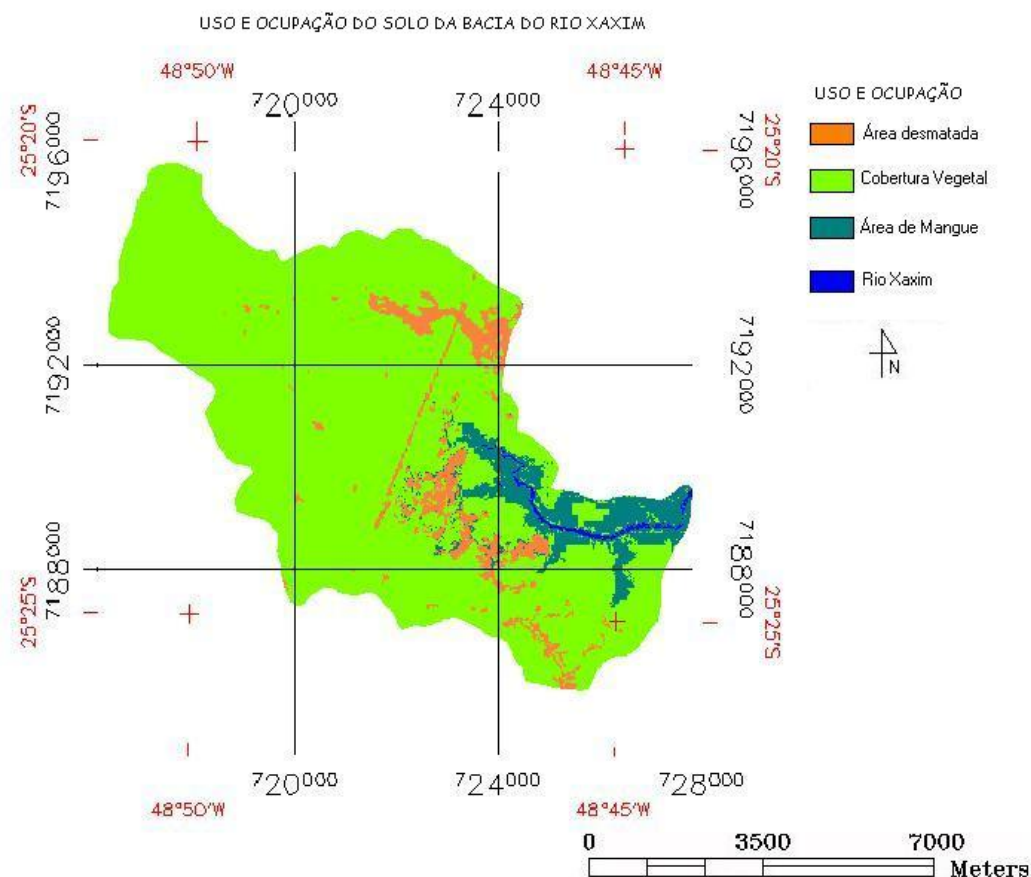


FIGURA 9 – MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM

### 5.5 Mapas de degradação

O que se pode perceber na área da bacia comparando três imagens distintas (1986/1999 e 2002) é uma regeneração do quadro de cobertura vegetal ao longo de dezesseis anos.

Propositalmente, utilizou-se uma imagem com um período relativamente longo em relação à outra (13 anos, pois, a primeira imagem é datada de 1986, enquanto a segunda é datada de 1999), e posteriormente, duas imagens com um período curto de tempo (1999/2002 - diferença de três anos).

Essa proposta se deu, pois, além de útil para a verificação e levantamento de vários fatores dentro de uma mesma área (classes de fragilidade para a declividade, classes de fragilidade dos solos, classe de fragilidade do uso e ocupação, fragilidade



potencial e fragilidade emergente), comuns em trabalhos que enfatizem a temporalidade, permite constatar a porcentagem de regeneração ou degradação também em um curto espaço de tempo, oferecendo subsídios para avaliações e resultados mais detalhados, tornando maior e mais clara a compreensão do que acontece em pequenos períodos na mesma localidade.

Os mapas de degradação (figuras 10, 11 e 12) retratam ao longo de três épocas distintas (1986/1999/2002), a situação da bacia do Rio Xaxim.

### 5.5.1 Situação em 1986 (FIGURA 10)

Em 1986, observa-se uma área de degradação da vegetação arbórea que engloba trechos ao norte, a Sul, centro-sul, sudeste, Leste e em alguns trechos a noroeste. A linha de transmissão é nitidamente visível formando uma linha reta que praticamente corta a bacia na diagonal. A noroeste, alguns pontos isolados podem significar, não uma intervenção antrópica mas sim um afloramento rochoso. Para tanto, faz-se necessária uma aferição a campo para comprovar estas situações.

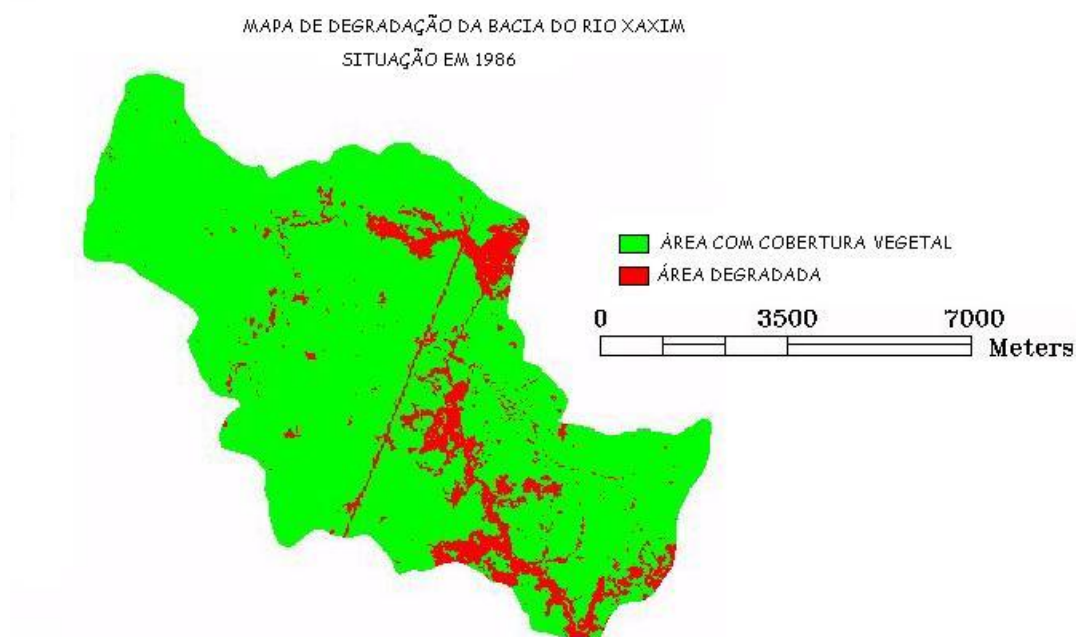


FIGURA 10 – MAPA DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM EM 1986



### 5.5.2 Situação em 1999 (FIGURA 11)

Em 1999, a degradação da vegetação arbórea inicia um processo de regressão, sendo observadas mudanças positivas nas porções oeste, leste, noroeste, demonstrando um aumento do percentual de área com cobertura vegetal, concentrando as áreas degradadas mais nas porções centro-sul, norte e nordeste.

A linha de transmissão que corta a bacia torna-se mais nítida em relação à imagem de 1986, o que caracteriza um aumento da degradação em todo o seu contorno. Do mesmo modo, uma porção da parte central da bacia também tem um aumento em seu entorno. Isso possivelmente ocorreu devido a fatores antrópicos como o crescimento de moradias e a instalação de novas tecnologias nas linhas de força.

De qualquer forma, em relação à natureza, houve um acréscimo em sua configuração, o que aponta para uma regeneração progressiva em um curto espaço de tempo (13 anos).

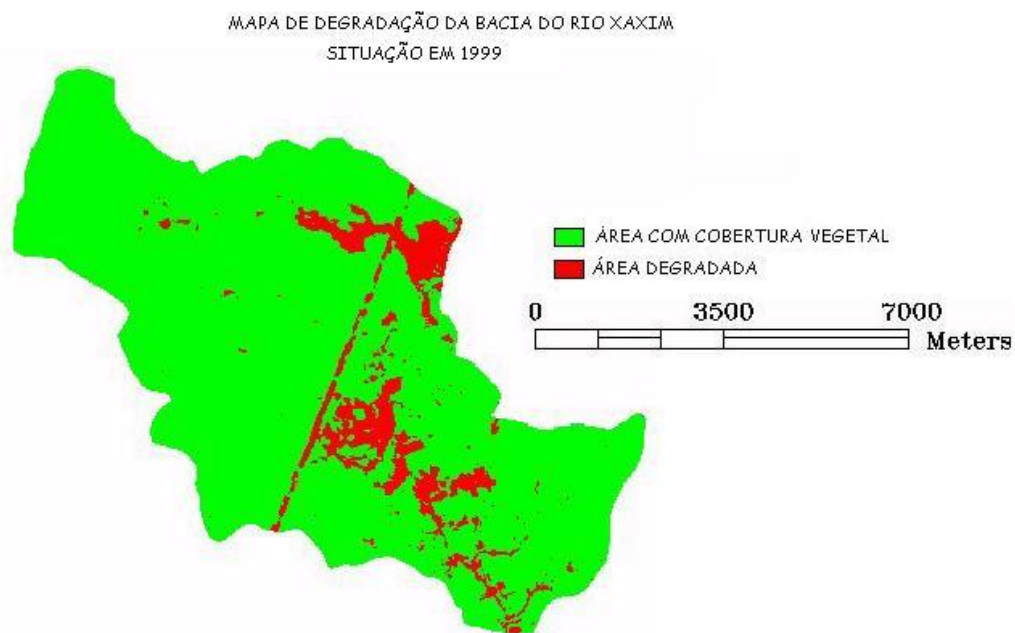


FIGURA 11 – MAPA DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM EM 1999

### 5.5.3 Situação em 2002 (FIGURA 12)

Em 2002 a regressão da degradação da vegetação arbórea faz-se ainda mais presente, agora englobando além das porções leste, noroeste, também um grande setor da porção centro-sul da bacia.

Apenas três anos foram o bastante para que se visualizasse uma regeneração, ainda que não tão intensa, em seu quadro de vegetação, apontando que a área está em processo auto-regressivo quanto ao que tange a questão da degradação ambiental/cobertura vegetal.

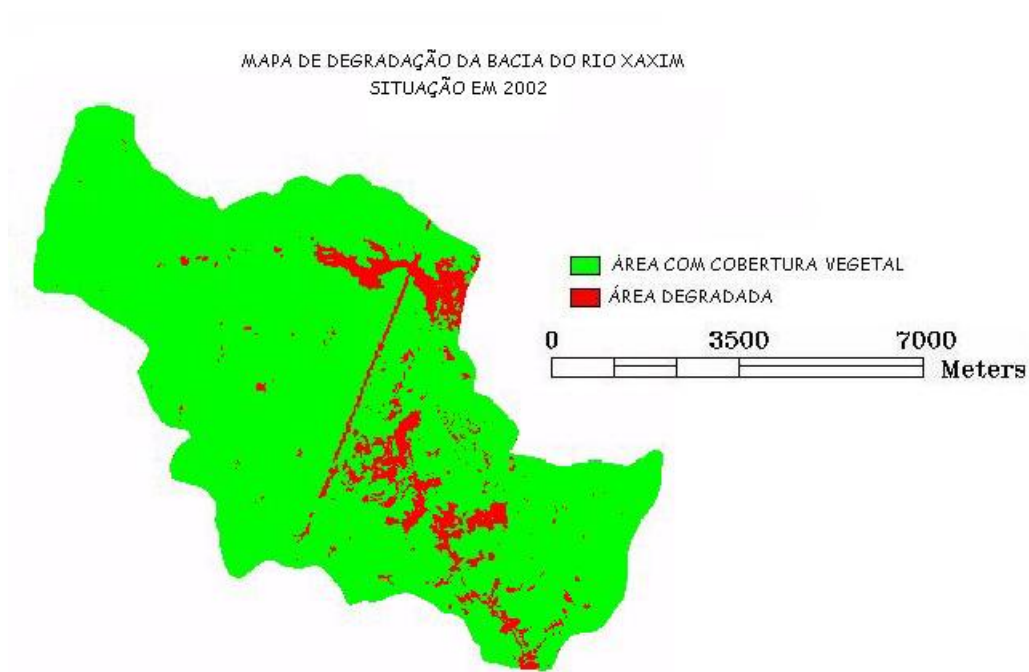


FIGURA 12 – MAPA DE DEGRADAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM EM 2002

### 5.6 Mapa de Declividade

Este mapa (FIGURA 13) fornece as classes de declividade contempladas na bacia do rio Xaxim. Para tanto tomou-se faixas percentuais de declividade e para cada faixa atribuiu-se um valor numérico de 1 a 5 referente a mais baixa ou mais alta fragilidade, respectivamente.

As classes de declividade seguiram a proposta de Ross, adequando-se de maneira satisfatória à solicitação imposta pela metodologia.

Quanto aos resultados, a bacia do Rio Xaxim apresenta, nessa categoria, predomínio da classe de fragilidade para a declividade baixa, isso ocorre por se tratar em sua maioria de declividade baixa, respectivamente sua fragilidade não tem como ser elevada, pelo menos neste aspecto.

A porção noroeste da bacia é a que apresenta maior fragilidade, tratando-se de declividade. Isso se dá por possuir nessa parte da bacia os maiores índices de declividade, assim como pequenas partes que compõem o oeste e o sul da bacia.

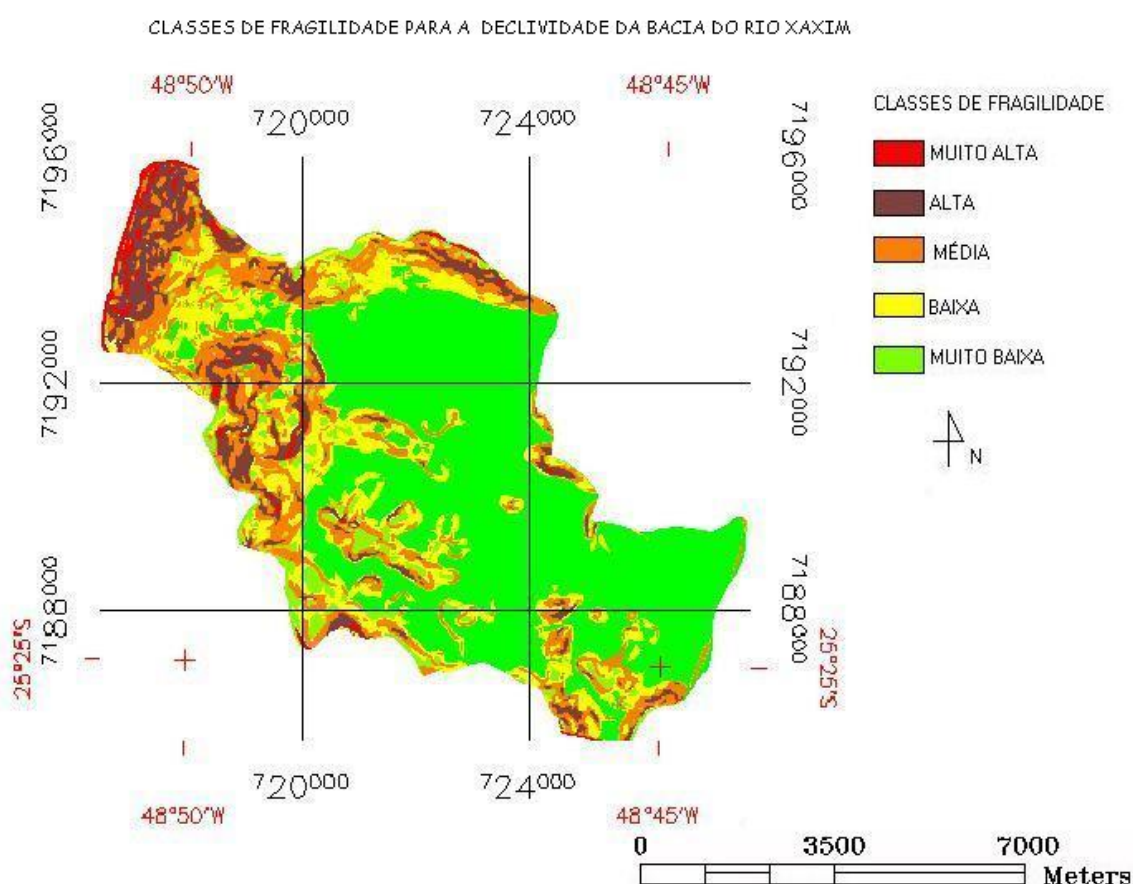


FIGURA 13 – CLASSES DE FRAGILIDADE PARA A DECLIVIDADE DA BACIA DO RIO XAXIM

## 5.7 Mapa de Solos

O mapa de fragilidade dos solos contempla duas classes de fragilidade, uma de alta fragilidade, que engloba a grande maioria dos solos presentes na bacia e outra de muito alta fragilidade, como forma de aumentar a proteção da área de mangue, observadas na figura 14.

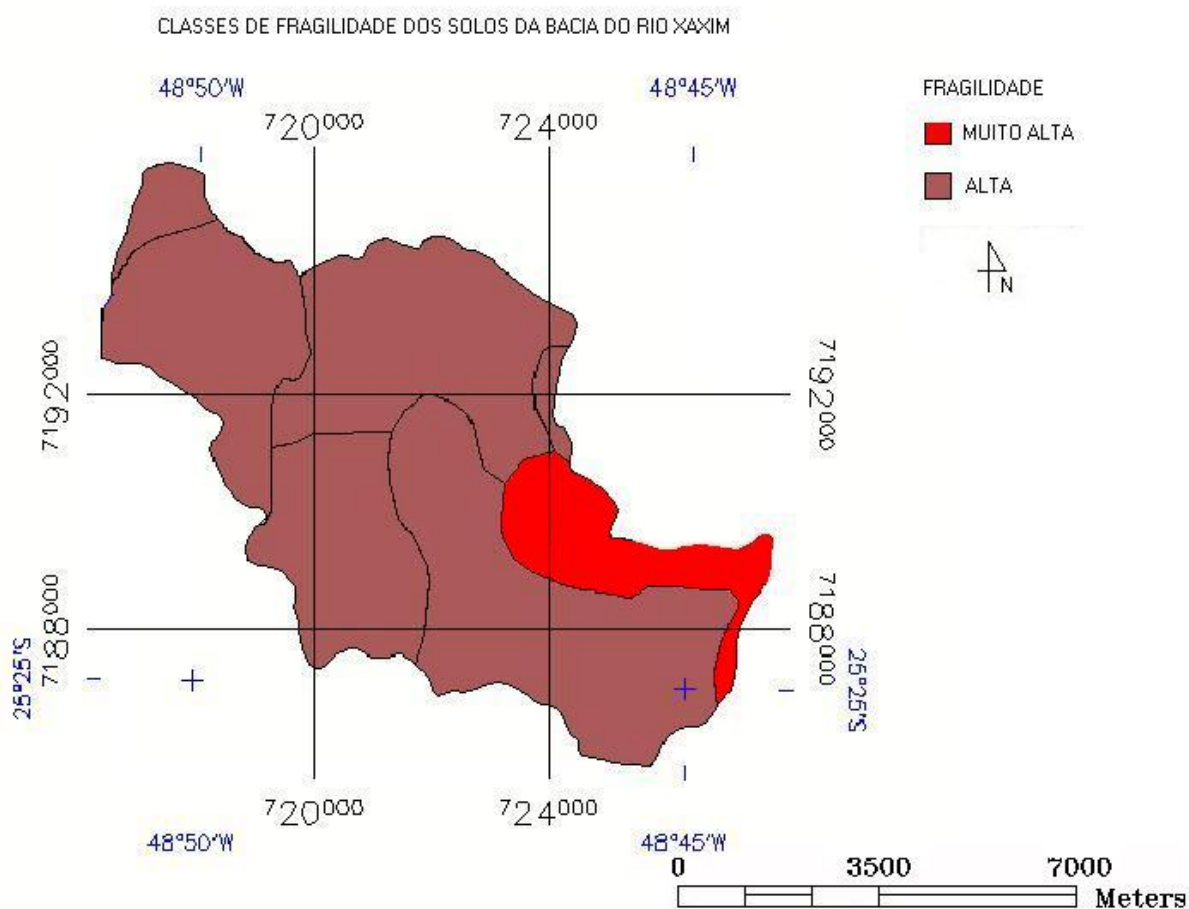


FIGURA 14 – CLASSES DE FRAGILIDADE DOS SOLOS DA BACIA DO RIO XAXIM

## 5.8 Uso e Ocupação do Solo

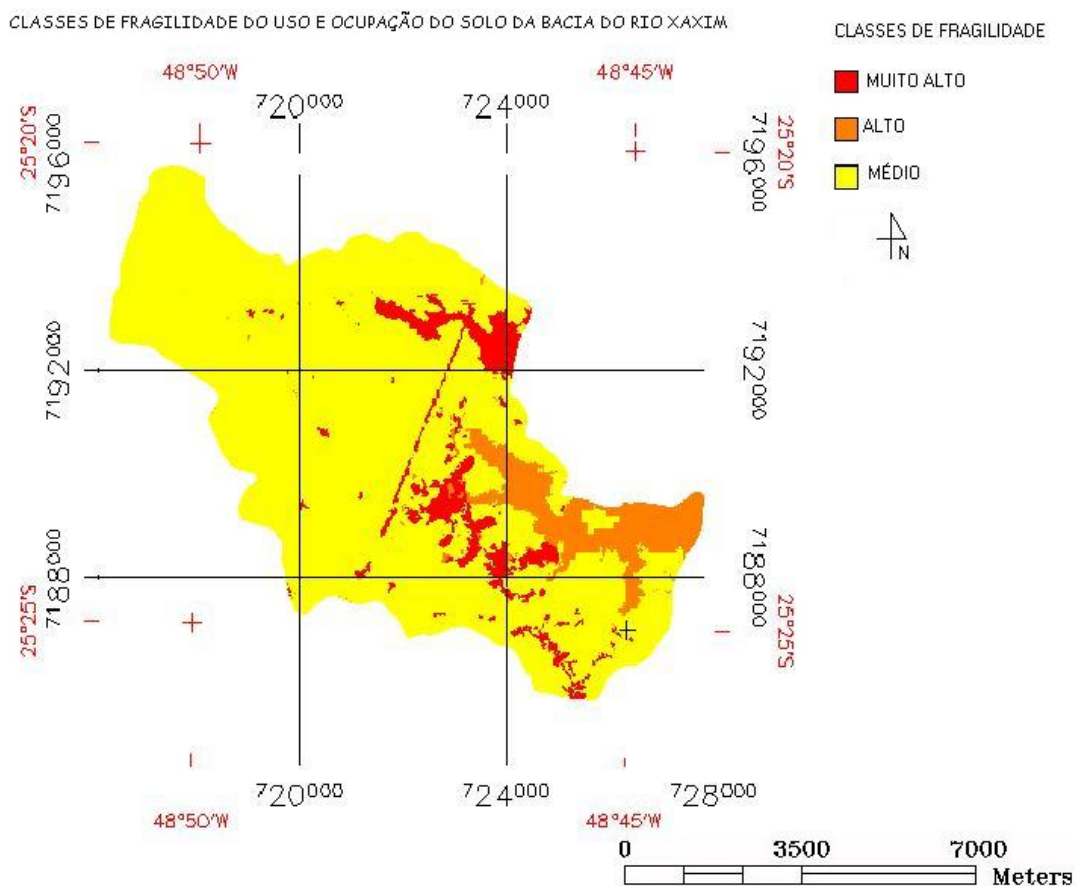
No mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Xaxim, para áreas de mangue, foi necessária a inserção de uma classe de fragilidade não contemplada na

metodologia utilizada. Desta forma, áreas com cobertura vegetal foram classificadas como de fragilidade baixa, áreas de mangue de fragilidade alta e áreas desmatadas como de fragilidade muito alta.

Observa-se no mapa que a bacia possui, em sua grande maioria, uma classe média de fragilidade, onde esta engloba a maior parte da vegetação.

Na parte leste e centro-leste da bacia, onde se encontra o mangue da bacia do rio xaxim, a classe de fragilidade mostra-se com alto grau de fragilidade, devido principalmente, ao ecossistema do mangue ser altamente suscetível e frágil a mudanças próximas de sua localidade.

A última classe utilizada diz respeito ao nível muito alto de fragilidade quanto ao uso e ocupação do solo. Essa classe encontra-se na parte norte da bacia, estendendo-se até a parte sul da bacia, com uma porcentagem na parte sudeste. A classe de fragilidade muito alta foi classificada dessa maneira por tratar-se de solo exposto, seja por ocupação humana, por desmatamento da vegetação ou afloramento de rochas.



## FIGURA 15 –CLASSES DE FRAGILIDADE DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA DO RIO XAXIM

### 5.9 Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental da bacia, avaliada com base nos mapas de fragilidade Potencial e Emergente, resultou nos mapas apresentados nas figuras 16 e 17.

#### 5.9.1 Fragilidade Potencial:

O cruzamento dos dados de classes de fragilidade da declividade e classes de fragilidade dos solos resultou no mapa de fragilidade potencial, este mapa indica a fragilidade naturalmente imposta à bacia pelo ambiente que a compõe.

Com o cruzamento foram geradas 3 classes de fragilidade.

Observa-se na Figura 16, que a fragilidade manteve-se integralmente alta para as áreas de declividade superior a 30% e para as áreas de mangue, o que demonstra que a inclusão desta classe à fragilidade alta protege esta classe isoladamente no mapa de solos e no cruzamento com o mapa de declividade. Observa-se também no mapa o predomínio da classe baixa de fragilidade ambiental, isso se dá principalmente, devido a níveis baixos de declividade encontrados na bacia do rio Xaxim.

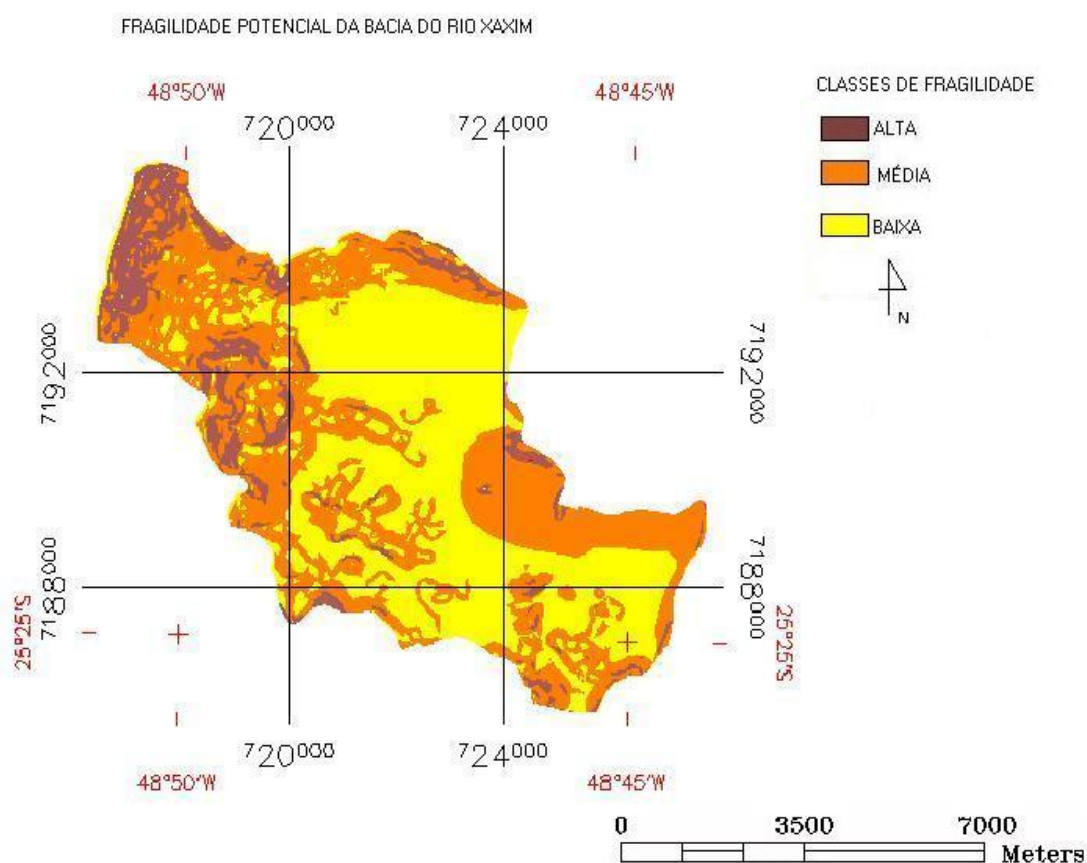


FIGURA 16 - FRAGILIDADE POTENCIAL DA BACIA DO RIO XAXIM

### 5.9.2 Fragilidade Emergente

Na Figura 17, observa-se a situação da bacia acrescentando-se à fragilidade potencial, a situação do uso da bacia. O resultado demonstra que a bacia possui 3 classes de fragilidade, sendo contemplada pelas classes, muito alta, média e baixa. Observa-se que a maior parte da bacia encontra-se sobre a classe de fragilidade baixa, sendo observadas classes de fragilidade média nas porções oeste-noroeste e nordeste,



sendo condicionada principalmente ao uso do solo para esta região, que contempla área com cobertura vegetal.

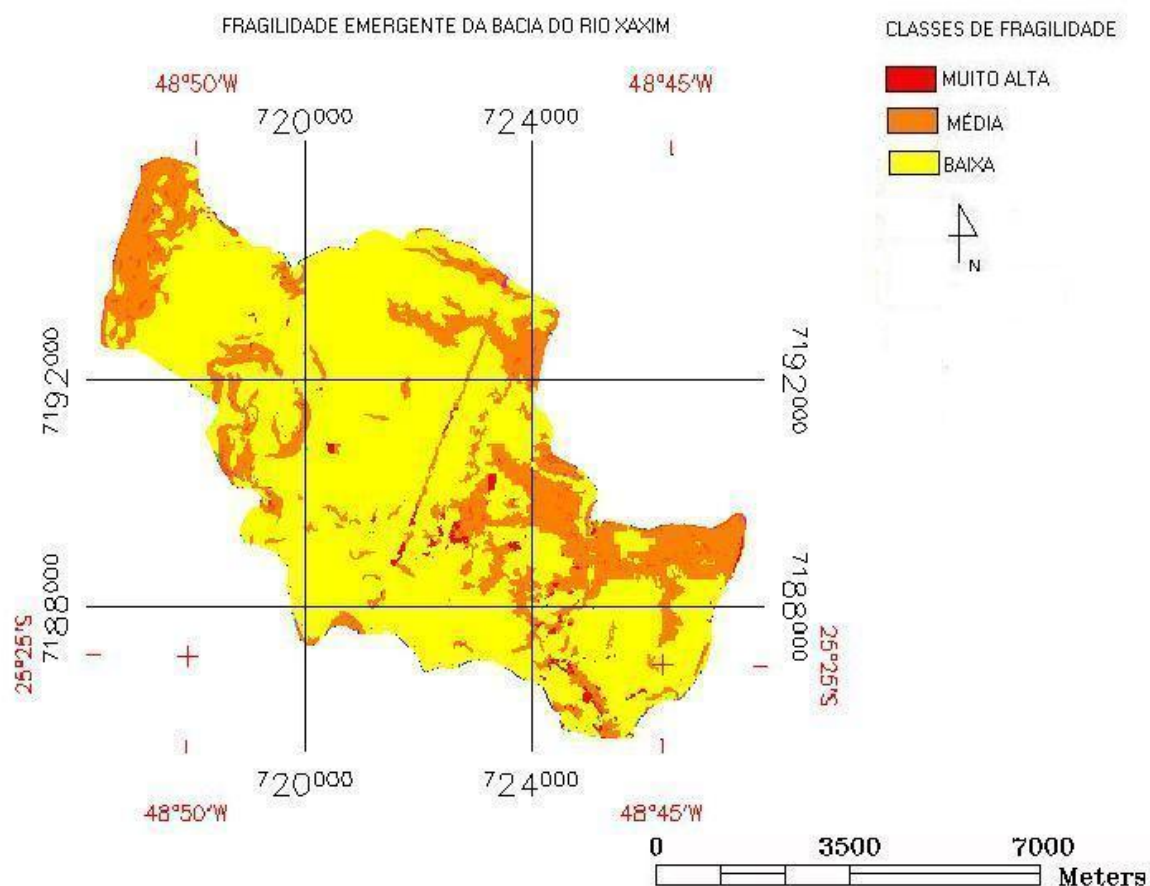


FIGURA 17 - FRAGILIDADE EMERGENTE

### 5.9.3 Fragilidade Ambiental

Com a finalização dos cruzamentos foi possível observar que a bacia do rio Xaxim possui uma fragilidade potencial mais presente do que a fragilidade emergente, tratando-se de uma região que, de acordo com a metodologia proposta por ROSS (1997), contempla solos classificados como de fragilidade alta e muito alta e declives acentuados.



Embora de 1986 a 2002 a vegetação de algumas áreas da bacia tenha se regenerado em alguns setores, este ambiente foi classificado com uma fragilidade entre média e baixa, o que indica ser necessário um controle de seu uso, para que se mantenha nesta condição ou ainda posteriormente venha a se regenerar para uma classe entre baixa e muito baixa.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com as imagens LANDSAT TM, degradação da vegetação no interior da bacia regrediu de 1986 até 2002;

Na bacia do rio Xaxim, predominam as classes de fragilidade potencial média e baixa em função principalmente da declividade;

Na bacia do rio Xaxim, predominam as classes de fragilidade emergente média e baixa em função principalmente da declividade e solos;

A fragilidade ambiental da bacia do rio Xaxim, mesmo demonstrando ser um ambiente onde predomina fragilidade baixa, requer atenção para que esta situação se mantenha ou ainda regrida para a classe de fragilidade mais baixa.

A metodologia utilizada, com poucas adaptações, atendeu com eficiência às necessidades da pesquisa, entretanto, recomenda-se a realização de checagem a campo para o detalhamento das informações sobre o nível de degradação em função do uso, uma vez que apenas com a observação das imagens não foi possível detalhar.

O material cartográfico gerado é de fácil interpretação e resposta eficiente no fornecimento dos dados a que foram submetidos.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENIYI, P. O. Digital analysis of multitemporal Landsat Data for Land-use/Land-cover classification in semi-arid area of Nigeria. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.51, n.11, p.1761-1774, 1985.

ARONOFF, s. *Geographical Information System: A Management Perspective*. Ottawa, WDI Publications, 1989.

BELTRAME, A. V. *Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas. Modelo e Aplicação*, Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1994.

BIGARELLA, J. J. *A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná*. Curitiba: ADEA: SEPL, 1978.

CAMARA, G., MEDEIROS, J.S. *Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. Cap 1 - Princípios Básicos em Geoprocessamento*. 2ª Ed. Embrapa. SPI. 1998.

CANALI, N.E. *Coletânea de Textos*. UFPR, Curitiba: 1987. V. 1: 1998.

CANALI, N.E. e OKA-FIORI, C.. *Análise Morfométrica da Rede de Drenagem da Área do Parque Marumbi – Serra do Mar (Pr)*. In.: *Simpósio Sul Brasileiro de Geologia 3. Atas*. 1987.

CAVALHEIRO, F.;NUCCI, J.C.;GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. “Proposição de terminologia para o verde urbano”. *Boletim Informativo da SBAU* (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana), ano VII, n.3 – Jul/ago/set de 1999, Rio de Janeiro, p7.

CHRISTOFOLETTI, A.. *Dicionário Geológico Geomorfológico*. Rio de Janeiro. IBGE, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A.. *Geomorfologia*. São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 2ª Ed., 1980.

CHRISTOFOLETTI, A.. *Modelagem de Sistemas Ambientais*, Ed. Edgard Blücher, 1ª edição, 1999.

CHUVIECO, Emilio. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones Rialp. S.A., 1990.

COWEN, D.J. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 54:1551-4, 1988.

CURRAN, P. J. *Principles of remote sensing*. London: Longman, 1985, 282p.

EMBRAPA. *Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná*. 1984.

FORSDYKE, A. G. *Previsão do Tempo e Clima*. São Paulo: Melhoramentos, 1978.

GHEZZI, A. O. e FERRETTI, E. R. *Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Xaxim Antonina – Paraná – Brasil*. In.: *I Seminário Latinoamericano de Geografia Física. Programa y Resúmenes*. La Habana, Cuba, 2000.

GHEZZI, A. O. e SANTOS, C.D.T.. *Abordagem Biogeográfica da Paisagem na Microbacia do Rio Bariguizinho*. In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 8. Anais, v. 1, Belo Horizonte, 1999.

GUERRA, A. T. *Dicionário Geológico e Geomorfológico*. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GUERRA, A. T. *Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos Temas e Aplicações*. 1ª ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, A. T. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro. Bertrand. 1997.

IPARDES, SEPL. *Diagnóstico Ambiental da APA de Guaraqueçaba*. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba: IPARDES, 1995

IPARDES, SEPL. *Zoneamento do Litoral Paranaense*. Curitiba. 1989.

LILLESAND, T. M. KIEFFER, R. W. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Sons, 1987.

MAACK, R. *Geografia Física do Estado do Paraná*. Curitiba. Codipar. 1981.

MAXIMIANO, G.A. *Bacia do Rio Pato Branco, e Ensaio Cartográfico Para a Análise da Fragilidade do Meio Físico Com Uso de Geoprocessamento*. São Paulo, 1996. *Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. USP*.

MENEGUETTE, A. : Courseware em Ciências Cartográficas - Unesp – Campus de Presidente Prudente, site da web: [http://www2.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp\\_arlete/courseware/intgeo.htm](http://www2.prudente.unesp.br/dcartog/arlete/hp_arlete/courseware/intgeo.htm), 2000. acesso, 2002.

NETO, S. L. R. Análises Morfométricas em Bacias Hidrográficas Integradas a Um Sistema de Informações Geográficas. Curitiba, 1994. Dissertação de mestrado, Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná. Editora da UFPR, 1996.

NOVO, E. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo. Edgard Blucher, 1989.

RICHARDS, J. A. Remote sensing digital images analysis: an introduction. Berlin: Springer-Verlag, 1986, 1990.

ROSS, J.L.S. Revista do Departamento de Geografia; 8, São Paulo, USP, 1994.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 4 ed. São Paulo: Contexto. 1997.

SANTOS, I. dos.; VITTE, A. C. Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba. In: I Fórum Geo-Bio-Hidrologia: Estudos em vertentes e microbacias hidrográficas. *Anais*. Curitiba, 1998.

SANTOS, I. Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 1997 (Monografia). Departamento de Geografia. UFPR, 1997.

SANTOS, R. F., CARVALHAIS, H. B., PIRES, F. Planejamento Ambiental e Sistemas de Informações Geográficas. Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG. Volume 1 - Número 2 - Artigo 2, FEC/UNICAMP, 1997.

SLATER, P. N. Remote Sensing, optics and optical systems. Massachusetts. Addison\_Wesley Publishing Company, 1980.

VENTURIERI, A., SANTOS, J.R. Sistemas de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura. Cap 18 Técnicas de Classificação de Imagens para a Análise de cobertura Vegetal.. 2ª Ed. Embrapa. SPI. 1998.

VIEIRA, J. M. N. Matlab num Instante.

<http://www.ieeta.pt/~vieira/MyDocs/MatlabNumInstante1.2.pdf>

## 8 ANEXOS

### 8.1 Rotina de programação do Matlab para a confecção dos mapas de Fragilidade Potencial

```

d c:/usuario/Hideo/Alexan~1/paraoM~1
fid=fopen('dec_VAL.raw')
Dec=fread(fid,[384,344]);

for i=1:384
  for j=1:344
    if Dec(i,j)==0
      Dec(i,j)=1;
    elseif Dec(i,j)==169
      Dec(i,j)=2;
    elseif Dec(i,j)==187
      Dec(i,j)=3;
    elseif Dec(i,j)==213
      Dec(i,j)=4;
    elseif Dec(i,j)==242
      Dec(i,j)=5;
    end
  end
end
fid=fopen('sol_VAL.raw')
Sol=fread(fid,[384,344]);

for i=1:384
  for j=1:344
    if Sol(i,j)==255
      Sol(i,j)=3;
    elseif Sol(i,j)==0
      Sol(i,j)=4;
    elseif Sol(i,j)==159
      Sol(i,j)=1;
    elseif Sol(i,j)==76
      Sol(i,j)=2;
    end
  end
end
DecSol=zeros(384,344);
for i=1:384
  for j=1:344
    if Sol(i,j)<3
      DecSol(i,j)=ceil((Sol(i,j)+Dec(i,j))/2);
    end
    if Sol(i,j)==4
      DecSol(i,j)=ceil((1+Dec(i,j))/2);
    end
  end
end
end
end
end

```

## 8.2 Rotina de programação do Matlab para a confecção dos mapas de Fragilidade Emergente

```
fid=fopen('veg_VAL.raw')
Veg=fread(fid,[384,344]);
for i=1:384
    for j=1:344
        if Veg(i,j)==255
            Veg(i,j)=0;
        elseif Veg(i,j)==150
            Veg(i,j)=2;
        elseif Veg(i,j)==28
            Veg(i,j)=5;
        elseif Veg(i,j)==76
            Veg(i,j)=4;
        end
    end
end
FpVeg=zeros(384,344);
for i=1:384
    for j=1:344
        if Sol(i,j)>0
            FpVeg(i,j)=ceil((DecSol(i,j)+Veg(i,j))/2);
        end
    end
end
```