

**ESTRUTURAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS  
AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO UNA, BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

**CONTRATO FEHIDRO N° 280/2002**

**RELATÓRIO FINAL**

Maio de 2006

**Responsável Técnico (Editor):  
Getulio Teixeira Batista**

## SUMÁRIO

<b>1 TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ESTRUTURAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO UNA, BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL .....</b>	<b>5</b>
1.1 Proponente: .....	5
1.2 Contato: .....	5
1.3 Responsável técnico pelo projeto: .....	5
1.4 Local: .....	6
1.5 Objetivo.....	6
1.6 Justificativa .....	6
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
2.2 Descrição das atividades .....	8
2.2.1 Aerolevanteamento na escala 1:30.000.....	8
2.2.2 Geração de Mosaico de Imagens Ortorectificadas na Escala 1:10.000 ..	9
2.2.3 Estruturação do banco de dados georreferenciado – recuperação do banco de dados .....	9
2.2.4 Estruturação do banco de dados georreferenciado - complementação dos dados para a área total da bacia do rio Una. ....	10
2.2.5 Mapeamento do uso e cobertura da terra .....	11
2.2.6 Mapeamento das áreas protegidas.....	11
2.2.7 Avaliação da exatidão dos mapeamentos.....	12
2.2.8 Análise da vulnerabilidade das terras .....	12
2.2.9 Cadastro rural contendo dados sobre o uso da terra e dos recursos hídricos .....	13
2.2.10 Desenvolvimento e disponibilização de aplicativos de consulta para acesso dos dados através da Internet .....	13
2.2.11 Atualização e disponibilização dos dados pela Internet na biblioteca do Una .....	14
<b>3 PRODUTOS FINAIS .....</b>	<b>15</b>
3.1. Aerolevanteamento e geração de imagens ortorectificadas .....	15
3.1.1. Aerolevanteamento .....	15
3.1.2. Mosaico de imagens ortorectificadas.....	15
3.1.3 Estruturação do banco de dados georreferenciado .....	15
3.3. Mapeamento do uso e cobertura da terra .....	15
3.4. Mapeamento das áreas protegidas.....	16
3.5 Relatório sobre a estimativa da exatidão dos mapeamentos.....	16
3.6 Análise da vulnerabilidade das terras .....	16
3.7 Cadastro sobre o uso da terra e dos recursos hídricos pelos estabelecimentos rurais .....	16
3.8 Disponibilização do banco de dados através da Internet e montagem da biblioteca do una.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
3.9 Desenvolvimento e disponibilização de aplicativos de consulta para acesso dos dados através da Internet .....	16
3.10 Montagem da biblioteca do Una .....	17
<b>4 EQUIPE TÉCNICA.....</b>	<b>18</b>
<b>5 AEROLEVANTAMENTO .....</b>	<b>19</b>
5.1 Descrição do produto .....	19
5.2 Geração de mosaico de imagens ortorectificadas na escala 1:10.000.....	21
5.2.1 Levantamento Geodésico por GPS .....	21
5.2.2 Aerotriangulação .....	21

5.2.3 Ortorretificação .....	21
5.3 Avaliação da qualidade do mosaico ortorretificado da Bacia do Rio Una. .....	22
5.3.1 Critério de avaliação da qualidade utilizado com base na legislação (decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 - anexo 01): .....	23
5.3.2 Método para classificação de cartas .....	23
5.3.3 Plano de amostragem .....	23
5.3.4 Avaliação .....	26
5.3.5 Conclusões da avaliação da qualidade da ortorretificação .....	26
5.3.6 Descrição dos produtos .....	28
<b>6 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO E RECUPERAÇÃO DO BANCO DE DADOS PRELIMINAR.....</b>	<b>30</b>
6.1 Criação do Banco de Dados .....	30
6.1.2 Recuperação do Banco de Dados Preliminar .....	30
6.1.3 Descrição da Informação Contida no Banco de Dados Georreferenciad .....	31
6.1.4 Descrição do produto .....	31
6.2 Criação do Banco de Dados <b>ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO</b> .....	34
6.2.1 Digitalização das cartas topográficas .....	34
6.2.2 Vetorização dos elementos altimétricos e planimétricos .....	34
6.2.3 Descrição de Informação Contida no Banco de Dados Georreferenciado .....	35
6.3 Aquisição de equipamentos para atualização e disponibilização dos dados .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>7 MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA .....</b>	<b>37</b>
7.1 Definição e identificação das classes .....	37
7.2 Critérios para delimitação dos polígonos no mapeamento .....	43
<b>8 MAPEAMENTO DE ÁREAS PROTEGIDAS .....</b>	<b>44</b>
8.1 Metodologia e Fundamentação Legal .....	44
8.2 Tratamento Prévio dos Dados de Base .....	46
8.3 Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente .....	46
8.3.1 Mapeamento de APPs de Margens de Rios .....	46
8.3.2 Mapeamento de APPs de Nascentes .....	47
8.3.3 Mapeamento de APPs de Declividade Superior a 45° ou 100% .....	47
8.3.4 Mapeamento de APPs de Topo de Morro .....	48
8.4 Mapa de Áreas Protegidas .....	50
8.4.1 Mapa de Áreas Protegidas (Áreas de Preservação Permanente- APP e Áreas de Proteção Ambiental- APA) .....	51
<b>9 AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DOS MAPEAMENTOS .....</b>	<b>55</b>
<b>10 ANÁLISE DE VULNERABILIDADE DAS TERRAS .....</b>	<b>63</b>
10.1 Metodologia aplicada para mapeamento da vulnerabilidade .....	63
10.1.1 Fundamentação Técnica .....	63
10.1.2 Geologia da Bacia de Taubaté .....	64
10.1.3 Vulnerabilidade à Erosão .....	65
10.2 Movimentos de Massa .....	73
10.3 Mapa de Vulnerabilidade .....	75
10.4 Banco de Dados – Mapa de Vulnerabilidade .....	77
<b>11 CADASTRO RURAL.....</b>	<b>79</b>
11.1 Trabalho de campo .....	79
11.2 Reserva legal .....	82

11.3 Atividade agropecuária .....	83
11.4 Recursos hídricos e saneamento.....	84
11.5 Considerações finais sobre o cadastro rural .....	84
<b>12 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>88</b>

# **1. TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ESTRUTURAÇÃO E DISPONIBILIZAÇÃO DO BANCO DE DADOS AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO UNA, BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

## **1.1 Proponente:**

Universidade de Taubaté

Endereço: Rua 4 de Março, 432

12020-270 - Taubaté, SP

## **1.2 Contato:**

Prof. Dr. Marcelo Targa – Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Telefone: (12) 3635-1718 Fax: (12) 3632-8956

Estrada Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000

12081-010 – Taubaté, SP

## **1.3 Responsável técnico pelo projeto:**

Prof. Dr. Getulio Teixeira Batista

Telefone: (12) 3635-1718, Fax: (12) 3632-8956

e-mail: [getulio@agro.unitau.br](mailto:getulio@agro.unitau.br)

Estrada Dr. José Luiz Cembranelli, 5.000

12081-010 – Taubaté, SP

#### **1.4 Local:**

Bacia do Rio Una, abrangendo uma área de 477 quilômetros quadrados, nos municípios de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

#### **1.5 Objetivo**

Este trabalho teve como objetivo a estruturação e disponibilização de um banco de dados ambientais contendo informações sobre o meio físico, uso da terra e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Una. O banco de dados fornece informações georreferenciadas que subsidiam a elaboração de ações visando a redução da sedimentação do rio Una e a melhoria da qualidade e quantidade de água da bacia.

#### **1.6 Justificativa**

A bacia hidrográfica do rio Una está localizada, quase que em sua totalidade dentro do município de Taubaté-SP (86%), com o restante em Tremembé (8%) e Pindamonhangaba.(8%), e situa-se entre os paralelos 23° 14' 00" S e 22° 58' 00" S e 45° 37' 00" W e 45° 17' 00" W.

A importância dessa bacia no contexto da bacia do rio Paraíba do Sul foi analisada no Plano das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira e do Paraíba do Sul. No Plano foi estabelecida uma ordem de priorização das bacias afluentes do Paraíba do Sul, utilizando como critérios o uso da água para abastecimento público, a taxa de urbanização da bacia, a existência de conflito pelo uso da água e do número de usos múltiplos da bacia. A bacia do Una foi classificada em quarto lugar.

Segundo o Plano, os principais problemas da bacia são de ordem conservacionista, principalmente o lançamento in natura de esgotos, a falta de proteção dos mananciais e a degradação de áreas, especialmente por atividades minerárias.

Observa-se que um dos problemas que restringem o abastecimento de água à população nos municípios brasileiros é o uso inadequado das terras que compõem as bacias dos rios principais e de seus tributários. Neste contexto, a

bacia hidrográfica do rio Una, principalmente na parte superior, inserida dentro do município de Taubaté, tem apresentado sérios problemas ambientais em função de ações antrópicas negativas, como o uso inadequado do solo, que tem proporcionado a rápida sedimentação e assoreamento dos leitos, levando à redução na qualidade e quantidade das águas.

Visando reverter esse quadro, o Plano das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul estabeleceu como metas de intervenção:

- a redução do carreamento de partículas sólidas no ponto de captação para o abastecimento de Taubaté (M8) e;
- a manutenção da qualidade da água no trecho inferior dentro do padrão da Classe 2 (M9).

A primeira meta (M8) atinge diretamente a população dos municípios de Taubaté e Tremembé, que é estimada em 278.793 habitantes, e a segunda (M9) atinge ainda a população que se abastece da água do rio Paraíba do Sul em Pindamonhangaba, totalizando 411.169 habitantes.

Para subsidiar ações que visem o cumprimento dessas metas é de fundamental importância a caracterização do meio físico, do uso da terra e dos recursos hídricos da bacia.

Para tal, o presente trabalho foi executado para permitir a estruturação e disponibilização de um banco de dados ambiental utilizando tecnologias baseadas no emprego de fotografias aéreas, imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, além de levantamento em campo de dados sobre o uso da água.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia para a estruturação e disponibilização do banco de dados ambientais compreende as seguintes atividades:

- **Aerolevramento na escala 1:30.000 e geração de imagens ortorretificadas na escala 1:10.000;**
- **Estruturação do banco de dados georreferenciado;**
- **Mapeamento do uso e cobertura da terra;**
- **Mapeamento das áreas protegidas;**
- **Avaliação da exatidão dos mapeamentos;**
- **Análise da vulnerabilidade das terras;**
- **Cadastro contendo dados sobre o uso da terra e dos recursos hídricos pelos estabelecimentos rurais;**
- **Disponibilização do banco de dados através da Internet; e**
- **Implementação da biblioteca do Una.**

Esta metodologia foi desenvolvida através das seguintes atividades:

### **2.2 Descrição das atividades**

#### **2.2.1 Aerolevamento na escala 1:30.000**

O aerolevamento foi realizado para a obtenção de imagens coloridas de alta resolução, recobrando toda a área da bacia, totalizando aproximadamente 443 km<sup>2</sup> na escala 1:30.000.

As imagens foram obtidas segundo as normas técnicas e legais pertinentes e apresentam recobrimento longitudinal mínimo de 60% e transversal mínimo de 30%, garantindo que todos os pontos do terreno foram imageados em pelo menos duas imagens. As imagens obtidas foram digitalizadas a partir de negativos de 9"x9", utilizando equipamento de digitalização de precisão, com densidade melhor ou igual a 28 microns e milhões de cores.

### **2.2.2 Geração de Mosaico de Imagens Ortorretificadas na Escala 1:10.000**

O mosaico de imagens digitais ortorretificadas foi inserido no banco de dados. Sua resolução é melhor ou igual a 0,60 metros e o erro médio de posicionamento de cada ponto não é superior a 5,0 metros. A verificação dos erros foi feita utilizando pontos auxiliares extraídos de uma rede não utilizada no processo de ortorretificação, com distância entre pontos não superior a 5 quilômetros.

### **2.2.3 Estruturação do banco de dados georreferenciado – recuperação do banco de dados**

O banco de dados georreferenciado foi modelado utilizando o programa SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido pelo INPE, e contém todos os elementos descritos nesse termo de referência de modo a permitir sua imediata utilização.

Todos os elementos digitais estão disponibilizados em formato digital de ampla utilização (Shape para os elementos gráficos, TIFF e JPG para imagens, ASCII para dados tabulares), para permitir a possibilidade de intercâmbio de dados.

Os dados digitais sobre o meio físico da bacia do rio Una no município de Taubaté, organizados por Aulicino et al. (2001), foram revistos e inseridos no banco de dados georreferenciado da bacia do rio Una. Esses dados compõem-se de:

- hidrografia,
- sistema viário,
- altimetria (parcial),
- áreas de preservação permanente,
- imagens HRV-SPOT de 1995 e 1997 e
- imagens TM-LANDSAT de 1999.

A revisão citada compreendeu a verificação da qualidade dos dados quanto:

- ao georreferenciamento;

- ao traçado dos elementos da base, comparando-os à base cartográfica utilizada em escala 1:10.000;
- às categorias atribuídas aos elementos, comparando-as àquela estabelecida na base cartográfica em escala 1:10.000; e
- à consistência da delimitação das áreas de preservação permanente face à legislação atual.

#### **2.2.4 Estruturação do banco de dados georreferenciado - complementação dos dados para a área total da bacia do rio Una.**

Foram adquiridas as cartas em escala 1:10.000 que recobrem a bacia do rio Una em toda sua extensão. Dessas cartas, foram digitalizados todos os elementos da hidrografia, sistema viário, altimetria e limites municipais visando complementar, padronizar ou corrigir os dados citados no item anterior.

Os dados digitalizados apresentam o padrão descrito a seguir:

- **Hidrografia:** os elementos da hidrografia inseridos em um plano de informação e classificados segundo a legenda da carta (por exemplo: rio, ribeirão e córrego, curso d'água intermitente, lago, represa, etc.), sendo representados por linhas (no caso de ribeirão, córrego e similares) ou polígonos fechados (no caso de lagos, represas e similares);
- **Sistema Viário:** os elementos do sistema viário foram inseridos em um plano de informação e classificados segundo a legenda da carta (por exemplo: auto estrada, estrada pavimentada, estrada sem pavimentação, estrada em construção, caminho, trilha);
- **Altimetria:** as curvas de nível e os pontos cotados com as respectivas cotas associadas, constituindo um plano de informação; e
- **Limites municipais:** os limites municipais inseridos em um plano de informação.

Foi gerado um modelo digital de elevação compatível com a escala 1:10.000.

Utilizando as imagens disponíveis do sensor HRV do satélite SPOT e dos sensores TM e ETM+ dos satélites LANDSAT, foi atualizado o traçado do sistema viário da área da bacia.

### 2.2.5 Mapeamento do uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado através da interpretação das fotografias aéreas coloridas ortorretificadas, utilizando ainda como apoio imagens do sensor HRV e TM disponíveis e uma imagem recente do sensor ETM+ do satélite LANDSAT-7. O mapeamento foi realizado na escala 1:25.000.

As classes a serem identificadas no mapeamento são:

**Mata ou Capoeira** – áreas de vegetação natural primária ou secundária em estágio médio ou avançado de regeneração;

**Agricultura** – áreas ocupadas por atividades agrícolas (culturas anuais ou perenes);

**Pasto** – áreas ocupadas por pastagens;

**Reflorestamento** – áreas ocupadas por reflorestamentos com *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. ou outras espécies exóticas;

**Solo Exposto** – áreas sem cobertura vegetal;

**Área degradada** – áreas ocupadas por atividades minerárias ou obras de engenharia que resultam na remoção da vegetação e do solo locais;

**Área Urbanizada** – áreas com ocupação urbana; e

**Corpos D'Água** – lagos, lagoas ou rios cuja lâmina d'água seja visível na escala de mapeamento.

Foi realizado um trabalho de campo para verificação dos padrões das classes do mapeamento e de locais onde houve dúvidas sobre a classificação.

### 2.2.6 Mapeamento das áreas protegidas

As áreas protegidas são as de preservação permanente, segundo o Código Florestal, e as unidades de conservação.

Foi feita uma pesquisa para levantamento das **unidades de conservação** federais, estaduais ou municipais que ocorrem na área da bacia do rio Una. Essas áreas foram delimitadas e identificadas, sendo incluídas no banco de dados.

As **Áreas de Preservação Permanente (APP)** foram delimitadas a partir dos dados digitalizados da base cartográfica em escala 1:10.000, com base no Código Florestal (Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965) e suas alterações estabelecidas na Lei 7.803, de 18 de julho de 1989; e na Resolução CONAMA 04, de 18 de setembro de 1985:

*“ao longo dos rios, considerando as faixas  
30 metros para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura,  
50 metros para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de  
largura e  
100 metros para os cursos d’água entre 100 e 200 metros de largura  
média medida nas cartas digitalizadas;  
nas faixas de 50 metros ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios  
de água naturais ou artificiais;  
em um raio de 50 metros ao redor de nascentes;  
no terço superior de morros, montes, montanhas e serras; e  
nas encostas com declividade superior a 45 graus.*

### **2.2.7 Avaliação da exatidão dos mapeamentos**

Foi realizada uma estimativa da exatidão de mapeamento global segundo metodologia descrita por FIDALGO (1995), como contrapartida da Universidade no fornecimento de técnicos de campo. O custo maior dessa atividade foi contrapartida da Universidade de Taubaté através de seus pesquisadores.

### **2.2.8 Análise da vulnerabilidade das terras**

A análise da vulnerabilidade das terras foi obtida a partir das informações existentes, na melhor escala disponível, de geologia, geomorfologia e pedologia; além da declividade obtida a partir do modelo de elevação gerado, e do mapeamento realizado do uso e cobertura da terra. A metodologia empregada seguiu a descrita por Crepani et al. (1996, 2001), a qual se baseia na reinterpretação das informações disponíveis de geologia, geomorfologia e pedologia, utilizando as imagens de satélite e fotografias aéreas para a identificação, delimitação e caracterização de unidades territoriais.

A partir das características físicas e do uso atual de cada unidade territorial foram realizadas análises visando caracterizá-las quanto a vulnerabilidade à erosão, inundação e corrimento de massa.

### **2.2.9 Cadastro rural contendo dados sobre o uso da terra e dos recursos hídricos**

O cadastro sobre o uso da terra e dos recursos hídricos pelos estabelecimentos rurais foi elaborado através da coleta de informações em campo, da identificação dos pontos de interesse em plotagens das fotografias aéreas e coleta de suas coordenadas com GPS, além de entrevistas para o preenchimento de fichas com informações sobre a área.

As informações básicas que foram coletadas em campo referem-se ao limite aproximado do estabelecimento rural, localização da reserva legal, principais atividades agrícolas e sua localização, áreas irrigadas, uso de agrotóxicos, número de moradias e localização, geração e destino dos resíduos sólidos, tipos de abastecimento de água, pontos de captação superficial e subterrânea de água, seu uso e locais de lançamentos.

### **2.2.10 Desenvolvimento e disponibilização de aplicativos de consulta para acesso dos dados através da Internet**

O acesso aos dados através da Internet permite a consulta a informações geográficas e tabulares selecionadas, com capacidade para:

- disponibilizar os mapas: uso e cobertura da terra, áreas protegidas, vulnerabilidade das terras, sistema viário e hidrografia;
- disponibilizar consulta às imagens: ortorretificadas e dos sensores HRV-SPOT e ETM+-LANDSAT; e,
- consultar informações relacionadas à vulnerabilidade da terra e ao uso da terra e dos recursos hídricos.
- enviar sugestões.

### **2.2.11 Atualização e disponibilização dos dados pela Internet na biblioteca do Una**

Essa atividade visa possibilitar a disponibilização dos dados elaborados, presentes no banco de dados georreferenciado, através da Internet e sua atualização contínua à medida que haja solicitação de usuários ou surgem novos dados a serem integrados ao banco de dados. Essa atividade garante a longevidade do projeto.

A biblioteca está localizada no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté e o acesso ao material é aberto à comunidade e disponibilizado através dos meios e equipamentos citados.

### **3. PRODUTOS FINAIS**

Os produtos finais deste projeto estão descritos a seguir.

#### **3.1. Aerolevantamento e geração de imagens ortorretificadas**

##### **3.1.1. Aerolevantamento**

Foram elaboradas 02 (duas) coleções de fotos coloridas em papel na escala 1:30.000 e uma em formato digital (TIFF) gravada em CDs.

##### **3.1.2. Mosaico de imagens ortorretificadas**

Como produtos finais foram elaborados o mosaico de imagens digitais no banco de dados georreferenciado e um relatório descrevendo o processo de obtenção das imagens ortorretificadas com a indicação dos pontos de controle utilizados no processo.

##### **3.1.3 Estruturação do banco de dados georreferenciado**

Todos os elementos descritos no item VIII.3, referentes à hidrografia, sistema viário, altimetria, limites municipais, áreas de preservação permanente, imagens HRV-SPOT, TM e ETM+ LANDSAT foram integrados no banco de dados, utilizando o programa SPRING e disponibilizados em formato digital de ampla utilização (DXF para os elementos gráficos, TIFF e JPG para imagens, ASCII para dados tabulares).

#### **3.3 Mapeamento do uso e cobertura da terra**

Como produtos finais foram elaborados:

- o mapeamento digital do uso e cobertura da terra, em escala 1:25.000, inserido no banco de dados e em formato digital de ampla utilização e,
- um relatório contendo a descrição dos materiais e métodos empregados no mapeamento e os resultados obtidos, bem como o método empregado para a estimativa de exatidão global e seus resultados.

### **3.4 Mapeamento das áreas protegidas**

Como produto final foi elaborado o mapeamento digital das unidades de conservação e áreas de preservação permanente no banco de dados e em formato digital de ampla utilização.

### **3.5 Relatório sobre a estimativa da exatidão dos mapeamentos**

Foi elaborado um relatório (abaixo) descrevendo a metodologia e pontos verificados no campo para a estimativa da exatidão de ambos os mapeamentos (cobertura da terra e áreas protegidas).

### **3.6 Análise da vulnerabilidade das terras**

Como produto final foram elaborados:

- o mapeamento digital em escala 1:25.000 das unidades territoriais associadas às suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, de uso e cobertura da terra, e o resultado final da análise de vulnerabilidade, inseridos no banco de dados e em formato digital de ampla utilização; e,
- um relatório contendo a descrição do método empregado e os resultados obtidos.

### **3.7 Cadastro sobre o uso da terra e dos recursos hídricos pelos estabelecimentos rurais**

O cadastro foi elaborado com todas as informações georreferenciadas e tabulares integradas ao banco de dados e também em formato digital de ampla utilização.

### **3.8 Desenvolvimento e disponibilização de aplicativos de consulta para acesso dos dados através da Internet**

Como produtos finais dessa atividade tem-se:

a disponibilização através da Internet dos dados elaborados, presentes no banco de dados georreferenciado, e dos aplicativos de consulta que permitam o acesso às informações geográficas e tabulares selecionadas;

### **3.9 Montagem da biblioteca do Una**

Como produtos finais dessa atividade tem-se:

Atualizações de dados no banco de dados georreferenciado;

A biblioteca do Una está localizada no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, e fica aberta à comunidade, permitindo o acesso ao material disponível.

#### 4. EQUIPE TÉCNICA

O trabalho foi supervisionado por professores experientes da Universidade de Taubaté e a execução das atividades foi feita por contratação de terceiros que utilizem metodologias comprovadamente testadas e desenvolvidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A seleção do prestador do serviço foi rigorosamente feita segundo a Lei 8.666/93 e suas alterações, conforme o procedimento padrão da Comissão de Licitação da Universidade e aprovação do Agente Técnico do FEHIDRO. A contratada disponibilizou para o presente trabalho, profissionais qualificados e com experiência nas atividades descritas:

**Engenheiro Cartógrafo:** aerolevanteamento e geração de imagens ortorretificadas;

**Analista de sistemas:** estruturação do banco de dados georreferenciado e disponibilização do banco de dados através da Internet;

**Profissional da área ambiental:** mapeamento do uso e cobertura da terra; das áreas protegidas, análise da vulnerabilidade das terras e cadastro sobre o uso da terra e recursos hídricos; e,

**Bibliotecário:** implementação da biblioteca do Una.

A Biblioteca do Una funciona fisicamente nas dependências do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU onde também ficam todos os equipamentos de informática adquiridos pelo projeto.

## 5. AEROLEVANTAMENTO

O aerolevanteamento foi realizado pela AEROCARTA S.A. Engenharia de Aerolevanteamentos, com filme colorido, na escala 1/30.000, dentro do enquadramento geográfico:

Latitude 23°14'                      Longitude 45°15'

Latitude 22°54'                      Longitude 45°40'

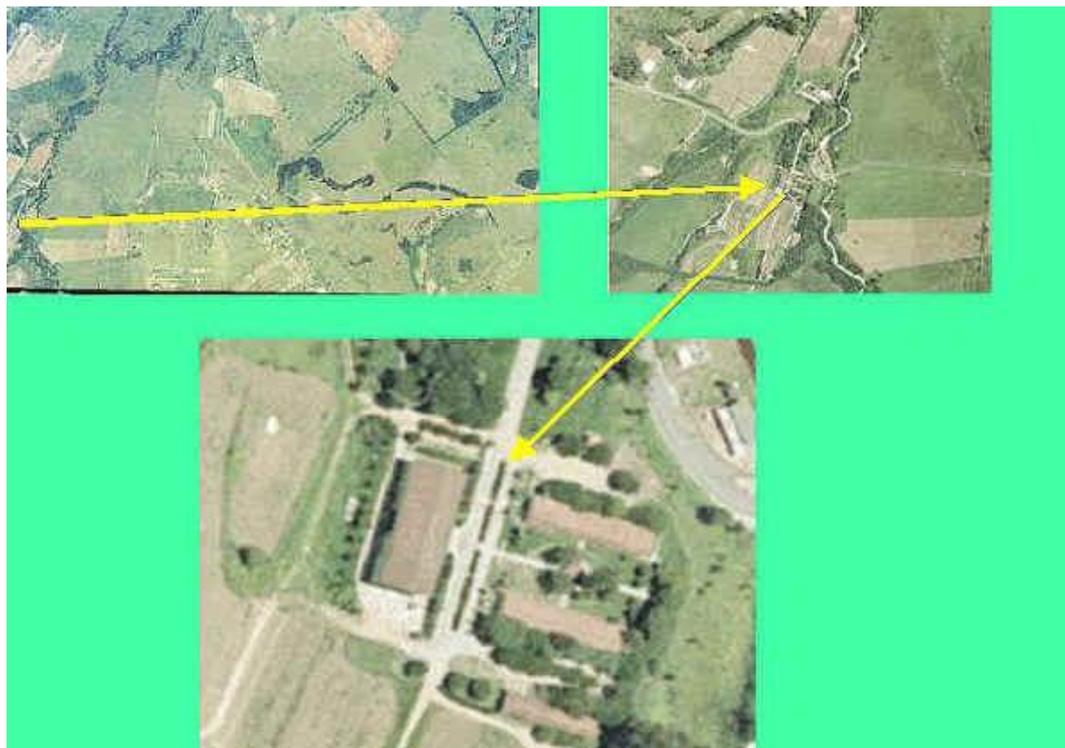
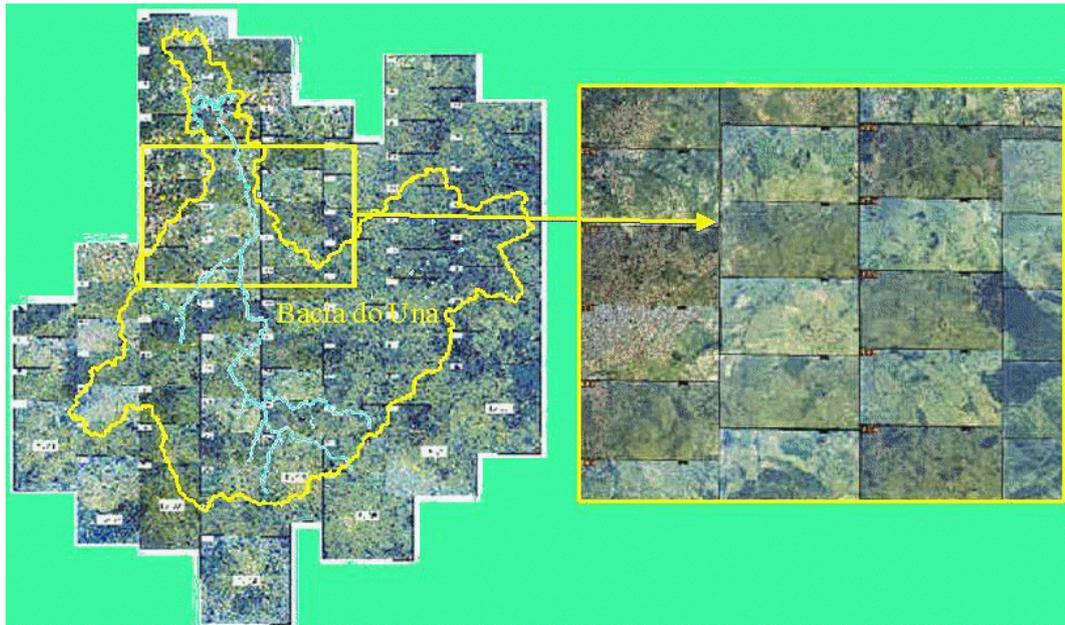
Após autorização do Ministério da Defesa - Estado Maior da Aeronáutica, foi realizada a cobertura aerofotogramétrica de acordo com as especificações técnicas descritas pela UNITAU e sua execução se desenvolveu basicamente em duas etapas, sendo que uma delas cobriu as faixas de nºs 1 a 7 e posteriormente a faixa nº 8, durante o mês de fevereiro de 2003.

Após o processamento fotográfico do filme foram elaboradas cópias fotográficas preliminares que após montagem permitiram a análise do vôo, onde se verificou que o deslocamento da faixa em relação ao alinhamento planejado, a existência de nuvens ou nebulosidade, e deriva etc., determinaram o refugio das faixas 6 e 7, e conseqüentemente o re-vôo dessas faixas.

As fotos finais com legendas de identificação foram escanerizadas, tratadas e posteriormente montadas e numeradas seqüencialmente de acordo com a faixa de vôo, para elaboração de um Fotoíndice.

### 5.1 Descrição do produto

Como produto final foram entregues 84 fotos coloridas em papel fotográfico na escala 1:30.000, 84 fotos coloridas em formato digital (TIFF) gravada em CD-ROM, 01 (um) fotoíndice em papel na escala 1:100.000 e 01 CD-ROM com o fotoíndice em formato digital.



Foi também fornecido pela AEROCARTA um relatório completo do aerolevanteamento descrevendo todos os equipamentos utilizados, a autorização do Ministério da Defesa para o vôo, a ficha técnica de plano de vôo e o atestado substanciado de calibração da câmara aérea.

## **5.2 Geração de mosaico de imagens ortorretificadas na escala 1:10.000**

### **5.2.1 Levantamento Geodésico por GPS**

O levantamento teve como objetivo identificar pontos (feições) bem definidos e fotoidentificáveis, onde seriam determinadas coordenadas para estas feições, no sistema de coordenadas UTM / SAD – 69, com precisão inferior a 0,5 m para estes pontos.

O processo de levantamento geodésico por GPS consistiu, primeiramente, na identificação de um ponto de coordenadas conhecidas e com precisão de 1ª ordem, localizado na área de interesse, para ser utilizado como referência.

Devido à inexistência na área de levantamento de pontos de 1ª ordem dos órgãos públicos como prefeituras, universidades, IBGE, etc, foi necessário identificar a localização de um ponto de coordenadas conhecidas, com precisão de primeira ordem, no município de São José dos Campos – SP e, realizar um transporte de coordenadas para uma base na universidade de Taubaté – SP campus da agronomia, localizada dentro da área de levantamento.

O procedimento seguinte para o levantamento geodésico foi a colocação do GPS base no ponto transportado e, em seguida, com um GPS móvel, foram levantados por irradiação os pontos de interesse conforme planejamento feito.

### **5.2.2 Aerotriangulação**

Uma vez executado o apoio de campo, foram iniciadas as etapas de aerotriangulação, a qual consiste na densificação do Apoio Suplementar por meio dos modelos aeroespaciais, para a restituição de estereomodelo, isto é, através de processos analíticos determinar a posição do centro da câmara no momento da tomada de cada foto.

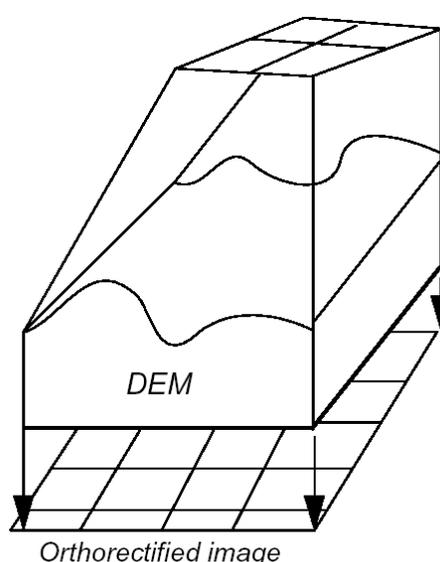
### **5.2.3 Ortorretificação**

A ortorretificação é o processo de remover os erros geométricos inerentes dentro das fotografias e das imagens. As variáveis que contribuem com os geométricos são, entre outras, as seguintes:

- » orientação da câmara e do sensor
- » erros sistemáticos associados à câmara e o sensor

- » deslocamento devido ao relevo
- » curvatura da terra

Nesse processo são aplicadas as imagens digitais cruas a técnica DEM (utilizada para eliminar efeitos do deslocamento devido ao relevo do terreno) e os resultados da triangulação para criar uma imagem ortorretificada. Logo que uma imagem ortorretificada é criada, cada pixel dentro da imagem adquire fidelidade geométrica. Assim, as medições que se fazem sobre uma imagem ortorretificada representam as posições dos objetos como se elas fossem feitas diretamente sobre a superfície terrestre.



### 5.3 Avaliação da qualidade do mosaico ortorretificado da Bacia do Rio Una.

A abordagem utilizada nesse projeto requer a avaliação da qualidade do produto oferecido e impõe um elevado nível de confiabilidade do material resultante do processo cartográfico. Define-se qualidade como sendo o grau de perfeição a atingir. Pode-se dizer também que ela é a melhor forma de garantir os requerimentos do consumidor.

O controle de qualidade implica na comparação do que foi produzido com padrões de qualidade pré-definidos. Devido à imensa quantidade de informações contidas no documento produzido, torna-se inviável a realização de uma inspeção de 100% dos referidos documentos.

Antes de tudo, temos que definir o termo carta: “Carta é a representação dos aspectos naturais e artificiais da Terra, destinada a fins práticos da atividade humana, permitindo a avaliação precisa de distâncias e direções, bem como a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes. São desenhadas em escalas iguais ou maiores do que 1:1.000.000, e uma Carta é dividida em um conjunto de folhas segundo uma sistemática pré-fixada”.

### **5.3.1 Critério de avaliação da qualidade utilizado com base na legislação (decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 - anexo 01):**

Da análise do artigo 8º do decreto, depreende-se que o controle de qualidade das cartas quanto à exatidão está calcado no critério estatístico da proporção amostra pura e simples. Tal critério é, estatisticamente, bastante adequado, uma vez que a proporção amostra, é o estimador de máxima verossimilhança, conforme pode ser verificado em um estudo de estimativas de máxima verossimilhança.

A escolha do número de elementos da mostra, bem como sua distribuição no conjunto é muito importante para a avaliação.

### **5.3.2 Método para classificação de cartas**

A classificação de uma carta topográfica, quanto à exatidão, está baseada na execução de testes de campo sobre amostras aleatórias de pontos dessa carta. O teste de campo consiste na determinação, para cada ponto da amostra, da diferença entre suas coordenadas medidas em gabinete e as medidas no campo, seguindo-se uma análise dos resultados, segundo um modelo matemático. Esse modelo é, na verdade, uma função de distribuição de probabilidade, uma vez que a execução do teste está ligada à probabilidade de cada ponto atender ou não a determinadas especificações, com um determinado nível de confiança.

### **5.3.3 Plano de amostragem**

O plano ora apresentado consiste em uma tabela que relaciona o tamanho das amostras com o número máximo de pontos que podem ser rejeitados para aquele tamanho de amostra.

O plano foi elaborado a partir da expansão da Tabela de Probabilidades Binomiais Acumuladas na

Cauda Direita e contém até vinte elementos por amostra. Para tanto se usou a expressão:

$$P(s_0) = \sum_{s=s_0}^n p(s) = \sum_{s=s_0}^n \binom{n}{s} \pi^s (1 - \pi)^{n-s}$$

Onde:

P – probabilidade de ocorrência de “s” eventos positivos numa amostra de “n” elementos;

n – número de elementos da amostra;

$s_0$  – número pré-fixado de eventos positivos;

s – número de eventos positivos, de  $s_0$  até n;

$\pi$  - proporção de elementos positivos na população.

Para a montagem da tabela, procedeu-se da seguinte maneira:

Considerou-se  $\pi = 0,90$ , ou seja, supôs-se que 90% dos pontos da carta satisfizessem ao PEC;

O tamanho da amostra (“n”) foi determinado pelo número de pontos bem definidos na carta ou por uma quantidade de pontos que viabilize a execução do teste de campo em termos financeiros; “s” passa a ser o número de pontos que satisfazem ao PEC, na amostra escolhida, relacionando a uma determinada percentagem; fixar-se-á em 0,95 (95%) o nível de confiança que se quer atingir, no mínimo, em cada amostra. Dessa forma, tem-se no máximo 5% de probabilidade de se estar cometendo um erro; a partir daí, busca-se a probabilidade acumulada imediatamente inferior a 0,95, determinado-se o número mínimo de pontos que devem satisfazer ao PEC para cada amostra.

O exemplo a seguir ilustra o algoritmo anteriormente descrito:

Sejam:

$\pi = 0,90$ ;

- nível de confiança = 0,95 = 95%;

- tamanho da amostra = n = 7.

Da Tabela de Probabilidade Binomiais Acumuladas na Cauda Direita, tem-se:

N	S <sub>0</sub>	p
7	1	1,0000
	2	1,0000
	3	0,9998
	4	0,9973
	5	0,9743
	6	0,8503
	7	0,4783

Fonte: Wonnacott. Tabela: 01

Observa-se, então, que 0,95 se enquadra entre  $p = 0,9743$  ( $s_0 = 5$ ) e  $p = 0,8503$  ( $s_0 = 6$ ).

Portanto, assume-se o valor  $p = 0,8503$  ( $s_0 = 6$ ), determinando-se, então o número mínimo de 6 pontos que devem satisfazer ao PEC para que o nível de confiança permaneça, no mínimo, igual a 95%.

A tabela abaixo apresenta amostras entre 2 e 20 pontos.

TAMANHO DA AMOSTRA	Nº MÁXIMO DE REJEIÇÕES PARA A AMOSTRA
2	0
3	0
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	2
10	2
11	2
12	2
13	2

14	2
15	3
16	3
17	3
18	3
19	3
20	3

Tabela: 02

### 5.3.4 Avaliação

Para a avaliação do mosaico, devem ser utilizados pontos que não fizeram parte do processo de produção do mesmo, portanto, foram coletados pontos específicos para a avaliação.

PONTOS DE VERIFICAÇÃO UNITAU 30.000						
Nome do Ponto	N (GPS)	E (GPS)	N (FOTO)	E (FOTO)	RMS	FOLHAS
HV-04	7439134,901	438211,675	7439136,57	438210,87	1,853	24
HV-08	7437387,355	444116,434	7437386,84	444113,59	2,890	30
HV-09	7440057,216	443619,212	7440061,21	443617,10	4,518	25
HV-10	7442234,447	443506,878	7442233,49	443505,94	1,340	25
HV-12	7450247,784	443114,735	7450246,94	443113,20	1,752	13
HV-17	7439471,188	448279,947	7439467,46	448276,65	4,977	25
HV-18	7441569,581	447604,706	7441569,86	447601,41	3,308	25
HV-20	7451183,593	448930,423	7451183,80	448929,46	0,985	14
HV-21	7456158,898	447551,969	7456159,68	447551,93	0,783	7
HV-25	7439876,717	453562,998	7439876,29	453561,37	1,683	26
HV-26	7442309,341	454261,772	7442310,60	454262,74	1,588	26
HV-33	7442003,311	458728,029	7442005,66	458727,17	2,501	27
HV-34	7446788,372	458558,511	7446788,37	458559,80	1,289	21
HV-52	7431272,244	453427,693	7431276,53	453427,34	4,301	34
HV-54	7430917,908	449080,805	7430918,60	449079,79	1,228	34

Tabela 3.

### 5.3.5 Conclusões da avaliação da qualidade da ortorretificação

Conforme foi observado na tabela 03, nenhum dos 15 pontos que foram submetidos ao teste, possui uma diferença acima do estipulado pela norma que é de 5m. Portanto, de acordo com o teste estatístico aplicado poder-se-ia reprovar se houvesse 3 pontos, com erro acima do estipulado (Tabela 02) e de fato não ocorreu nem um no teste realizado.

Assim, o mosaico de fotos que cobre a área da Bacia do rio Una e que tem 625 Km<sup>2</sup> (bacia mais *buffer* de 1 km), é um produto Classe A, segundo o referido decreto.

Vale lembrar que o processo de produção dos documentos cartográficos é, em sua essência, bastante complexo, portanto, envolve operações e métodos específicos, utilizando softwares sofisticados e precisos, com pessoal altamente qualificado para operá-los. Em face dessa complexidade e da natureza do produto requerido, tornou-se necessário a adoção de procedimento de controle que garantem sua qualidade e são aplicados em cada uma das várias fases da produção, por isso, mesmo sem o teste dos pontos de checagem é possível garantir um produto de qualidade, sendo que os pontos de checagem só vieram comprovar que todos os procedimentos na produção foram cumpridos.

As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram dois dos 15 pontos analisados para testes, onde é mostrado o recorte do ponto na fotografia original e na ortorretificada.

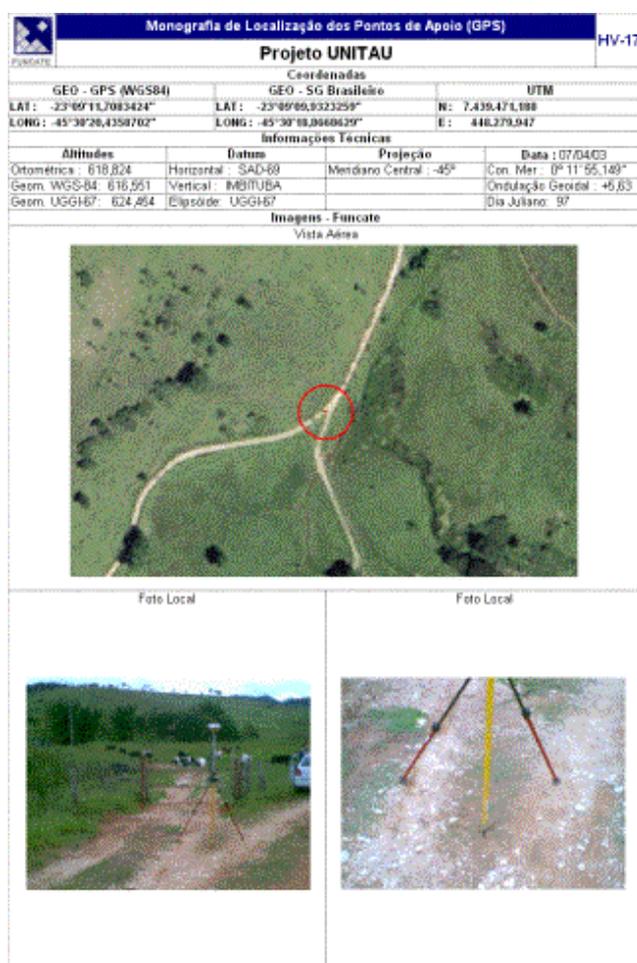


Figura 5.1. Amostra de ponto de controle da ortorretificação em uma bifurcação de estrada rural

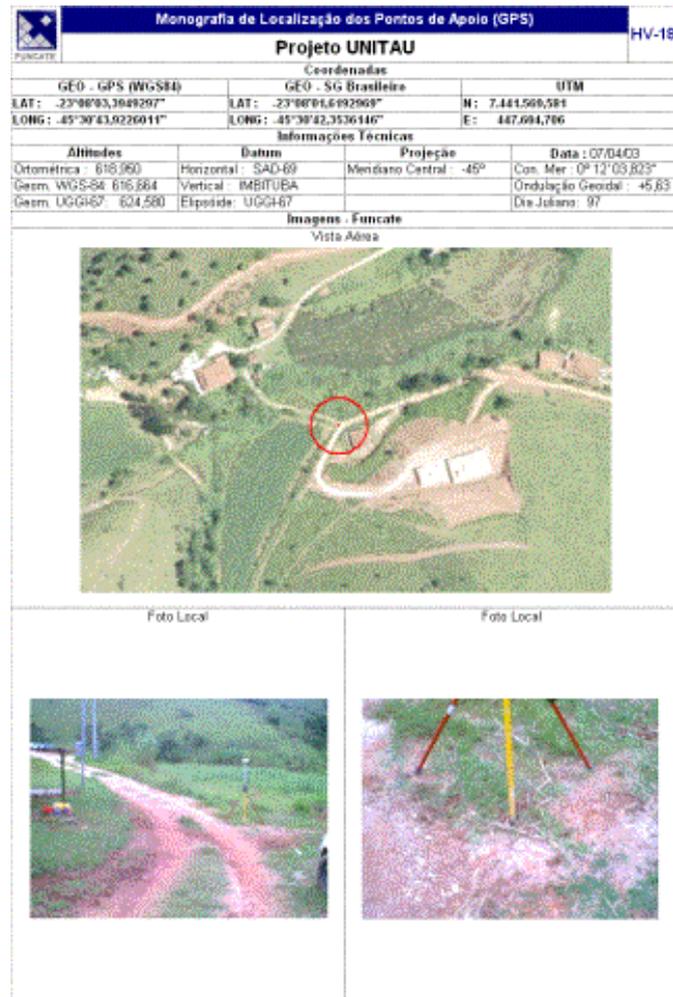


Figura 5.2. Amostra de ponto de controle da ortorretificação em uma propriedade rural

### 5.3.6 Descrição dos produtos

Foram geradas cópias em papel e cópias em formato digital dos seguintes relatórios:

- » monografia dos pontos de apoio (GPS)
- » orientação do projeto;
- » aerotriangulação;
- » mosaico da bacia do rio una, com fotos na escala 1:30.000;
- » processamento dos dados GPS.

(b) Foi disponibilizado em formato digital (CD-ROM) a complementação dos dados para área total da Bacia do Rio Una

(c) Foi disponibilizado em formato digital (CD-ROM) o mosaico geral da Bacia do Rio Una

(d) Foram gerados 12 CDs-ROM contendo as 35 ortofotos - escala 1:10.000

(e) Foram geradas 9 folhas em papel glossy contendo as ortofotocartas - escala 1:25.000

(f) Foram obtidas 41 (quarenta e uma) cópias em papel das cartas planialtimétricas (IGC) representando a área total da Bacia do Una - escala 1:10.000.

## **6. ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO E RECUPERAÇÃO DO BANCO DE DADOS PRELIMINAR**

### **6.1 Criação do Banco de Dados**

Foi modelado um banco de dados georreferenciado no aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) (v.3.6.03) referente à localização da Bacia do Rio Una. Este banco de dados georreferenciado conterá todos os elementos descritos no Termo de Referência.

#### **6.1.2 Recuperação do Banco de Dados Preliminar**

Os dados digitais sobre o meio físico da Bacia do Rio Una, organizados por Aulicino et al. (2000), foram recuperados e avaliados em quanto a qualidade apresentada, verificando-se o seguinte:

- (a) O georreferenciamento dos elementos planimétricos (malha viária e drenagem) e altimétricos (curvas de nível) apresentaram deslocamentos de até 10 metros, quando comparados com as cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000. Conseqüentemente, as imagens HRV/SPOT e TM/LANDSAT, as quais foram georreferenciadas com base na planimetria existente, apresentaram deslocamento similar (Figuras 6.1 e 6.2).
- (b) O traçado dos elementos planimétricos e altimétricos, utilizando como base as cartas topográficas do IGC, na escala 1:10.000, é deficiente. A digitalização vetorial apresentou imprecisões em quanto ao delineamento das linhas correspondentes à malha viária, a drenagem e as curvas de nível (Figura 6.3 e 6.4).
- (c) As categorias atribuídas aos elementos planimétricos e altimétricos adequaram-se àquelas correspondentes às cartas topográficas do IGC, na escala 1:10.000.
- (d) O Banco de Dados Georreferenciado Preliminar contém curvas de nível a cada 25 metros, sendo necessário o levantamento das curvas de nível a cada 5 metros (Figura 6.5).
- (e) O Elipsoide/datum utilizado no Banco de Dados Georreferenciado Preliminar (Hayford/Córrego Alegre) foi transformado para UGGI67/SAD-69.

### **6.1.3 Descrição da Informação Contida no Banco de Dados Georreferenciado**

O Banco de Dados Georreferenciado Preliminar ficou constituído pelos seguintes planos de informação:

**Nome do projeto:** Bacia\_Rio\_Una

**Sistema de projeção:** UTM/SAD-69.

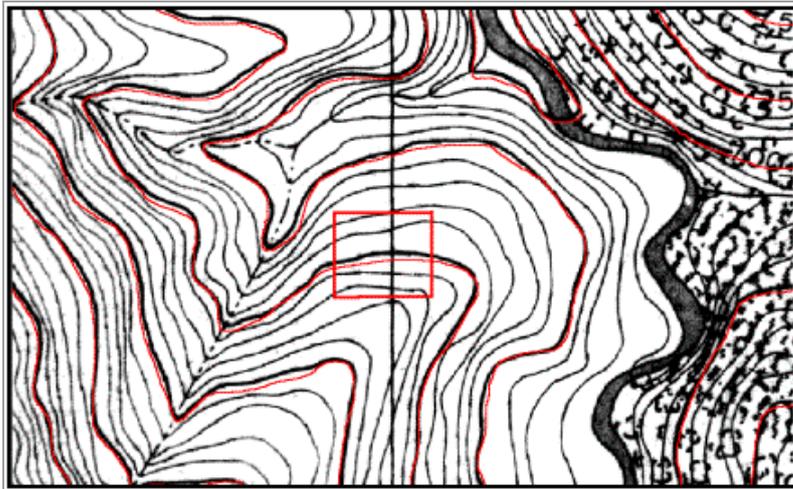
**Retângulo envolvente:** Longitude: W 45° 14' 57,84" - W 45° 45' 6,57"

Latitude: S 23° 15' 5,76" - S 22° 54' 54,37"

### **6.1.4 Descrição do produto**

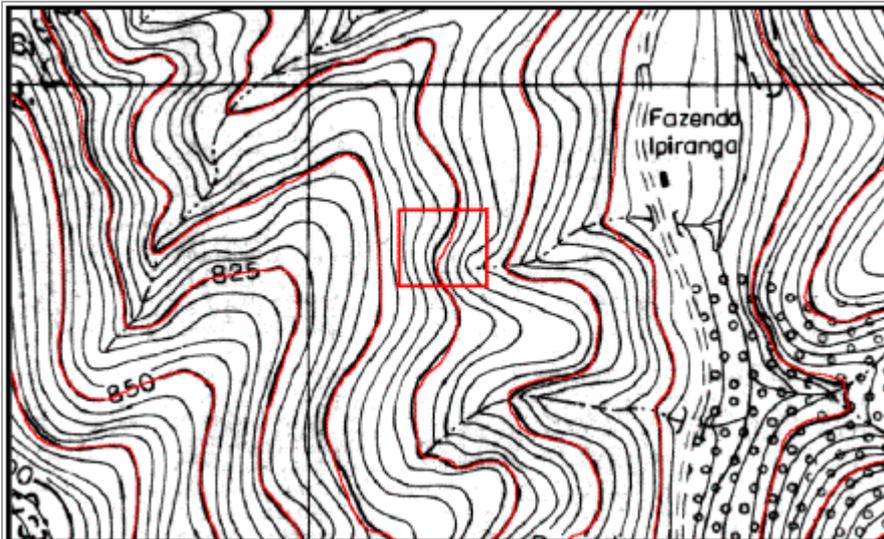
(a) Foi disponibilizado em CD-ROM o Banco de Dados Georreferenciado, contendo informação referente ao Banco de dados Preliminar organizado por Aulicino et al. (2000). Esses dados compõem-se de:

- » hidrografia;
- » sistema viário;
- » altimetria (parcial);
- » áreas de preservação permanente;
- » imagens HRV/SPOT dos anos 1995 e 1997 e imagens TM/Landsat do ano 1999.



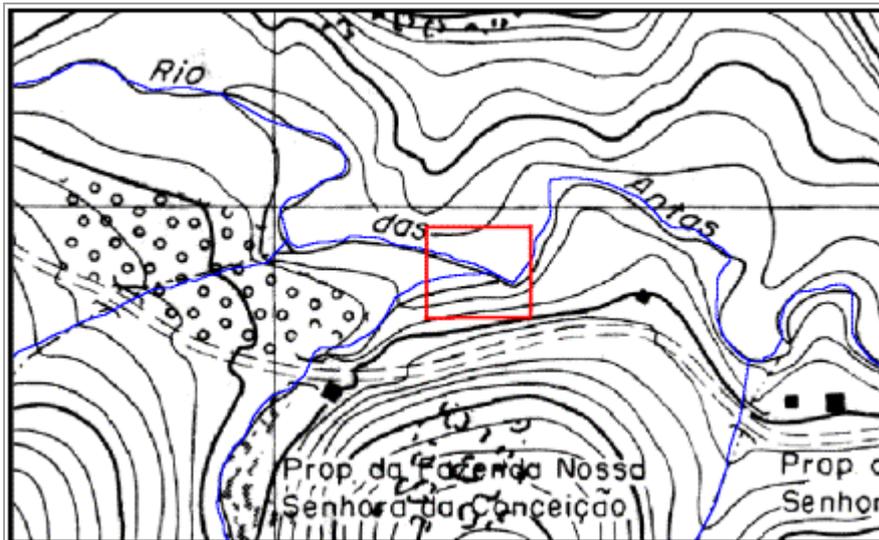
Plano de informação:  
 Altimetria  
 Deslocamento: X= 0 m,  
 Y= 8 m  
 Localização: Lat-Long.  
 23° 09' - 45° 24'  
 Carta (IGC): 082/125

Figura 6.1. Detalhe do deslocamento da linha no eixo Y



Plano de informação:  
 Altimetria  
 Deslocamento: X= 6 m,  
 Y= 4 m  
 Localização: Lat-Long.  
 23° 11' - 45° 32'  
 Carta (IGC): 083/123

Figura 6.2. Detalhe do deslocamento nos eixos X e Y



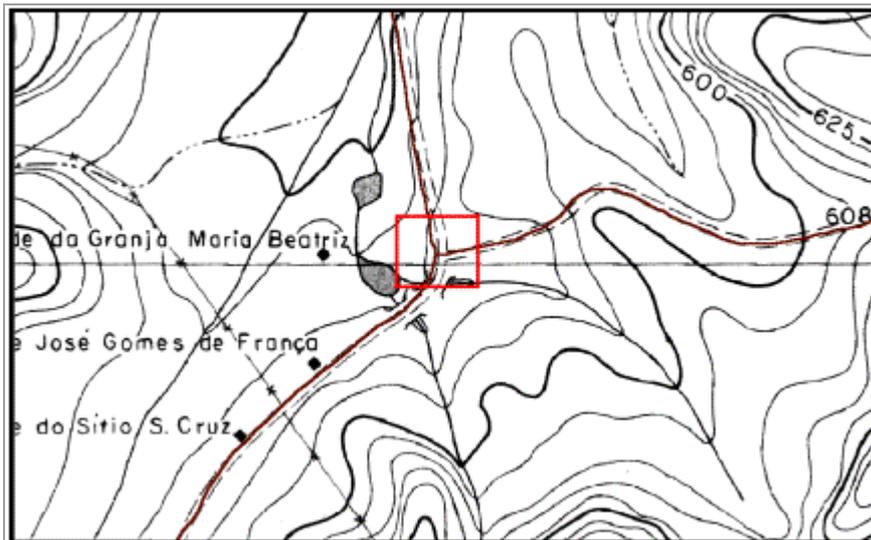
Plano de informação:  
Drenagem

Deslocamento: X= 5 m, Y=  
10 m

Localização: Lat-Long. 23°  
08' - 45° 30'

Carta (IGC): 083/123

Figura 6.3. Detalhe do deslocamento da rede de drenagem em relação à carta topográfica do IGC



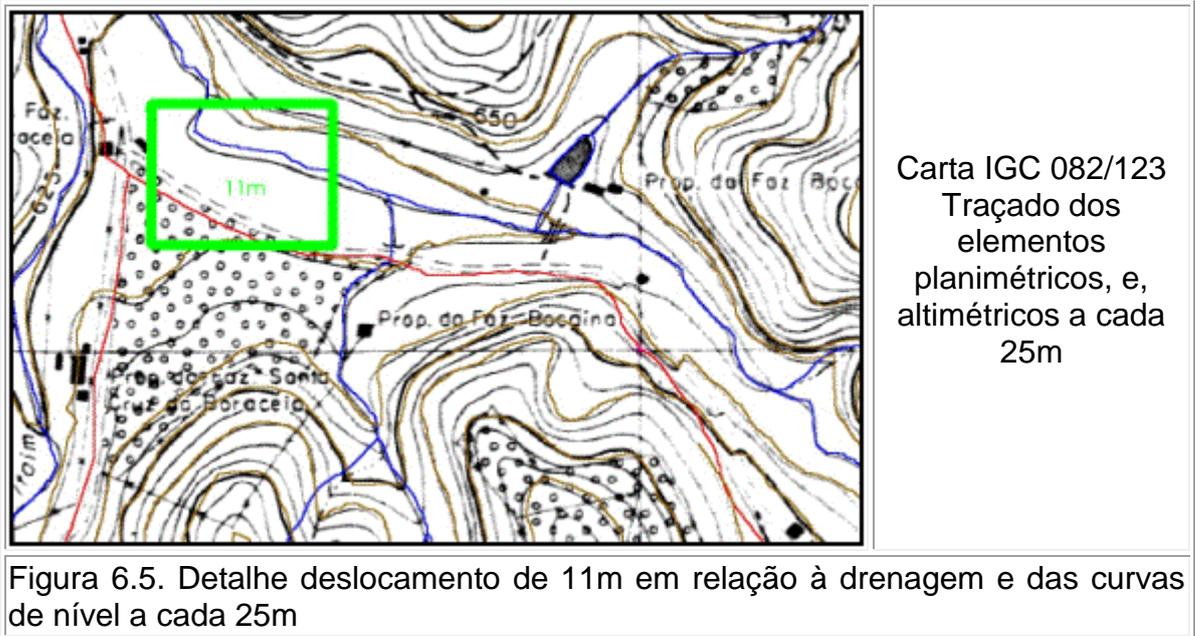
Plano de informação:  
Malha viária

Deslocamento: X= 7 m, Y=  
0 m

Localização: Lat-Long. 23°  
04' - 45° 31'

Carta (IGC): 080/123

Figura 6.4. Detalhe do deslocamento da malha viária em relação à carta topográfica do IGC



## 6.2 Criação do Banco de Dados ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO

Foi modelado um banco georreferenciado no aplicativo SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) (v.3.6.03) referente à localização da Bacia do Rio Una. Este banco de dados georreferenciado contém todos os elementos altimétricos e planimétricos descritos no Termo de Referência.

### 6.2.1 Digitalização das cartas topográficas

Os serviços propostos para a execução desta etapa, envolveram as seguintes atividades:

- scanerização das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) do estado de São Paulo, na escala 1:10.000, a 300 dpi de resolução;
- registro das cartas topográficas;

### 6.2.2 Vetorização dos elementos altimétricos e planimétricos

Nesta etapa foram vetorizados todos os elementos altimétricos e planimétricos contidos nas cartas topográficas do IGC, constituindo os seguintes temas:

- » Altimetria: curvas de nível (a cada 5 m) e pontos cotados com respectivas cotas  $z$  ( $zê$ ) associadas e topos de morros devidamente identificados e cotados;
- » Hidrografia: cursos d'água perenes e intermitentes, lagos, lagoas e represas;

» Sistema viário: estrada estadual, estrada municipal, estrada pavimentada, estrada sem pavimentação, estrada em construção, caminho, trilha;

» Limites municipais.

Posteriormente, a partir das curvas de nível e pontos cotados, foi gerado um modelo digital de elevação compatível com a escala 1:10.000, Figura 6.5.

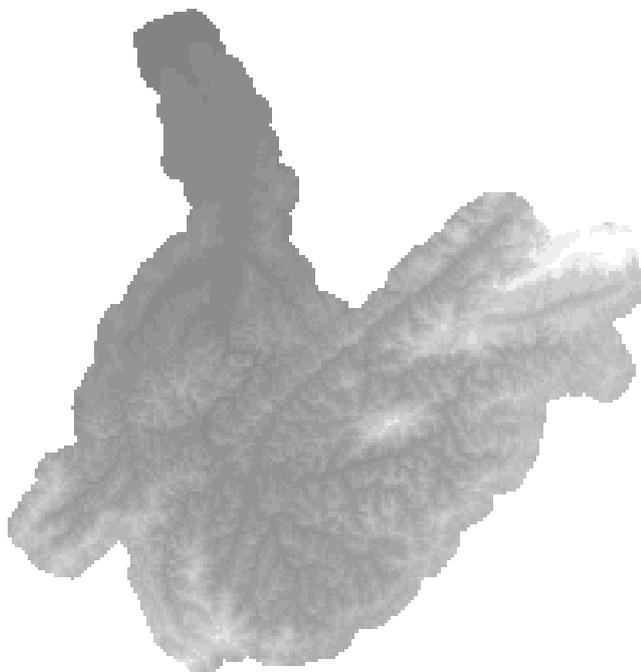


Figura 6.5. Imagem do modelo digital de elevação

### **6.2.3 Descrição de Informação Contida no Banco de Dados Georreferenciado**

O Banco de Dados Georreferenciado ficou constituído pelos seguintes planos de informação:

Nome do projeto: Bacia\_Rio\_Una

Sistema de projeção: UTM/SAD-69

Retângulo envolvente: Longitude: W 45° 15' 00" - W 45° 45' 00"

Latitude: S 22° 49' 00" - S 23° 25' 00"

(a) Foi disponibilizado em formato digital (CD-ROM), o Banco de Dados Georreferenciado, contendo informações referentes a:

- » hidrografia;
- » sistema viário;
- » altimetria e limites municipais.

(b) Cópia em papel de todas as cartas topográficas do IGC, na escala 1:10.00, que cobrem a bacia do rio Una.

## 7. MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA

### 7.1 Definição e identificação das classes

A observação do produto base para a execução do mapeamento, (mosaico ortorretificado), demonstrou a necessidade de uma reavaliação das classes a serem empregadas. Devido ao grau de detalhamento oferecido pelo produto base, optou-se por acrescentar classes ao Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra, possibilitando com a utilização de novas classes, uma representação mais detalhada do uso da terra para enfatizar áreas degradadas. Nesse contexto, as classes a serem utilizadas no mapeamento foram definidas conforme as descrições abaixo:

**Agricultura** – Esta classe representa as áreas que apresentaram a cobertura do solo com uso agrícola, culturas anuais ou perenes, Figuras 7.1 e 7.2.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p style="text-align: center;">Figura 7.1</p>	<p style="text-align: center;">Figura 7.2</p>

**Área degradada** – áreas que sofreram degradação pelo mau uso e ou ocorrência de acidentes naturais, condicionando áreas de severa degradação ambiental, (Voçorocas, deslizamentos e desmoronamentos), Figuras 7.3 e 7.4.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="464 685 612 719">Figura 7.3</p>	<p data-bbox="1091 685 1240 719">Figura 7.4</p>

**Área Minerada** – Áreas ocupadas por atividades minerárias ou obras de engenharia que resultam na remoção da vegetação e do solo locais, (Pedreiras, Jazidas, Portos de Areia etc...) Figuras 7.5 e 7.6.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="464 1507 612 1541">Figura 7.5</p>	<p data-bbox="1091 1507 1240 1541">Figura 7.6</p>

**Área Urbanizada** – Áreas de ocupação predominantemente urbana, apresentando os principais aparelhos de caracterização de áreas urbanas descritos no Art. 2º Inciso XIII Alínea “b” itens 01 a 06 da Resolução CONAMA 303 de 20 de março de 2002, Figuras 7.7 e 7.8.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="464 685 616 723">Figura 7.7</p>	<p data-bbox="1094 685 1246 723">Figura 7.8</p>

**Corpos d'Água** – Lagos, lagoas ou rios cuja lâmina d'água seja delineável na escala de mapeamento, Figuras 7.9 e 7.10.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="464 1417 616 1456">Figura 7.9</p>	<p data-bbox="1078 1417 1246 1456">Figura 7.10</p>

**Mata ou Capoeira** – Áreas de vegetação natural primária, pioneira ou secundária em estágio inicial, médio ou avançado de regeneração, Figuras 7.11 e 7.12.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="456 689 619 725">Figura 7.11</p>	<p data-bbox="1082 689 1244 725">Figura 7.12</p>

**Pasto** – Áreas ocupadas por pastagens naturais ou implantadas, Figuras 9.13 e 9.14.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
<p data-bbox="456 1406 619 1442">Figura 7.13</p>	<p data-bbox="1082 1406 1244 1442">Figura 7.14</p>

**Pasto degradado** – Áreas ocupadas por pastagens naturais ou implantadas apresentando expressivo quadro de erosão laminar, figuras 7.15 e 7.16.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
Figura 7.15	Figura 7.16

**Pasto sujo** – Áreas ocupadas por pastagens naturais ou implantadas apresentando quadro de abandono na utilização e manutenção, apresenta ainda regeneração da vegetação nativa em estágio inicial, com predominância de arbustos e árvores espaçadas, Figuras 7.17 e 7.18.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
Figura 7.17	Figura 7.18

**Reflorestamento** – Áreas ocupadas por reflorestamentos com *Eucaliptus* sp., *Pinus* sp. ou outras espécies exóticas, Figuras 7.19 e 7.20.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
Figura 7.19	Figura 7.20

**Reflorestamento cortado** – Áreas ocupadas por reflorestamentos com *Eucaliptus* sp., *Pinus* sp. ou outras espécies exóticas, que se apresentam em época de corte raso pela extração de madeira, Figuras 7.21 e 7.22.

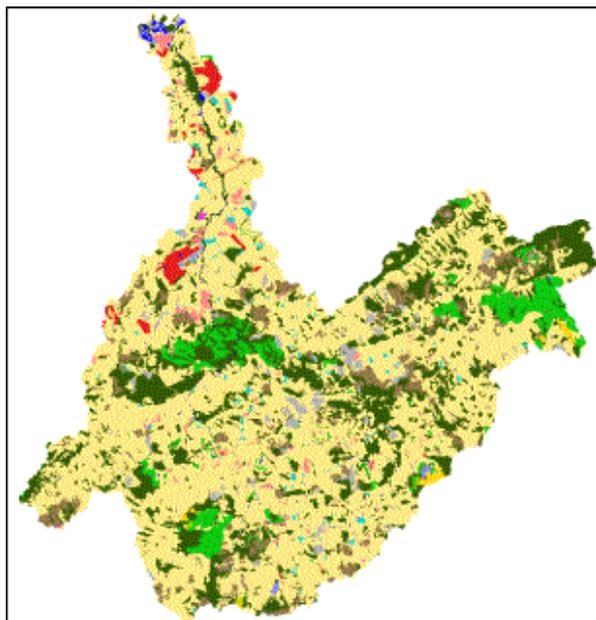
Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
Figura 7.21	Figura 7.22

**Solo Exposto** – Áreas sem cobertura vegetal ocasionadas por preparo de solo, (aração e ou gradagem), destinado ao uso agrícola, Figuras 7.23 e 7.24.

Identificação no mosaico ortorretificado	Identificação no campo
	
Figura 7.23	Figura 7.24

## 7.2 Critérios para delimitação dos polígonos no mapeamento

Os polígonos foram delimitados a partir da interpretação visual das classes referidas, observando-se o tamanho mínimo de 05 mm de largura para uma representação dos polígonos em papel na escala de 1:25.000, salvo a classe “Corpos d’água”, que, por sua maior importância no contexto, recebeu tratamento diferenciado, mapeando-se todos os polígonos dessa classe visíveis no mosaico ortorretificado, o resultado final do mapeamento esta representado na Figura 9.25.



Classes	Área (ha)	%
Pastagem	28.999	60,83
Mata ou Capoeira	10.082	21,15
Pasto Sujo	2.886	6,05
Reflorestamento	2.527	5,30
Pasto Degradado	1.042	2,19
Área Urbanizada	624	1,31
Áreas Cultivadas	604	1,27
Solo Exposto	368	0,77
Corpos D'Água	230	0,48
Reflorestamento Cortado	186	0,39
Atividades Minerárias	92	0,19
Área Degradada	36	0,08
<b>Total</b>	<b>47.676</b>	<b>100,00</b>

Figura 7.25. Mapa de Uso do Solo da Bacia do Rio Una e respectivo quadro de áreas (2003)

## 8. MAPEAMENTO DE ÁREAS PROTEGIDAS

### 8.1 Metodologia e Fundamentação Legal

A metodologia utilizada para execução do Mapeamento de Áreas Protegidas, em especial as Áreas de Preservação Permanente (APPs), foi baseada na Lei Federal N° 4.771, de 1965 que Instituiu o Código Florestal Brasileiro e nas Resoluções CONAMA N° 04/1985 e N° e 303/2002. Observando-se os critérios estabelecidos na legislação, as áreas protegidas foram mapeadas seguindo metodologia específica para cada uma das classes descritas na Resolução CONAMA 303/2002, transcrita a seguir:

*“Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:*

*I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:*

*a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;*

*b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;*

*c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;*

*d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;*

*e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;*

*II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinqüenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;*

*III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:*

*a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;*

*b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinqüenta metros;*

*IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinqüenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;*

*V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base;*

*VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;*

*VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;*

*VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;*

*IX - nas restingas:*

*a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;*

*b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;*

*X - em manguezal, em toda a sua extensão;*

*XI - em duna;*

*XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, à critério do órgão ambiental competente; XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;*

*XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;*

*XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.*

*Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:*

*I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos”.*

## **8.2 Tratamento Prévio dos Dados de Base**

A utilização de um SIG para efetuar o mapeamento de áreas protegidas, requer o tratamento prévio de camadas de informações geográficas contendo os dados topográficos de planimetria, altimetria, declividade, rede de drenagem, corpos d'água e divisores topográficos de bacias (linhas de cumeada), essas informações foram inseridas no banco de dados através da vetorização de cartas topográficas na escala de 1:10.000, contendo as curvas de nível com equidistância de 5m e a rede de drenagem. Estes dados foram processados, gerando uma grade triangular TIN utilizando-se a rede de drenagem correspondente como linhas de quebra, da grade triangular resultante foi gerada uma grade regular com resolução espacial de 5m, correspondente ao Modelo Digital do Terreno. A partir da rede de drenagem foram gerados mapas de distância em metros, com valor 0 (zero) partindo da linha vetorial de drenagem e dos pontos correspondentes às nascentes, inseridos no ponto inicial de cada linha de drenagem. As linhas de cumeada foram geradas através da interpretação dos divisores topográficos pelo delineamento das curvas de nível, e traçadas em camada específica no banco de dados. Com a utilização da grade MDT gerada com dados altimétricos, foram geradas grades de declividade da qual foram extraídos uma classe de APP (declividade  $> 45^\circ$ ) e um dado de apoio à delimitação de Topo de Morro, (Declividade  $> \text{ou} = a 30\%$ ). A partir desse tratamento prévio dos dados, torna-se possível o Mapeamento das Áreas Protegidas, utilizando-se metodologia específica para cada uma das classes de APPs.

## **8.3 Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente**

### **8.3.1 Mapeamento de APPs de Margens de Rios**

O mapeamento das APPs de margens de rios, foi obtido através da utilização do mapa de distâncias da rede de drenagem, gerado com faixas de distância de 1,0m, que foi posteriormente, fatiado com a distância de 30m (Buffer) em ambos os lados da drenagem, quando esta apresenta largura igual ou inferior a 10m, e, 50m quando esta apresenta largura entre 10 e 50m, Figuras 8.1 e 8.2.

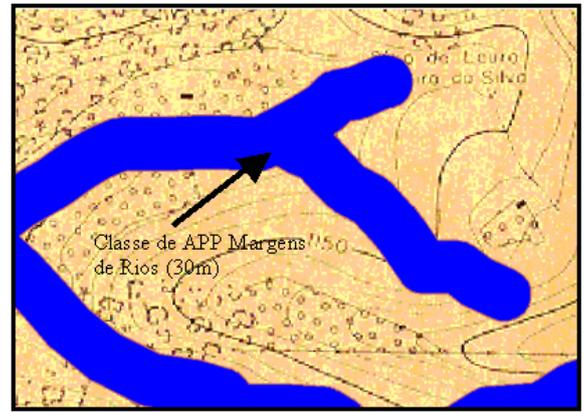
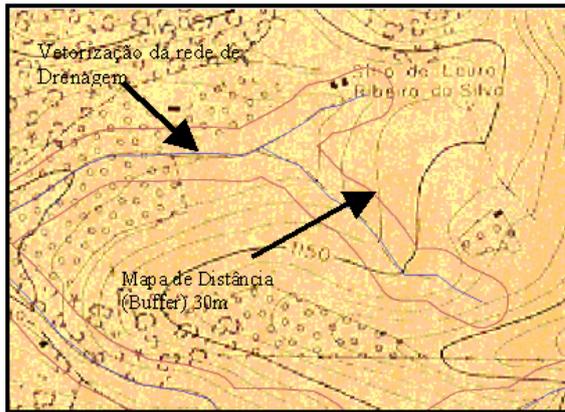


Figura 8.1. Vetorização de rede de drenagem e Figura 8.2. Classe de APP de margens de rios, geração do mapa de distância, com delimitação de faixa 30m a partir das margens dos rios

### 8.3.2 Mapeamento de APPs de Nascentes

O mapeamento das APPs de entorno de nascentes, foi obtido de forma semelhante ao mapeamento das APPs de Margens de Rios, porém utilizando-se como dado de entrada para a geração do mapa de distância em metros, um plano de informação contendo somente os pontos correspondentes às nascentes. Desse plano de informações, foi gerado um mapa de distância com faixas de 1m a partir de cada ponto correspondente às nascentes, esse mapa foi fatiado com valor correspondente a 50m de raio a partir do ponto central, produzindo o mapeamento da classe de APP Nascentes, Figuras 8.3 e 8.4.

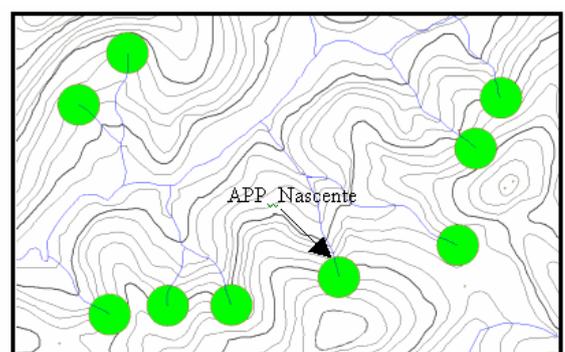
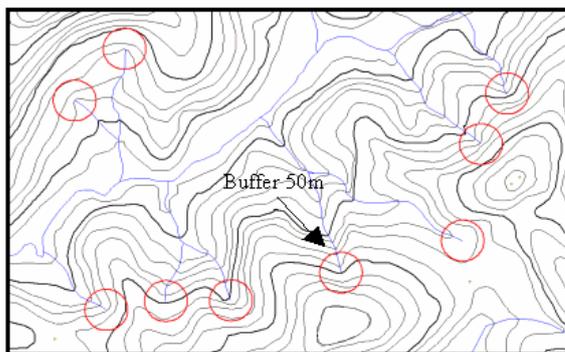


Figura 8.3. Delimitação de APPs de nascentes com raio de 50m

Figura 8.4. Classificação de APPs de nascentes com raio de 50m

### 8.3.3 Mapeamento de APPs de Declividade Superior a 45° ou 100%

A partir da grade do Modelo Digital do Terreno, previamente trabalhada como dado de base, foi gerada uma grade de declividade em graus, que foi posteriormente fatiada gerando um mapa temático com a classe APPs de inclinação superior a 45 graus, Figuras 8.5 e 8.6.

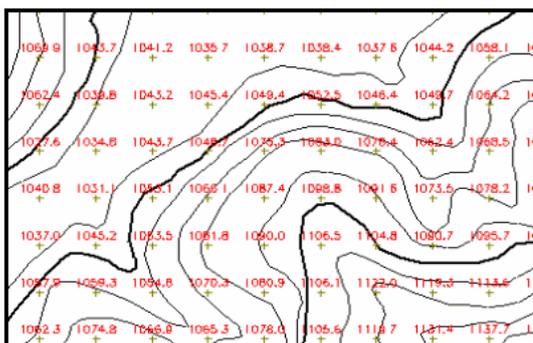


Figura 8.5. Grade regular do Modelo Digital do Terreno

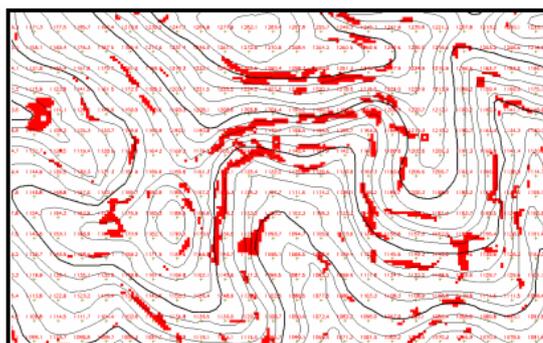


Figura 8.6. Classes de APPs de declividade superior a 45 graus

### 8.3.4 Mapeamento de APPs de Topo de Morro

O mapeamento de APPs de topo de morro, (montes, serras e montanhas), depende de um aparato de apoio para a caracterização do relevo e a tomada dos pontos de cume e base de morro necessários ao cálculo do terço superior, que corresponde à área de preservação propriamente dita. Nesse contexto, foi necessária a criação de planos de informação contendo em separado, Linhas de Cumeada, Grade Regular de Altimetria, Declividade igual ou superior a 30%, Rede de Drenagem, Curvas de Nível e ainda um plano de informação criado especialmente para receber os polígonos correspondentes à classe Topo de Morro.

A interpretação dos morros, agrupamentos de morros ou ainda cadeia de morros e montanhas, levou em consideração o que diz a Resolução CONAMA nº 303/2002, especificamente para esta classe, “V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação a base; VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;”, a mesma resolução estabelece ainda definições para a caracterização do relevo na interpretação dessa classe de APPs como segue:

*“IV - morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;*

*V - montanha: elevação do terreno com cota em relação a base superior a trezentos metros;*

*VI – base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor;*

*VII – linha de cumeada: linha que une os pontos mais altos de uma seqüência de morros ou de montanhas, constituindo-se no divisor de águas;”*

Considerando os itens que devem ser obrigatoriamente observados para a delimitação dos topos de morro, foram então traçadas as curvas de nível que correspondem à delimitação do terço superior, delimitando assim a Área de Preservação Permanente de Topo de Morro, a **Figura 8.7** mostra de forma esquemática, o resultado da composição de camadas necessárias à interpretação e a respectiva delimitação de Topo de Morro.

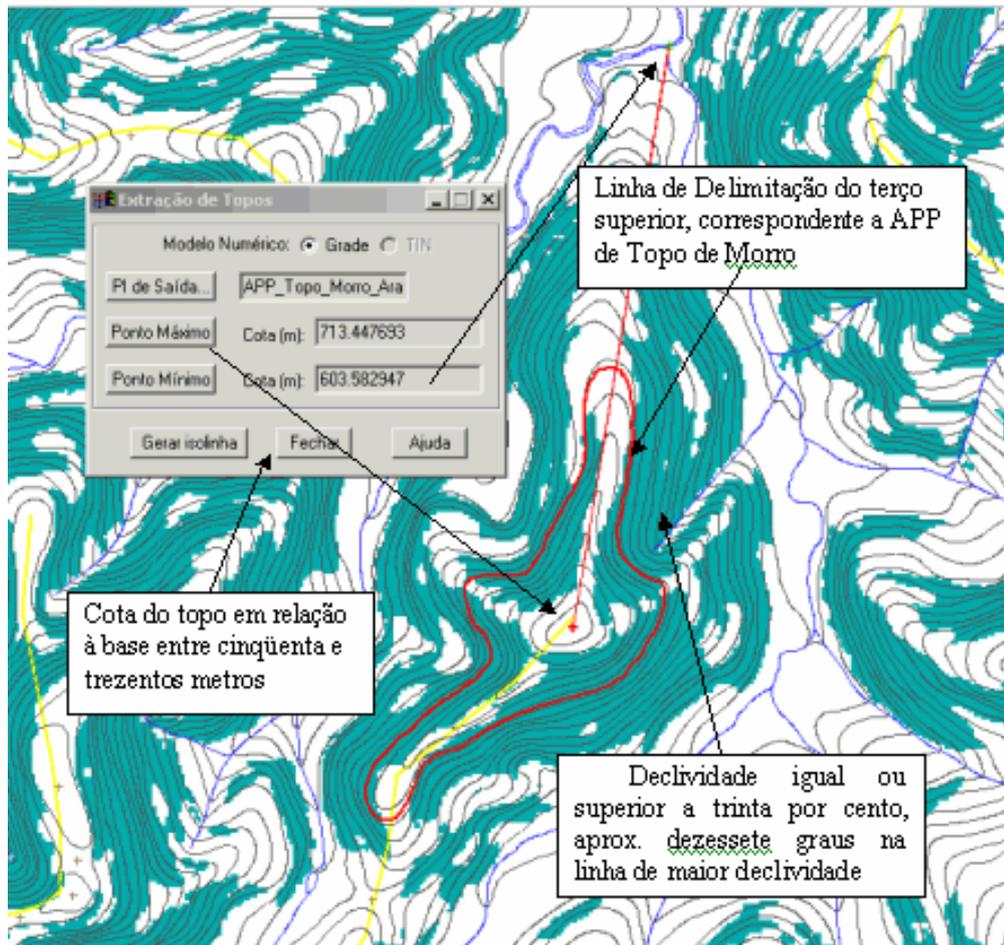


Figura 8.7. Detalhes de interpretação da classe APP Topo de Morros

#### 8.4 Mapa de Áreas Protegidas

Os dados obtidos individualmente no mapeamento de cada classe de APP foram posteriormente agrupados em um único plano de informação, obedecendo a uma ordem de prioridade, com a seguinte disposição das classes, 1° Nascentes, 2° Margens de Rios e Corpos D'água, 3° Declividade Superior a 45 graus ou 100%, 4° Altitude Superior a 1800m (quando ocorre) e 5° Topos de Morro. Do agrupamento destas classes num único plano de informações, obtém-se um Mapa de Áreas de Preservação Permanente, sem que haja uma sobreposição de classes em mesma área, dando origem ao mapa final de Áreas de Preservação Permanente **Figura 8.8.**

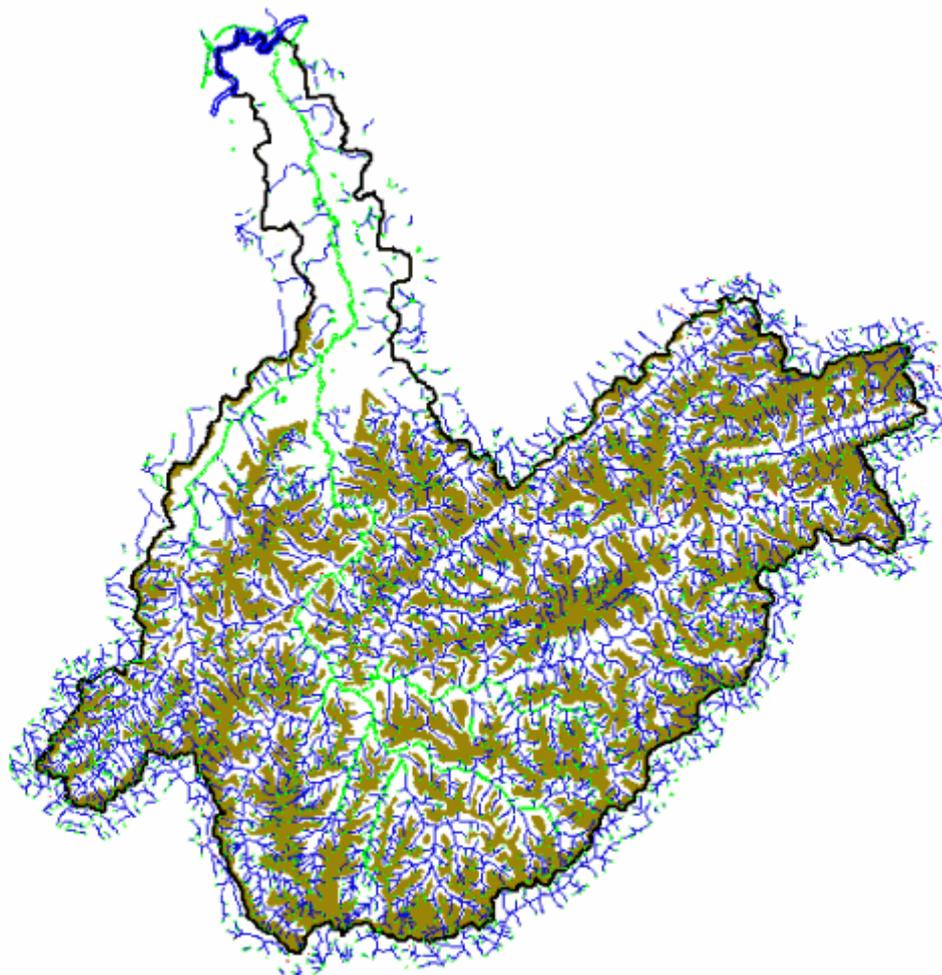
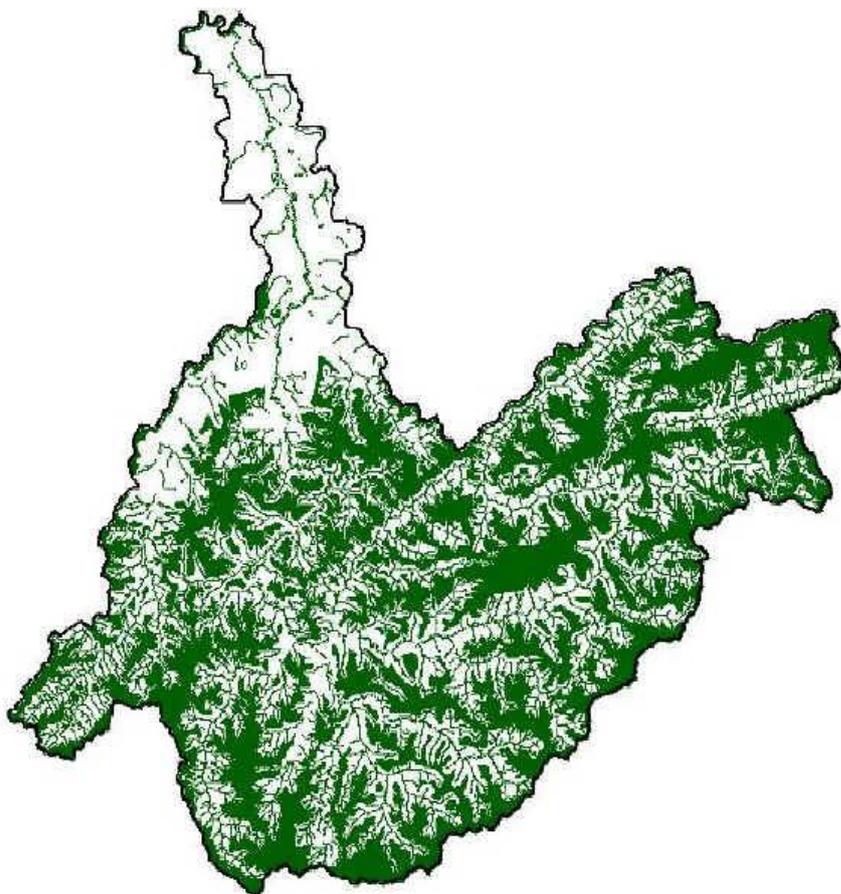


Figura 8.8. Mapa de Áreas de Preservação Permanente

#### 8.4.1 Mapa de Áreas Protegidas (Áreas de Preservação Permanente- APP e Áreas de Proteção Ambiental- APA)

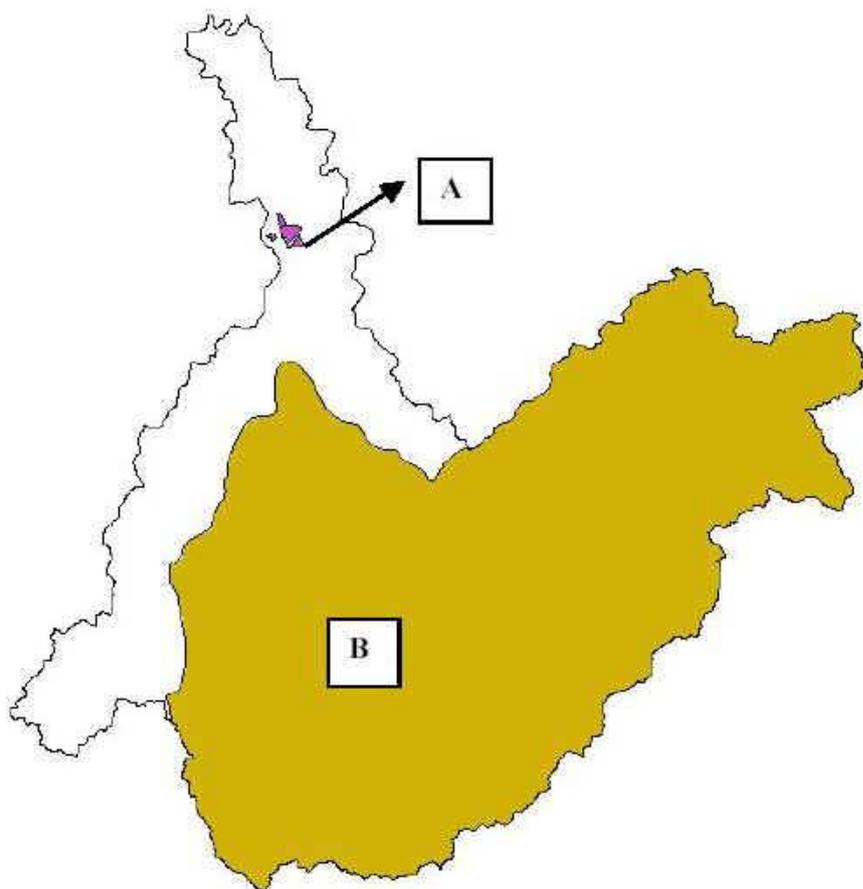
Os dados obtidos individualmente no mapeamento de cada classe de APP foram posteriormente agrupados em um único plano de informação, obedecendo a uma ordem de prioridade, com a seguinte disposição das classes: 1°- Nascentes, 2°- Margens de Rios e Corpos D'água, 3°- Declividade Superior a 45 graus ou 100%, 4°- Altitude Superior a 1800m e 5°- Topos de Morro e Linhas de Cumeada. Do agrupamento destas classes num único plano de informação, obtém-se um Mapa de Áreas de Preservação Permanente sem que exista uma sobreposição de áreas, dando origem ao mapa final de Áreas de Preservação Permanente (**Figura 8.9**).



**Figura 8.9.** Mapa de Áreas de Preservação Permanente

As APAs, em geral, possuem áreas extensas, com certo grau de ocupação humana, dotado de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas. Têm como objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Após levantamento em órgão federal (IBAMA), estadual (SMA) e municipal, verificou-se que existe somente duas áreas de preservação ambiental dentro da bacia do Rio Una: a) APA Federal 057 da Bacia do Rio Paraíba do Sul e b) APA Municipal Vila Industrial da Bacia do Rio Uma, que estão apresentadas na **Figura 8.10**.



**Figura 8.10.** Mapa áreas de proteção ambiental (A) APA Municipal Vila Industrial e (B) APA Federal 057 da Bacia do Rio Paraíba do Sul

A Bacia do Rio Una possui 477 km<sup>2</sup> de área, tendo deste total 63,7% de área de preservação permanente correspondendo a 303,79 km<sup>2</sup> divididos em: Nascentes - 3,9%, Margens de Rios e Corpos D'água – 20,6%, Declividade Superior a 45 graus ou 100% - 0,3% e Topos de Morro e Montanhas – 38,9%. Quando estas áreas são agrupadas para gerar o mapa total de APPs, ocorre uma sobreposição de área, gerando uma nova porcentagem de áreas de preservação em torno de 56,9%.

Da comparação entre os mapas de APP e de Uso do Solo, foi gerado o Mapa de Não Conformidade – **Figura 8.11**, foi observado que 52,9% da área está dentro dos padrões de uso esperado para a área da Bacia do Rio Una, enquanto que 47,1% usam irregularmente as áreas de preservação permanente.

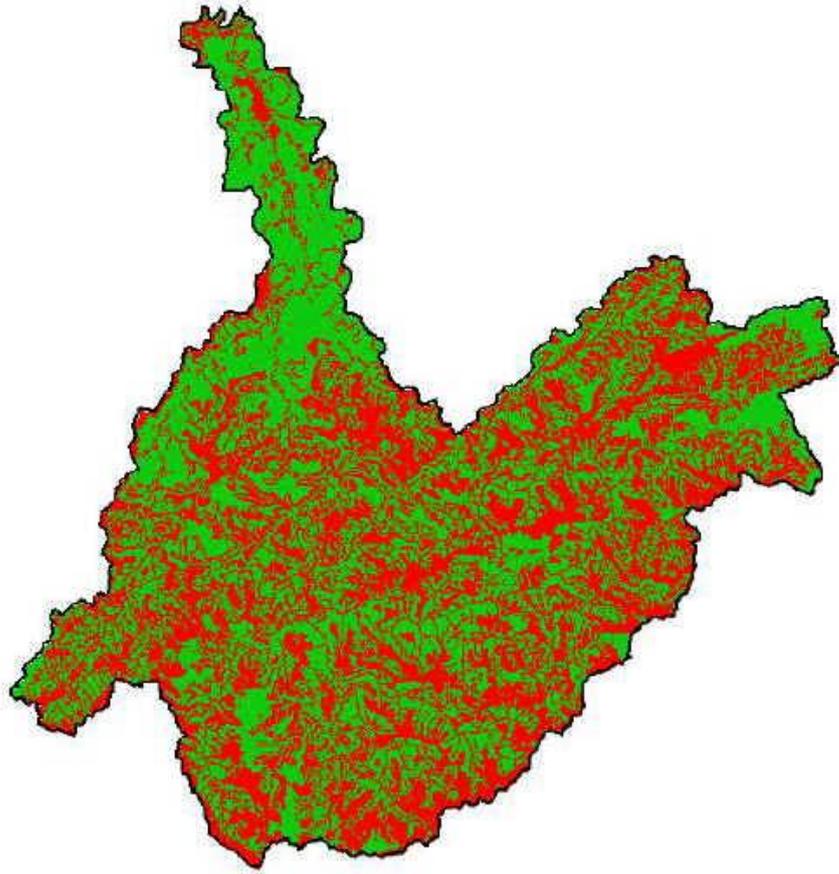


Figura 8.11. Mapa de Não Conformidades (*vermelho* - área não conforme e *verde* - área conforme)

Após a finalização do mapa de APPs, seguindo as resoluções da Lei Federal N° 4.771, de 1965 que instituiu o Código Florestal Brasileiro e nas resoluções CONAMA N° 04/1985 e N° 303/2002, e utilizando a metodologia aqui apresentada, verificou-se que os resultados obtidos apresentam 95% de confiança, atendendo o item 05 da proposta técnica.

## 9. AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DOS MAPEAMENTOS

Para avaliar a estimativa de exatidão dos mapeamentos foram feitas inicialmente análises comparativas com recentes trabalhos que utilizaram em suas metodologias, técnicas de Sensoriamento Remoto, imagens orbitais e um Sistema de Informações Geográficas, tais como: São Paulo (Estado) Secretaria de Estado do Meio Ambiente; Coordenadoria de Informações Técnicas Documentação e Pesquisa Ambiental; Instituto Florestal (1993), “Inventário Florestal do Estado de São Paulo”; São Paulo (Estado) Secretaria de Estado do Meio Ambiente/ Instituto Florestal (2002), “Inventário Florestal das áreas reflorestadas do Estado de São Paulo” e Montesi, (2003), intitulado “Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo do Município de Taubaté Utilizando Dados do Satélite CBERS” **Figuras 9.1, 9.2 e 9.3.**

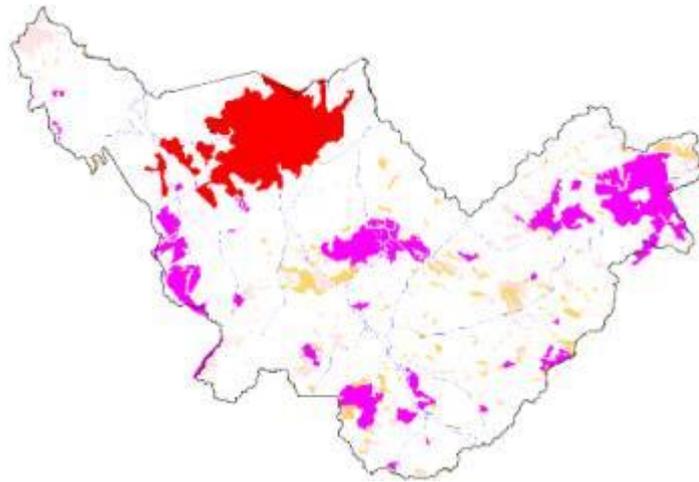


Figura 9.1. Inventário Florestal do Estado de São Paulo, (Instituto Florestal, 1993)

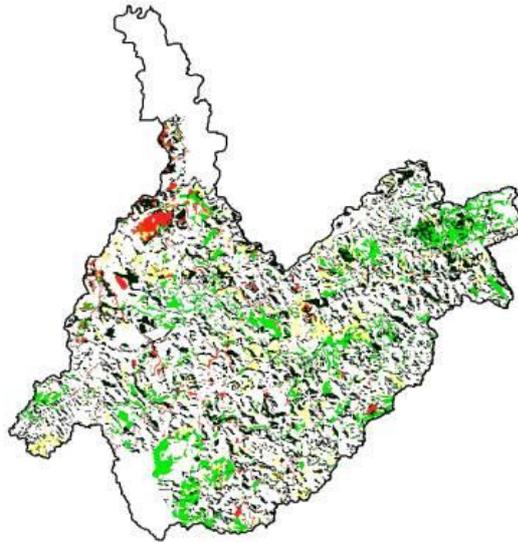


Figura 9.2. Inventário Florestal das áreas Reflorestadas do Estado de São Paulo, (Instituto Florestal, 2002)

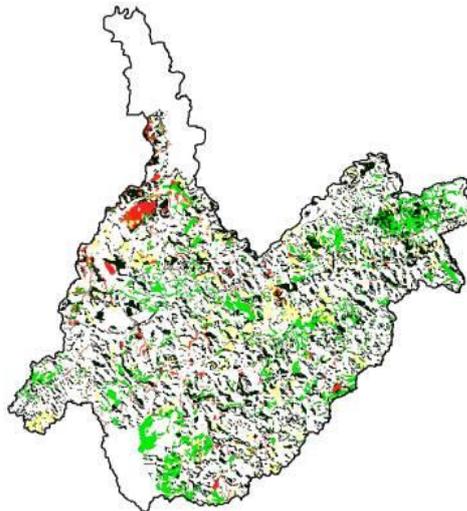


Figura 9.3. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo do Município de Taubaté Utilizando Dados do Satélite CBERS (Montesi,2003).

Para efetuar a comparação dos dados de uso e cobertura do solo, destes trabalhos, foram necessárias algumas adaptações e cruzamentos, pois apesar da mesma metodologia, os materiais utilizados (software, imagens digitais) não foram os mesmos. Portanto, além de um novo banco de dados foram criados no programa SPRING, três novos projetos (com as mesmas coordenadas da área de estudo, da Bacia do Rio Una), e uma nova categoria, para abrigar os dados desses trabalhos. Com a disponibilidade do resultado de mapeamentos referentes à mesma área, foi realizado o cruzamento entre as principais classes de uso em comum desses levantamentos. Esse cruzamento gerou um mapa contendo

diferenças de mapeamento entre as classes temáticas comuns aos diferentes trabalhos, **Figura 9.4**.

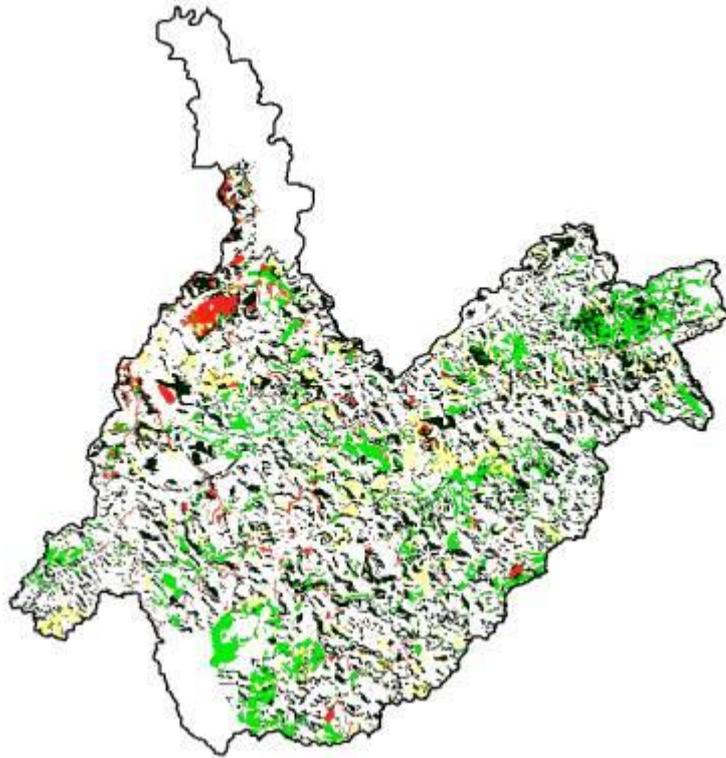


Figura 9.4. Mapeamento das diferenças para aferição do mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia do Rio Una

As diferenças mapeadas a partir dos cruzamentos permitiram identificar polígonos de divergência onde foram alocados os pontos para verificação de campo. Devido a diferença de resolução dos dados utilizados no cruzamento, em relação à menor escala, optou-se pela indução na locação de pontos de verificação nos campos onde houve maior ocorrência de diferenças entre os mapas comparados em suas respectivas classes, este detalhe potencializa uma indução ao erro de mapeamento, dessa forma a exatidão do mapa do uso e cobertura da terra da Bacia do Rio Una, foi feita de uma forma conservadora e baseou-se na verificação de 164 pontos selecionados nos locais que apresentaram diferenças significativas no cruzamento dos dados supra apresentados **Figura 9.5**.

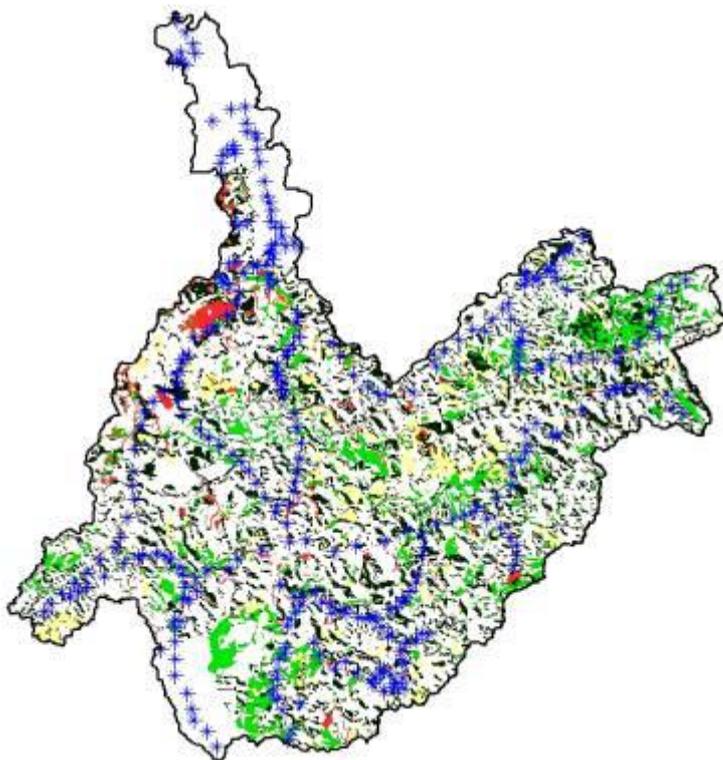


Figura 9.5. Localização dos pontos e rotas (em azul) de verificação do mapeamento

Os pontos a serem verificados no campo foram listados com as coordenadas X e Y e suas respectivas classes correspondentes, estes dados foram organizados na forma de planilha contendo uma lacuna para confirmação da classe a ser verificada no campo e observações adicionais, as coordenadas X e Y foram inseridas como waypoints num equipamento GPS1 Garmin 12XL utilizado para a localização do ponto de verificação em campo.

Os resultados da ambulatório foram calculados quanto ao percentual de correção nos pontos verificados do mapeamento e estão apresentados na **Tabela 9.1**.

Os resultados da verificação da exatidão do mapeamento de uso da terra da Bacia do Rio Una na escala de 1:25.000 apresentaram uma exatidão global de 95,12%, de um total de 164 pontos verificados, 156 foram mapeados corretamente e 8 apresentaram incorreções de mapeamento. Em relação às classes área minerada, área urbanizada, pasto degradado, corpos d'água e solo exposto que são áreas pouco frequentes na Bacia, a amostra dos pontos coletados não incluiu um número significativo de pontos devido ao critério de localização dos pontos de verificação por indução ao erro, baseado no cruzamento prévio de mapeamentos de outros trabalhos que resultaram no mapa de

**Tabela 9.1, Resultados de verificação da exatidão do mapeamento do uso da terra da Bacia do Rio Una, números absolutos e percentuais.**

		Situação de Campo		% de Acertos	
Classes	n° pontos verificados	sim	não	sim	não
Pastagem	93	91	2	97,85	2,15
Mata Capoeira	32	30	2	93,75	6,25
Pasto Sujo	9	8	1	88,89	11,11
Pasto Degradado	3	2	1	66,67	33,33
Área Urbanizada	3	3	0	100	0
Reflorestamento	12	12	0	100	0
Cultura	6	5	1	83,33	16,67
Área Minerada	1	1	0	100	0
Corpos D'água	3	2	1	66,67	33,33
Solo Exposto	2	2	0	100	0
<b>Global</b>	<b>164</b>	<b>156</b>	<b>8</b>	<b>95,12</b>	<b>4,88</b>

diferenças de mapeamento, **Figura 9.4**. Em adição à análise quantitativa, foi observado que em termos qualitativos o mapeamento apresenta uma alta qualidade, principalmente em relação às classes de menor amostragem, tais como Urbana, Área Minerada e Solo Exposto cuja ocorrência menor das amostras pela metodologia de locação dos pontos ainda assim apresentou correção em 100% das amostras verificadas. Em relação à classe Corpos d'Água, o período de aquisição da foto, (Fevereiro de 2003) e o de verificação, (Maio de 2004) sugerem possíveis alterações sazonais, principalmente em áreas passíveis de alagamento, para a classe Pasto Sujo considerou-se a dinâmica de uso da terra, uma vez que a avaliação da exatidão do mapeamento foi implementada um ano após a execução do mapa, o que o torna passível de alterações no campo para o período considerado. Além da verificação dos pontos locados para aferição da exatidão do mapeamento, foram amostrados pontos notáveis das condições de uso da terra, comprovando a validade qualitativa do mapeamento com registro de um total de 226 fotos e anotação das coordenadas dos locais visitados, **Figura 9.6**.



Figura 9.6. Situações freqüentes de uso da terra na bacia do rio una

Após a realização das etapas de ambulação e checagem dos pontos em suas respectivas coordenadas, foram realizados dois sobrevôos contando com apoio e participação do Comando de Aviação do Exército (CAVEX), estes dois sobrevôos foram realizados em helicópteros e contaram com a utilização de um sistema de navegação georreferenciado montado num Laptop com um equipamento GPS acoplado utilizando ao fundo uma imagem do mosaico ortorretificado para a orientação do vôo. Este aparato tecnológico permitiu o registro georreferenciado das rotas de vôo bem como a realização de uma videografia totalizando aproximadamente 3,0 horas. Estes sobrevôos permitiram ainda a realização de um registro fotográfico contendo 290 fotos digitais e mais de 120 analógicas, ambas georreferenciadas, focalizando especificamente a situação atual e as condições de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Una, **Figuras 9.7 e 9.8.**



Figura 9.7. Fotos dos dois sobrevôos e respectivas equipes participantes, CAVEX e UNITAU.

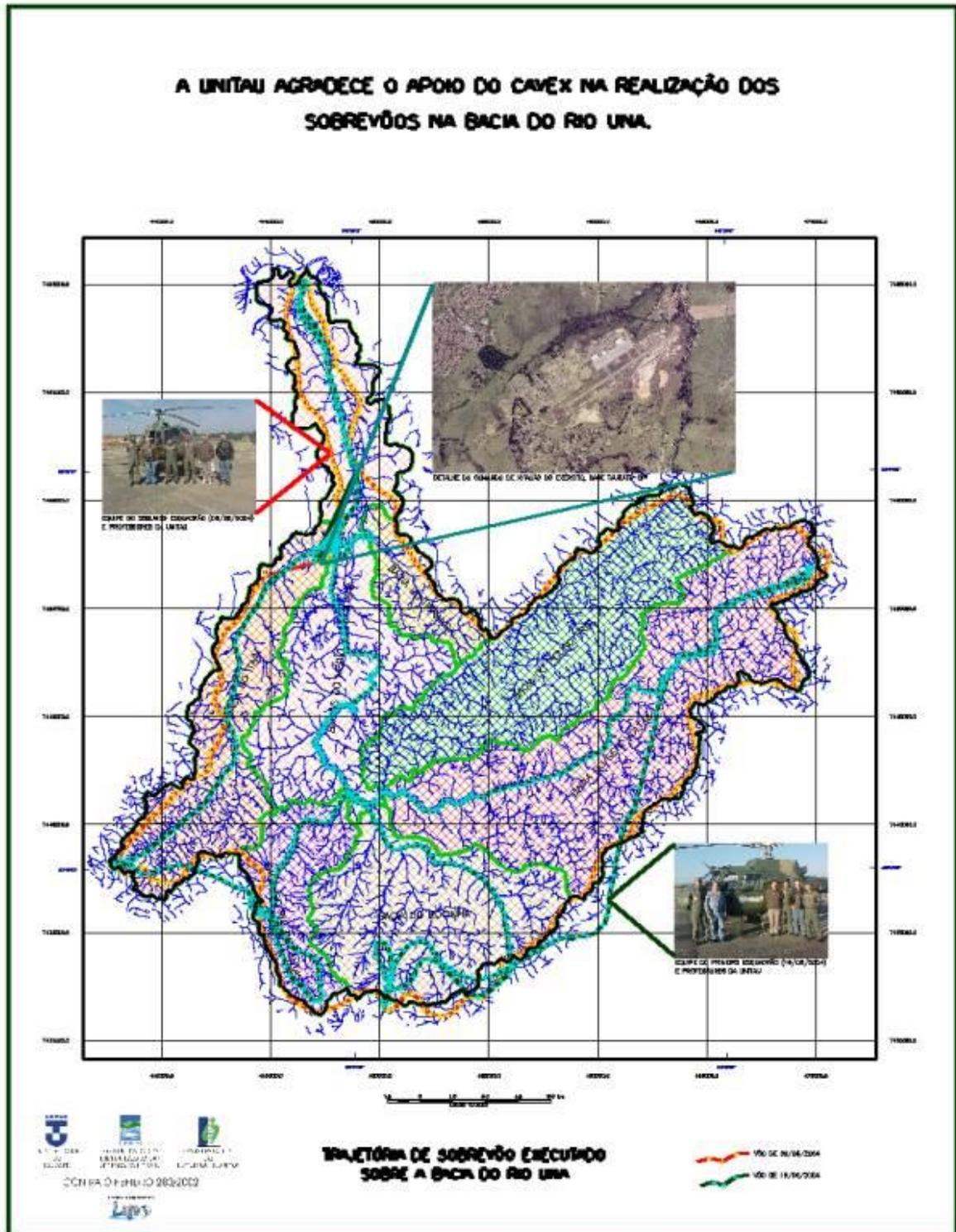


Figura 9.8. Mapa das rotas de sobrevôo da Bacia do Rio Una e respectivas equipes participantes, CAVEX e UNITAU.

## 10. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE DAS TERRAS

### 10.1 Metodologia aplicada para mapeamento da vulnerabilidade

#### 10.1.1 Fundamentação Técnica

A metodologia utilizada no estudo da vulnerabilidade a erosão e ao movimento de massa da Bacia do Rio Una no Município de Taubaté, foi desenvolvida a partir do conceito de Ecodinâmica (Tricart, 1977), e da potencialidade para estudos integrados das ortofotos, conforme os conceitos desenvolvidos por Crepani et al. (2001) para o Zoneamento Ecológico-Econômico e da Álgebra de Mapas apresentada por Barbosa (1997).

Na Bacia do Rio Una ocorrem simultaneamente dois processos:

a) Um deles natural, como conseqüência do fenômeno da denudação, que se traduz na forma de intemperismo e transporte através de movimentos do regolito ou *movimentos de massa*. Na área da bacia há dominância de processos morfogenéticos sobre pedogenéticos, devido a características morfométricas dessa, onde ocorre elevada declividade, amplitude e dissecação, sendo que esta última apresenta forte incisão. Esses aspectos condicionam intensa degradação e transporte, ou seja, forte erodibilidade. Estas condições favorecem também movimentos rápidos de massa, como, por exemplo, escorregamentos (Chorley et al., 1984; IPT, 1989; Sestini, 1999).

b) O outro é o processo de ocupação humana manifestado na forma de diferentes graus de alteração da paisagem, que induzem ou aceleram os processos de degradação.

A ocorrência destes dois processos simultaneamente pode causar a aceleração catastrófica do processo natural com danos a pessoas e propriedades, dependendo principalmente da posição geográfica do encontro dos dois processos.

Com o objetivo de identificar as áreas naturalmente vulneráveis à ocorrência das formas de movimento de massa capazes de provocar acidentes, e as áreas onde a ocorrência simultânea dos dois processos pode trazer risco, foi realizado um trabalho de levantamento das informações relativas à Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Uso da Terra, formando assim um banco de dados que permite a

identificação das áreas da bacia que necessitam de uma atenção maior por parte das autoridades competentes.

### **10.1.2 Geologia da Bacia de Taubaté**

A Bacia de Taubaté é parte de um conjunto de bacias pertencentes ao Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) (Riccomini, 1989), anteriormente denominado Sistema de Riftes da Serra do Mar (Almeida, 1976). A bacia está posicionada sobre rochas proterozóicas, ígneas e metamórficas, do Cinturão de Dobramentos Ribeira (Hasui & Poçano 1978). Possuindo evolução complexa e idades que vão desde o Arqueano até o Proterozóico Superior. São marcadas por zonas de cisalhamento transcorrente dextrais que definem uma estruturação regional marcante de orientação NE-SW, condicionando as formas alongadas e/ou sigmóides das seqüências metamórficas e a disposição, predominantemente dos corpos graníticos.

Na área de estudo, o Domínio Embu corresponde a uma extensa faixa disposta segundo NE-SW, compreendida entre as zonas de cisalhamento de Cubatão e do Rio Jaguari. É constituído predominantemente por rochas paraderivadas, em parte de afinidade vulcano sedimentar, metamorfizadas predominantemente no grau médio a alto (zona da sillimanita), muitas vezes atingindo fusão parcial *in situ*. É comum que estas rochas apresentem-se migmatizadas.

Durante o Cenozóico, criaram-se condições para a implantação do RCSB, bacias que são caracterizadas pela sedimentação exclusivamente continentais ligados à ambientes fluvial e lacustre.

A Bacia de Taubaté constitui-se numa bacia do tipo *rift*, apresentando uma sedimentação tipicamente continental. A sedimentação é sintectônica, com depósitos sedimentares de granulometria grossa nas bordas falhadas da bacia, além de depósitos arenosos e argilosos, na parte central da bacia, ligados a ambientes de sedimentação fluvio-lacustres (Appi *et al.*, 1986; Chang *et al.*, 1989; Riccomini, 1989). A estruturação interna da bacia é caracterizada por grabens assimétricos, limitados por falhas e que, ao longo da bacia, mudam de vergência formando um padrão alternado (Fernandes, 1993).

O preenchimento da bacia pode ser dividido em duas fases: a primeira, sintectônica, com a deposição dos sedimentos do Grupo Taubaté, e a segunda, posterior à tectônica diastrófica, com a deposição da Formação Pindamonhangaba e depósitos aluviais e coluviais quaternários (Riccomini 1989).

Depositado durante o Paleógeno (Eo-Terciário), o Grupo Taubaté é subdividido nas formações Resende, Tremembé e São Paulo.

A Formação Tremembé, que ocorre na área de estudo, é formada por depósitos lacustres do tipo *playa-lake*, interdigita-se lateral e verticalmente com os depósitos da Formação Resende, e constitui a unidade mais significativa da porção central da bacia. Segundo Riccomini (1989), a Formação Tremembé apresenta 5 fácies principais: 1) fácies argilito verde maciço; 2) dolomitos tabulares, restritos a porção central da bacia; 3) ritmitos formados pela alternância de folhelhos e margas; 4) arenitos com estratificação cruzada sigmoidal e granodecrescência de areia média até silte bem desenvolvida na borda norte da bacia; 5) arenitos grossos, arcoseanos, intercalados nos argilitos verdes maciços na porção central da Bacia de Taubaté.

Sobreposto ao Grupo Taubaté ocorrem os sedimentos da Formação Pindamonhangaba. Depositados no Neoterciário esta formação corresponde aos depósitos de sistema fluvial meandrante, bem desenvolvidos na porção central da Bacia de Taubaté, em faixa situada ao sul do Rio Paraíba do Sul.

Por fim, ocorrem os sedimentos aluviais e coluviais quaternários posicionados ao longo das drenagens principais dos rios da região.

### **10.1.3 Vulnerabilidade à Erosão**

Valles (1999) utilizou os procedimentos metodológicos de Crepani et al. (1996) baseados nos conceitos da ecodinâmica de Tricart (1977) para a geração da Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo. As etapas desta metodologia são:

- a) Elaboração de Mapa de UTBs;
- b) Associação do Mapa de UTBs com dados auxiliares;
- c) Avaliação da vulnerabilidade das UTBs e
- d) Elaboração da Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo.

#### a) Elaboração de Mapa de Unidades Territoriais Básicas (UTBs)

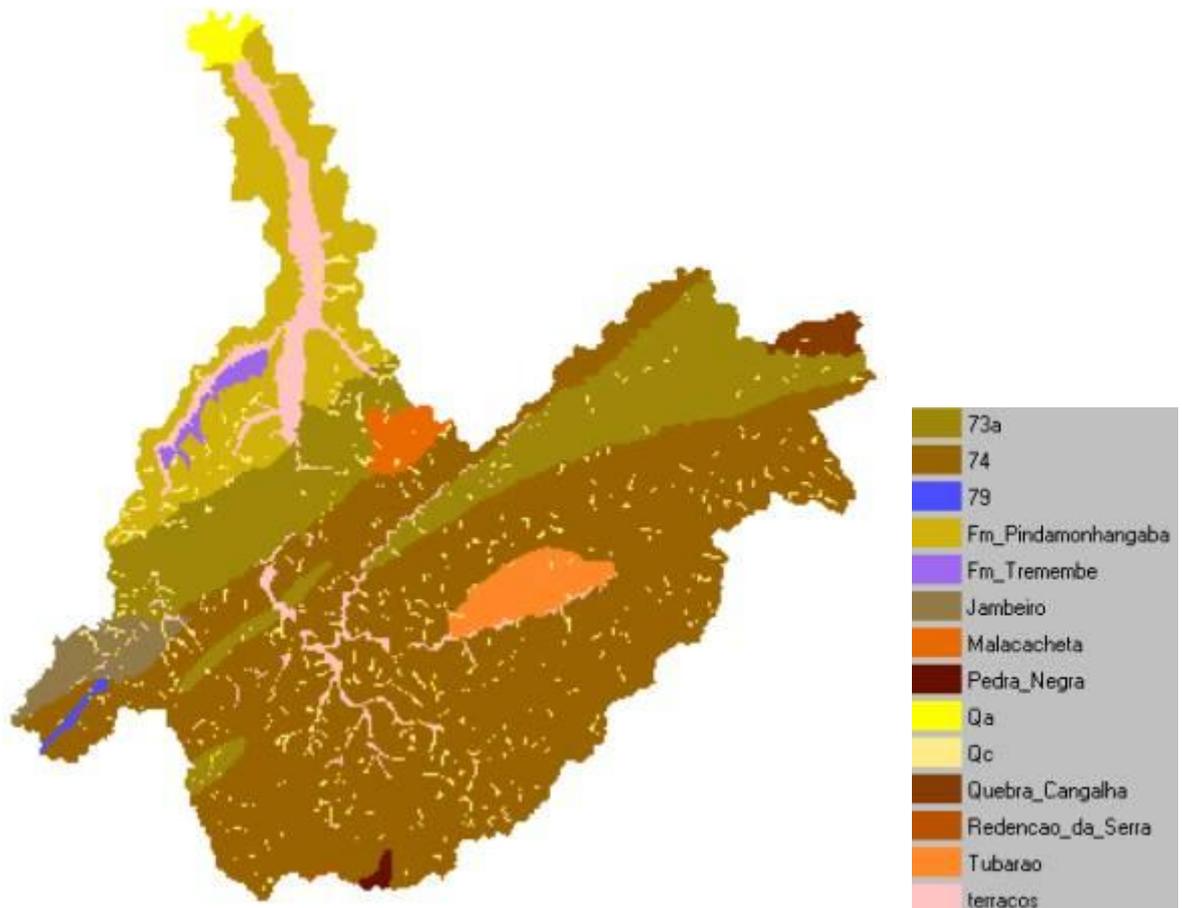
Uma UTB é uma *entidade geográfica com atributos ambientais* que permite diferenciá-la de suas vizinhas ao mesmo tempo em que possui vínculo dinâmico que a articula a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais. Tais UTBs são subdivididas em duas categorias: unidades de paisagem natural e polígonos de intervenção antrópica.

A primeira categoria, a *unidade de paisagem natural*, é resultante dos processos naturais. A unidade de paisagem natural é definida a partir da análise e interpretação das ortofotos, observando seus elementos básicos, tais como: textura de relevo e de drenagem, tonalidades de cinzas, matizes de cores e rugosidade.

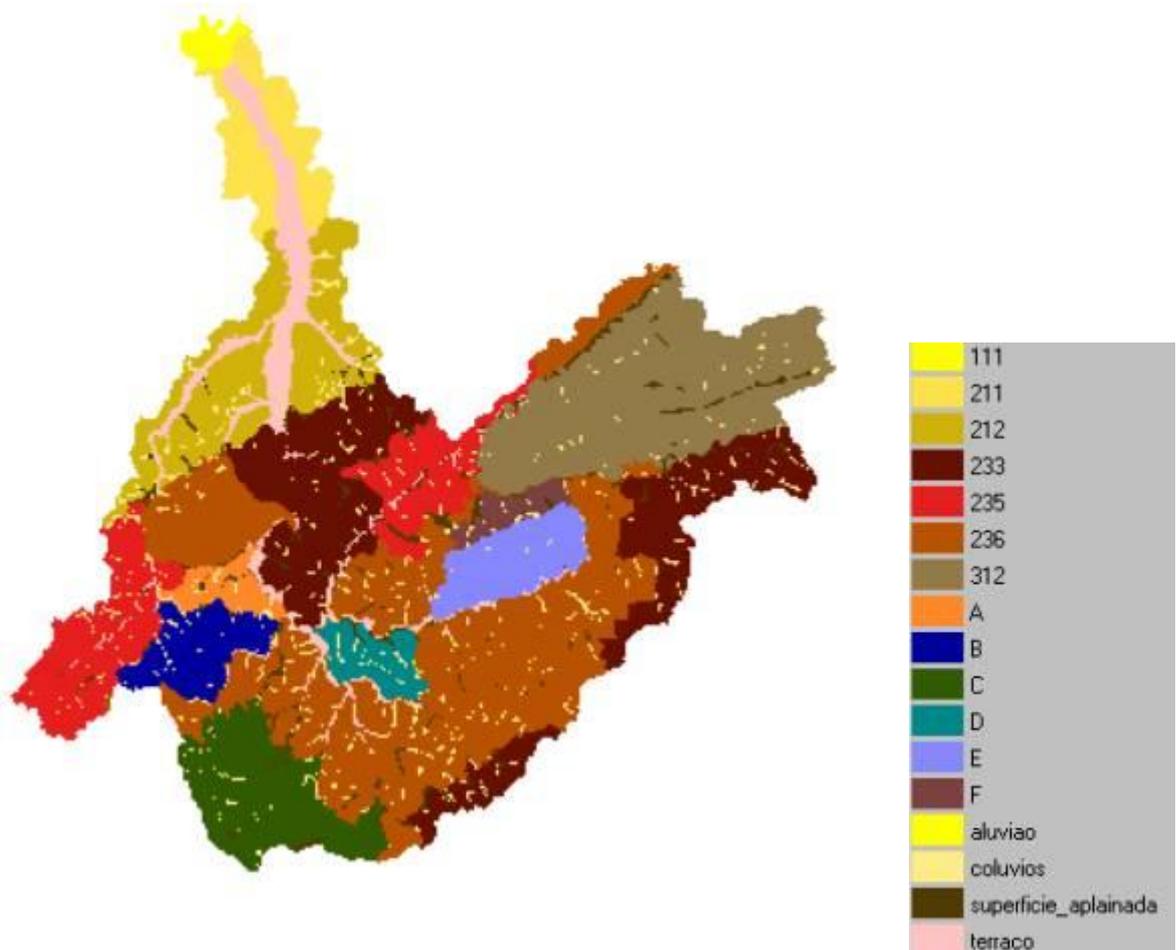
A segunda categoria, o *polígono de intervenção antrópica*, representa a área física onde se dá a atuação humana que através dos processos sócio-econômicos modifica as condições naturais. O polígono de intervenção antrópica é definido nas ortofotos através de padrões característicos de tonalidades de cinza, matizes de cores, textura, rugosidade, forma, dimensão e localização topográfica.

#### b) Associação do Mapa de Unidades Territoriais Básicas com Dados Auxiliares

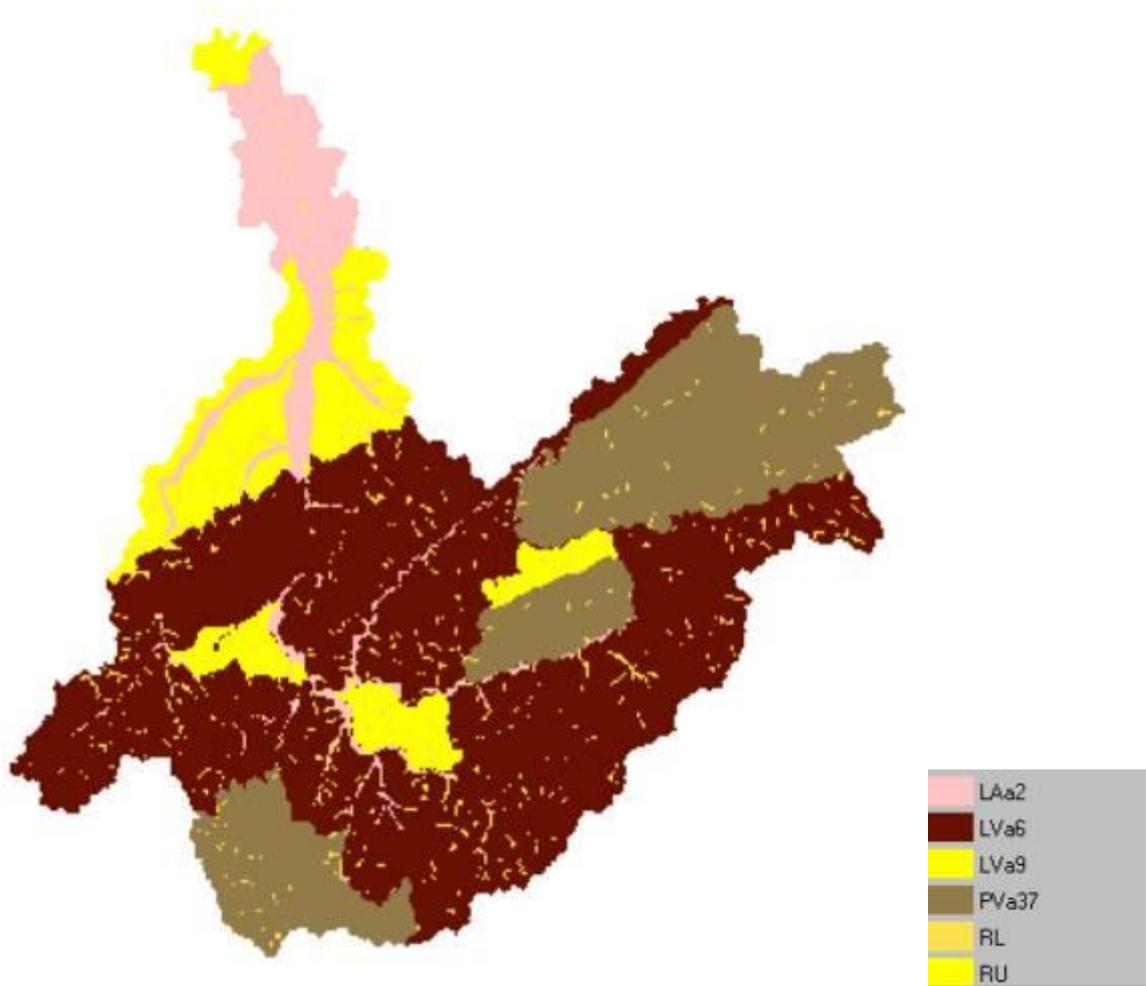
Nesta fase os dados correspondentes as informações contidas nos mapas temáticos de Geologia (Figura 10.1), Geomorfologia (Figura 10.2), Pedologia (Figura 10.3), Uso da Terra (Figura 10.4), são associados ao mapa preliminar de UTBs.



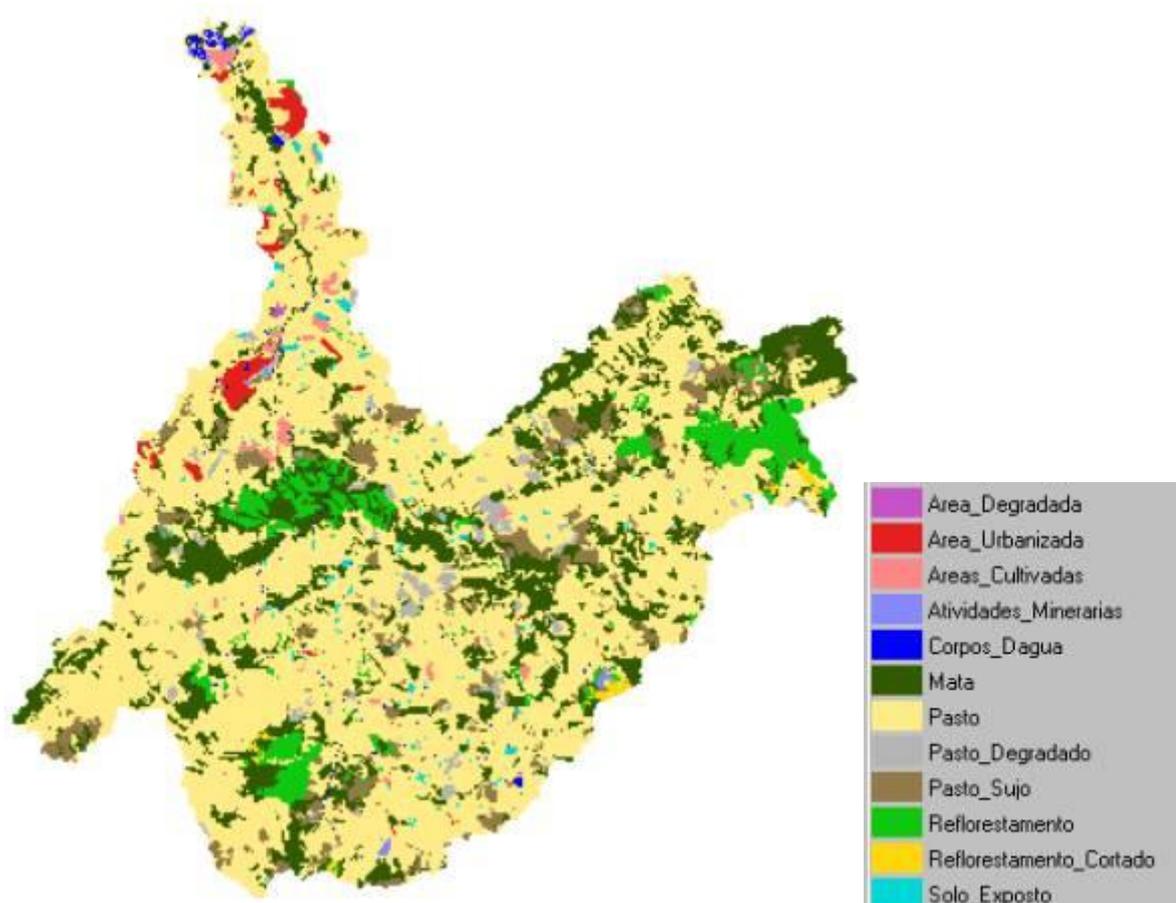
**Figura 10.3.** Mapa de geologia da Bacia do Rio Una.  
Fonte: CPRM/FUNCATE.



**Figura 10.2.** Mapa de geomorfologia da Bacia do Rio Una  
 Fonte: Kurkdjian et al. (1992)/FUNCATE.



**Figura 10.3.** Mapa de pedologia da Bacia do Rio Una  
Fonte: Kurkdjian (1992)/FUNCATE.



**Figura 10.4.** Mapa de uso da terra da Bacia do Rio Una  
 Fonte: Projeto Una (2003).

Essa associação tem a função de integrar as informações existentes nos mapas temáticos com as informações obtidas nas ortofotos, dentro de cada UTB. Assim, é possível atualizar as informações temáticas, obtendo-se um quadro real da situação *morfodinâmica* da unidade, de maneira a caracterizar sua constituição física, química e fitoecológica para a época da ortofoto utilizada.

#### c) Avaliação da Vulnerabilidade das UTBs

Crepani et al. (1996) desenvolveram critérios para a *caracterização morfodinâmica das UTBs* considerando o conceito de análise Ecodinâmica de Tricart (1977). Este conceito permite a organização do espaço em três grandes tipos de *meios morfodinâmicos*, em função da intensidade dos processos atuantes:

- *meio estável*: está relacionado a *pedogênese*, onde prevalece o processo formador de solo, também apresenta uma cobertura vegetal suficientemente fechada, dissecação moderada sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios e vertentes de lenta evolução;

- *meio instável*: está relacionado a *morfogênese*, onde prevalece o processo erosivo modificador da forma de relevo, que apresenta condições bioclimáticas com ocorrências de variações agressivas de ventos e chuvas, relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, inexistência de cobertura vegetal densa, planícies e fundos de vale sujeitos a inundações e geodinâmica interna densa; e

- *meio intergrade*: é um processo intermediário que mostra o balanço entre os processos de pedogênese e de morfogênese.

A partir desse conceito, desenvolveram-se critérios que permitiram a criação de um modelo onde se buscou a avaliação do estágio de evolução morfodinâmica das utbs, atribuindo valores de estabilidade de acordo com sua classificação ecodinâmica.

#### **d) Obtenção da Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo**

O valor final de estabilidade/vulnerabilidade para cada UTB é determinado a partir da média aritmética dos 4 temas acima abordados, segundo a Equação 1, para que seja obtida a posição desta unidade dentro da escala de estabilidade/vulnerabilidade.

$$VULNERABILIDADE = \frac{(G + R + S + V)}{4}, \text{ onde:}$$

G = vulnerabilidade devido à Geologia

R = vulnerabilidade devido à Geomorfologia

S = vulnerabilidade devido aos Solos

V = vulnerabilidade devido à Vegetação/Uso da Terra

Equação – Média aritmética para obtenção da Carta Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo.

Crepani et al. (1996) construíram uma escala de vulnerabilidade, que estabelece uma gradação entre os valores de estabilidade (1,0) e os de vulnerabilidade (3,0) representada por 21 classes de estabilidade/vulnerabilidade (Tabela 2). A gradação de classes é representada por cores obtidas a partir da combinação aditiva das *três cores primárias* (azul, verde e vermelho), de modo que cada classe é representada sempre pela mesma cor.

Os autores acima associaram a cor azul ao valor de maior estabilidade (1,0), a cor verde ao valor intermediário (2,0), e a cor vermelha ao valor de maior vulnerabilidade (3,0). Para as UTBs com valores intermediários entre 1,0 e 2,0 associaram cores resultantes da combinação entre o azul e o verde, crescendo a participação da segunda, e às UTBs com valores intermediários entre 2,0 e 3,0 associaram cores resultantes da combinação entre o verde e o vermelho, crescendo também a participação da segunda.

**Tabela 10.1 – Escala de estabilidade/vulnerabilidade para as unidades territoriais básicas**

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	V	2,7			255	153	0	
U5	U	2,6		MODERADAM VULNERÁVEL	255	204	0	
U6	L	2,5	E		255	255	0	
U7	N	2,4	S		204	255	0	
U8	E	2,3	T		153	255	0	
U9	R	2,2	A	MEDIANAM ESTÁVEL/VULNERÁVEL	102	255	0	
U10	A	2,1	B		51	255	0	
U11	B	2,0	I		0	255	0	
U12	I	1,9	L		0	255	51	

U13	L	1,8	I	MODERADAM ESTÁVEL	0	255	102	
U14	I	1,7	D		0	255	153	
U15	D	1,6	A		0	255	204	
U16	A	1,5	D		0	255	255	
U17	D	1,4	E	+ ESTÁVEL	0	204	255	
U18	E	1,3			0	153	255	
U19		1,2			0	102	255	
U20		1,1			0	51	255	
U21		1,0			0	0	255	

FONTE: Crepani et al. (1996).

## 10.2 Movimentos de Massa

O fenômeno da Denudação engloba os *movimentos de massa* e permite diferentes classificações a partir das diferentes características do movimento gravitacional do regolito. Entre essas características as principais são o tipo e a velocidade do movimento, a natureza do material envolvido e a quantidade de água presente no material em movimento.

Entre as diversas classificações duas são aqui utilizadas, a de Sharpe (1938) e a de IPT (1991) muito próximas na definição dos conceitos, a primeira se destaca pelo pioneirismo e a segunda pela aplicabilidade na área de trabalho. De uma forma simplificada, os movimentos gravitacionais do regolito associados às encostas podem ser assim classificados:

- Rastejo (talus-creep, soil-creep, rock-creep) – é o movimento mais lento do regolito. Dependendo do material em movimento fala-se em rastejo de tálus, rastejo de solo ou rastejo de rocha. A velocidade do rastejo, medida em centímetros por ano ou ainda menos, é maior na superfície e diminui gradualmente até zero com a profundidade
- Escorregamentos (landslides, rock-slide, debri-slide, slump) – as condições essenciais para o escorregamento são a falta de estabilidade da frente das

encostas e a existência de superfícies de deslizamento. Tais condições ocasionam movimentos rápidos, com velocidades de metros por hora a metros por segundo, e de curta duração com planos de ruptura bem definidos entre o material deslizado e o não movimentado.

- Corridas de Massa (earth-flow, mud-flow) – se o solo e/ou o regolito já sujeitos ao rastejo estão saturados de água, a massa encharcada poderá mover-se encosta abaixo alguns centímetros ou decímetros por hora ou dia. Este tipo de movimento chamado de *solifluxão* (literalmente fluxo de solo) por Sharpe (1938), é caracterizado pela presença de uma superfície impermeável dentro do solo, ou no embasamento rochoso, responsável pela saturação em água do solo e/ou regolito, causando a movimentação dos detritos que cobrem toda a superfície da encosta. A supersaturação da massa encharcada causada por chuvas de intensidade elevada pode levá-la a comportar-se como um fluido altamente viscoso e a deslocar-se rapidamente, com velocidades de metros por segundo, ao longo das linhas de drenagem na forma de *corridas de massa*.
- Quedas (rock fall, debri-fall) – são movimentos de blocos e fragmentos de rochas a partir de afloramentos verticais e salientes em queda livre ou pelo salto e rolamento ao longo de planos inclinados com declividades muito altas, sem a presença de uma superfície de deslizamento. Estes movimentos apresentam velocidades muito altas, da ordem de metros por segundo.

Numa interação entre os mapas de “*Geologia*”, “*Geomorfologia*”, “*Solos*” e “*Uso*”, conseguida através de uma operação de intercessão vetorial, são definidas as “*UTBs*” (Unidades Territoriais Básicas) de modelo Temático. As “*UTBs*” foram agrupadas em 5 classes de vulnerabilidade para melhor visualização e encontram-se no banco como apresentado na Tabela 12.2.

**Tabela 10.2 – Escala de estabilidade/vulnerabilidade adaptada para as unidades territoriais básicas.**

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO			CORES
				VERM.	VERDE	AZUL	
U1		3,0	VULNERÁVEL	255	0	0	
U2		2,5	MODERADAM VULNERÁVEL	255	255	0	
U3	↑	2,0	MEDIANAM. ESTÁVEL/ VULNERÁVEL	0	255	0	
U4		1,5	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	255	
U5		1,0	ESTÁVEL	0	0	255	

FONTE: Adaptada de Crepani et al. (1996).

### 10.3 Mapa de Vulnerabilidade

A Figura 10.5 apresenta o mapa de vulnerabilidade obtido.

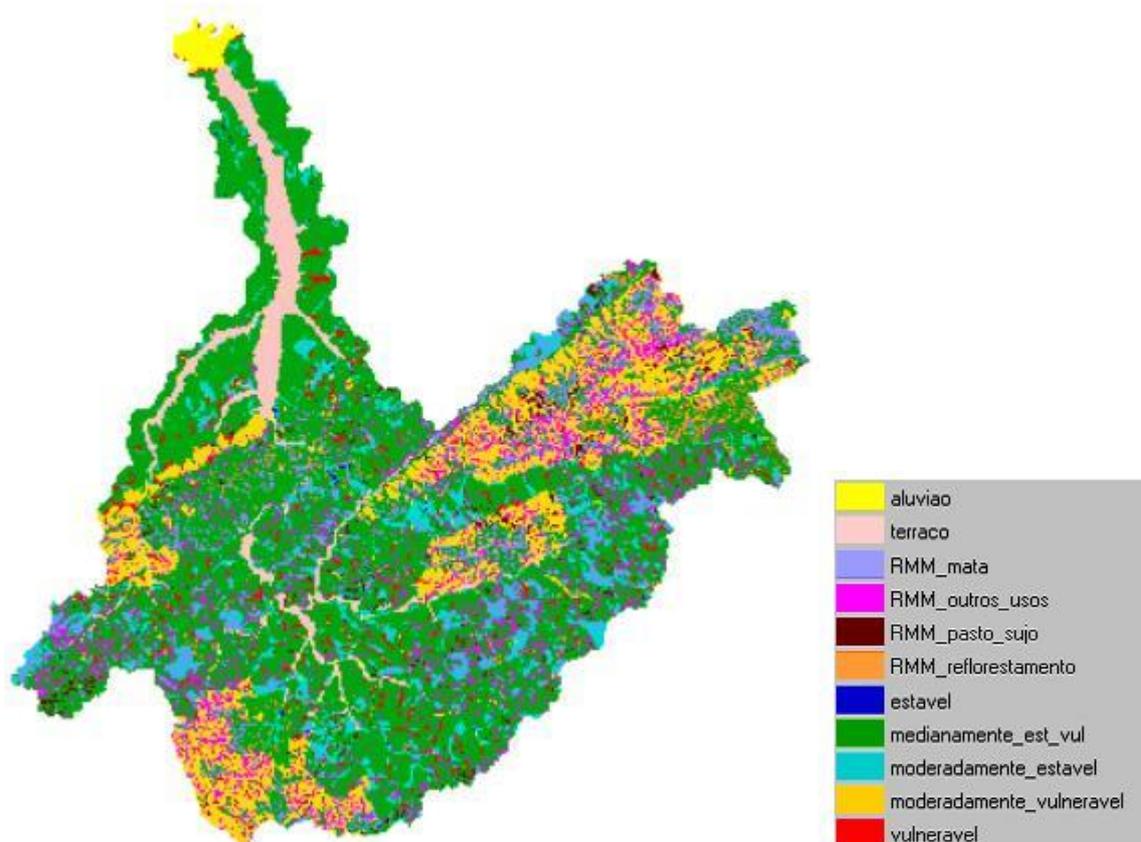


Figura 10.5. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental (Erosão e Movimento de Massa).

Descrição das classes do Mapa:

a) Aluvião: esta classe está representando as planícies aluviais dos rios da área. São regiões que se caracterizam pela sua forte instabilidade por ser uma área contígua ao leito dos rios, eventualmente recoberta por água nos períodos de cheia, constituída de camadas sedimentares depositadas durante o regime atual ou anterior dos rios da área.

b) Terraços: esta classe está representando os terraços da área. É caracterizado por uma superfície plana ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial ou lacustre. É um patamar interrompendo um declive contínuo.

### **Áreas de ocorrência:**

#### **Risco de movimento de massa:**

Em mata: áreas fortemente instáveis a movimentos de massa, em áreas protegidas pela cobertura vegetal.

Em pasto sujo: áreas fortemente instáveis a movimentos de massa, em áreas sem proteção de cobertura de mata, porém existe o início de uma recuperação da vegetação, que poderá ser removida para a formação de um pasto.

Em reflorestamento: áreas fortemente instáveis a movimentos de massa, em áreas sem proteção de cobertura de mata, porém existe a cobertura de vegetação de espécies exóticas, que podem ser removidas para a utilização da madeira.

Em outros usos: áreas fortemente instáveis a movimentos de massa, em áreas com os seguintes usos: área degradada, área urbanizada, áreas cultivadas, atividades minerárias, corpos d'água, pasto, pasto degradado, reflorestamento cortado e solo exposto.

#### **Processos erosivos:**

Estável: áreas com muito baixo risco de ocorrência de processos de denudação.

Moderadamente Estável: áreas com baixo risco de ocorrência de denudação.

Medianamente Estável/Vulnerável: áreas com médio risco de ocorrência de denudação.

Moderadamente Vulnerável: áreas com grau mais elevado que o anterior, em relação ao processo de denudação.

Vulnerável: áreas com muito alto risco em relação ao processo de denudação.

#### 10.4 Banco de Dados – Mapa de Vulnerabilidade

Abaixo na Tabela 10.3 estão descritas as Categorias e Planos de Informação referentes ao item Mapa de Vulnerabilidade.

**Tabela 10.3 - Categorias e planos de informação, presentes na Bacia do Rio Una, referente ao item Uso do Solo.**

<b>Categoria</b>	<b>PI</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
MOVIMENTO – MASSA	Movimento_  Massa	Temático	Constituído por áreas sujeitas a movimentos de massa. Áreas com risco de movimentos de massa estão representadas por RMM_mata, RMM_pasto_sujo, RMM_reflorestamento e RMM_outros_usos. Resolução: 5 X 5 m. Escala: 1:10.000. (Fonte: FUNCATE).
FATIAMENTO – VULNERABILIDADE	Vulnerabilidade_Temático	Temático	Mapa de vulnerabilidade à erosão para a área. Possui as classes:estável,moderadamente_estável,moderadamente_vulnerável, vulnerável. Resolução: 5 X 5 metros. Escala: 1:10.000. (Fonte: FUNCATE).
<b>Categoria</b>	<b>PI</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
GEOLOGIA	Geologia	Temático	Mapa geológico constituído por linhas e classes representando os contatos e unidades geológicas, respectivamente. Releitura do mapa CPRM (1999), com escala 1:250.000; sobre as ortofotos. Escala: 1:10.000. Fonte CPRM

			(1999)/FUNCATE.
GEOLOGIA	Geomorfologia	Temático	Mapa geomorfológico constituído por linhas e classes representando as unidades geomorfológicas. Releitura do mapa Kurkdjian (1992), com escala 1:250.000; sobre as ortofotos. Escala: 1:10.000. Fonte: Kurkdjian (1992)/FUNCATE.
PEDOLOGIA	Pedologia	Temático	Mapa pedológico constituído por linhas e classes representando as unidades pedológicas. Releitura do mapa Kurkdjian (1992), com escala 1:250.000; sobre as ortofotos. Escala: 1:10.000. Fonte: Kurkdjian (1992)/FUNCATE.

## **11. CADASTRO RURAL**

O cadastro rural foi realizado com o objetivo de se obter informações sobre o uso dos recursos hídricos pelos estabelecimentos rurais. Ele foi implementado através da coleta de informações em campo, após a identificação dos pontos de interesse nas fotografias aéreas e identificação dos limites das propriedades existentes na bacia do Rio Una, com utilização de receptor GPS, além de entrevistas para o preenchimento de fichas cadastrais com informações sobre as propriedades.

As informações básicas coletadas em campo referem-se aos limites do estabelecimento rural, principais atividades agrícolas e sua localização, áreas irrigadas, uso de agrotóxicos, número de moradias existentes em cada propriedade, geração e destino dos resíduos sólidos, tipos de abastecimento de água, pontos de captação superficial e subterrânea de água, seu uso e locais de lançamento.

De acordo com o previsto para esta atividade, o número de estabelecimentos visitados foi superior a 400, abrangendo mais de 50% da área total da bacia do rio Una.

### **11.1 Trabalho de campo**

O trabalho de campo foi realizado com o auxílio de ortofotocartas plotadas em escala de 1:15.000, das áreas a serem visitadas para auxiliar a localização das propriedades Figura 11.1.



Figura 11.1. Ortofotocarta de um fragmento da bacia do Rio Una.

Sobre cada imagem foi delimitada a área da propriedade com base em entrevistas com o proprietário ou seu agregado e com a tomada de pontos com um receptor GPS. A entrevista com os proprietários para a coleta de dados contribuiu de forma decisiva na identificação das divisas dos imóveis.

A partir da interação com os proprietários na identificação dos limites das propriedades procedeu-se a demarcação dos limites sobre as ortofotocartas em escala de 1:15.000, posteriormente esses limites foram vetorizados e incorporados ao banco de dados ambientais da bacia do Rio Una, Figura 11.2.



Figura 11.2. Delimitação e Codificação das Propriedades

Os pontos de interesse tais como, entrada da propriedade, a casa sede, as moradias, os pontos de captação superficial e subterrânea de água, os locais de lançamentos de resíduos líquidos, a reserva legal, as atividades agrícolas, as áreas irrigadas e o local de lançamento de resíduos sólidos foram anotados e sua localização tomada em pontos com uso de equipamento GPS, (Global Position System). Todos os pontos levantados foram incorporados ao banco de dados ambientais da bacia do Rio Una, Figura 11.3.



Figura 11.3. Pontos levantados em campo

As informações coletadas sobre mais de 400 propriedades resultaram numa camada de informações georreferenciadas sobre a distribuição fundiária da bacia e suas particularidades, tais como, número médio de residências existentes nas propriedades, existência de serviços públicos de saneamento dentre outros Figura 11.4.



Figura 11.4. Apresentação da casa sede e de moradia de uma propriedade

As propriedades da Bacia do Una estão distribuídas em quatro municípios, dentre os quais, Taubaté detém o maior número de propriedades, 76,9%, enquanto os demais municípios, Tremembé (13,3%), Pindamonhangaba (7,3%), e Redenção da Serra (2,5%).

Predominam na bacia, propriedades pequenas (principalmente no baixo Una). A distribuição das propriedades levantadas na bacia de acordo com a área ocupada varia de menos do que 1 ha até mais de 100 ha, da seguinte forma:

- menor que 1 ha: 23,7%
- entre 1 e 10 ha: 29,0%
- entre 10 e 100 ha: 23,9%
- maior que 100 ha: 8,5 % e,
- não informaram: 14,9 %

## 11.2 Reserva legal

Segundo a Medida Provisória 1956-50/2000, a função da reserva legal é:

*“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativa”.*

A legislação vigente estabelece um percentual mínimo de 20% do total da propriedade nessa região, como área de reserva legal. Verifica-se, pela análise

dos dados, que poucas são as propriedades que possuem a reserva legal (28% das propriedades), variando de 120 m<sup>2</sup> a 90 alqueires, dependendo do tamanho da propriedade.

### 11.3 Atividade agropecuária

A atividade agrícola na região da Bacia do Rio Una é direcionada principalmente às culturas do milho, feijão e mandioca. Aproximadamente 79,9% das propriedades possuem alguma atividade agrícola Figura 11.2.



Figura 11.5. Atividade agrícola na Bacia do Una

Somente 23.7% das propriedades da bacia possuem área agrícola com algum sistema de irrigação, utilizado principalmente para as culturas de arroz e feijão.

Com relação ao uso de agrotóxicos, são poucas as propriedades (5%) que fazem uso de fungicidas, herbicidas ou inseticidas.

Pecuária, principalmente gado leiteiro, é a atividade mais encontrada nas propriedades da Bacia (74,8%), enquanto que 12% das propriedades não têm criação e as demais propriedades tem como atividade a criação de pequenos animais frangos, porcos, ovinos, peixe e mais raramente, a criação de avestruz.

#### **11.4 Recursos hídricos e saneamento**

Pelos resultados obtidos com os dados de campo verificou-se que:

- A maioria das propriedades faz uso de água de poço (51,2%) para consumo humano, animal ou irrigação. Em algumas propriedades (23,3%) a água é captada da nascente e somente 19,4% possuem água encanada (SABESP). Apenas 2,3% das propriedades possuem poço artesiano.
- As propriedades, em sua maioria (93%), fazem uso de fossa para despejo da água e somente 1% das propriedades possuem saneamento básico (SABESP). As demais propriedades fazem o despejo diretamente em córregos ou ribeirões.
- Com relação aos resíduos sólidos, 90,3% das propriedades são servidos por coleta de lixo da prefeitura, especialmente no Baixo Una e as demais despejam em fossa ou queimam.

#### **11.5 Considerações finais sobre o cadastro rural**

Durante a coleta de campo foram observados alguns problemas que interferiram na quantidade e qualidade dos dados coletados:

1. Os proprietários, caseiros, arrendatários ou empregados, não forneceram ou ocultaram informações;
2. Quando as informações eram fornecidas pelos caseiros, arrendatários ou empregados, houve dificuldades na visualização dos limites da propriedade ou os mesmos não conheciam estes limites;
3. Propriedades sem sede ou moradias;
4. Propriedade sem moradores;
5. Local dos pontos para coleta das coordenadas com o receptor de difícil acesso, ou acesso negado.

Tendo em vista os problemas citados anteriormente, existem no banco de dados áreas sem delimitação e identificação.

Em campo, foram observadas algumas situações que necessitaram de uma definição diferente da estabelecida para este trabalho. Como exemplo, temos o Bairro Retiro Feliz que possui uma única escritura, porém foi observado em campo que existe um loteamento, sem parcelamento legal. Os lotes existentes neste bairro não possuem padrão de área, possuem infra-estrutura de

abastecimento de água, coleta de lixo, energia elétrica e não existe rede de esgoto e calçamento. Para este caso e outros casos similares, o cadastro foi realizado como uma única propriedade e diversas moradias.

Uma outra situação existente na área da bacia é o caso do arrendamento parcial das propriedades, onde o proprietário arrenda parte de sua propriedade. Nestes casos também foram consideradas uma única propriedade com moradias, quando existentes.

Para cada propriedade foram tomadas e anotadas informações cadastrais para a localização e identificação da propriedade no banco de dados georreferenciado da Bacia do Rio Una, a Figura 13.6 representa o modelo de ficha cadastral utilizado para colher as informações necessárias ao cadastro.

 <b>FUNCATE</b> <small>Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais</small>								
<i>Bacia do Rio Una – Projeto UNITAU</i>								
LOTE		FOTO		COORDENADAS (GPS)				
				<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>PORTEIRA</td> <td>SEDE</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	PORTEIRA	SEDE		
PORTEIRA	SEDE							
<b>INFORMAÇÕES DO PROPRIETÁRIO</b>								
NOME DO PROPRIETÁRIO:								
ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:				Nº:				
COMPLEMENTO:			BAIRRO:					
CIDADE:		ESTADO:	CEP:	TEL. CONTATO:				
<b>INFORMAÇÕES DA PROPRIEDADE</b>								
NOME DA PROPRIEDADE:			MUNICÍPIO:	ATIVIDADE PRINCIPAL:				
LIMITES DA PROPRIEDADE:								
PESSOA ENTREVISTADA / CARGO:								
ÁREA DA PROPRIEDADE:		LOCALIZAÇÃO DA RESERVA LEGAL:						
<b>Nº DE MORADIAS (G. R.): / POÇO / FOSSA.</b>			<b>ÁREA AGRÍCOLA (AA):</b>					
GPS (M1):	GPS (P1):	GPS (F1):	GPS-1 (AA)	GPS-2 (AA)				
GPS (M2):	GPS (P2):	GPS (F2):	<b>ÁREA PASTAGEM (AP):</b>					
GPS (M3):	GPS (P3):	GPS (F3):	GPS-1 (AP)	GPS-2 (AP)				
GPS (M4):	GPS (P4):	GPS (F4):	<b>ÁREA IRRIGADA (AI):</b>					
GPS (M5):	GPS (P5):	GPS (F5):	GPS-1 (AI)	GPS-2 (AI)				
GPS (M6):	GPS (P6):	GPS (F6):	<b>USO DE AGROTÓXICO:</b>					
GPS (M7):	GPS (P7):	GPS (F7):	<input type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO					
			<b>CRIAÇÃO (G.R.):</b> GPS					
<b>Recursos Hídricos</b>	<b>Tipo:</b> ( ) Rio ( ) Nascente ( ) Poço ( ) _____							
	<b>Uso:</b> ( ) Humano ( ) Animal ( ) Agrícola ( ) _____							
	<b>Pontos de Captação</b>							
	Superficial (GPS):		Subterrânea (GPS):					
<b>Local de lançamento:</b> ( ) Rio ( ) Ribeirão ( ) Córrego ( ) Fossa ( ) _____								
<b>GPS:</b>								
<b>Resíduos Sólidos</b>	<b>Geração:</b> ( ) Humano ( ) Animal		<b>Destino:</b> ( ) Lixão ( ) Rio ( ) _____					
			<b>GPS:</b>					
<b>Tempo da Visita</b>	<b>Início:</b>		<b>Término:</b>					
			Data / Nome do Responsável / Coordenador:					

Figura 11.6. Ficha de dados Cadastrais utilizada no Cadastro Rural  
A área coberta pelo cadastro das propriedades rurais da Bacia do Rio Una está representada na Figura 11.7.

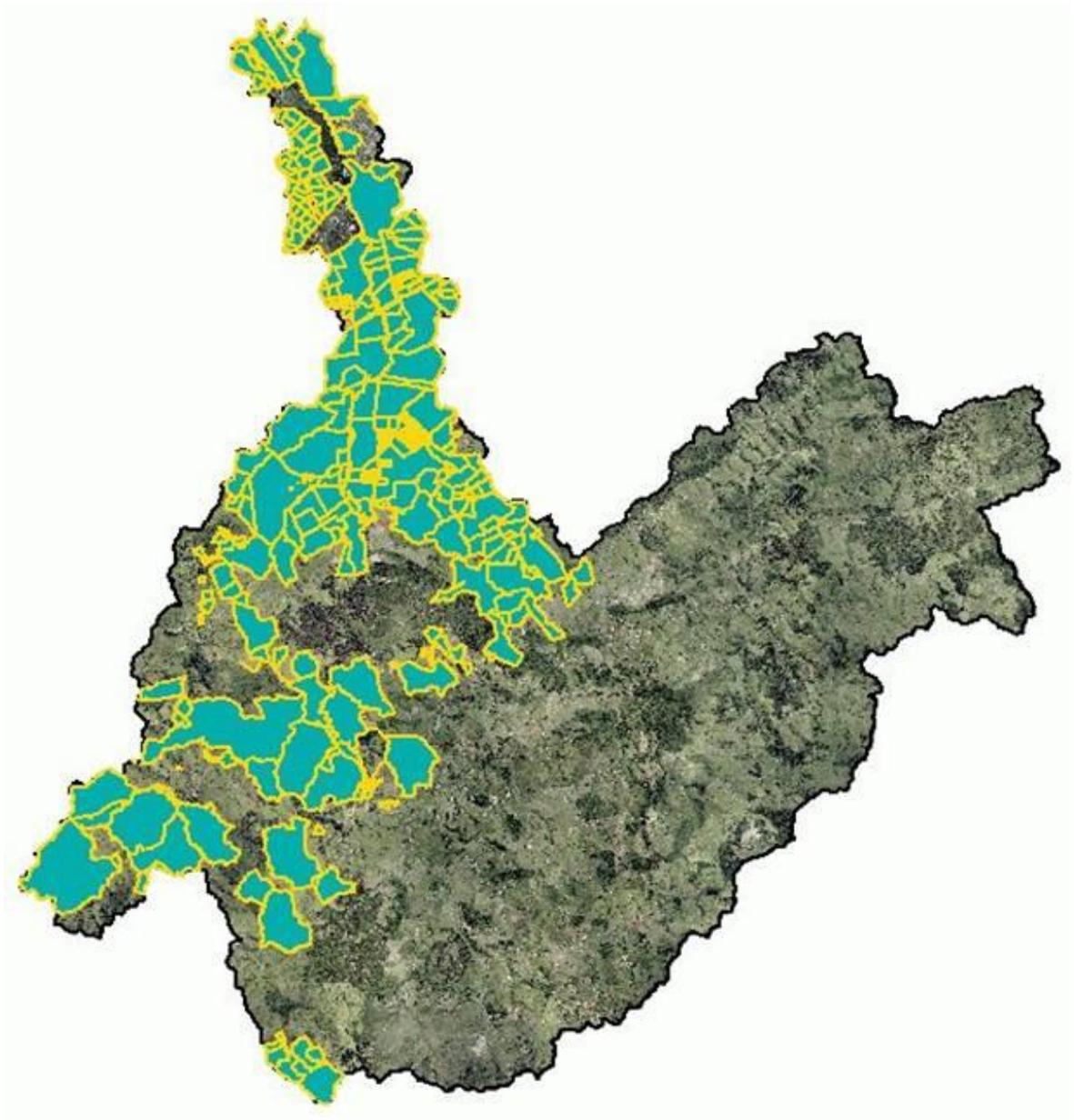


Figura 11.7. Mosaico do Cadastro Rural da Bacia do Rio Una.

## 12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Projeto teve um desenvolvimento exatamente como programado e alcançou os objetivos propostos. O prazo previsto de realização em dois anos foi dilatado em função de que o FEHIDRO só libera recursos a cada três meses, após conclusão das atividades previstas no trimestre em questão, aprovação do Relatório Técnico e Prestação de Contas pelos Agentes Técnicos e Financeiros. Para esse procedimento é preciso que todas as Certidões Negativas de Débitos com o Fisco (FGTS, INSS, CEF, RF/PGN) estejam em dia e atualizadas, além de algumas dificuldades técnicas na realização das atividades previstas, devidamente justificadas nos relatórios técnicos. Mesmo com essas dificuldades, os resultados foram satisfatórios e dentro da expectativa.

Além dos recursos disponíveis para o Projeto, foram realizadas duas Campanhas de Vôo Aéreo (Helicóptero) viabilizadas pelo CavEx Comando de Aviação do Exército. Além de um trabalho de campo intensivo para a determinação da qualidade dos mapas gerados. Essas campanhas de campo e aéreas permitiram a aquisição de um acervo de mais de 300 fotografias que caracterizam, em detalhe, as condições da Bacia do Una, em especial dos seus problemas ambientais e serviram de base para a elaboração de um vídeo educacional sobre a Bacia.

A descrição do projeto encontra-se no “site”: <http://www.agro.unitau.br/una> . A partir desse “link” pode ser acessado toda a base de dados do Projeto, inclusive com consultas em tempo real (UnaWeb).

A atividade referente ao Cadastro Rural, embora tenha superado o número de 300 propriedades inicialmente planejadas, não cobriu totalmente a Bacia Hidrográfica. Havendo disponibilidade de recursos, essa atividade deveria ser retomada, para dar suporte a futuras atividades de planejamento para a Bacia, especialmente para o sistema de cobrança pelo uso da água, com base em lei recentemente aprovada no Estado de São Paulo.

Esse projeto desenvolveu um acervo de dados, sem precedentes para a Bacia do Rio Una e constitui, em nível nacional, um exemplo de como se implementar um banco de dados georreferenciado para uma bacia hidrográfica do porte dessa bacia (477 km<sup>2</sup>).

Todos os produtos disponibilizados: cartas planialtimétricas, fotografias aéreas, mosaico ortorretificado, mapa de uso da terra, mapa hipsométrico, mapa de declividade, mapa de áreas protegidas, mapa de vulnerabilidade, cadastro rural, biblioteca do Una, com todos os planos de informação disponibilizados, além dos mapas já disponíveis integrados à base de dados, são de importância singular para o planejamento da recuperação dessa bacia e para a regularização da APA do Una.

Há que se ressaltar que a Bacia hoje apresenta um estágio de degradação acentuado, devido principalmente ao mau uso do solo, além de fragilidade natural

de seu embasamento geológico. Portanto, essa base de dados deverá ser usada para priorização de ações a serem implementadas para a otimização dos recursos disponíveis.

Há que se ressaltar que os resultados obtidos só foram possíveis com o apoio do Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul (CBH-PS), do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) e dos seus Agentes Técnicos e Financeiro, da empresa AEROCARTA S.A. Engenharia de Aerolevantamentos, da Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais (FUNCATE), do Comando de Aviação do Exército (CavEx) da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG), do Departamento de Ciências Agrárias e da administração geral da UNITAU e, finalmente da comunidade, em geral da Bacia do Rio Una.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA F.F.M. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências.,v.48 (suplemento), p. 15-26, 1976.
- APPI, C. J., FREITAS, E. L. & CASTRO, J. C. **Faciologia e Estratigrafia da Bacia de Taubaté.** Comunicação Técnica. Rel. Interno CENPES/PETRORÁS, 1986.
- AULICINO, L. C. M., B. F. T. RUDORFF, M. A. MOREIRA, J. S. DE MEDEIROS, R. SIMI JÚNIOR. 2000. Subsídios para o manejo sustentável da bacia hidrográfica do rio Una através do uso de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto. **Anais.** Simpósio Latinoamericano de Percepcion Remota, 9. Puerto Iguazú, Argentina. 6-10 nov. 2000.
- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** Ago. 1997. 157 p. (INPE-7115-TDI/667). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997.
- CHANG, H. K., APPI, C. J., RICCOMINI, C., CASTRO, J. C., ARAI, M., FREITAS, E. L. & SANTOD NETO, F. V. Geologia da Bacia de Taubaté. Simp. Geol Sudeste, 1., Bol. Res., Rio de Janeiro, SBG p.10., 1989.
- CHORLEY, R. J.; SCHUMM, S. A.; SUGDEN, D. E. **Geomorphology.** Cambridge: Methuen, 606 p., 1984.
- CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** Projeto de integração geológico-Metalogenética. Folha Rio de Janeiro SF.23-Y-D. Nota explicativa da Carta Geológica Folha Santos. Escala 1:250.000.
- CREPANI, E.; MEDEIROS J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico.** São José dos Campos, INPE, 1996. 18 p. (INPE-6145-PUD/028).
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** INPE. 2001. 101p. 2001.
- FERNANDES, F. L. **Compartimentação Tectônica e Evolução da Bacia de Taubaté.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. 145 p., 1993.
- FIDALGO, E.C.C. **Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de Mata Atlântica no Estado de São Paulo a partir de imagens TM-LANDSAT.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. (INPE-5944-TDI/570).
- HASUI Y; POÇANO W.L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. *In:* SBG, **Cong. Bras. de Geologia**, 30, Recife, v. 1, 368-381. 1978.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) **Estudo das instabilizações de encostas da Serra do Mar na região de Cubatão objetivando a caracterização**

**do fenômeno “corrida de lama” e prevenção de seus efeitos.** São Paulo: 185 p. (IPT-relatório n. 26258), 1989.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – **Ocupação de Encostas.** Publicação IPT no 1831, 216 pp. 1991.

KURKDJIAN, M.L.N.O., VALÉRIO, M.Filho; VENEZIANI, P.; PEREIRA, M.N.; FLORENZANO, T.G.; ANJOS, C.E.; OHARA, T.; DONZELI, P.L.; ABDON, M.M.; SAUSEN, T.M.; PINTO, S.A.F.; BERTOLDO, M.A.; BLANCO, J.G.; CZORDOAS, S.A. **Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo.** INPE (5381-PRP/165). 1992.

RICCOMINI C. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil.** São Paulo. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 256p., 1989.

SESTINI, M. F. **Variáveis geomorfológicas no estudo de deslizamentos em Caraguatatuba - SP utilizando imagens TM-Landsat e SIG.** Dissertação de Mestrado – INPE. 140p. 1999.

SHARPE, C.F.S. **Landslide and Related Phenomena.** Pageant, New Jersey, 137p. 1938.

Tricart, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE/SUPREN, 91p, 1977.

VALLES, G.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados à Geração de uma Carta de Vulnerabilidade Natural à Perda de Solo.** Dissertação de Mestrado – INPE. 143p. 1999.