

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ECOLOGIA APLICADA

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP  
EXEMPLAR REVISADO  
Data de entrada no Serviço:...../...../.....  
Ass.:.....

**ANÁLISE DE UMA REGIÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS  
(SP) ATRAVÉS DO USO DE IMAGENS ORBITAIS  
LANDSAT E SPOT: COM ÊNFASE EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE.**



**Carlos Eduardo Gregório**

**Orientador: Prof (a). Dr (a). Maria Lúcia Calijuri**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100008660

São Carlos  
2000

Class. TESE-EESC

Cutt. 2646

Tombo 0131/00

31100008660

S1/S 1084578

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

G821a Gregório, Carlos Eduardo  
Análise de uma região no município de Campinas (SP)  
através do uso de imagens orbitais LANDSAT e SPOT :  
com ênfase em áreas de preservação permanente / Carlos  
Eduardo Gregório. -- São Carlos, 2000.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de  
São Carlos-Universidade de São Paulo, 2000.

Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Maria Lúcia Calijuri.

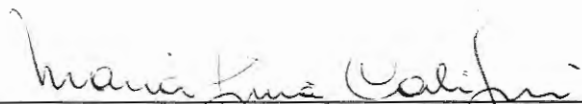
1. Áreas de preservação permanente. 2. Sistema de  
Informação Geográfica. 3. Sensoriamento remoto.

I. Título.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

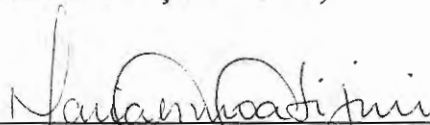
Candidato: Bacharel **CARLOS EDUARDO GREGÓRIO**

Dissertação defendida e aprovada em 18-04-2000  
pela Comissão Julgadora:



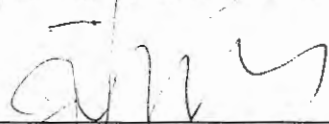
---

Profª. Titular **MÁRIA LÚCIA CALIJURI (Orientador)**  
(Universidade Federal de Viçosa - UFV)



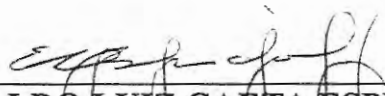
---

Profª. Associada **MARIA DO CARMO CALIJURI**  
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



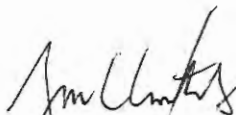
---

Prof. Doutor **SERGIO ANTONIO RÖHM**  
(Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)



---

Prof. Doutor **IVALDO LUIZ GAETA ESPÍNDOLA**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências da Engenharia Ambiental



---

**JOSE CARLOS A. CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

## AGRADECIMENTO

Os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, e em especial agradeço:

A Prof.(a) Dr.(a) Maria Lúcia Calijuri, pela orientação, amizade, presteza e incentivos, que foram fundamentais para mim e para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ailton Luchiari, os meus sinceros agradecimentos pelo fornecimento das imagens Landsat e Spot, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A Prof.(a) Dr.(a) Maria do Carmo Calijuri, pela boa vontade em ajudar e presteza no atendimento aos pós-graduandos; em especial, pelas valiosas sugestões.

Ao Prof. Dr. Marcelo Pereira de Souza, pelas valiosas sugestões e pela boa vontade em ajudar.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu irmão Moacir Gregório Junior, que sempre me apoiou e incentivou, além das fundamentais ajudas financeiras, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A Claudete, pela presteza no atendimento aos pós-graduandos.

Ao CEAPLA, pelo apoio técnico.

Finalmente, aos meus pais, Moacir Gregório e Elizabete Soarez Gregório, pelo apoio, incentivo e paciência dedicada a mim.

**“A floresta acompanha-  
nos com mais fidelidade  
do que a sombra: toma-  
nos ao entrarmos para a  
vida, é o berço; desce  
conosco à morada  
eterna onde a alma não  
penetra, é o esquife”.**

**(Coelho Neto)**

## SUMÁRIO

<b>Sumário</b> .....	i
Lista de Figuras .....	iii
Lista de Tabelas .....	vi
Lista de Abreviaturas e Siglas .....	vii
Resumo .....	viii
Abstract .....	ix
<b>Capítulo I – Introdução</b> .....	1
1.1 – Objetivos.....	3
1.1.1 – Objetivos Gerais.....	3
1.1.2 – Objetivos Específicos.....	4
<b>Capítulo II – Revisão Bibliográfica</b> .....	6
2.1 – Definição de Floresta de Preservação Permanente .....	6
2.1.1 – Legislação Ambiental .....	8
2.2 – Sensoriamento Remoto.....	11
2.2.1 – Imagens Landsat e Spot .....	14
2.2.2 – Sensoriamento Remoto e Uso do Solo .....	18
2.3 – Geoprocessamento .....	20
2.3.1 – Sistemas de Informações Geográficas .....	20
2.3.2 – Sistema de Informação Geográfica e Análise Ambiental .....	26
2.3.3 – Sistema de informação Geográfica e Sensoriamento Remoto .....	26
<b>Capítulo III – Materiais e Métodos</b> .....	28
3.1 – Área de Estudo .....	28
3.2 – Materiais .....	30
3.3 – Métodos .....	32
3.3.1 - Digitalização da Base Cartográfica .....	32
3.3.2 – Cartas de Declividade .....	34
3.3.3 – Mapas das Áreas de Preservação Permanente .....	36

3.3.4 – Processamento de Imagens Digitais.....	39
3.3.4.1 – Pré-processamento .....	39
3.3.4.2 – Processamento de Realce .....	40
3.3.5 – Mapas da Cobertura e Uso do Solo .....	42
3.3.5.1 – Mapa da Cobertura e Uso do Solo (Landsat).....	42
3.3.5.1.1 – Composição Colorida .....	42
3.3.5.1.2 – Classificação Supervisionada .....	44
3.3.5.2 – Mapa do Uso do Solo Spotpan .....	49
3.3.5.2.1 – Classificação Supervisionada .....	49
3.3.6 – Sobreposição dos Mapas .....	49
<b>Capítulo IV – Resultados e Discussão .....</b>	<b>51</b>
4.1 – Cartas de Declividade .....	51
4.2 – Mapas das Áreas de Preservação Permanente .....	57
4.3 – Imagens Landsat-TM e spotpan.....	61
4.4 – Mapas do Uso do Solo .....	62
4.5 – Sobreposição dos Mapas da Cobertura e Uso do Solo X APP .....	67
4.5.1 – Sobreposição 1 .....	76
4.5.2 – Sobreposição 2 .....	76
4.5.3 – Sobreposição 3 .....	77
4.5.4 – Sobreposição 4 .....	77
<b>Capítulo V – Conclusões.....</b>	<b>82</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>86</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Espectro Eletromagnético .....	12
Figura 2.2 - LANDSAT 4 e 5 .....	15
Figura 2.3 – Sistema SPOT .....	17
Figura 2.4 – Estrutura de um SIG .....	21
Figura 2.5 – Estrutura matricial (raster) de ponto, linha e área .....	23
Figura 2.6 – Estrutura vetorial de ponto, arco e polígonos .....	24
Figura 3.1 – Localização da Área de Estudo .....	29
Figura 3.2 – Representação esquemática das etapas realizadas na geração dos dados digitais .....	33
Figura 3.3 – Processo de sobreposição das Imagens para gerar a o mapa da Área de Preservação Permanente .....	38
Figura 3.4 – Representação esquemática do processamento digital das imagens orbitais .....	40
Figura 3.5 – Representação de um Histograma de Imagem .....	41
Figura 3.6 – Imagens Landsat-TM Banda 3 : figura 1 - imagem sem tratamento; figura 2 - imagem realçada .....	42
Figura 3.7 – Composição colorida geo-referenciada das imagens LANDSAT-3,4 E 5/TM, da área de estudo .....	43
Figura 3.8 – Área Urbana de Nova Aparecida.....	46
Figura 3.9 – Culturas Semi-perenes (Cana de açúcar ) .....	46
Figura 3.10 – Mata Nativa .....	47
Figura 3.11 – Área de Reflorestamento .....	47
Figura 3.12 – Área de Pastagem .....	48
Figura 3.13 – Área de solo exposto .....	48
Figura 3.14 – Representação esquemática da sobreposição dos mapas gerados para a formação de cenários .....	50
Figura 4.1 – Carta de declividade da área de estudo, na escala simplificada .....	52



Figura 4.2 – Carta de declividade da área de estudo, na escala detalhada .....	52
Figura 4.3 – Representação gráfica das áreas relativas de declividade nas escalas simplificada e detalhada .....	55
Figura 4.4 – Representação dos arquivos vector das curvas de nível, respectivamente na escala simplificada e detalhada .....	58
Figura 4.5 – Modelo Digital de Elevação do Terreno .....	58
Figura 4.6 – Mapa da Área de Preservação Permanente, escala simplificada .....	57
Figura 4.7 – Mapa da Área de Preservação Permanente, escala detalhada .....	57
Figura 4.8 – Representação gráfica das áreas relativas de A.P.P. nas escalas simplificada e detalhada .....	60
Figura 4.9 – Composição Colorida (5R-4G-3B), da área de estudo .....	61
Figura 4.10 – Imagem Spotpan, da área de estudo .....	61
Figura 4.11 – Mapa da Cobertura e Uso do Solo, escala simplificada .....	63
Figura 4.12 – Mapa da Cobertura e Uso do Solo, escala detalhada .....	63
Figura 4.13 – Representação gráfica das classes do uso do solo nas escalas simplificada e detalhada .....	66
Figura 4.14 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos rios, escala simplificada .....	68
Figura 4.15 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos rios, escala detalhada .....	69
Figura 4.16 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos corpos d'água, escala simplificada .....	70
Figura 4.17 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos corpos d'água, escala detalhada .....	71
Figura 4.18 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP das nascentes, escala simplificada .....	72
Figura 4.19 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP das nascentes, escala detalhada .....	73

Figura 4.20 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do  
Solo X APP dos topos de morro, escala simplificada ..... 74

Figura 4.21 – Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do  
Solo X APP dos topos de morro, escala detalhada .....75

..

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Áreas totais e relativas das classes de declividade na escala simplificada .....	53
Tabela 4.2 – Áreas totais e relativas das classes de declividade na escala detalhada .....	53
Tabela 4.3 – Áreas totais e relativas das classes de A.P.P. na escala simplificada .....	59
Tabela 4.4 – Áreas totais e relativas das classes de A.P.P. na escala detalhada.....	59
Tabela 4.5 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo na escala simplificada .....	64
Tabela 4.6 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo na escala detalhada .....	64
Tabela 4.7 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo e áreas de preservação permanente, escalas simplificada e detalhada.....	78
Tabela 4.8 – Áreas totais e relativas das classes geradas com a sobreposição dos mapas da cobertura e uso do solo X A .P.P., escalas simplificada e detalhada .....	78

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>APP</b>	Área de Preservação Permanente
<b>CEAPLA</b>	Centro de Análise e Planejamento Ambiental
<b>CNES</b>	Centre National D'Estudes Spatiales
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>HRV</b>	High Resolution Visible Imaging System
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDRISI</b>	Programa de Sistema de Informação Geográfica
<b>IGC</b>	Instituto Geográfico e Cartográfico
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>IPT</b>	Instituto de Pesquisa Tecnológica
<b>LANDSAT</b>	Satélite de Imageamento da Superfície Terrestre
<b>MDT</b>	Modelo Digital do Terreno
<b>MSS</b>	Multispectral Scanner System
<b>NASA</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>SPOT</b>	Satellite Pour L'Observation de La Terre
<b>TM</b>	Thematic Mapper
<b>UTM</b>	Projeção Universal Transversa de Mercator

---

## RESUMO

Os artigos 2º e 3º do Código Florestal tratam das Florestas de Preservação Permanente, ou seja, vegetações que devem permanecer intocadas, salvo exceções legais ( § 1º do art. 3º). As Florestas de Preservação Permanente são de extrema importância para a proteção física dos solos contra a erosão e inundações, proteção dos mananciais regulando a vazão fluvial bem como a qualidade da água, manifestação da biodiversidade, etc. Devido às importantes funções destinadas a este tipo vegetação, o presente trabalho propõe-se identificar, analisar e quantificar as Florestas de Preservação Permanente em uma área localizada no município de Campinas - SP, verificando se a legislação vigente em relação as Áreas de Preservação Permanente está sendo respeitada. Para este estudo, foram utilizadas diferentes escalas de trabalho: escala simplificada e detalhada, utilizando para isso, dados de imagens orbitais Landsat (simplificada) e Spot (detalhada). A geração das representações cartográficas, as sobreposições dos cenários, as comparações e os cálculos das respectivas Áreas de Preservação Permanente foram realizadas no sistema de informação geográfica Idrisi for Windows versão 2.0. O uso da tecnologia do sensoriamento remoto combinada ao SIG Idrisi proporcionou a elaboração dos mapas temáticos da cobertura e uso do solo da área estudada, bem como da aplicação sobre estes da legislação ambiental referente as Áreas de Preservação Permanente, possibilitando descrever desta forma a situação em que se encontra a área de estudo quanto a cobertura e o uso do seu solo

## ABSTRACT

The 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> articles of the Forestal Code deals with the Forests of Permanent Preservation, that is, vegetation which must remain untouchable, unless in legal exceptions ( § 1<sup>st</sup> of the 3<sup>rd</sup> article). The Forests of Permanent Preservation are extremely important for the phisical protection of the soil against erosion and overflowing, protection of fountainheads adjusting the fluvial discharge as well as the water quality, the bio-diversity, etc. Due to the important functions determined for this kind of vegetation, this study is meant to identify, analyse and quantify these forests in an area located in the city of Campinas-SP, finding out if the law in vigour related to the Areas of Pemanent Presevation is being respected. For this study, different scales were used: simplified and detailed scales, using in this case, data from orbital images Landsat and Spot. The creation of cartographic figuration, the superposition of the sceneries, the comparison and the calculation of these Areas of Permanent Preservation were accomplished in the geografic information system Idrisi for windows version 2.0. The use of the technology of the remote use of sensores combined to the GIS provided the elaboration of the thematic maps of "covering" and use of the soil in the studied area as well as the following of the environmental law on these ones referring to the Areas of Permanent Preservation, making possible to describe, this way how is the area, concerning to the covering and use of the soil.

## CAPITULO I

### INTRODUÇÃO

Atualmente, verifica-se uma crescente preocupação por parte significativa da sociedade, com a questão florestal e a degradação ambiental. Segundo LIBÓRIO (1994), “mais que preocupação é preciso ação, o que, por sua vez requer tomada de decisão, que deverá estar alicerçada em nova dimensão cultural e ética”.

A compreensão da importância das florestas, como ecossistemas que precisam ser protegidos devido a seus valores econômicos, culturais, sociais, reguladores dos ecossistemas, etc., despertou o interesse do Estado em dedicar esforços para a proteção das florestas, instituindo regras que regulamentam a preservação, a conservação e o manejo racional destas vegetações.

É o Estado, enquanto objetivação institucional mais importante da sociedade, que deve e pode enfrentar este problema, pois é de sua competência exercer controle sobre os diversos segmentos sociais, buscando seu bem estar e seu desenvolvimento, e favorecendo um mínimo de certezas, segurança e liberdade. Para isso, ele dispõe de vários mecanismos formais, dentre os quais comparece a norma legal que deve regular entre outros propósitos, as relações entre os cidadãos e entre estes e seu ambiente (LIBÓRIO, 1994).

Dentre os dispositivos legais sensíveis a estes novos valores sociais destaca-se o Código Florestal Brasileiro instituído pela Lei Federal nº 4771 de 1965 e atualizado pelas leis nº 7803/89 e 7875/89, visando atender as novas regras impostas pela Constituição Federal de 1998.

O Código Florestal considera bens de interesse da sociedade, as florestas e demais formas de vegetação que proporcionam proteção aos solos e ao bem comum da coletividade como; os cerrados, as matas de várzea, manguezais, etc. Por este motivo estão sobre a tutela do poder público.

Os art. 2º e 3º do Código Florestal tratam das florestas e demais formas de vegetação de preservação permanente, ou seja, vegetações que deverão ser mantidas intocadas, não podendo ser removidas ou utilizadas, salvo exceções legais (§ 1º do art. 3º).

O art. 2º prevê a modalidade de preservação por declaração do próprio Código Florestal e o art. 3º estabelece a preservação condicionada ao ato do poder público.

Assim, devem ser protegidas permanentemente as florestas que tenham função de proteção dos corpos d'água, dos solos, proteção dos valores estéticos, científicos e históricos, do ecossistema local, conservação do ambiente das populações indígenas, promoção do bem estar público e desenvolvimento da qualidade de vida humana.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto, combinadas aos sistemas de informações geográficas (SIGs), para o mapeamento e uso do solo, enfatizando a degradação ambiental, causada pela ocupação desordenada, tem se tornado uma prática amplamente difundida, demonstrando ser extremamente eficaz para o estudo de potenciais conflitantes como no caso de áreas que estejam submetidas à legislação ambiental (possuem necessidades de proteção definidas por lei).

A demarcação e fiscalização dessas áreas dependem de mapeamentos que indiquem por confronto quais os locais em que a utilização do solo é prejudicial e ilegal ao meio ambiente.

Esta possibilidade de confrontação de informações territorializadas, proporcionadas pelos sistemas de informação geográfica é de extrema importância, pois permite a definição de áreas que são objetos de normas específicas de controle ambiental (referentes a estrutura de fiscalização).

“A atualização de SIGs sobre suporte informático vem permitindo zoneamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais de análise que são, quase sempre, mais onerosos e de manipulação mais difícil” (SANO et. al., 1990).



Com o surgimento de sensores mais sofisticados possuidores de uma maior resolução e programas mais avançados estas técnicas serão cada vez mais eficientes para a sua aplicação nos referidos estudos.

## **1.1 – OBJETIVOS**

### **1.1.1 – OBJETIVOS GERAIS**

A relação entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente tem sido marcada por uma incompatibilidade demonstrada pela utilização, ao máximo, dos recursos naturais não renováveis e do uso inadequado dos recursos naturais renováveis, dificultando a sua capacidade de renovação. A interferência drástica do homem sobre o meio ambiente causa de forma acelerada e acentuada o declínio ambiental dos ecossistemas, podendo levar à redução ou seu desaparecimento.

O descontrole no uso dos solos pelas atividades humanas, tem causado a degradação destes pela erosão. O acúmulo de resíduos sólidos provenientes dos solos erodidos têm obstruído os rios, os quais têm os seus leitos contaminados pelos reservatórios sépticos das cidades e por resíduos de agrotóxicos das lavouras próximas a estes rios.

É através das constatação destes fatores que se percebe a grande importância em se fazer estudos para o planejamento na ocupação do solo.

Para a realização desta tarefa há a necessidade de se trabalhar com um grande volume de dados os quais exigem um tratamento integrado, nada é mais indicado para a realização deste trabalho do que a utilização das técnicas de sensoriamento remoto combinadas aos sistemas de informações geográficas.

Com base nessas afirmações o presente trabalho apresenta como objetivo geral a aplicações de técnicas de sensoriamento remoto associadas a um sistema de informação geográfico para o mapeamento da cobertura e uso do solo, em uma

região localizada no município de Campinas-SP, verificando se a Área de Preservação Permanente desta está sendo respeitada.

### 1.1.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ao reconhecer a importância das florestas como ecossistemas que precisam ser protegidos, em função dos seus valores econômicos, sociais, paisagísticos, reguladores do meio ambiente, etc, o Estado definiu regras com o objetivo de regulamentar a preservação e o uso racional de sua vegetação.

A Constituição Federal de 1998 apresentou um nítido interesse em proteger os bens da natureza. Sensíveis aos novos valores sociais os legisladores aprovaram diversos dispositivos legais, dentre os quais se destaca a Lei Federal nº 4.771, de 1965, que instituiu o Código Florestal Brasileiro, alterado pelas leis nº 7.803/89 e 7.875/89.

O Código Florestal tem como objeto principal a tutela jurídica das florestas, estabelecendo parâmetros para a sua preservação.

Para a fiscalização de ocorrências de invasão de áreas, que estejam submetidas à legislação de proteção ambiental por atividades agropastoris, são necessários mapeamentos que indique, por confronto, quais os locais onde a ocupação do solo esta em desacordo com a legislação.

A utilização dos produtos de sensoriamento remoto vinculados aos sistemas de informações geográficas demonstram ser uma técnica adequada para o estudo do uso do solo e análise dos problemas ambientais, decorrentes da ocupação de áreas indevidas, pois esta técnica permite gerar e manipular mapas com rapidez, além de permitir o uso de escalas diferentes de trabalho nas produções de mapas temáticos, modelos digitais, alterações de cenários, etc.

Com base nessas constatações o presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Verificar se o uso e a ocupação do solo em uma área localizada no município de Campinas-SP, está de acordo com a legislação ambiental (Código Florestal Lei 4771/65 art. 2º alterada pelas leis 7803/89 • 7875/89), com relações às áreas de preservação permanente e áreas de riscos, com o uso de técnicas de sensoriamento remoto associada ao sistema de informação geográfica IDRISI.
- Utilizar diferentes escalas de trabalho (simplificada e detalhada), comparando e avaliando a eficácia de cada uma destas na elaboração do referido estudo.

## CAPITULO II

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 - DEFINIÇÃO DE FLORESTAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O Código Florestal Brasileiro instituído pela Lei Federal nº 4771, de 1965, atualizada pelas Leis nº 7803/98 e 7875/98, para atender as reformulações das regras impostas pela Constituição Federal de 1988; visa contemplar os principais aspectos da problemática Florestal.

Segundo LIBÓRIO (1994), o objeto do Código Florestal é a tutela jurídica da floresta, e para atendê-la, estabelece os parâmetros de sua proteção, impõe sanções para seu mau uso e define regras básicas para a sua exploração econômica.

As Florestas de Preservação Permanente são tratadas nos arts. 2º e 3º, do Código Florestal, que atribui a estas áreas uma imensa importância, prevendo duras penas para quem degradar este ecossistema.

O Código em análise preocupou-se em atender diversos fins ao classificar as florestas de preservação permanente. Tem-se, assim, com as características da preservação permanente, florestas de proteção física do solo, florestas de proteção dos mananciais e das águas em geral, florestas de proteção das ferrovias e das rodovias, florestas de defesas do território nacional, florestas de conservação de valores estéticos, florestas de conservação dos valores científicos, florestas de proteção dos valores históricos, florestas de preservação do ecossistema local, florestas de conservação do ambiente das populações indígenas, florestas para a preservação do bem-estar público e florestas situadas nas áreas metropolitanas definidas em lei (MACHADO, 1998).

O art. 2º do Código Florestal visa a presença de florestas de preservação permanente ao longo dos rios, entorno dos corpos d'água, nos topos de morros, montes e montanhas e em declividades superiores a 45º graus de inclinação, objetivando a proteção dos corpos hídricos e dos solos evitando a erosão das camadas superficiais dos solos, e o assoreamento dos leitos dos rios e córregos, além da contaminação dos corpos d'água por insumos agrícolas.

DE MAURO et. alli. (1997) ressaltaram que se não bastasse o papel desempenhado pelas Áreas de Preservação Permanente voltado para a qualidade da água, vegetação e fauna, bem como da dissipação de energia erosiva, a legislação reconheceu sua importância como reguladora da vazão fluvial, conseqüentemente das cheias, preservadoras das condições sanitárias para o desenvolvimento da vida humana, nas cidades. Com isso, pode-se afirmar que as Áreas de Preservação Permanente devem ser mantidas em suas características originais, reconhecidas como indispensáveis para a manutenção das bacias hidrográficas e, por conseqüência, da vida humana e seu desenvolvimento.

De acordo com MACHADO (1998) o termo, "preservação permanente, deveria significar que tais formas de cobertura vegetal jamais pudessem ser alteradas ou extintas. Entretanto, a imutabilidade da destinação do solo pode ser entendida diferentemente nos casos do art. 2º e do 3º do Código Florestal. O Código Florestal só previu a "suspensão total ou parcial" de florestas de preservação permanente no § 1º do art. 3º.

As florestas de preservação permanente do art. 3º do Código Florestal poderão ser suprimidas total ou parcialmente pelo poder Executivo, quando forem necessárias a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidades pública ou interesse social.

Quanto às florestas de preservação permanente do art. 2º do Código Florestal, constituídas pelo próprio Código, somente poderão ser alteradas ou suprimidas parcial ou totalmente por força de lei (MACHADO, 1998).

A utilização das Áreas de Preservação Permanente, com a infringência das normas de proteção que acarrete na sua danificação ou destruição, é considerada

crime e acarreta punição através de pena de detenção, ou multa ou ambas as penas.

Para MACHADO (1998) a presença de florestas de preservação permanente ao longo dos rios, e ao redor de lagos, lagoas ou reservatórios d'água e nos topos de morros, montes e montanhas e serras não dependem da administração pública. É dever legal que inexistindo estas florestas, cabe ao poder público o reflorestamento.

### 2.1.1 – Legislação Ambiental

De acordo com o Código Florestal (lei 4771/65 alterada pelas leis 7803/89 • 7875/89).

**Art. 2º.**— Consideram-se de preservação permanente, só pelos efeitos desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural, situadas:

**a)** ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

- 1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água, de menos de 10 (dez) metros de largura;
- 2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenha de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- 3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- 4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- 5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenha largura superior a 600 (seiscentos) metros de largura;

- b)** ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c)** nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m (cinquenta metros) de largura;
- d)** no topo de morros montanhas e serras;
- e)** nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f)** nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g)** nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m (cem metros) em projeções horizontais;
- h)** em altitude superior a 1800 m (mil e oitocentos metros), qualquer que seja a vegetação.

Parágrafo único — no caso de áreas urbanas, assim entendidas as compreendidas nos perímetros urbanos definidos por lei municipal, e nas regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, todo o território abrangido, observasse-a o disposto nos respectivos planos diretores e leis de uso do solo, respeitados os princípios e limites a que se refere este artigo.

**Art. 3°** — Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas;

- a)** A atenuar a erosão das terras;
- b)** A fixar as dunas;

- c) A formar faixa de proteção ao longo de rodovias e ferrovias;
- d) A auxiliar a defesa do território nacional, ao critério das autoridades militares;
- e) A proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico;
- f) A asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção;
- g) A manter o ambiente necessário, a vida das populações silvícolas;
- h) A assegurar condições de bem-estar público.

§ 1º .— A supressão total ou parcial de florestas de preservação permanente só será admitida com prévia autorização do Poder Executivo Federal, quando for necessária a execução de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social.

§ 2º .— As, florestas que integram o Patrimônio Indígena, ficam sujeitas ao regime de preservação permanente (letra “g”) pelo só efeito desta Lei.

Alterações foram introduzidas no Código Florestal Brasileiro, através de Medidas Provisórias, como o exemplo da Medida Provisória (MP) nº 1.605-30 de novembro de 1998 e suas respectivas reedições 1736-31 e 32, que modificavam as regras de proteção das florestas brasileiras, reduzindo os percentuais de áreas protegidas por força do Código Florestal.

Atualmente estuda-se a proposta de converter em lei a Medida Provisória nº 1956-44, que altera os artigos 3º, 16º, e 44º do Código Florestal (Lei nº 4771/65), que tratam das Áreas de Preservação Permanente e das Áreas de Reserva Legal na Amazônia e no Cerrado.



## 2.2 - SENSORIAMENTO REMOTO

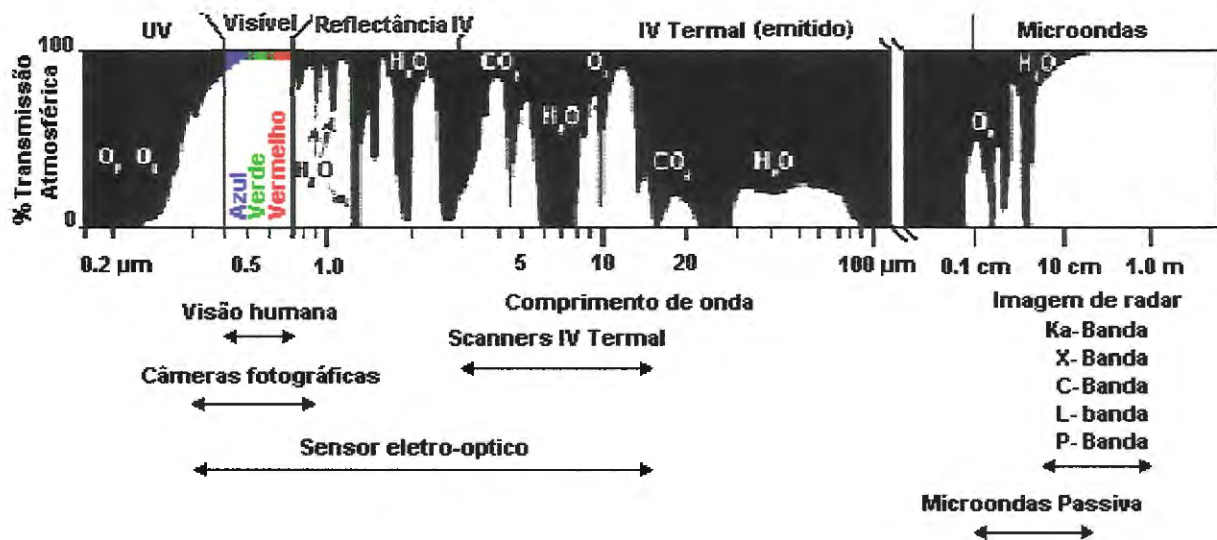
Sensoriamento remoto segundo a definição de OLIVEIRA (1983) é a técnica que utiliza sensores na captação e registro da energia refletida ou emitida por superfícies ou objetos da esfera terrestre ou de outros corpos celestes.

De acordo com HARRISON (1989), sensoriamento remoto é um termo geral que descreve a ação de obter informações sobre um objeto através de um sensor que está fisicamente separado deste objeto. Tais sensores atuam sobre a detecção de energia emitida ou refletida dos objetos. Dois exemplos comuns de sensores remotos são a vista humana, que atua na detecção do reflexo da luz, e o sonar que detecta ondas de som.

De acordo com NOVO (1988) o sensoriamento remoto pode ser definido como a utilização conjunta de modernos sensores e equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves, etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas diversas manifestações.

Partindo destas afirmações, pode-se considerar o sensoriamento remoto como a técnica de obtenção de informação sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato físico com eles.

As atividades do sensoriamento remoto envolvem os processos básicos de coleta, processamento e a análise da radiação eletromagnética refletida ou emitida por formas ou objetos do terreno (Fig. 2.1). Os alvos, sejam eles naturais ou artificiais, apresentam assinaturas espectrais características, que permitem sua identificação ou reconhecimento. Tais assinaturas são registradas por dispositivos que operam em faixas específicas do espectro eletromagnético, como a região do visível, do infravermelho próximo e distante, microondas, etc. Esses dispositivos são os sensores remotos que a bordo de aviões ou satélites, permitem o imageamento sinótico e periódico da superfície da Terra para levantamento e monitoramento dos recursos terrestres.



**Figura 2.1 – Espectro Eletromagnético**

Fonte: Adaptado de TelSat (1998).

As principais faixas do Espectro Eletromagnético são:

- Ondas de Rádio – Possuem frequências baixas e extensos comprimentos de ondas, variando de alguns centímetros até centenas de metros. Esta porção do espectro é muito utilizada em comunicações.
- Microondas – A energia nesta faixa compreende os comprimentos de onda que variam entre o milímetro até 30 centímetros, aproximadamente.
- Infravermelho – Esta faixa do espectro eletromagnético engloba radiações com comprimento de onda variando entre 0,75  $\mu\text{m}$  à 1  $\mu\text{m}$ . Neste intervalo pode-se destacar o infravermelho próximo (0,75 a 1,3  $\mu\text{m}$ ), também denominado refletido, o infravermelho médio (1,3 a 3,0  $\mu\text{m}$ ) e o infravermelho termal ou distante (7,0 a 15,0  $\mu\text{m}$ ).
- Visível – A energia desta faixa causa a sensação de visão ao olho humano, que compreende os comprimentos de onda entre 0,38 a 0,75  $\mu\text{m}$ , dividindo-se em luz azul (0,4 a 0,5  $\mu\text{m}$ ), luz verde (0,5 a 0,6  $\mu\text{m}$ ) e luz vermelha (0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$ ). As imagens geradas nesta faixa são altamente correlacionadas com a experiência visual humana.

- Ultravioleta – Esta faixa corresponde a energia entre 100 A a 4000 A (1A = 10 m). Os sensores que operam nesta faixa são utilizados para a detecção de minerais por luminescência, poluição marinha, etc..
- Raio X – A radiação desta faixa situa entre  $10^{-8}$  a  $10^{-12}$  m de extensão de comprimentos de ondas, a energia desta faixa é utilizada como instrumento de pesquisa da estrutura da matéria e também da medicina.
- Raios Y – São os emissores mais penetrantes.
- Espectro Óptico – Variam entre os comprimentos de onda de 0,3 a 15,0  $\mu\text{m}$ , pois é neste intervalo que são produzidos os aparelhos ópticos tais como: lentes, espelhos primas, etc.

## Sensores

NOVO (1988) define o sistema sensor, como qualquer equipamento capaz de transformar alguma forma de energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. No caso específico do Sensoriamento Remoto, a energia utilizada é a radiação eletromagnética.

Existem dois tipos de sensores:

- Sensores Passivos: são aqueles que detectam a radiação solar, ou terrestre, refletida ou emitida pelos alvos. Portanto são sensores que não possuem energia própria.
- Sensores Ativos: esses sensores emitem certa quantidade de energia, que após interagir com o alvo, retorna ao sensor, e é processada. Desta maneira estes sensores possuem energia própria.

Os sensores também são classificados de acordo com os produtos, por eles gerados. Assim podem ser:

- sensores Não-Imageadores: o produto gerado por este tipo de sensor não consiste numa imagem do alvo de interesse. As informações são apresentadas em forma de dígitos ou gráficos, muito utilizadas em pesquisas básicas sobre corpos.
- sensores Imageadores: como se pressupõe, são aqueles que produzem uma imagem da superfície sensoriada, ou alvo de interesse. Estes produtos são utilizados nos trabalhos de mapeamento.

Para GARCIA (1982) as possibilidades das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente aquelas que se utilizam da parte não visível do espectro, têm proporcionado uma grande variedade de aplicações. No entanto o potencial desta tecnologia ainda é vasto, e a expectativa quanto ao futuro é muito grande.

### **2.2.1 - Imagens: LANDSAT e SPOT**

O sistema LANDSAT (“Land Remote Sensing Satellite”) compõe-se até o momento, de uma série de 5 satélites lançados a intervalos médios de 3 a 4 anos. Este sistema foi desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration NASA e recebeu inicialmente o nome de “Earth Resources Technology Satellite” – 1 (ERST – 1) passando a ser chamado LANDSAT em janeiro de 1975 (NOVO, 1988).

#### **LANDSAT 1, - 2, - 3.**

Esta série de satélites caracteriza-se como parte da primeira geração de satélites de recursos da Terra. O LANDSAT 1 foi lançado pela NASA em 27/07/1972, e desativado em 1980; o LANDSAT 2 foi lançado em 1975, e desativado em 1979; e o LANDSAT 3 foi lançado em 1978, e também desativado.

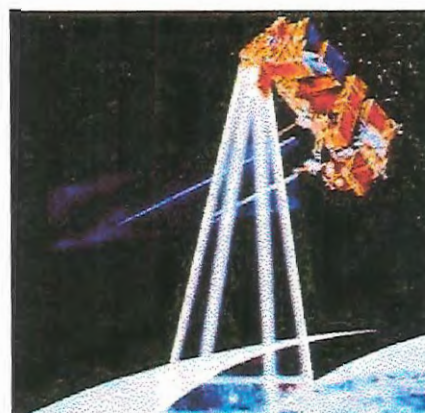
Durante seus períodos de operações, os satélites realizavam uma órbita completa em torno da Terra a cada 103 minutos e 27 segundos, de modo a

recobrir 14 faixas da superfície terrestre por dia. As órbitas dos satélites 1, 2 e 3 foram estabelecidas de modo que a cada 18 dias eles passavam sobre a mesma região da superfície terrestre (Novo 1988).

### LANDSAT 4, - 5, - 7

Os satélites LANDSAT 4 e 5 foram construídos com a finalidade de melhorar a capacidade de aquisição de dados orbitais com a adoção de sensores mais eficientes e com uma agilidade maior no processamento da informação.

O LANDSAT 4 foi lançado em 1982 e desativado logo em seguida, tornando possível a atividade do sensor LANDSAT 5 ou TM (“Thematic Mapper”) (Fig. 2.2).



**Figura 2.2 - LANDSAT 4 e 5.**  
**Fonte: USGS (1984)**

Com o fracasso do lançamento do LANDSAT 6 em 1993, o LANDSAT 5 era o único satélite da série em operação, até o lançamento do LANDSAT 7 em abril de 1999, estando em funcionamento além do tempo previsto para sua vida útil, o LANDSAT 5 passou a apresentar problemas na qualidade de suas imagens geradas.

Este imageador multispectral possui 7 bandas, cada uma representando uma faixa do espectro eletromagnético. As bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7 possuem uma resolução geométrica de 30m, isto é, cada pixel da imagem representa uma área de 0,09 ha no terreno. A banda 6, possui resolução de 120 m, cada pixel representa uma área de 1,4 ha.

Bandas espectrais;

BANDA 1: 0,45 – 0,52  $\mu\text{m}$ : apresenta grande penetração em corpos d'água. Utilizada no mapeamento das águas costeiras e também para diferenciar solos e vegetação.

BANDA 2: 0,52 – 0,60  $\mu\text{m}$ : utilizada para medir a reflectância da vegetação.

BANDA 3: 0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ : sua absorção pela clorofila é importante para a discriminação da vegetação.

BANDA 4: 0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ : útil para avaliar o conteúdo da biomassa e delimitação de corpos d'água.

BANDA 5: 1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ : útil para detectar teor de umidade em vegetação, servindo para observar estresse na vegetação.

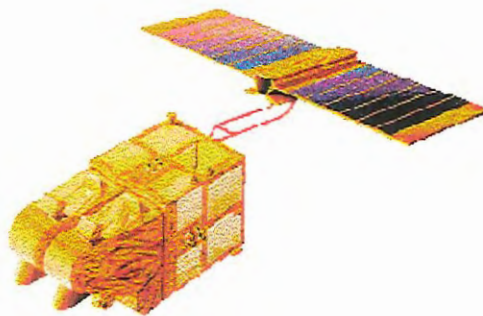
BANDA 6: 10,4 – 12,5  $\mu\text{m}$ : infravermelho termal, sensível às misturas de solo e vegetação.

BANDA 7: 2,08 – 2,35  $\mu\text{m}$ : apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre a Geomorfologia, Solos e Geologia.

O LANDSAT 7 além de apresentar as características dos satélites anteriores da série, foi incorporado a ele uma banda pancromática com resolução espacial de 15 X 15 metros.

As imagens LANDSAT eram inicialmente utilizadas para obtenção de visão sinóptica de grandes áreas, com fins interpretativos. Com aumento do processamento digital de imagens, dados LANDSAT também passaram a ser usados para classificação de uso do solo, para estimar as características da superfície da Terra, para monitoramento de mudanças, etc. (GARCIA, 1982).

O sistema SPOT (“Satélite pour l’Observation de la Terre”), que foi construído através de um consórcio entre indústrias francesas, é constituído basicamente de um satélite para observação da Terra, e de estações para recepção e processamento de dados. (NOVO, 1988).



**Figura 2.3 – Sistema SPOT**

**Fonte: SPOT Image (1986).**

O programa SPOT foi planejado e projetado como um sistema operacional e comercial e teve seu início em 1983 com o lançamento do satélite franco-europeu SPOT 1 (Fig. 2.3).

A série prosseguiu com o lançamento do SPOT 2 (atualmente o único em operação) e com o SPOT 3 que após um relativo período de funcionamento, entrou em pane. Para assegurar a continuidade do serviço, estão em planejamento o lançamento dos satélites SPOT 4 e 5.

O satélite SPOT possui dois sensores de alta resolução (HRV – “High Resolution Visible”) que podem ser ativados independentemente. Cada sensor tem uma faixa de varredura de 60 km, que quando operados em zonas adjacentes, recobrem uma área total de 117 km. O sistema SPOT opera em dois modos: Multiespectral e Pancromático;

O modo Multispectral permite a aquisição de informação em 3 faixas do espectro eletromagnético com uma resolução espacial de 20 x 20 metros.

BANDA Verde: de 0,50  $\mu\text{m}$  a 0,59  $\mu\text{m}$ .

BANDA Vermelha: de 0,61  $\mu\text{m}$  a 0,68  $\mu\text{m}$ .

BANDA Infra-vermelho próximo: de 0,79  $\mu\text{m}$  a 0,89  $\mu\text{m}$ .

No modo pancromático (preto e branco), as observações são feitas em uma única banda, de 0,51  $\mu\text{m}$  a 0,73  $\mu\text{m}$  com uma resolução espacial de 10 x 10 metros.

O sistema SPOT possibilitou a produção de imagens tridimensionais graças a sua capacidade de visada lateral, de até 27° (estereoscopia cilíndrica), e também propiciou uma grande resolução espacial no canal pancromático.

Algumas das principais aplicações do SPOT;

- - Impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente;
  - Acompanhamento do uso agrícola das terras;
  - Cartografia e atualização de mapas;
- - Dinâmica da urbanização;
  - Monitoramento da cobertura vegetal;
  - Monitoramento de queimadas;

### 2.2.2 – Sensoriamento Remoto e Uso do Solo

A expressão “uso da terra” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância, na medida em que os efeitos do uso desordenado causam à deterioração do ambiente. Os processos de erosão internos, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos d'água são conseqüências imediatas do mau uso do solo (ROSA, 1992).

Segundo NOVO (1988) há inúmeras técnicas de análise e controle ambiental. Entretanto, há limitações para sua utilização, devido ao custo envolvido na coleta de dados em grandes áreas e por longo período de tempo. É neste contexto que o Sensoriamento Remoto pode ser utilizado para o mapeamento do uso da terra e do estudo ambiental, uma vez que os sensores possibilitam o fornecimento pelo menos de dois tipos de dados; o tipo de cultura e a área que ela ocupa.



FORESTI (1990) destacou a importância dos sensores imageadores, para o estudo das áreas urbanas, e o essencial auxílio da integração dos dados em SIG. A área de estudo utilizada foi a região metropolitana de São Paulo, analisando a expansão urbana, com as relativas identificações dos setores que sofreram um maior crescimento. Utilizou-se de composições coloridas das bandas 4, 3 e 5 do sensor TM e antigas cartas de uso de solo para a análise da organização espacial urbana. A autora (op. cit.) também analisou os impactos ambientais ocasionado pela expansão urbana, utilizando para esta análise imagens HRV - SPOT, nas escalas 1:10.000, que possibilitou uma melhor visualização das áreas alteradas, da degradação ambiental da vegetação da área e sua posterior utilização com a alteração do relevo, solo e declividade.

Nessa mesma linha de pesquisa, COSTA (1991) utilizou imagens SPOT para a elaboração do mapa de uso do solo da cidade de Belo Horizonte – MG através da análise de máxima verossimilhança e interpretações visuais, constatando a eficácia da combinação dos SIG's aos dados SPOT para o estudo de áreas urbanas.

Ainda sobre o estudo de uso da terra, MENDONÇA et al. (1988) desenvolveram trabalhos para a identificação e o mapeamento dos tipos de vegetação existente no interior dos imóveis rurais, utilizando as bandas 3 e 4 das imagens TM Landsat. Eles analisaram 32 imóveis rurais em três épocas distintas, localizadas nos Estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais e Bahia. Os autores consideraram bastante satisfatória a aplicação dessas imagens para o levantamento de dados sobre a cobertura vegetal de imóveis rurais.

LIMA e CAVALHEIRO (1993), efetuaram análises sobre a degradação ambiental do município de Rio Claro - SP, confrontando o uso atual do solo com o uso potencial deste, através do sistema de informação geográfica SGI - INPE e técnicas de sensoriamento remoto, possibilitando a geração de cartas de atributos físicos do município o que permitiu a determinação da adequabilidade dos solos. Essa técnica viabilizou a visualização de áreas degradadas.

## 2.3 – GEOPROCESSAMENTO

Geoprocessamento segundo RODRIGUES (1988) é definido como "a tecnologia de coleta e tratamento de informação espacial e de desenvolvimento de sistemas que o utilizam".

O objetivo principal do Geoprocessamento, de acordo com CÂMARA e MEDEIROS (1996), é o de fornecer ferramentas computacionais para o tratamento de informação geográfica. Tais ferramentas chamadas de Sistemas de Informação Geográfica - SIGs armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georeferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica, os quais possuem as seguintes características: integrar, numa única base de dados cartográficos, dados de censo e cadastros urbanos e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como, para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

### 2.3.1 - Sistemas de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informação Geográfica – também denominados na literatura internacional "Geographic Information Systems" – GIS, surgiram no Canadá (Ottawa) no início dos anos sessenta (TOMLINSON, 1990).

De acordo com ALVES (1990), os sistemas de informações geográficas são destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas permitem a manipulação dos dados de diversas fontes como mapas, imagens e cadastros. O georeferenciamento permite sua ampla utilização no planejamento urbano regional, estudo de recursos naturais, análise multitemporal, avaliação e caracterização de bacias hidrográficas, etc.

Segundo MARBLE (1990), para ser considerado um SIG o software do sistema deve conter quatro funções estabelecidas e, além disso deve executá-las eficientemente, constituindo-se em: subsistemas de entrada, gerenciamento, manipulação e análise e saída de dados (Fig. 2.4).

- Entrada de dados:

É o subsistema responsável pela aquisição dos diversos tipos de informação espacial derivada de mapas, sensor remoto, etc.

Segundo TEIXEIRA et al. (1992), as fontes de dados utilizados em um SIG podem ser classificadas em “primárias” (que incluem levantamentos diretos em campo ou sobre produtos de sensoriamento remoto) e em “secundárias” (que envolvem mapas e dados estatísticos).

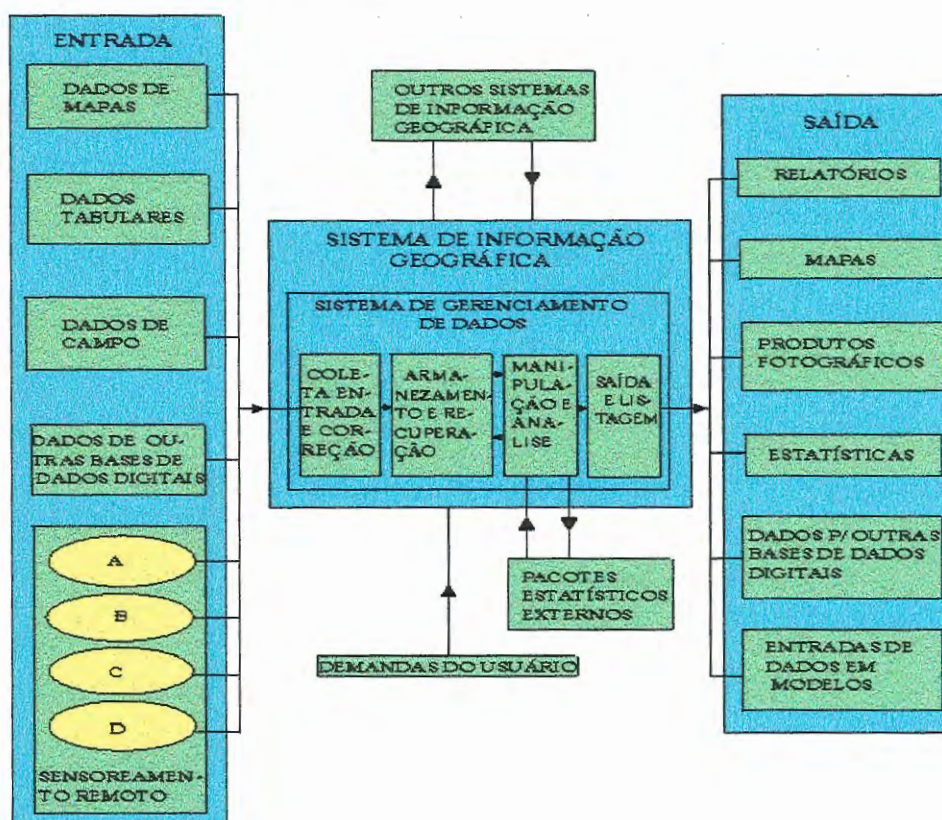


Figura 2.4 – Estrutura de um SIG

Fonte: Adaptado de Cracknell (1986).

Armazenamento e recuperação de dados:

É o subsistema que permite organizar os dados espaciais de forma a possibilitar ao usuário sua rápida recuperação para análise subsequente, bem como a possibilidade de revisões rápidas e precisas na base de dados espaciais.

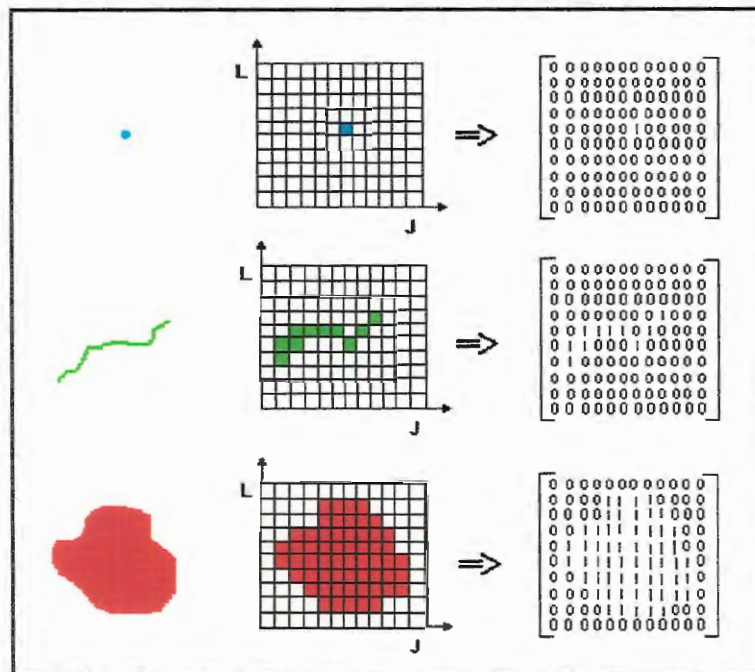
No gerenciamento destas informações, segundo RODRIGUES (1990), dispomos de técnicas para prover referências espaciais e representações destes domínios que são passíveis de tratamento automatizado; tais domínios têm características de pontos, linhas e áreas e são tratados através de técnicas de geocodificação, que podem ser agrupados segundo duas amplas classes: vetorial (varredura) e matricial (raster).

- Estruturas matriciais:

Forma de representação em que a referência espacial é provida por códigos de localização das células, em uma malha regular, sobre as quais incidem pontos, linhas e áreas através de uma matriz binária (RODRIGUES 1990) (Fig. 2.5).

De acordo com TEIXEIRA et al. (1992), a partição do espaço na estrutura raster é obtida através de uma malha com linhas verticais e horizontais espaçadas regularmente, formando células. Tais células também chamadas de pixels ou quadrículas, geralmente possuem dimensões verticais e horizontais, que definem a resolução da malha, ou seja, a área no terreno ocupada pelo pixel. Isto equivale a dizer que ocorre um processo de generalização onde vários elementos que podem constituir uma quadrícula deixam de ser individualizados.

As principais vantagens na utilização da estrutura raster consistem em: uma estrutura de dados simples, facilidade de superposição e combinação de dados mapeados com dados de sensoriamento remoto, facilidade de simulação; a principal desvantagem consiste na resolução inferior dos mapas raster em relação aos mapas desenhados com linhas (polígonos).



**Figura 2.5 – Estrutura matricial (raster) de ponto, linha e área**

**Fonte: Adaptado de Rodrigues (1990).**

- Estrutura vetorial:

A representação vetorial de um elemento, segundo TEIXEIRA et al. (1992), é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Assume o espaço como contínuo o que permite que todas as posições, distâncias e áreas sejam definidas com um grau de precisão muito maior. Os métodos vetoriais assumem que as coordenadas dos pontos são matematicamente exatas. Além disso, usam relações implícitas, permitindo que dados complexos sejam armazenados em menos espaço no computador. No formato vetorial qualquer elemento pode ser reduzido a um dos três conceitos topológicos básicos; pontos, linhas e polígonos (Fig. 2.6).

Pontos; abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas  $x, y$ . Além das coordenadas, devem ser armazenados os atributos do ponto.

Linhas; trata-se na verdade de um conjunto de pelo menos dois pontos que compõe a linha, deve-se armazenar informação que indique os atributos associados a ela.

Redes; para a estruturação de uma rede de linhas que possa ser reconstituída pelo computador, devem ser usados apontadores dentro da estrutura de dados. Esses elementos baseiam-se no uso de pontos denominados nós.

Áreas; as áreas ou polígonos podem ser representadas de diversas maneiras na forma vetorial. Seu objetivo é descrever as propriedades topológicas de áreas como a conectividade, circunscricidade, contigüidade e orientação. Na representação por polígono, cada elemento tem área, perímetro e formato individualizado.

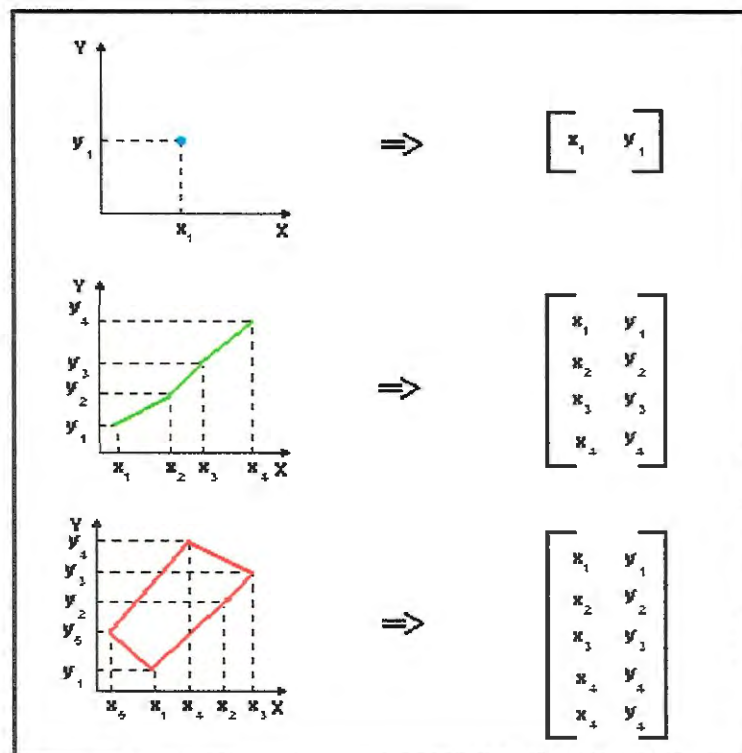


Figura 2.6 – Estrutura vetorial de ponto, arco e polígonos

Fonte: Adaptado de Rodrigues (1990).

As principais vantagens na utilização da estrutura de dados vetoriais consiste na qualidade visual da informação, bem como um maior nível de precisão obtido, possibilitando uma representação mais adequada dos resultados.

#### Manipulação e análise de dados.

A manipulação e análise de dados, segundo RODRIGUES (1990), é a denominação genérica que se dá para aquelas operações (de natureza espacial) que auxiliam tarefas tais como: operações de reclassificação e agregação de atributos e representações espaciais; operações métricas (intercessão e superposição – “orvelay”, pertinência, proximidade, geração de “Buffers”, etc.); operações geométricas, (rotação, translação, mudança de escala, geração de mosaico, geração de janelas, etc.) operações topológicas (conectividades, encadeamentos, hierarquias, rotas, etc.); operações de medidas (distâncias, áreas, volumes, perímetros, etc.); análise estatística espacial; entre outras.

#### Saída de dados.

Operação caracterizada pela apresentação dos resultados das manipulações dos dados. Para a realização desta etapa, são utilizadas variadas técnicas que surgiram com os modernos equipamentos de entrada e saída de dados espaciais. Conforme TEIXEIRA et al. (1992) os equipamentos básicos de saída de dados são:

- Monitores de vídeos.
- Plotters.
- Impressoras.
- Fotoplotter.

Para BORIM (1992) as aplicações dos SIG's são muito amplas, pois abrangem desde o desenvolvimento de sistemas cadastrais até sistemas de manejos de recursos naturais.

O sucesso e a rápida expansão dos SIG's deve-se, fundamentalmente, a sua grande versatilidade e potencial quando usado para solucionar problemas de análise, nas mais diversas aplicações temáticas, principalmente nas disciplinas ligadas às geociências. Estudos de uso da terra, topografia, geologia, análise ambiental, clima e solos entre outros, vem sendo amplamente desenvolvidas e divulgados (TEIXEIRA et al., 1992).

### **2.3.2 – Sistema de Informação Geográfica e Análise Ambiental**

Segundo SILVA e FILHO, (1995) o geoprocessamento não deve ser entendido apenas como uma técnica de produção de mapas temáticos – áreas de “buffers”, medidas de distâncias e outros artifícios específicos de análise topológica. Deve também ser entendido como base metodológica para análise ambiental.

A análise ambiental é uma ação complexa e envolve diversas especialidades relativas aos problemas urbanos, rurais, florestais, marítimos, etc.

Em todas estas áreas os SIG podem ser empregados, facilitando o trabalho da comunidade científica e dos órgãos e entidades ambientais, trazendo benefícios à população (TEIXEIRA et al., 1992).

### **2.3.3 – Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto**

A implementação de dados de sensoriamento remoto em SIG é proposta e discutida por vários autores, sendo unânime a consideração do sensoriamento remoto como uma das principais fontes de informações (ARONOFF, 1989; apud BERTOLAMI, 1997).



Segundo NOVO (1992) uma classificação do uso da terra não pode se basear apenas em dados de sensoriamento remoto, já que os mesmos só fornecem informações sobre a cobertura do solo, não permitindo uma análise mais eficaz sobre um determinado objeto de estudo.

Segundo CÂMARA (1993) é necessário a integração do sensoriamento remoto com os SIG's, devido à capacidade destes sistemas de geoprocessamento para armazenar, recuperar e analisar dados num ambiente computacional.

A utilização dos sistemas de informação geográfica combinado com o sensoriamento remoto, para o mapeamento do uso do solo, enfatizando a degradação ambiental que a ocupação incorreta desses causam, tem se tornado uma técnica amplamente utilizada. A integração destes sistemas permitem de forma mais eficaz a obtenção e a análise de dados, além de sua integração na geração de mapas temáticos, modelos digitais, etc., com uma maior economia de tempo e de uma melhora na qualidade do trabalho.

## CAPITULO III

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se a sudeste do Estado de São Paulo, inserida na Depressão Periférica, localizada aproximadamente entre as coordenadas geográficas 22°50' e 22°52' S de Latitude e 47°08' e 47°09' W de Longitude.

A área em estudo possui abrangência de 30 Km<sup>2</sup>, e está localizada no município de Campinas (Figura 3.1).

O município de Campinas tem aproximadamente 846 mil habitantes, constituindo-se no pólo de uma área que abriga cerca de 2 milhões de habitantes. É o maior centro de desenvolvimento econômico do interior do Estado, e sua região configura-se como a terceira grande concentração industrial do Brasil.

As 2.500 indústrias instaladas na região correspondem a 25% da produção química do Estado de São Paulo; 23% da produção de minerais não-metálicos; 19% da produção de equipamentos mecânicos; 27% da produção de couro, papel e papelão, 21% da produção têxtil e 17% da produção agro-industrial. Algumas das mais importantes indústrias processadoras de suco de laranja, cana de açúcar e álcool estão instaladas na região.

Campinas contribui com 20% da produção agrícola estadual e movimenta 30% do crédito rural. É a primeira região do país em índice de mecanização, uso de adubos, sementes qualificadas e defensivos agrícolas. A agricultura da região contribui com 36% da produção avícola de corte e 27% da produção de laranja no Estado.

O setor mais dinâmico na economia da região de Campinas é o terciário. A cidade conta com mais de 12.000 estabelecimentos voltados para o comércio. Seu movimento representa 27% da receita do comércio do Estado.

*M.D.P. 200 P.D. 10*

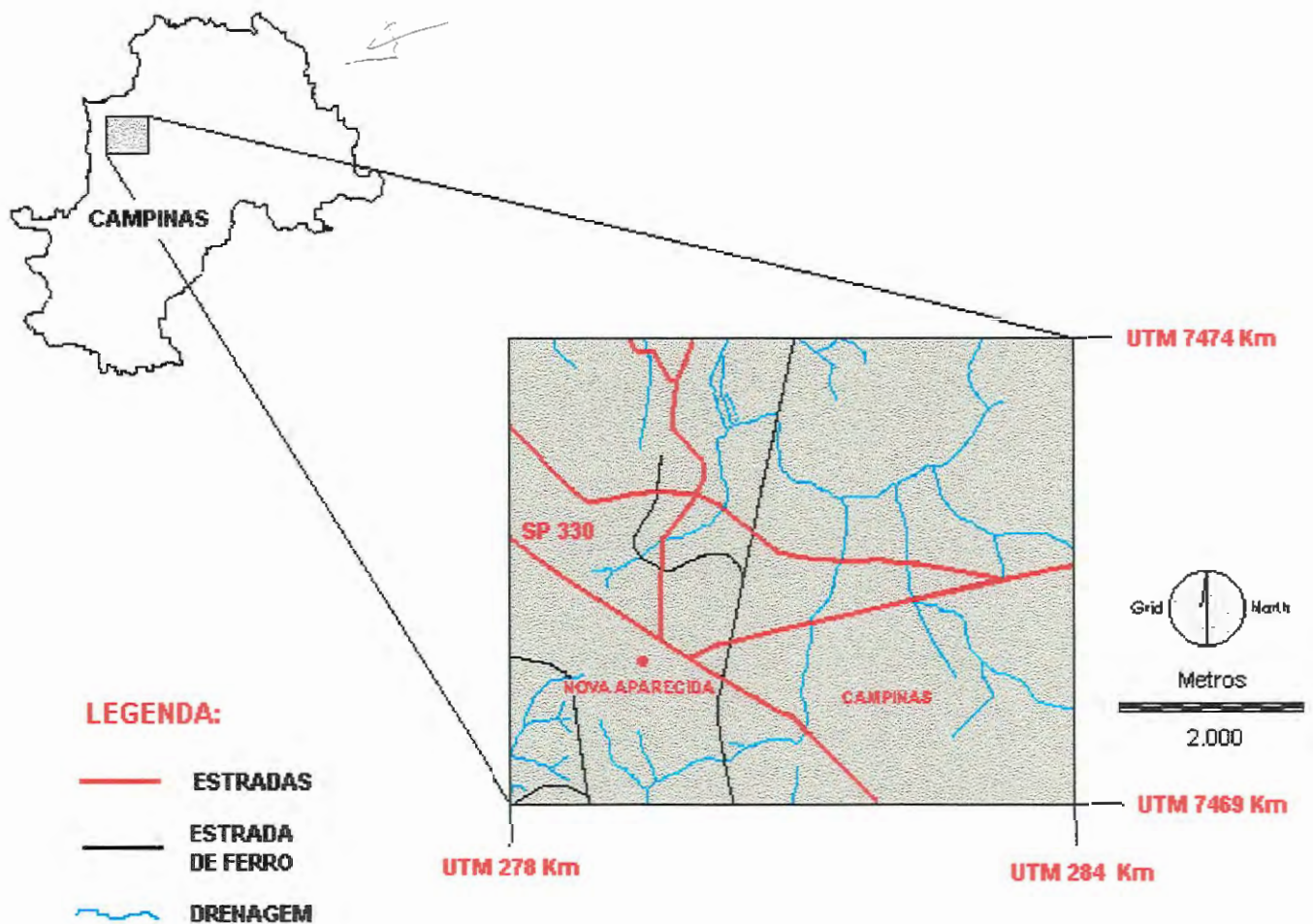


Figura 3.1 – Localização da Área em Estudo

O relevo regional é predominantemente suave ondulado com declividades inferiores a 7%. A altitude apresentada na área de estudo varia de 575 a 665 metros.

Devido a ocorrência de relevos e solos propícios a agricultura e a agropecuária e a presença de núcleos urbanos importantes, a área estudada está

sendo intensamente utilizada com atividades agropastoris, sendo raro os casos de remanescentes de vegetação nativa. Entre as culturas de maior destaque está a cana de açúcar; o milho e outras culturas anuais aparecem em plano secundário. Completando as atividades agropastoris, destaca-se o reflorestamento com pinos e eucaliptos e a pecuária leiteira.

A distribuição pluvial segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, com verão chuvoso e inverno seco. Esses períodos se apresentam em duas estações claramente marcadas: uma seca de inverno, que abrange os meses de abril a setembro, e outra, chuvosa de verão, de outubro a março.

A temperatura apresenta valores inferiores a 18°C durante o inverno e superiores a 22°C durante o verão, com o mês de junho apresentando as temperaturas mais baixas e o mês de janeiro as mais elevadas.

De acordo com os valores médios das temperaturas do ar e das precipitações pluviais, o clima da área é classificado segundo o sistema de Köppen, como sendo do tipo Cwa (Meso Térmico, com inverno seco e verão chuvoso. A pluviosidade anual oscila entre 1.100 e 1.300 mm e a temperatura média anual variando em torno de 20° e 21°C (São Paulo - Estado e IPT, 1981).

### 3.2 – MATERIAIS

Para a elaboração deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais, programas e equipamentos:

- Carta Topográfica produzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:50 000, folha Campinas SF-23-Y-A-V-4.
- Cartas Topográficas produzidas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), escala 1:10 000, folhas Nova Aparecida SF-23-Y-A-V-4-NO-F, Barão Geraldo

SF-23-Y-A-V-4-NE-C, Jardim Maracanã SF-23 Y-A-V-4-NO-D e Campinas 1 SF-23-Y-A-V-4-NE-E.

- Imagens de satélites Landsat, sensor TM (“Thematic Mapper”), bandas 3, 4 e 5 datadas do ano de 1998, cedidas pelo CEAPLA – UNESP (Centro de Análise e Planejamento Ambiental).
- Imagem de Satélite Spot, sensor HRV (“High Resolution Visible”), imagem Pancromática datada do ano de 1998, cedida pelo CEAPLA – UNESP (Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica).
- Utilização do software AUTOCAD versão 14 para a digitalização das cartas topográficas e geração dos arquivos “dxf”.
- Software, sistema de informações geográficas (SIG) IDRISI for Windows versão 2.0, para geração e manipulação das imagens.
- Os programas Windows 98, Word for Windows, Corel Draw 8, Microsoft Excel 97 e Paint.
- Microcomputador Pentium II 300 MHZ, monitor de vídeo colorido com os seguintes periféricos; impressora colorida e scanner.

### 3.3 - MÉTODOS

#### 3.3.1 – Digitalização da Base Cartográfica

O processo de digitalização da base cartográfica foi realizado diretamente, utilizando o software Autocad versão 14 (autodesk, 1997) sem o intermédio de uma mesa digitalizadora.

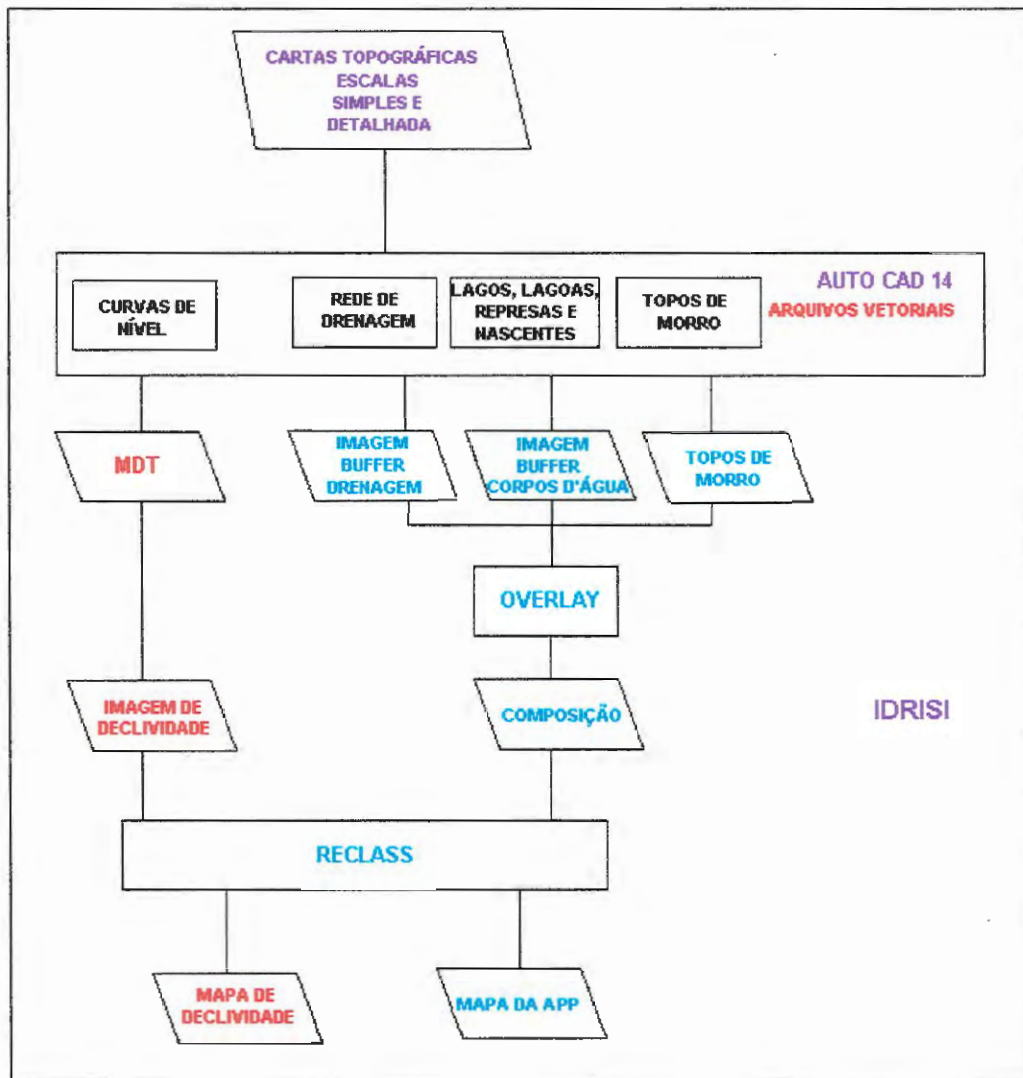
Para a realização deste processo foi necessário a rasterização das cartas topográficas de ambas as escalas (1:10 000 e 1:50 000) e em seguida a importação destes arquivos para o software Autocad 14, onde foi realizado a digitalização das curvas de nível, a rede de drenagem, os topos de morro, corpos d'água e estradas, utilizando o formato pline. Os valores das curvas de nível foram aplicados através da função elev.

Após a etapa da digitalização fez-se a conversão destes arquivos para a extensão DXF. Estes, posteriormente, foram importados pelo programa IDRISI versão 2.0 em ambiente Windows (ESTMAN, 1997) (Figura 3.2).

A utilização deste método de digitalização, da base cartográfica, dispensando o uso de uma mesa digitalizadora, apresenta como principais vantagens: a economia de tempo e gastos para quem a utiliza; uma característica do programa Autocad 14 é a impossibilidade do uso de pontos de controle no momento da digitalização o que acarreta na necessidade de uma correção geométrica posterior nos arquivos vetoriais produzidos.

Para a Correção Geométrica dos arquivos vetoriais utilizou-se o módulo "Reformat" do IDRISI. Para a reformatação dos dados dos arquivos vetoriais foram identificados pontos de controle na base cartográfica e nos arquivos vetoriais que foram posteriormente corrigidos geometricamente, editando-se assim uma tabela de arquivos correspondentes através da função Edit do módulo Data Entry do IDRISI, com as coordenadas x e y dos arquivos vetoriais e com as coordenadas geográficas (no Brasil, o sistema de projeção cartográfica UTM é utilizado como padrão para mapas) da base cartográfica. Em seguida, fez-se o ajuste dos pontos

x e y dos arquivos vetoriais, com a sua respectiva posição geográfica através da função “RESAMPLE” do módulo Reformat do IDRISI.



**Figura 3.2 – Representação esquemática das etapas realizadas na geração dos dados digitais.**

Após a correção geométrica dos arquivos vetoriais, estes, foram convertidos para o formato raster, através da função INITIAL do módulo Data Entry, utilizando

a função POINTRAS para pontos, LINERAS para linhas e POLYRAS para polígonos. As imagens raster são geradas com o número de linhas e colunas definidas pelo tamanho do pixel adotado.

### 3.3.2 – Cartas de Declividade

Para a elaboração das cartas de declividade, na escala simplificada 1:50 000 e na escala detalhada 1:10 000 utilizou-se o seguinte procedimento:

a) geração de uma imagem raster contendo as curvas de nível, que através da função INTERCON, pertencente ao módulo DATA ENTRY, faz-se a interpolação das curvas de nível da imagem gerada, produzindo um modelo digital do terreno.

b) obtido o modelo digital do terreno (MDT) foi possível o cálculo da declividade da imagem através do módulo SURFACE, que permitiu o cálculo em graus e porcentagem gerando-se, assim, novas imagens que representam em porcentagem ou graus as declividades da área de estudo.

c) em seguida foi efetuada, nestas imagens de declividade, a classificação dos dados e espacialização dos intervalos através da função RECLASS do módulo Database Query.

As categorias de intervalos de declividades adotados, estão presentes nos trabalhos de KOFFER e MORETTI (1991) que seguem a proposta de LEPSCH (1983) com ligeira alteração da proposta de OLIVEIRA e BERG (1985), atendendo a um critério de manejo que permite a redução do risco de erosão e um uso agrícola sustentável.



Segundo KOFFER e MORETTI (1991) a relação de declividade, relevo e tipo de manejo é empregada da seguinte maneira:

CLASSE	INTERVALO (%)
1	0 - 2
2	2 - 5
3	5 - 10
4	10 - 20
5	20 - 45
6	> 45

1 - Classe 1 (0 – 2%): compreende áreas planas ou quase planas, onde o escoamento superficial ou enxurrada são lentos ou muito lento. O declive do terreno não oferece nenhuma dificuldade ao uso de máquinas agrícolas e não ocorre erosão hídrica significativa, exceto em vertentes muito longas e com solos altamente susceptíveis a erosão.

2 – Classe 2 (2 – 5%): apresenta declividade suave, com escoamento superficial lento a médio. Aqui também o declive não impede nem dificulta o trabalho mecanizado usual. Geralmente, práticas simples de conservação do solo são suficientes, a não ser em solos muito erodíveis. Nestes locais, a proteção com práticas complexas, como sistemas de terraço e faixas de retenção, podem se mostrar necessárias.

3 – Classe 3 (5 – 10%): é constituída por áreas individuais, geralmente com relevo ondulado, nas quais as enxurradas na maior parte dos solos é média a rápida. O declive normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. A erosão hídrica deve ser controlada com práticas complexas de conservação do solo, para que essas terras sejam cultivadas intensivamente.

4 – Classe 4 (10 – 20%): compreende áreas muito inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial geralmente é rápido. A maior parte das máquinas agrícolas pode ser utilizada, mas com dificuldades. Os solos desta classe são facilmente erodíveis, exceto quando são muito permeáveis e não muito arenosos, como alguns latossolos. Estas áreas devem ser utilizadas somente para cultivos perenes, pastagens ou reflorestamento.

5 – Classe 5 (20 – 45%): são áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido em sua maior parte. Somente máquinas agrícolas especiais ou muito leves podem ser usadas e com dificuldades.

6 – Classe 6 (> 45%): é constituída por áreas fortemente íngremes, de regiões montanhosas, onde praticamente nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. O escoamento superficial é sempre rápido e os solos extremamente sensíveis a erosão hídrica.

### **3.3.3 – Mapas das Áreas de Preservação Permanente**

Para a elaboração dos mapas de preservação permanente adotou-se, para ambas as escalas, o seguinte procedimento:

- Foram consideradas áreas de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural, como determina o Código Florestal (Lei Federal nº 4771/65 art. 2º).
- A resolução CONAMA nº 004/85 estabelece que são consideradas Reservas Ecológicas as formações florestais e as áreas de floresta de preservação permanente;

I – ao longo dos rios ou de outro qualquer corpo d'água, em faixa marginal além do leito maior sazonal medida horizontalmente, cuja largura mínima será:

- de 5 (cinco) metros para rios com menos de 10 (dez) metros de largura;
- igual à metade da largura dos corpos d'água que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros;
- de 100 (cem) metros para todos os cursos d'água cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros;

II – ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais, desde o seu nível mais alto medido horizontalmente, em faixa marginal cuja largura mínima será:

- de 30 (trinta) metros para os que estejam situados em áreas urbanas;
- de 100 (cem) metros para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- de 100 (cem) metros para as represas hidrelétricas.

Para a elaboração de mapas, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, no que se refere as áreas de preservação permanente, foi utilizado o módulo Analysis sub-módulo Context Operators, função "BUFFER" (área de uma distância dada ao redor de uma feição física representada na forma de linhas ou polígonos) de 30 metros de distância de cada margem dos rios, 50 metros ao redor das nascentes e 100 metros ao redor de lagos, lagoas e represas.

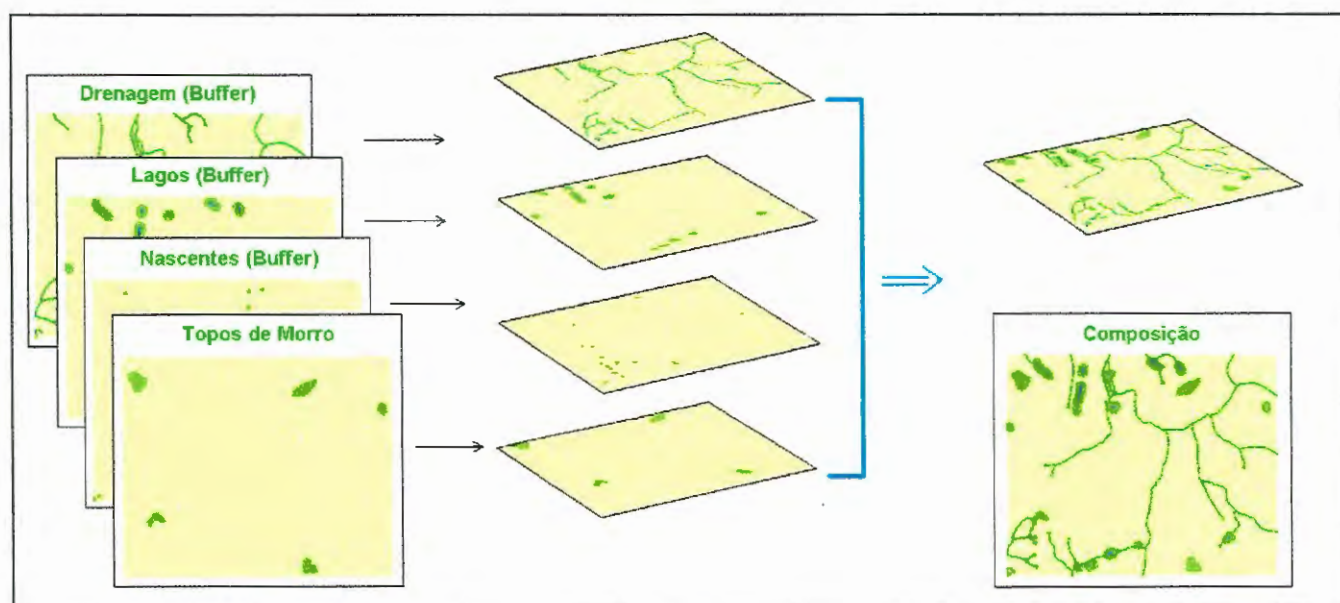
Cada "BUFFER" foi gerado separadamente, e em seguida sobrepostos em uma única composição através do módulo Database Query função "OVERLAY". Em todas as imagens geradas foram utilizados pixels de 30 X 30 metros.

Para delimitar áreas com declividades superiores a 45°, fez-se uma reclassificação das cartas de declividades, criando-se apenas 2 classes (classes de declividades < 45° e classes de declividades > que 45°).

Em ambas as cartas de declividades não houve a ocorrência de valores superiores a 45°. Caso houvesse a ocorrência desses valores, eles seriam sobrepostos à composição gerada com as imagens “BUFFER” dos corpos d’água.

Também não foram encontradas, na área de estudo, altitudes superiores a 1800 metros.

Finalmente, a composição gerada pela sobreposição das imagens “BUFFERS” foi sobreposta, a imagem gerada com as áreas de topos de morro que foram digitalizados das cartas topográficas (Figura 3.3).



**Figura 3.3 – Processo de sobreposição das Imagens para gerar o mapa da Área de Preservação Permanente.**

Com a sobreposição dessas imagens e suas subseqüentes reclassificações foi possível produzir um mapa que observasse a legislação ambiental referente ao art. 2º do Código Florestal e a resolução CONAMA n° 004/85 quanto as Áreas de Preservação Permanente.

### 3.3.4 - Processamento de Imagens Digitais

#### 3.3.4.1 – Pré-processamento

As imagens digitais Landsat-TM e SPOTPAN foram submetidas ao sistema de processamento digital, através das etapas de pré-processamento, processamento de realce e classificação, utilizando-se para isso o Módulo “Image Processing” do Programa IDRISI.

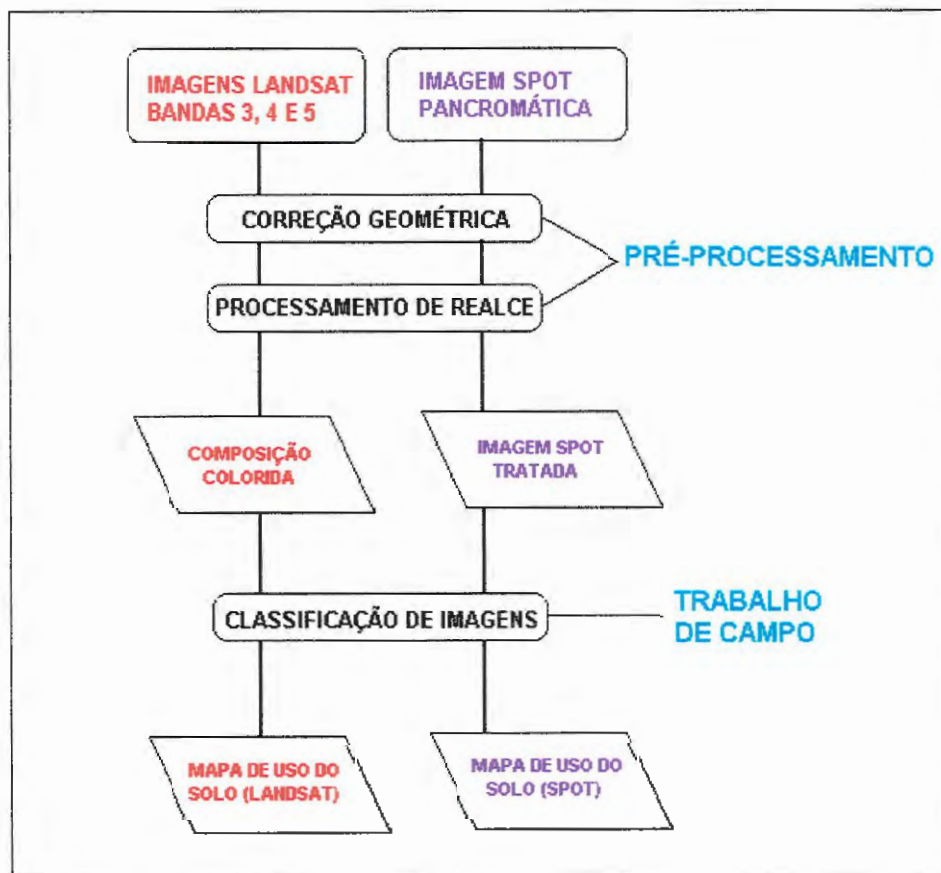
O módulo “Image Processing” possibilita a conversão de dados brutos das imagens orbitais, através de seus submódulos de forma eficaz, fornecendo informações adequadas para o estudo da temática uso dos solos. (figura 3.4).

No processo de georeferenciamento das imagens orbitais, utilizou-se o módulo Reformat. Para este processo foram coletados pontos de controles do terreno, que fossem de fácil identificação nas imagens orbitais e no mapa topográfico, como por exemplo: cruzamento de estradas e rodovias, confluência de drenagens, etc. Foi montado um arquivo de coordenadas x e y das imagens com as suas respectivas coordenadas geográficas (latitude e longitude) obtidas da base cartográfica.

A informação extraída de imagens orbitais necessitam muitas vezes ser integrada com outros tipos de informação, representados na forma de mapas. No Brasil, o sistema de projeção cartográfica utilizado como padrão para mapas são as coordenadas UTM, sendo que para este trabalho utilizou-se para obtenção destes dados as informações contidas no arquivo vetorial DXF da carta topográfica folha Campinas SF-23-4-A-V4 (escala simplificada) e folhas Nova Aparecida SF-23-Y-A-V-4-NO-F, Barão Geraldo SF-23-Y-A-V-4-NE-C, Jardim Maracanã SF-23-Y-A-V-4-NO-D, e Capinas 1 SF-23-Y-A-V-4-NE-E (escala detalhada).

A partir deste arquivo de coordenadas e, com o uso da função RESAMPLE do módulo Reformat, foram relacionadas as posições dos pontos x e y da

imagem com as suas respectivas coordenadas geográficas, realizando assim a correção geométrica das imagens e o recorte automático das mesmas nas coordenadas limites desejadas e para corrigir as distorções que diminuem a precisão das informações.



**Figura 3.4 – Representação esquemática do processamento digital das imagens orbitais**

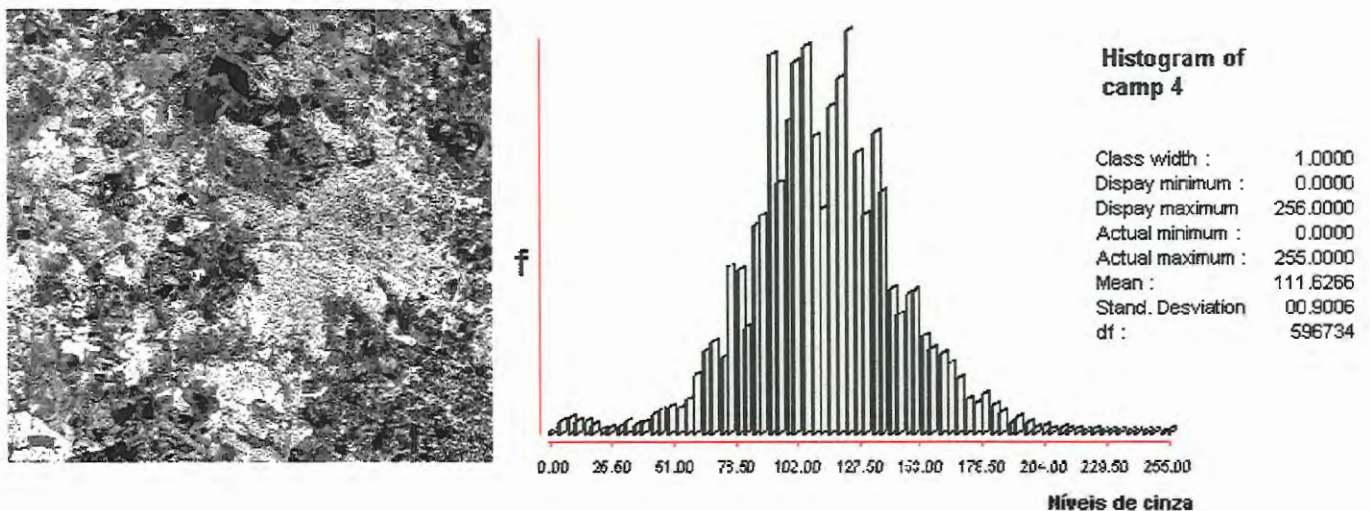
#### 3.3.4.2 - Processamento de Realce

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade visual da imagem, para posteriormente submetê-las a uma interpretação visual.

O primeiro passo aplicado para a realização do realce foi a análise dos histogramas de imagens que apresentam a distribuição estatística dos níveis de cinza em uma cena em termos de frequência de “pixel”.

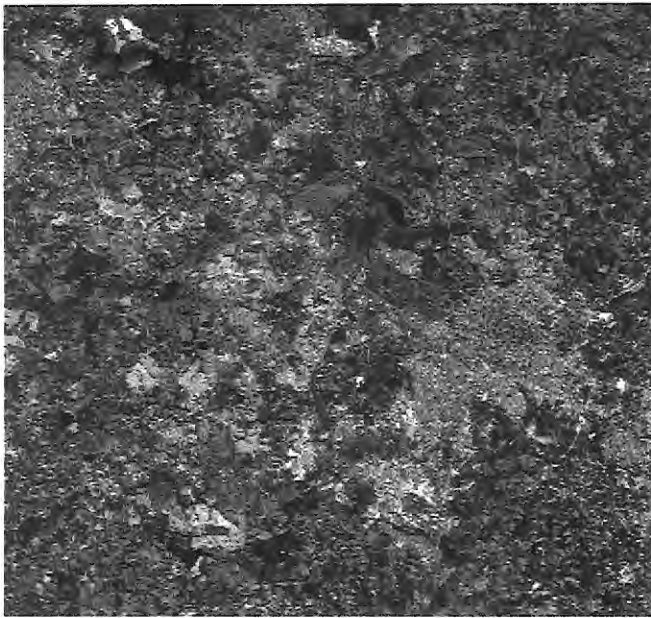
Através da função HISTO do módulo Database Query foi possível visualizar, o histograma de imagens com os dados referentes ao desvio padrão, a média dos níveis de cinza, etc.(Figura 3.5).

Através desta análise do histograma de imagens Landsat-TM nas bandas 3, 4 e 5, foi feita a equalização da mesma, visando formar a combinação mais adequada para o realce das feições de interesse. Fez-se, então, uma redistribuição dos níveis de cinza nessas bandas de forma a abranger os 256 níveis, de cinza, possíveis em cada uma delas.

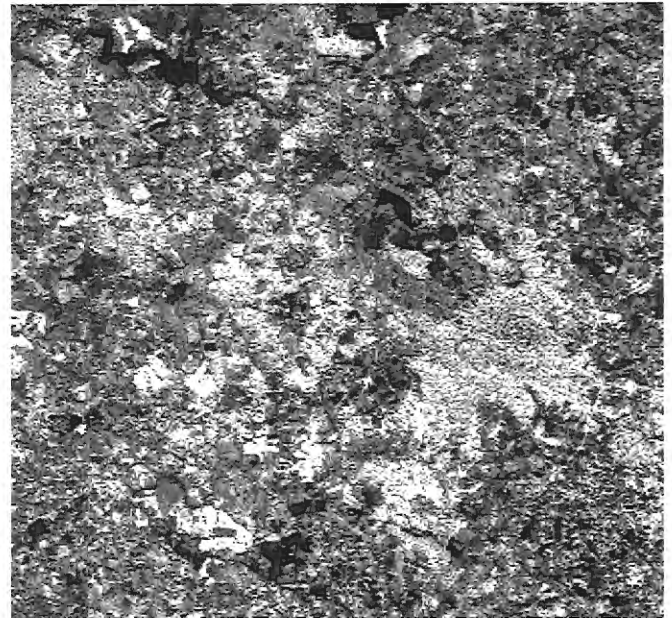


**Figura 3.5 – Representação de um Histograma de Imagem.**

A ampliação de contraste (“Contrast Stretch”) aplicado na correção dos níveis de cinza foi o ajuste linear nas bandas 3, 4 e 5 através da função “STRETCH” do módulo Decision Support. (Figura 3.6).



**figura 1 - imagem sem tratamento**



**figura 2 - imagem realçada**

**Figura 3.6 – Imagens Landsat-TM Banda 3 : figura 1 - imagem sem tratamento; figura 2 - imagem realçada.**

### **3.3.5 – Mapas da cobertura e Uso do Solo**

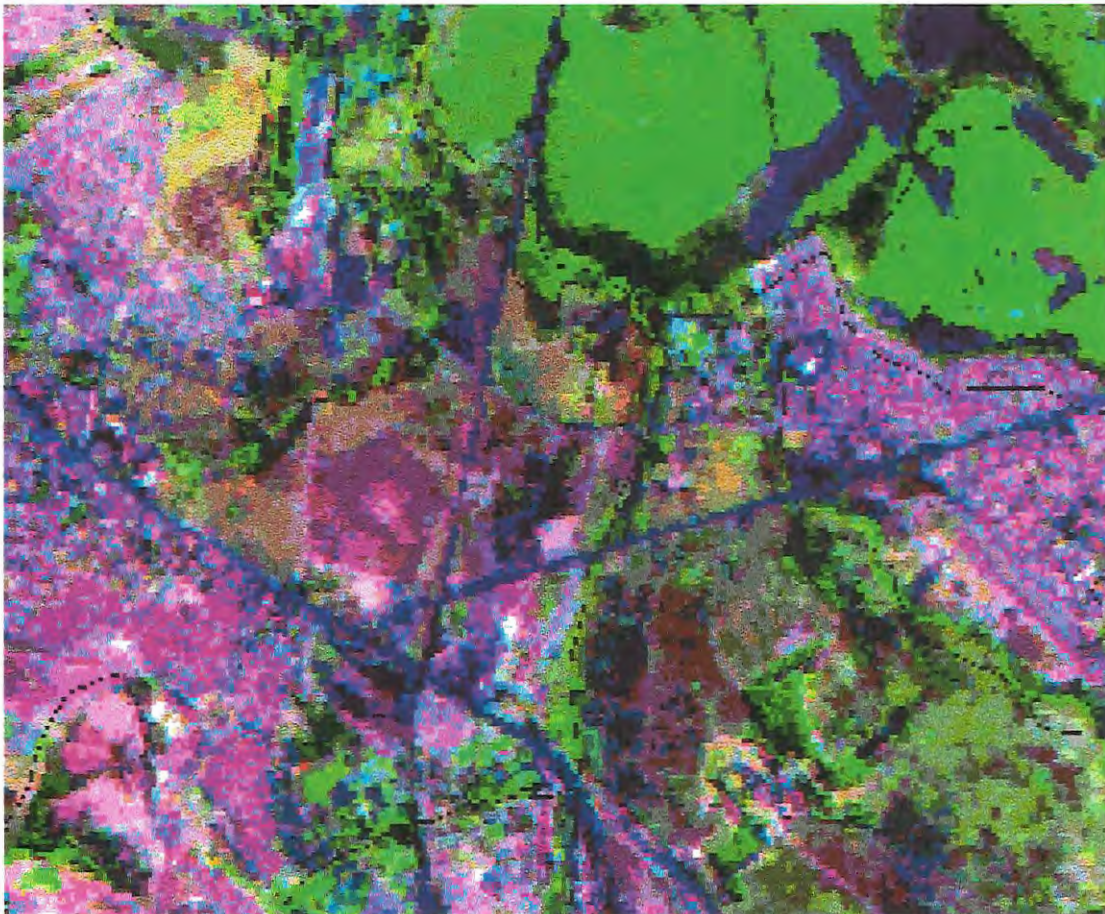
#### **3.3.5.1 - Mapa da Cobertura e Uso do Solo (Landsat-TM)**

##### **3.3.5.1.1 - Composição Colorida**

Após a fase de pré-processamento e processamento de realce das imagens Landsat, elaborou-se a composição colorida unindo-se as três bandas em um sistema RGB (Red, Green, Blue).



Para a formação da composição colorida, foram inicialmente montadas várias composições coloridas com as bandas 3, 4 e 5, visando encontrar a melhor combinação para o estudo das feições de interesse. Para a elaboração das composições coloridas utilizou-se o módulo COMPOSIT. A combinação que apresentou o melhor resultado, e que tem sido utilizada por diversos autores para os referidos estudos foi a seguinte: banda 5, cor vermelha; banda 4, cor verde e banda 3, cor azul (figura. 3.7).



**Figura 3.7 – Composição colorida georeferenciada das imagens LANDSAT-3,4 E 5/TM, da área em estudo.**

As Composições Coloridas, são para o sensoriamento remoto poderosas formas de sintetizar, numa única imagem, uma grande quantidade de informação,

ao mesmo tempo em que representam essa informação em diferentes cores, facilitando portanto sua interpretação.

### **3.3.5.1.2 - Classificação Supervisionada**

Utilizando a Composição Colorida das imagens Landsat-TM e dados de campo, fez-se uma Classificação Supervisionada das imagens, através do módulo “Image Processing” com o método max semelhança.

A classificação automática das imagens orbitais diz respeito a associar cada pixel da imagem a um “rótulo” descrevendo um objeto real (vegetação, solo, etc.). Dessa forma, os valores numéricos associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura de superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha, etc.), chamados então de temas ou classes.

Para a elaboração desta classificação estabeleceu-se o mapeamento e a quantificação de 6 classes: área urbana, culturas (anuais, perenes e semi-perene), reflorestamento, solo exposto e pastagem.

As visitas a campo, foram realizadas, visando o reconhecimento de pontos específicos da área em estudo, para sanar as possíveis dúvidas quanto a cobertura do solo, identificando e analisando estes pontos visitados, para que o mapa de solo fosse o mais preciso possível.

Para a realização da classificação supervisionada, é necessário coletar exemplos selecionados da cobertura do solo (chamados locais de treinamento) na imagem, analisando em seguida as características de reflectância espectrais destas áreas para que seja feita a classificação por inteira da imagem, atribuindo a cada pixel a classe a qual ele deverá pertencer.

As classes selecionadas para o Mapa de Uso do Solo foram definidas da seguinte forma:

1 – Classe Urbana: Caracterizada pelas áreas urbanas, definidas pelo ambiente urbano, onde a mancha urbana é constituída por loteamentos, distritos, indústrias, etc. (Figura 3.8).

2 – Classe Culturas: Objetivando atingir as metas propostas pelo trabalho, englobou-se em apenas uma classe as culturas anuais caracterizadas pelas culturas de ciclos curtos como arroz, algodão, milho, etc.; as culturas semi-perenes caracterizadas pela cana de açúcar, que apresenta um período de corte geralmente de 1 ano e meio, sendo que a cana de açúcar pode em média apresentar até 5 a 6 cortes antes de ser plantada novamente; e a cultura perene, representada pelas culturas que não necessitam de preparação de solo para cada safra, como exemplo temos citros, café, seringueiras, etc. (Figura 3.9).

3 – Classe Mata Natural: Esta classe é caracterizada pelas áreas de vegetação natural; estando aí incluídas as matas de várzea também conhecidas como matas ciliares, que protegem os leitos dos rios, nascentes e corpos d'água e as matas de terra firme, vegetação que ocupa as cotas mais altas do relevo (Figura 3.10).

4 – Classe Reflorestamento: Áreas formadas pelo reflorestamento com espécies de eucaliptos, acácia e pinos. Estas áreas podem apresentar características comerciais (corte de madeira) ou de preservação (Figura 3.11).

5 – Classe Pastagem: Áreas caracterizadas por pastagens naturais ou implantadas. As áreas de pasto podem se apresentar com áreas limpas, constituídas apenas por gramíneas (pasto limpo), ou áreas sujas com um maior grau de infestação por plantas invasoras como árvores e arbusto (pasto sujo) (Figura 3.12).

6 Classe Solo Exposto: Classe caracterizada por áreas que estavam sendo preparadas para receber plantio de culturas ou pastagem, ou ainda restos de cultivos, por isso apresentam solo exposto (Figura 3.13).



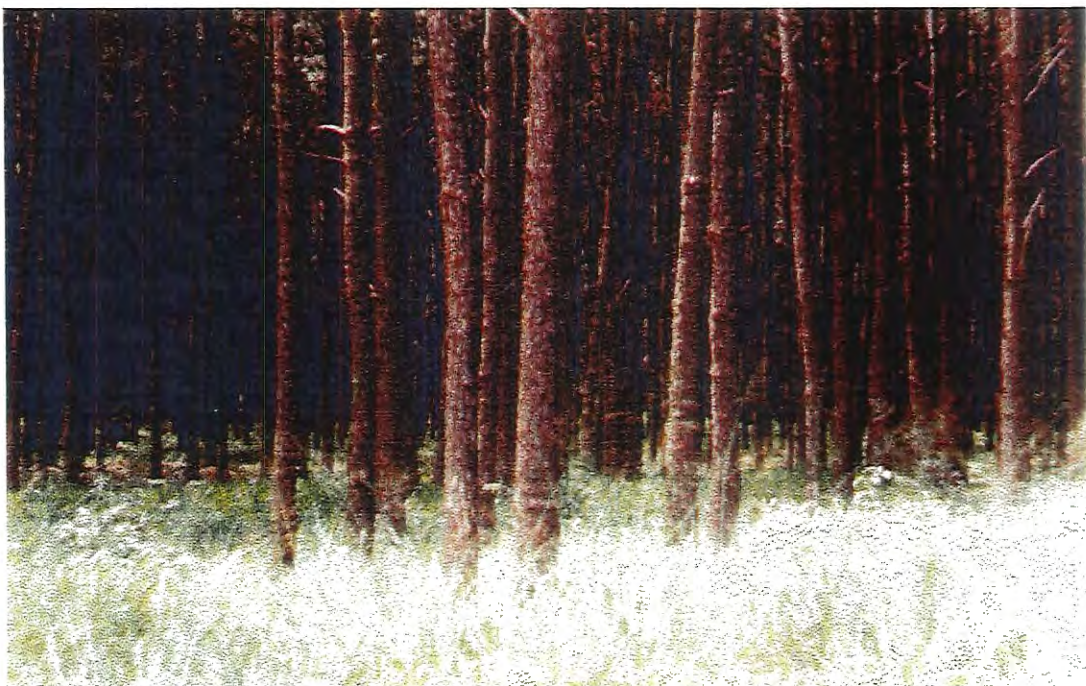
Figura 3.8 – Área Urbana de Nova Aparecida.



Figura 3.9 – Culturas Semi-perenes (Cana de açúcar ).



**Figura 3.10 – Mata Nativa.**



**Figura 3.11 – Área de Reflorestamento.**



**Figura 3.12 – Área de Pastagem.**



**Figura 3.13 – Área de solo exposto.**

### **3.3.5.2 - Mapa do Uso do Solo Spotpan**

#### **3.3.5.2.1 - Classificação Supervisionada**

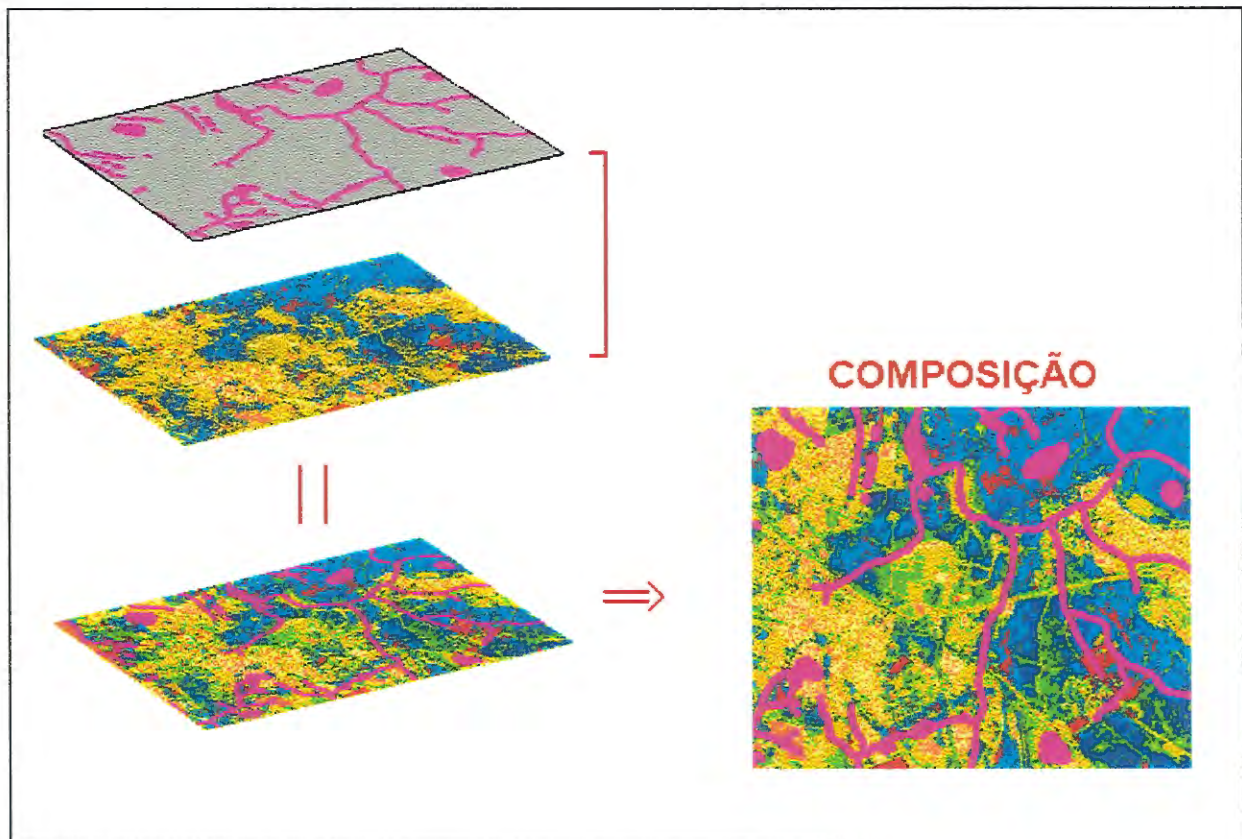
Para a elaboração do mapa de uso do solo através da imagem Spotpan, utilizou-se procedimentos semelhantes aos da imagem Landsat.

Com base nos diversos padrões tonais, formas e textura observadas na imagem Spot (Pancromática) associados aos dados observados em campo, realizou-se a classificação supervisionada através de rotinas apropriadas do programa IDRISI, e com a formação do arquivo de assinaturas, fez-se a classificação total dos pixels da imagem de acordo com as classes estipuladas, gerando assim uma imagem reclassificada representando o uso do solo da área em estudo de acordo com essas classes.

### **3.3.6 - Sobreposição de Mapas**

Para gerar as composições dos cruzamentos dos mapas das áreas de preservação permanente sobre o uso do solo atual, utilizou-se a função Overlay do módulo Database Query para ambas as escalas (simplificada e detalhada) (Figura 3.14).

Após a classificação cruzada entre estes mapas e a geração dos respectivos cenários, foram calculadas as áreas totais dos mapas, através do módulo Database Query função ÁREA permitindo, dessa maneira, a quantificação e análise das respectivas classes, das áreas em estudo.



**Figura 3.14 – Representação esquemática da sobreposição dos mapas gerados para a formação de cenários.**



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo contém os resultados e discussões realizados a partir das análises das cartas de declividade, mapas de cobertura e uso do solo e das Áreas de Preservação Permanente, gerados nas escalas detalhada e simplificada.

Para facilitar a análise e observação das 27 classes obtidas com o cruzamento dos mapas de cobertura e uso do solo x A.P.P., foram geradas 4 composições para ambas às escalas com o cruzamento separado de cada uma das classes de Área de Preservação Permanente com os mapas de uso do solo.

#### 4.1 – Cartas de Declividade

As cartas de declividade (Figuras 4.1 e 4.2) são formadas por 6 classes distintas, empregando os intervalos de declividades adotados por KOFFER e MORETTI (1991).

As classes de declividades presentes nos mapas são caracterizadas por:

- Classe 1 – áreas planas ou quase planas (0 a 2%).
- Classe 2 – áreas suavemente onduladas (2 a 5%).
- Classe 3 – áreas onduladas (5 a 10%).
- Classe 4 – áreas muito inclinadas ou colinosas (10 a 20%).
- Classe 5 – áreas fortemente inclinadas (20 a 45%).
- Classe 6 – áreas fortemente montanhosas (45 a 70%).

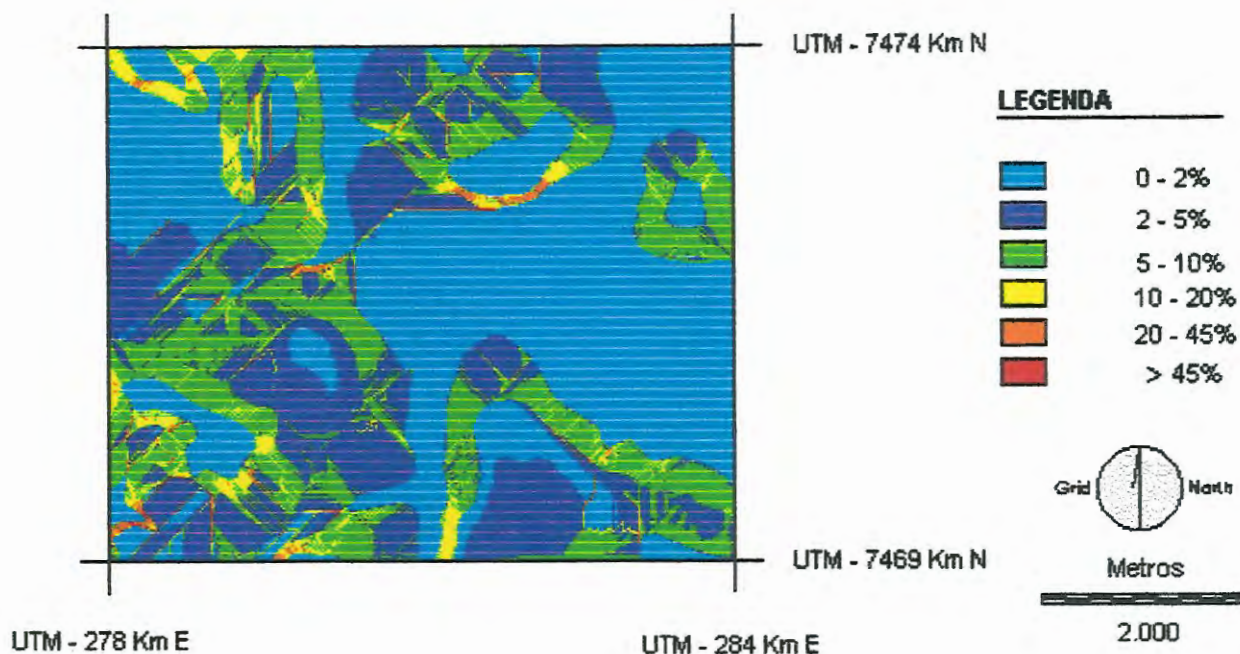


Figura 4.1 – Carta de declividade da área de estudo, na escala simplificada.

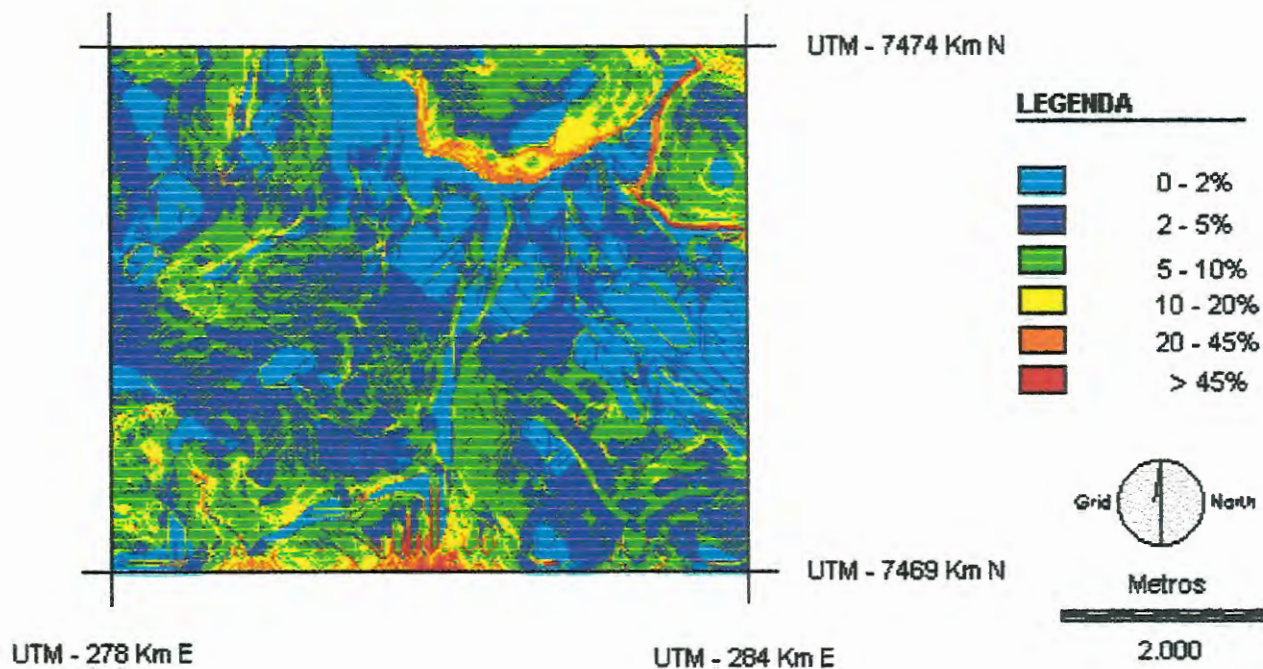


Figura 4.2 – Carta de declividade da área de estudo, na escala detalhada.

Nota-se que há diferenças significativas entre as cartas de declividade nas diferentes escalas, em relação às áreas relativas de cada classe (Tabelas 4.1 e 4.2).

Observou-se na carta de declividade de escala simplificada, que a maior parte da área de estudo apresenta declividade plana ou quase plana no intervalo de 0 a 3%, totalizando 47,7% da área e, intervalo de 2 a 5% de declividade caracterizado por declives suavemente ondulados, totalizando área de 23,7%.

<b>Classes de Declividades</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
0 – 2%	14,33	47,7%
2 – 5%	7,12	23,7%
5 – 10%	6,27	21,0%
10 – 20%	1,61	5,3%
20 – 45%	0,55	1,8%
45 – 70%	0,09	0,3%
Total	30	100%

**Tabela 4.1 – Áreas totais e relativas das classes de declividade na escala simplificada**

<b>Classes de Declividades</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
0 – 2%	6,55	21,84%
2 – 5%	10,97	36,6%
5 – 10%	9,01	30,0%
10 – 20%	2,61	8,7%
20 – 45%	0,65	2,17%
45 – 70%	0,18	0,6%
Total	30	100%

**Tabela 4.2 – Áreas totais e relativas das classes de declividade na escala detalhada**

Na carta também há uma boa parte da superfície caracterizada por declives ondulados de intervalo de declividade entre 5 a 10% que totalizam uma área de 21%.

A quarta classe da carta representa áreas onde o relevo é considerado de declives inclinados ou colinosos, no intervalo de 10 a 20%, com um total de 5,36% da área de estudo.

A carta também apresenta uma pequena área de declives acima do intervalo de 20% que caracterizam áreas de declives fortemente inclinados e montanhosos. Das áreas analisadas, apenas 1,83% da área total ocorre no declive de 20 a 45% e 0,3% nos declives superiores a 45%.

A carta de declividade na escala detalhada apresentou a predominância das classes 2 e 3; que ocupam, respectivamente, 36,6 e 30,4% da área total, seguida pela classe 1, com uma área total de 21,8%.

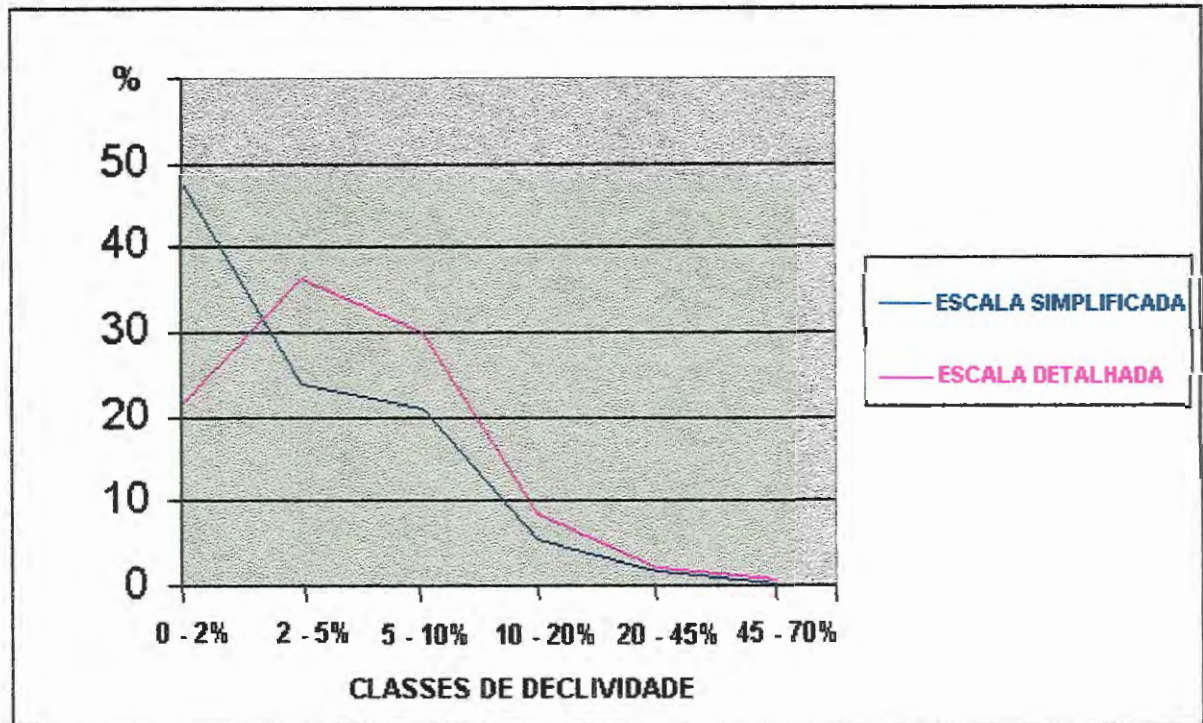
A quarta classe caracterizada por áreas muito inclinadas ou colinosas totalizaram 8,7% da área de estudo.

E as classes com declividades superiores a 20 % totalizaram respectivamente apenas 2,67 % da área de estudo.

As diferenças mais significativas das classes observadas entre as cartas, ocorreram na classe 1 de declividade no intervalo de 0 – 2%, na qual a carta na escala simplificada, apresenta uma área de classe 1 bem maior que a mesma classe na carta de escala detalhada (Figura 4.3).

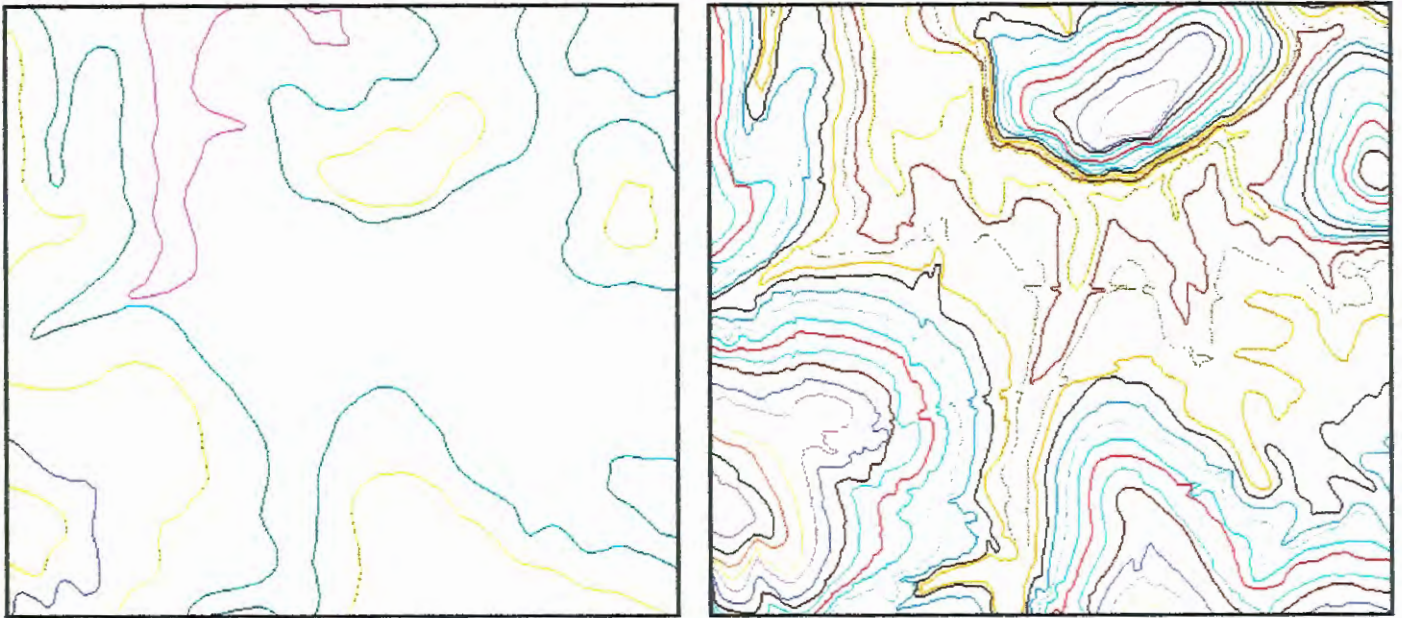
Este fato ocorre pelo fato da base cartográfica na escala de 1:50.000 apresentar informações de forma mais generalizada, com suas curvas de nível eqüidistantes de 20 em 20 metros e pontos cotados, enquanto que, a escala detalhada apresenta um número maior de informação com curvas de nível de 5 em 5 metros (Figura 4.4).

A área de estudo, por ser pequena, agrava ainda mais o problema de pouca informação fornecida pelo mapa na escala de 1:50.000.



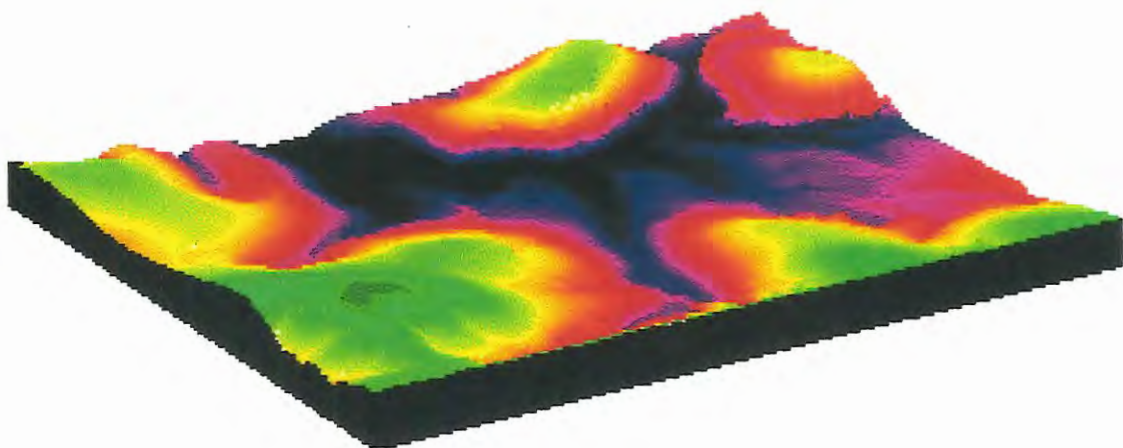
**Figura 4.3 – Representação gráfica das áreas relativas de declividade nas escalas simplificada e detalhada.**

Segundo RANIERI (1996), esta falha intrínseca à base de dados, em que o mapa planialtimétrico é representado por isolinhas, é agravado pelo método utilizado pelo módulo do “software” Idrisi para a geração do Modelo de Elevação de Terreno (MET). O Idrisi interpola os valores das isolinhas, que, principalmente nas baixadas, são em pouca quantidade. Como consequência, o mapa mais generalizado tende a superestimar as áreas planas. Isto ocorre principalmente em fundos de vale, podendo ocorrer também nos topos de morro. O mesmo não ocorre no mapa detalhado, em que as curvas de nível são plotadas de 5 em 5 metros.



**Figura 4.4 – Representação dos arquivos vector das curvas de nível, respectivamente na escala simplificada e detalhada.**

Em geral, pode-se observar através de ambas as cartas de declividade e do Modelo digital de Elevação do Terreno (Figura 4.5), que a área de estudo possui declives pouco acentuados, o que a torna uma área adequada ao uso agrícola em boa parte de sua área total.



**Figura 4.5 – Modelo Digital de Elevação do Terreno**

4.2 – Mapas da Área de Preservação Permanente

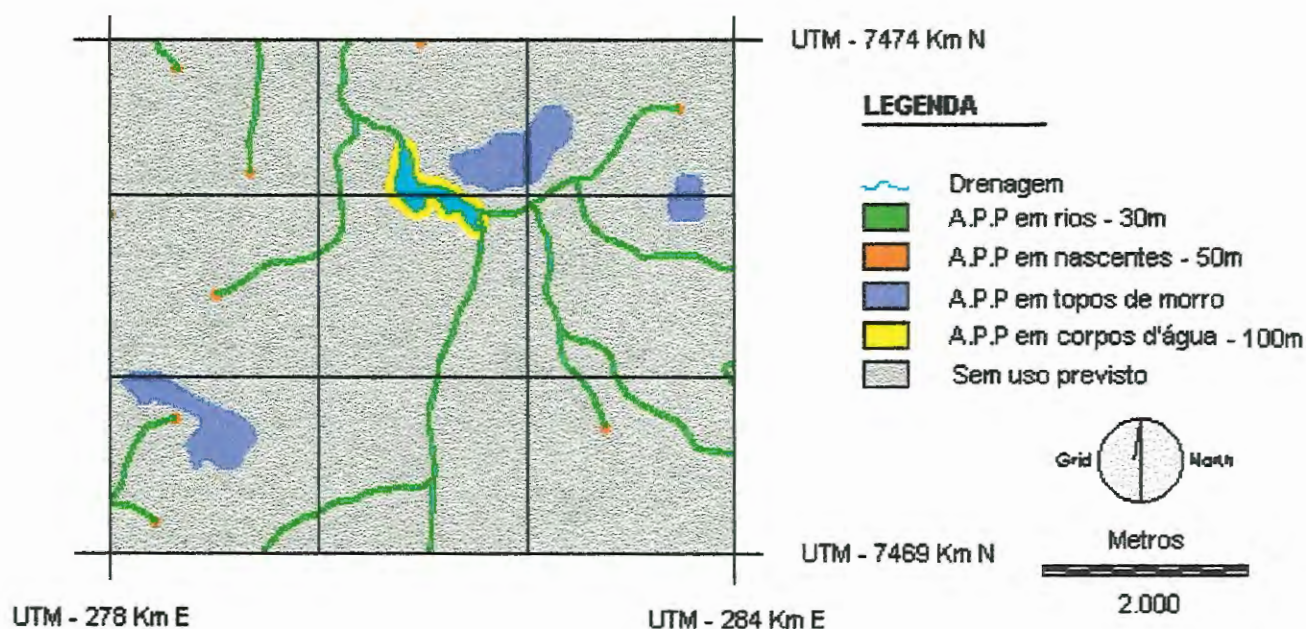


Figura 4.6 – Mapa da Área de Preservação Permanente, escala simplificada.

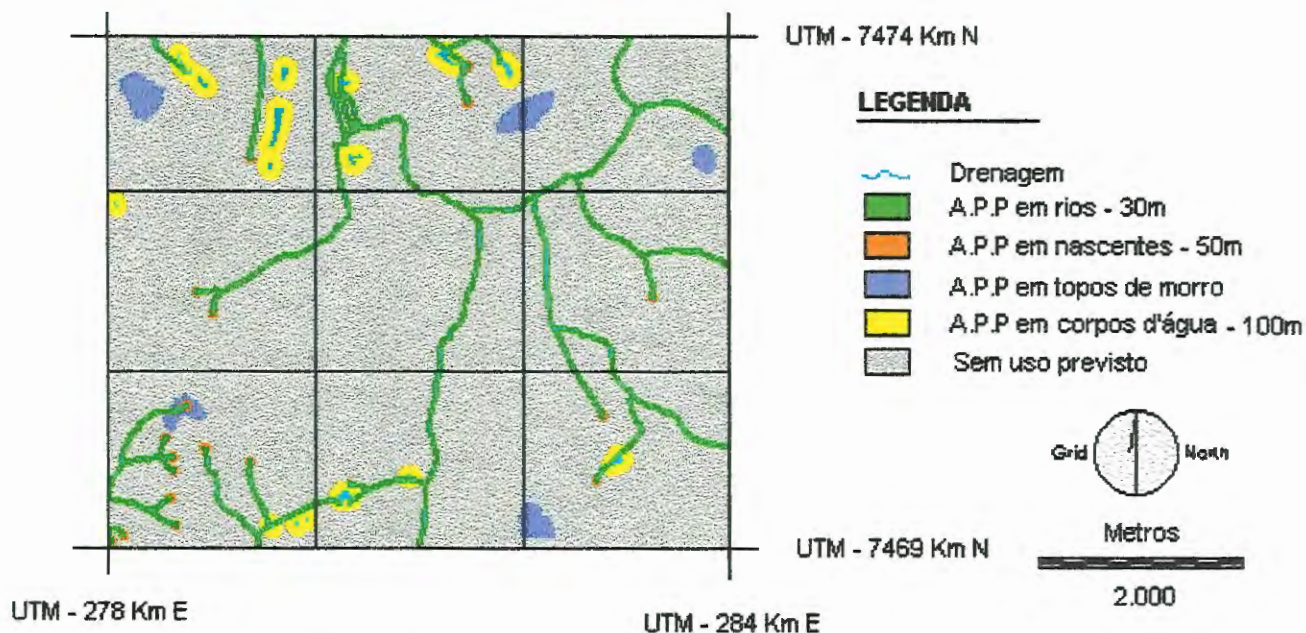


Figura 4.7 – Mapa da Área de Preservação Permanente, escala detalhada.

Os mapas da Área de Preservação Permanente (figuras 4.6 e 4.7), onde foram representadas as áreas de floresta de preservação permanente de acordo com a legislação vigente do Código Florestal (Lei Federal nº 477/65) e a Resolução CONAMA nº 004/85, apresentaram cinco classes distintas:

Classe 1 – A.P.P. em rios, buffer de 30 metros de cada lado do leito dos rios.

Classe 2 - A.P.P. em nascentes, buffer de 50 metros em torno das nascentes e olhos d'água.

Classe 3 - A.P.P. em topos de morro.

Classe 4 - A.P.P. em corpos d'água, buffer de 100 metros em torno de lago, lagoas e represas.

Classe 5 – Sem uso previsto.

Uma sexta classe correspondente as Áreas de Preservação Permanente em declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive, deveria ser incluída na elaboração do mapa das Áreas de Preservação Permanente; mas a área de estudo não apresentou ocorrência de declividades com este valor.

Pode-se observar na comparação entre os mapas de área de preservação permanente, algumas diferenças significativas com relação às áreas relativas a cada classe (Tabelas 4.3 e 4.4).

Em geral a maior parte das classes representadas no mapa de escala detalhada apresentou uma maior área em sua totalidade em relação as respectivas classes no mapa de escala simplificada, com exceção para classe de A.P.P topos de morro (Figura 4.8). Nota-se assim, que o mapa na escala simplificada ao fornecer informações inferiores ao mapa na escala detalhada é, conseqüentemente, o mais pobre em informações devido a generalização de suas representações, como no caso da rede de drenagem, corpos d'água, etc.

No caso da classe A.P.P. em topos de morro foram consideradas as áreas totais abrangidas pelas curvas de nível de maior valor. O mapa simplificado apresentou curvas de nível de valor mais generalizado, conseqüentemente, as áreas consideradas topos de morro nesta escala possuíam extensão superior as



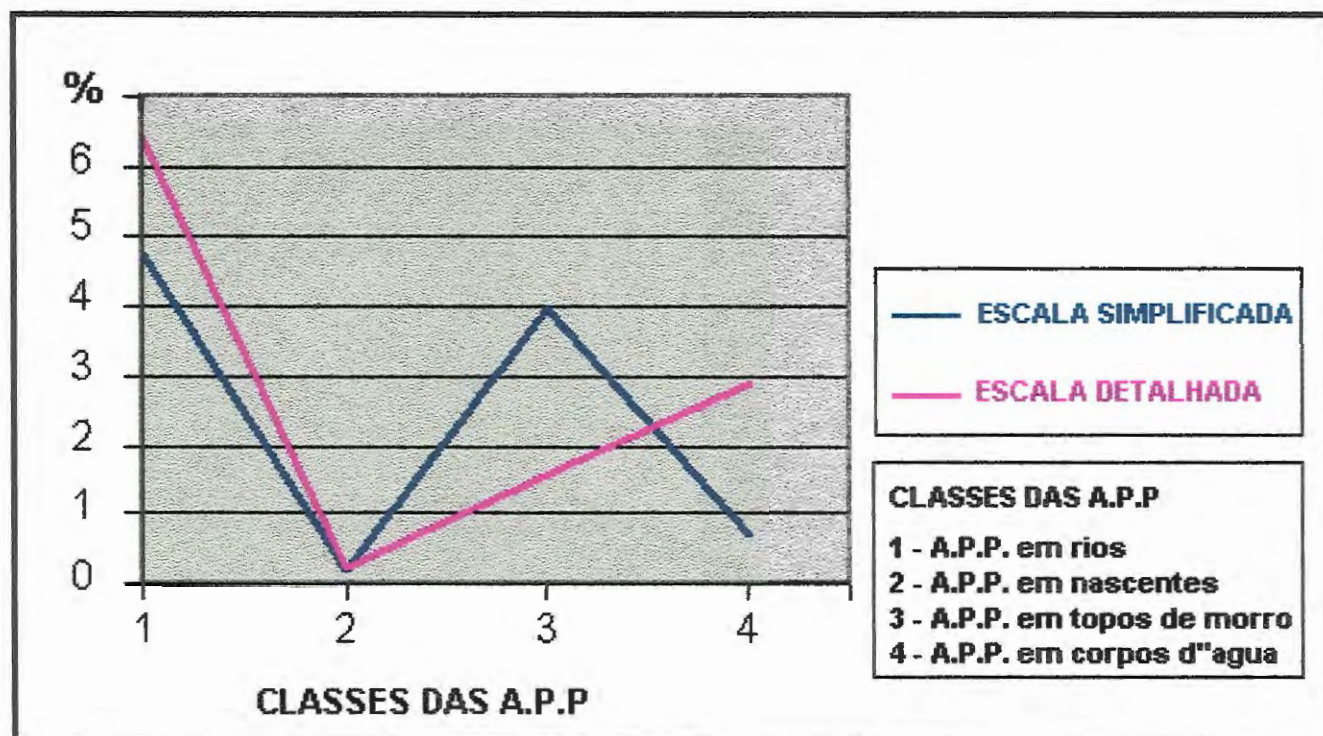
respectivas áreas no mapa de escala detalhada, que possuíam curvas de nível com intervalos menores de distância. Desta forma, mesmo apresentando um número menor de áreas nesta classe, o mapa na escala simplificada apresentou no total um valor maior da área representada por esta classe quando comparado a respectiva área representada por esta classe no mapa de escala detalhada.

<b>Classes de A.P.P</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
A.P.P – em rios	1,41	4,72%
A.P.P. – nascentes	0,05	0,16%
A.P.P – topos de morro	1,18	3,96%
A.P.P – corpos d’água	0,19	0,65%
Sem uso previsto	27,07	90,2%
Total	30	100%

**Tabela 4.3 – Áreas totais e relativas das classes de A.P.P. na escala simplificada**

<b>Classes de A.P.P</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
A.P.P – em rios	1,92	6,4%
A.P.P. – nascentes	0,07	0,23%
A.P.P – topos de morro	0,48	1,60%
A.P.P – corpos d’água	0,86	2,86%
Sem uso previsto	26,6	88,6%
Total	30	100%

**Tabela 4.4 – Áreas totais e relativas das classes de A.P.P. na escala detalhada**



**Figura 4.8 – Representação gráfica das áreas relativas de A.P.P. nas escalas simplificada e detalhada.**

Calculadas as classes das Áreas de Preservação Permanente, concluiu-se que as áreas de floresta de preservação permanente nos entornos dos rios, corpos d'água e topos de morro deveriam cobrir uma área total de 2,8 Km<sup>2</sup> da superfície, correspondendo a 9,5% da área de estudo no mapa de escala simplificada. No mapa de escala detalhada, esta área seria de um total de 3,3 Km<sup>2</sup>, o que corresponde a 11% da superfície da área de estudo.

Os resultados mostram uma maior área de superfície coberta com florestas de preservação permanente no mapa de escala detalhada, o qual tende a possuir um maior número de informação e, conseqüentemente, constitui-se no mais preciso em suas representações.

4.3 – Imagens Landsat-TM e SPOTPAN

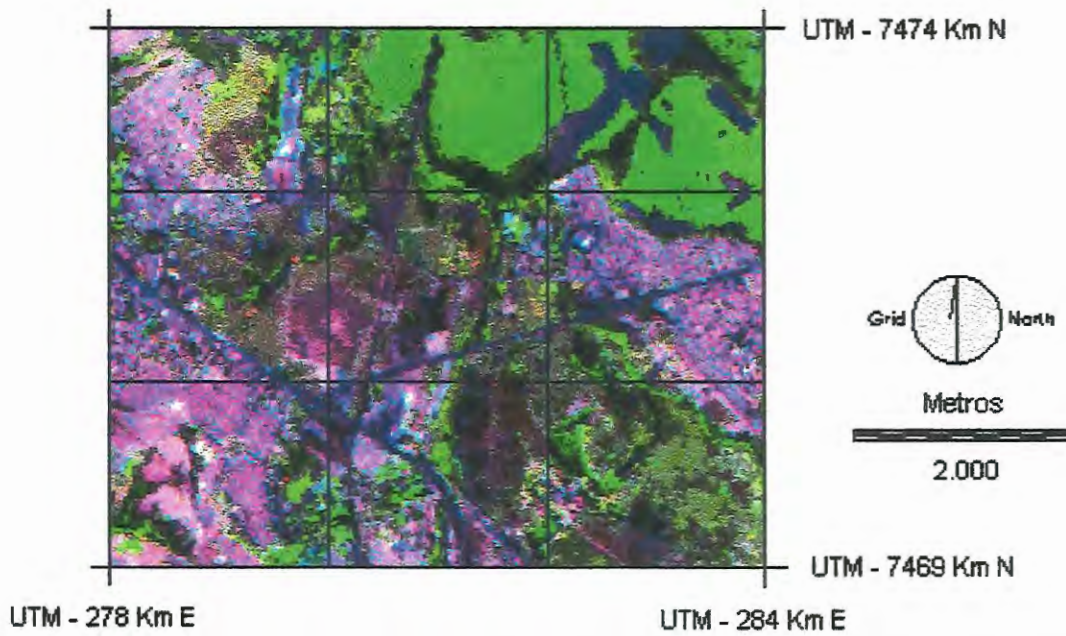


Figura 4.9 – Composição Colorida (5R-4G-3B), da área de estudo

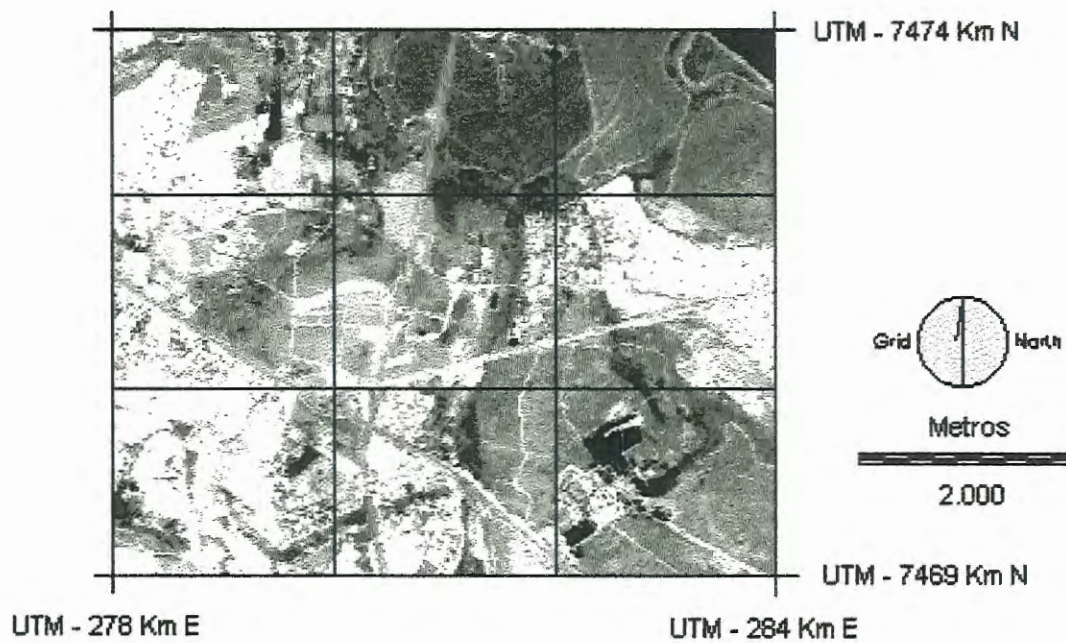


Figura 4.10 – Imagem Spotpan, da área de estudo

Os mapas de cobertura e uso do solo, foram gerados utilizando-se imagens Landsat-TM e Spotpan.

Para gerar o mapa de cobertura e uso do solo na escala simplificada realizou-se uma classificação supervisionada sobre uma composição colorida formada pela seguinte combinação de imagens Landsat: banda 5, cor vermelha, banda 4, cor verde e banda 3, cor azul (Figura 4.9).

O mapa de uso e cobertura do solo de escala detalhada foi gerado através de uma classificação supervisionada sobre uma imagem Spotpan (Figura 4.10).

#### **4.4 – Mapas do Uso do Solo**

Os mapas de cobertura e uso do solo representados pelas figuras 4.11 (escala simplificada) e 4.12 (escala detalhada), como pode-se observar, foram constituído pelo mapeamento, quantificação e apresentação da distribuição geográfica de 6 classes específicas, determinadas visando atingir os objetivos propostos pelo estudo:

As respectivas classes são:

Classe 1 – Área urbana: representada pelas manchas urbanas.

Classe 2 – Pastagem: representada por áreas utilizadas como pasto.

Classe 3 – Mata nativa: áreas constituídas por vegetação natural.

Classe 4 – Culturas: áreas utilizadas para a prática da agricultura (culturas anuais, perenes e semi-perenes).

Classe 5 – Reflorestamento: áreas reflorestadas por espécies de eucaliptos e pinos.

Classe 6 – Solo exposto: áreas caracterizadas por solos nu.

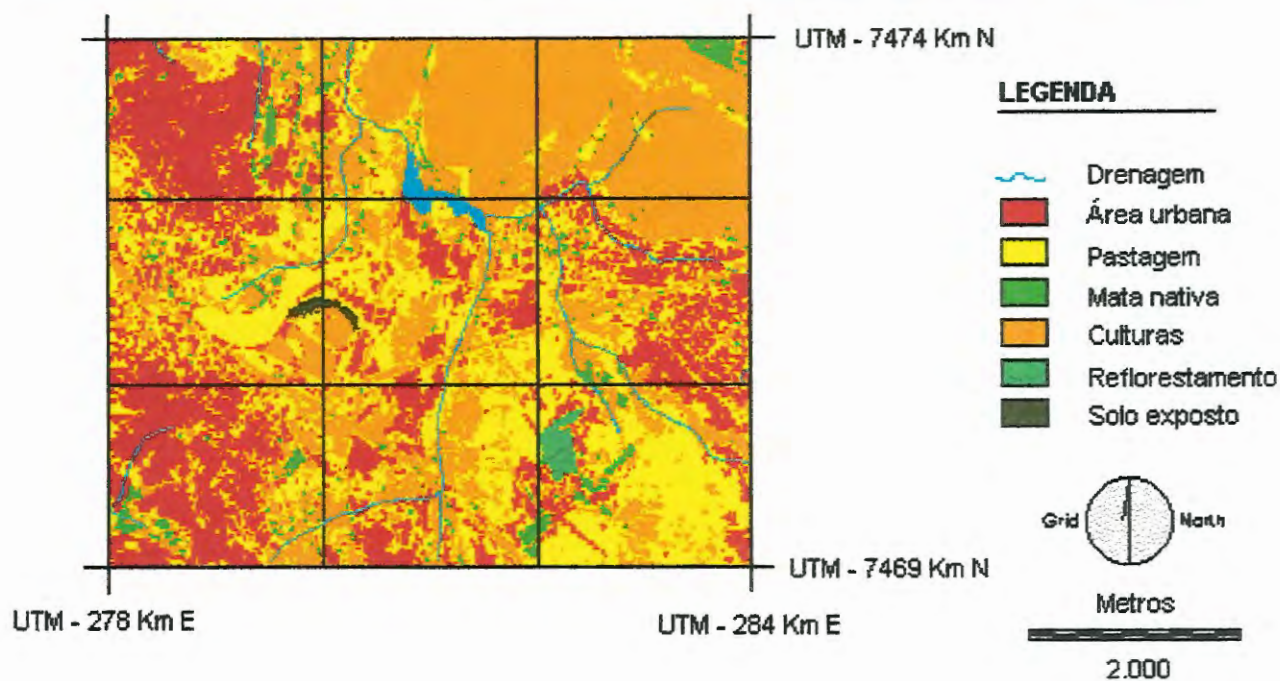


Figura 4.11 – Mapa da Cobertura e Uso do Solo, escala simplificada.

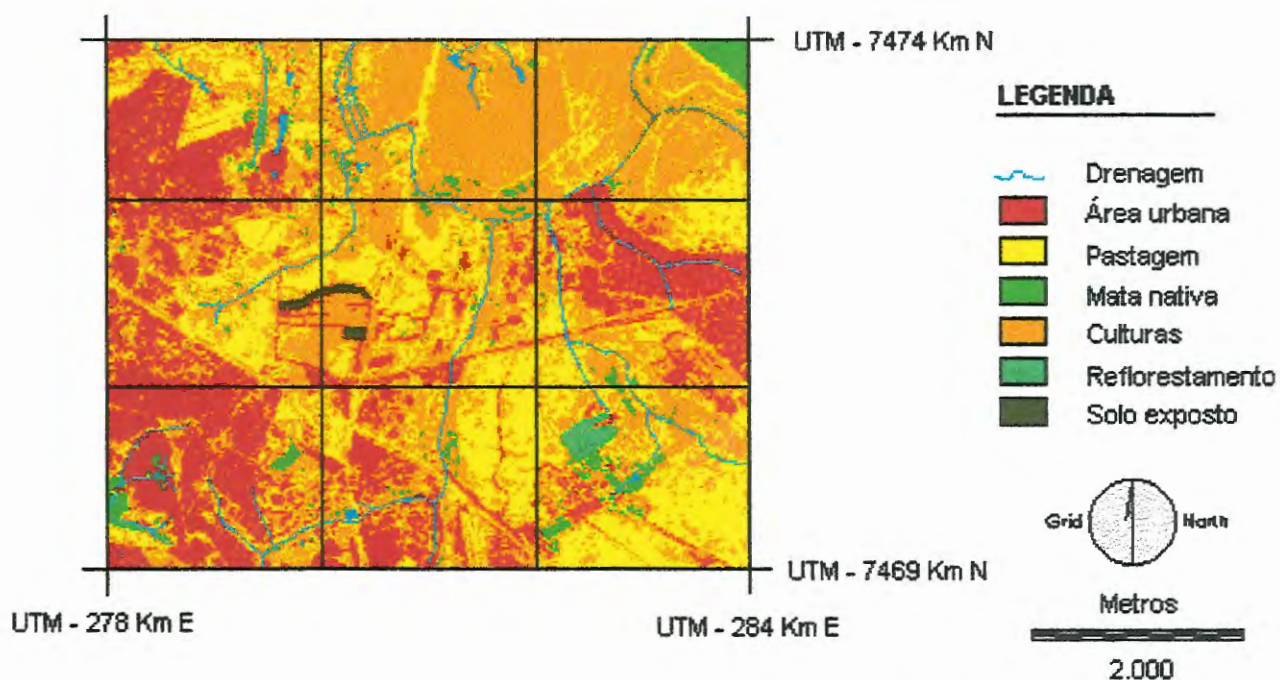


Figura 4.12 – Mapa da Cobertura e Uso do Solo, escala detalhada.

Observando os mapas e tabelas (Tabelas 4.5 e 4.6), percebe-se que a região em estudo é dominada predominantemente por áreas agrícolas, ocupando uma área de 36,8% da área total na escala simplificada; e de um total de 45% da superfície na escala detalhada.

<b>Classes de Uso do Solo</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
Área urbana	7,63	25,4%
Pastagem	10,3	34,2%
Mata nativa	0,79	2,6%
Culturas	11,06	36,8%
Reflorestamento	0,14	0,47%
Solo exposto	0,07	0,23%
Total	30	100%

**Tabela 4.5 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo na escala simplificada.**

<b>Classes de Uso do Solo</b>	<b>Área total (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área relativa (%)</b>
Área urbana	6,95	23,1%
Pastagem	8,49	28,3%
Mata nativa	0,83	2,76%
Culturas	13,5	45%
Reflorestamento	0,107	0,14%
Solo exposto	0,09	0,07%
Total	30	100%

**Tabela 4.6 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo na escala detalhada.**

Em segundo lugar vem a ocupação por pastagem, ocupando uma área total de 34,2% da superfície na escala simplificada; e de 28,3% na escala detalhada.

Através destas análises, percebe-se de maneira geral que a área esta sendo intensamente utilizada por atividades agropastoris.

As Classes Culturas e Pastagem somadas correspondem, na escala simplificada, a uma área de 21,3Km<sup>2</sup> ou 71% da superfície total. Na escala detalhada, estas classes juntas totalizam uma área de 21,9 Km<sup>2</sup> ou 73% da superfície total da área em estudo.

A classe área urbana é a terceira maior encontrada nos mapas de uso do solo em ambas as escalas. Verifica-se que a área urbana apresenta uma área total de 6,95 Km<sup>2</sup> na escala detalhada e de 7,63 Km<sup>2</sup> na escala simplificada. Esse aumento da área urbana na escala simplificada, provavelmente, ocorreu devido a classificação errônea de áreas distintas que possuíam respostas espectrais semelhantes.

Foram englobadas em uma única classe as fisionomias mata ciliar e matas de terra firme. Esta classe, denominada de classe mata nativa, apresentou-se de formas reduzidas em ambos os mapas. O mapa simplificado apresentou uma área total de 0,79 Km<sup>2</sup> desta vegetação enquanto que, o mapa detalhado, apresentou uma área de 0,83 Km<sup>2</sup> da superfície da área em estudo.

As classes reflorestamento e solo exposto apresentaram pouca expressividade em suas áreas totais com relação as outras classes (Figura 4.11).

As áreas de reflorestamento ocupam uma área de superfície de 0,14 Km<sup>2</sup> na escala simplificada e de 0,107 Km<sup>2</sup> na escala detalhada enquanto que as áreas de solo exposto ocupam 0,07 Km<sup>2</sup> na escala simplificada e 0,09 Km<sup>2</sup> na escala detalhada.

No geral, o método de classificação utilizado para a elaboração dos mapas de cobertura e uso do solo mostrou-se eficaz para gerar um cenário coerente do observado em campo. Embora, segundo Barguil (1998), esta forma de classificação adotada não garante uma distinção perfeita entre as classes. Problemas como efeitos de borda, áreas de transição entre as classes, feições diferentes com resolução espectral semelhantes, entre outros, geram pequenos erros nas classificações.

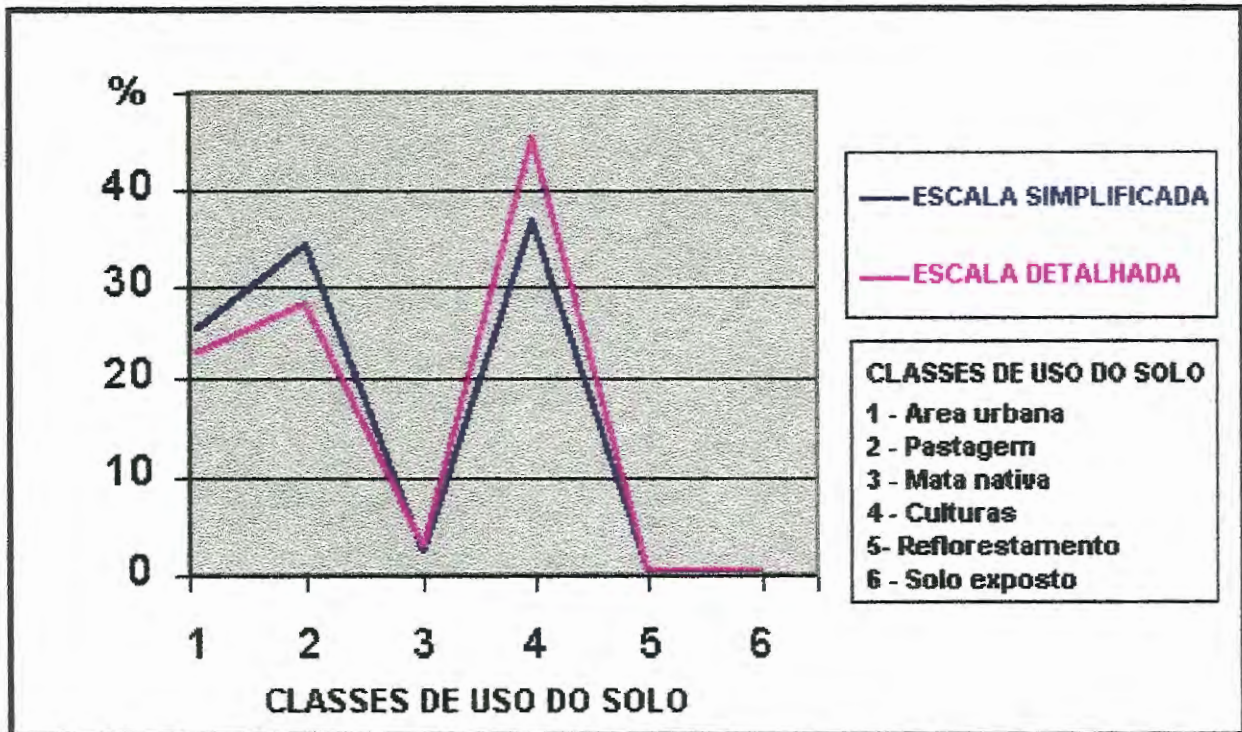


Figura 4.13 – Representação gráfica das classes de uso do solo nas escalas simplificada e detalhada.

Ainda que, podendo ter ocorrido alguns desses problemas na classificação das imagens, os mapas gerados se mostraram satisfatórios com a realidade observada em campo, tornando as representações significativas da área em estudo.

Quanto as escalas dos mapas, o uso de imagem Landsat para os estudos de pequenas áreas e manchas distintas da cobertura do solo, implica em uma perda



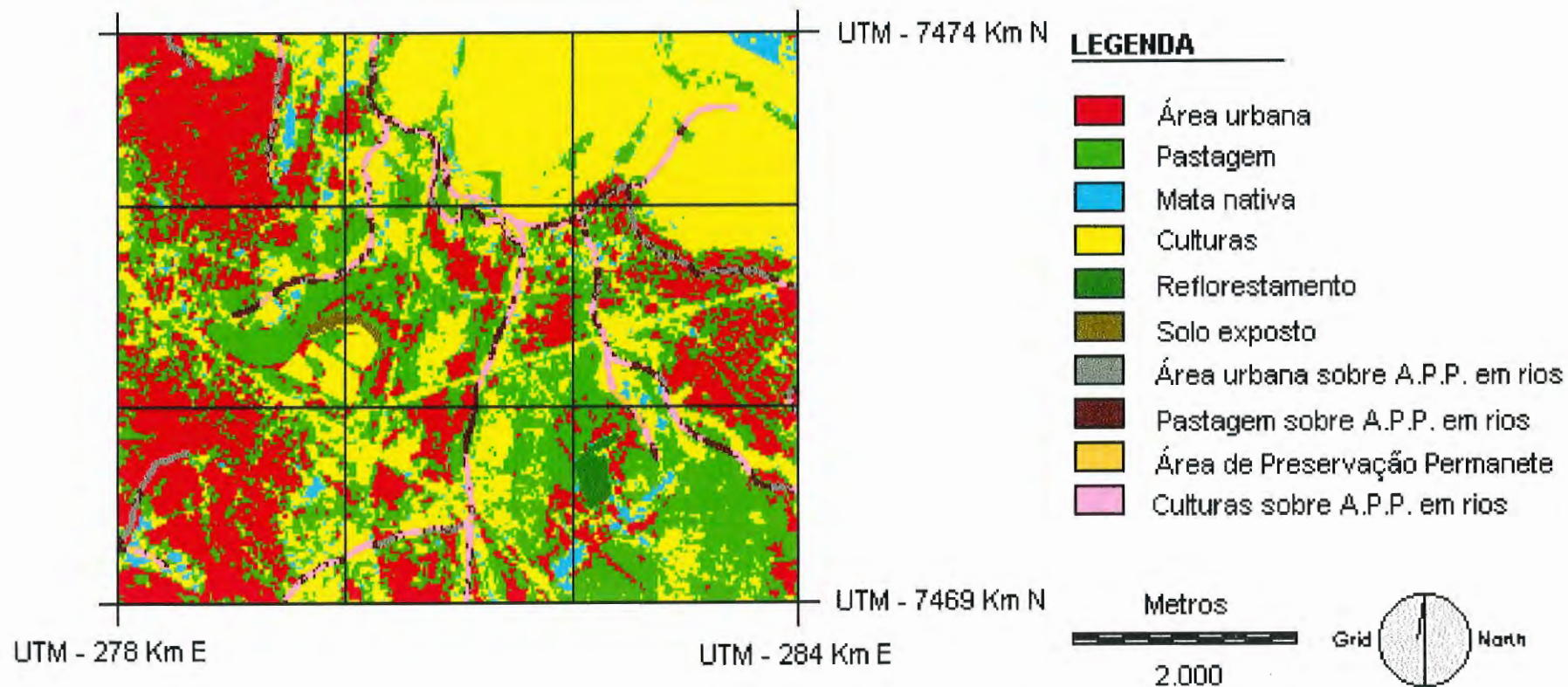
da qualidade dos mapas gerados, uma vez que as informações destas imagens são apresentadas em formas de pixel com resolução de 30 X 30 metros; assim, quanto maior o pixel maior será a perda de precisão dos mapas gerados. A imagem Spotpan apresentou pixel com resolução espacial de 10 X 10 metros o que representou, portanto, uma melhoria significativa na qualidade e precisão dos mapas gerados.

#### **4.5 – Sobreposição dos Mapas de Cobertura e Uso do Solo X A.P.P.**

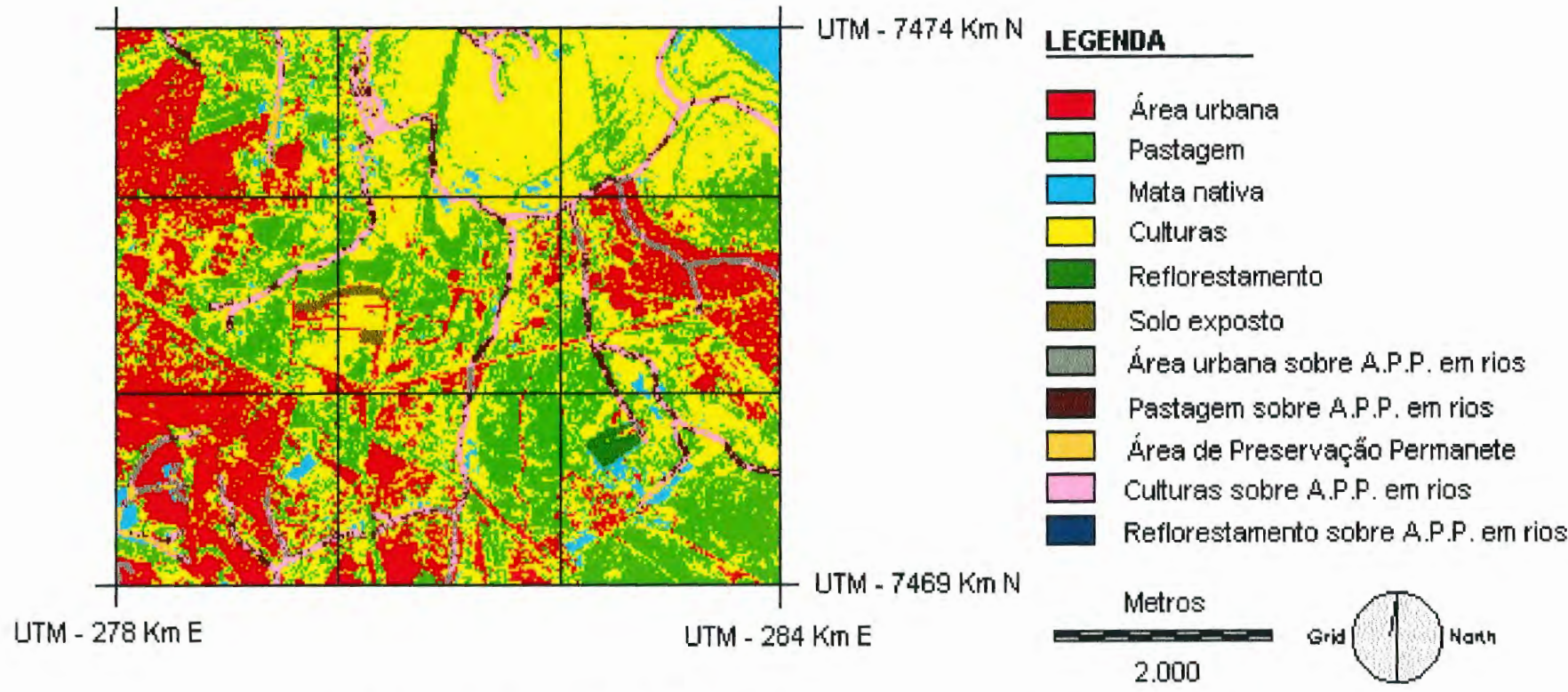
Para a análise das classes obtidas com o cruzamento dos mapas de Área de Preservação Permanente com os mapas de cobertura e uso do solo, foram gerados 4 cenários para as escalas simplificada (fig. 4.14, 4.16, 4.18, 4.20) e detalhada (fig. 4.15, 4.17, 4.19, 4.21), cruzando-se separadamente as classes dos mapas de A.P.P. com os mapas de cobertura e uso do solo.

As novas classes geradas foram as seguintes:

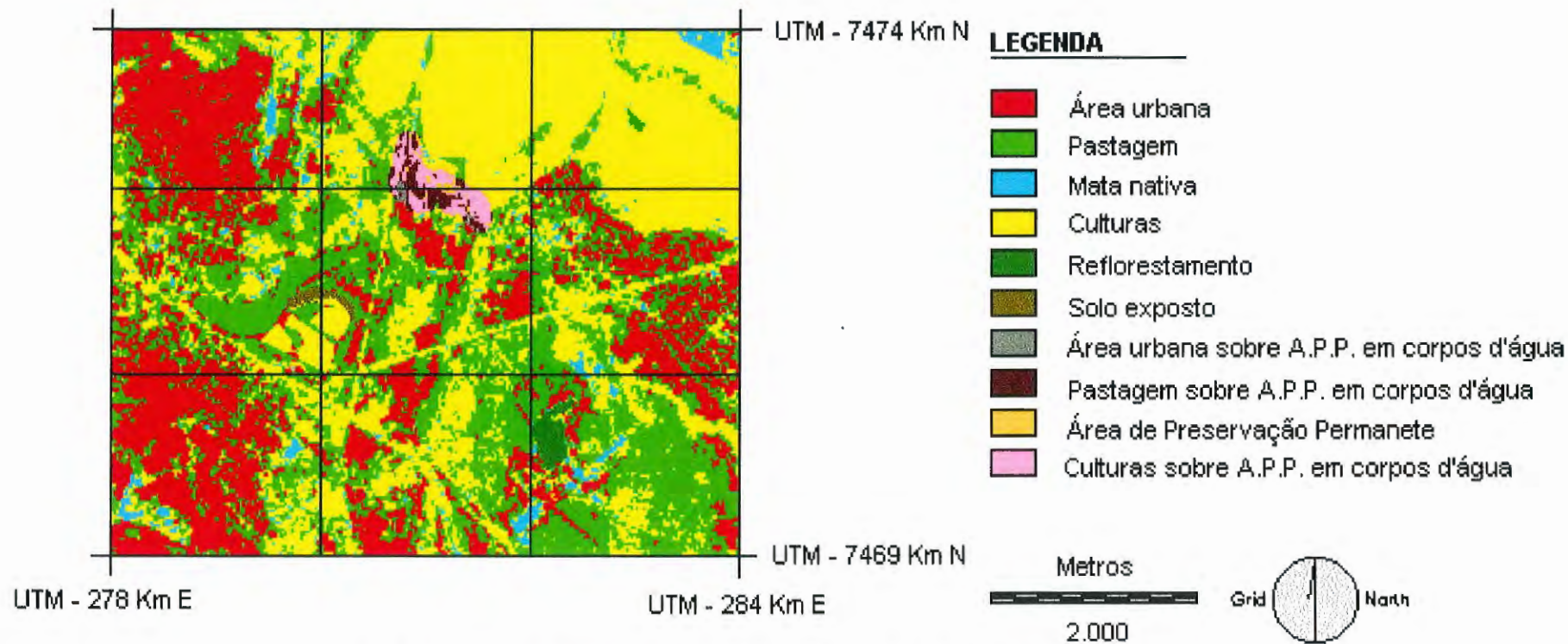
- Classe 1 – Área urbana em A.P.P. dos rios.
- Classe 2 – Pastagem em A.P.P. dos rios.
- Classe 3 – Culturas em A.P.P. dos rios.
- Classe 4 – Reflorestamento em A.P.P. dos rios.
- Classe 5 – Área urbana em A.P.P. dos corpos d'água (lagos, lagoas e represas).
- Classe 6 – Pastagem em A.P.P. dos corpos d'água.
- Classe 7 – Culturas em A.P.P. dos corpos d'água.
- Classe 8 – Área urbana em A.P.P. das nascentes.
- Classe 9 – Pastagem em A.P.P. das nascentes.
- Classe 10 – Culturas em A.P.P. das nascentes.
- Classe 11 – Área urbana em A.P.P. dos topos de morro.
- Classe 12 – Pastagem em A.P.P. dos topos de morro.
- Classe 13 – Culturas em A.P.P. dos topos de morro.
- Classe 14 – Área de Preservação Permanente (respeitada).



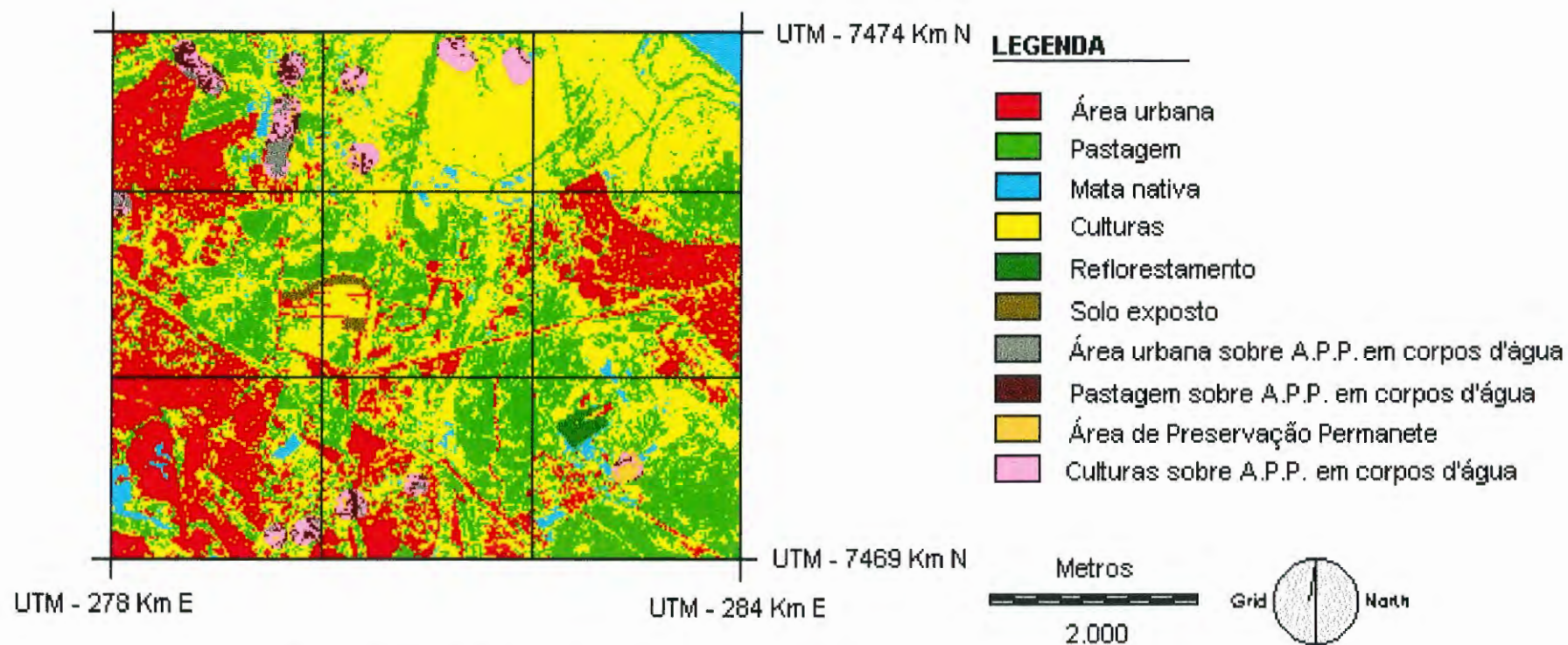
**Figura 4.14 - Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos rios, escala simplificada.**



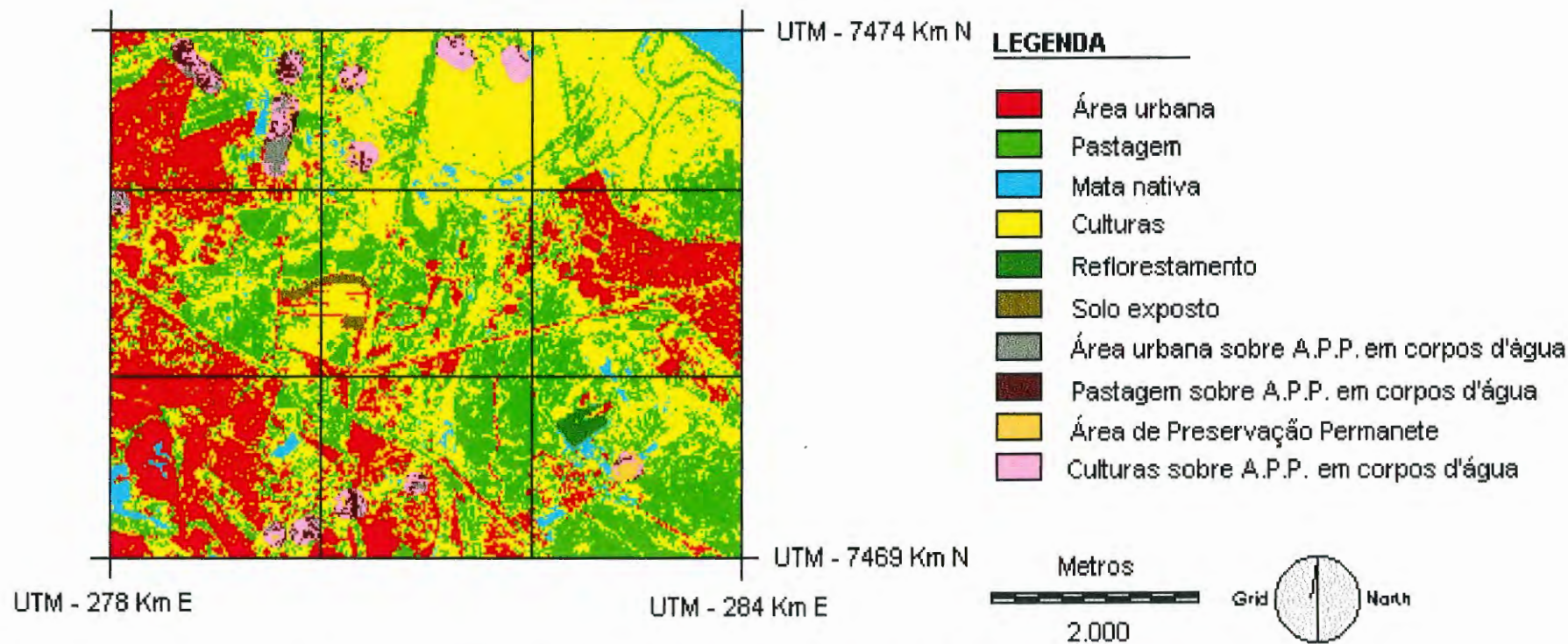
**Figura 4.15 - Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo e APP dos rios, escala detalhada**



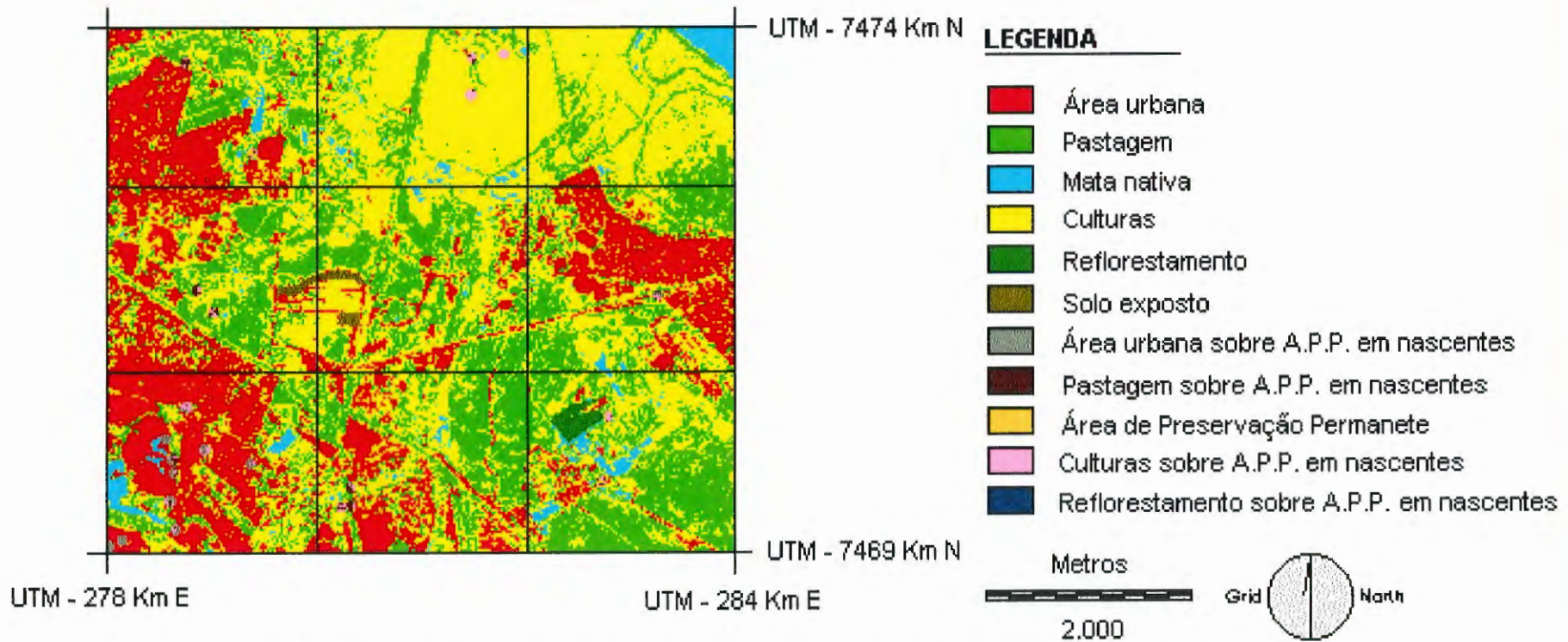
**Figura 4.16 - Sobreposição do Mapa da Cobertura do Solo X APP dos corpos d'água, escala simplificada**



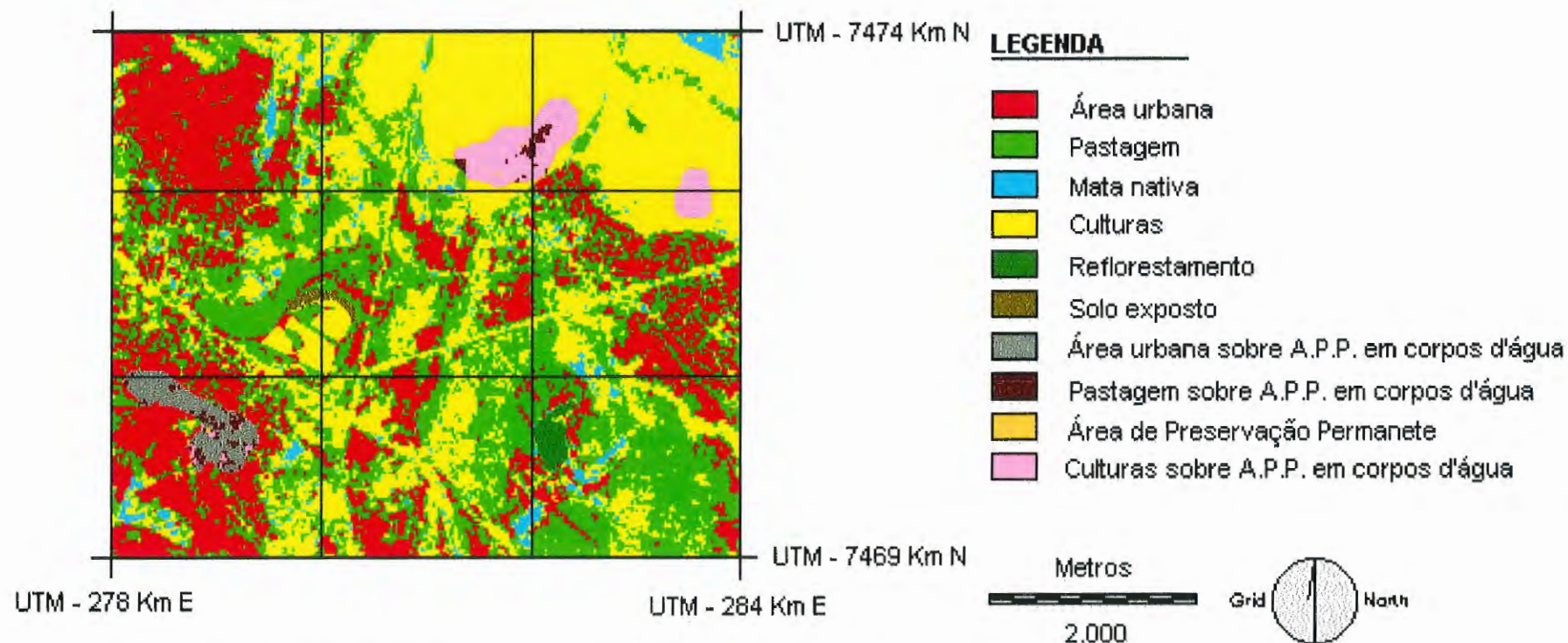
**Figura 4.17 - Sobreposição dos Mapas da Cobertura e uso do Solo X APP dos corpos d'água, escala detalhada**



**Figura 4.17 - Sobreposição dos Mapas da Cobertura e uso do Solo X APP dos corpos d'água, escala detalhada**

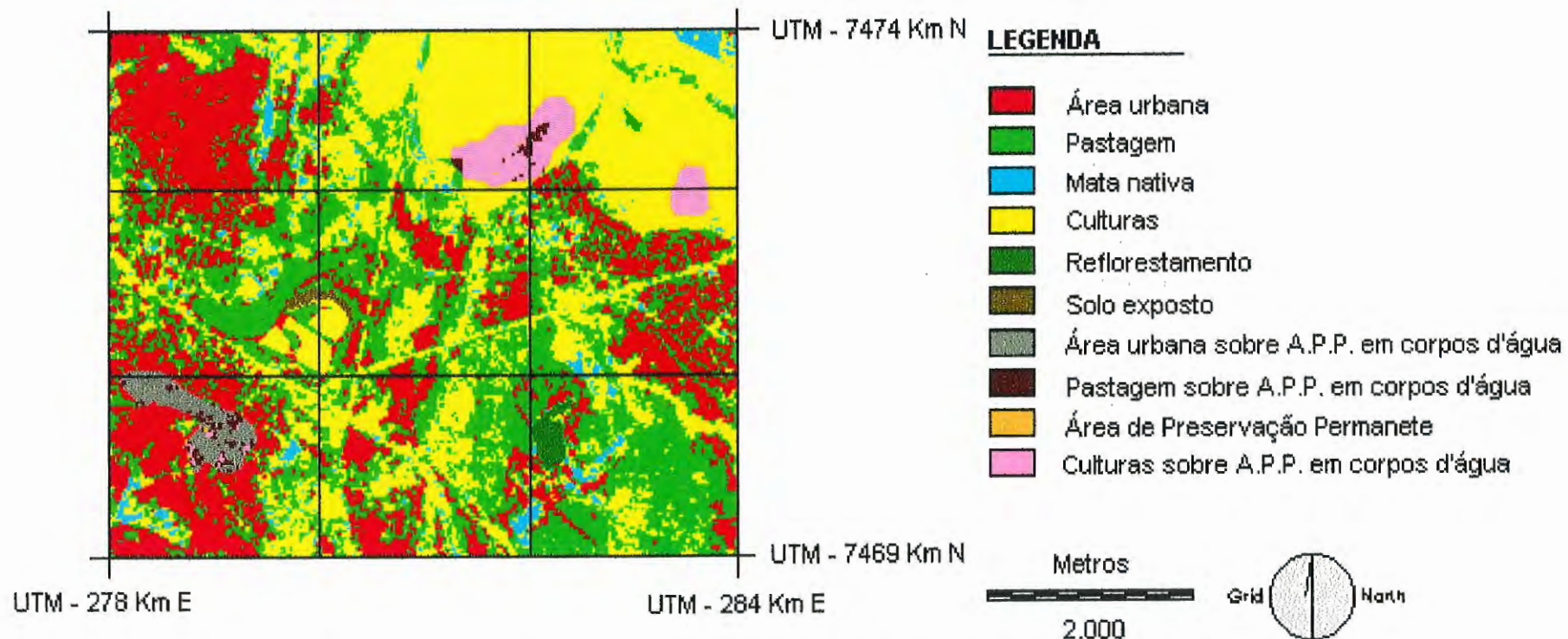


**Figura 4.19 - Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP das nascentes, escala detalhada**



**Figura 4.20 - Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos topos de morro, escala simplificada**





**Figura 4.20 - Sobreposição do Mapa da Cobertura e Uso do Solo X APP dos topos de morro, escala simplificada**

#### 4.5.1 - Sobreposição 1

Comparando os mapas (Figuras 4.12 e 4.13) gerados a partir da sobreposição dos mapas cobertura e uso do solo X A.P.P. dos rios, observou-se no mapa simplificado que a área correspondente a A.P.P. dos rios respeitadas eram de apenas 0,05 Km<sup>2</sup> da superfície total da área estudada o que corresponde a apenas 3,5% da área total destinadas as Áreas de Preservação Permanente em torno dos rios (Tabela 4.3). O mapa detalhado apresenta um pequeno aumento desta área com um total de 0,12 Km<sup>2</sup> de A.P.P. dos rios respeitadas, o que corresponde a 6,25% da área total determinada como área de preservação permanente entorno dos rios (Tabela 4.4).

#### 4.5.2 - Sobreposição 2

Os mapas (Figuras 4.14 e 4.15) gerados através da sobreposição dos mapas cobertura e uso do solo X A.P.P. dos corpos d' água (lagos, lagoas e represas), apresentaram na escala simplificada uma área total de A.P.P. em corpos d' água respeitada de 0,03 Km<sup>2</sup> da área total estudada, o que corresponde a 15% da área destinada a A.P.P. dos corpos d' água (Tabela 4.3). O mapa detalhado apresentou uma área total de A.P.P. dos corpos d' água respeitada de 0,06 Km<sup>2</sup> superior a respectiva área do mapa de escala simplificada, mas o mapa detalhado também apresentou um valor de área destinada a A.P.P. dos corpos d' água bem superior a escala simplificada, tendo assim o total de sua área de A.P.P. dos corpos d' água respeitada correspondendo a apenas 7% da área destinada a A.P.P. dos corpos d' água (Tabela 4.4).

### 4.5.3 - Sobreposição 3

Os mapas (Figuras 4.16 e 4.17) gerados pela sobreposição dos mapas cobertura e uso do solo X A.P.P. das nascentes, apresentou na escala simplificada uma área total de A.P.P. das nascentes sendo respeitadas de 0,004 Km<sup>2</sup> da superfície total da área de estudo o que corresponde a 8% da área total destinada A.P.P. das nascentes (Tabela 4.3). Enquanto que o mapa detalhado apresentou uma área total de A.P.P. em nascentes de 0,006 Km<sup>2</sup> o que corresponde a 8,5% da área destinada a A.P.P. em nascentes (Tabela 4.4).

### 4.5.4 - Sobreposição 4

A sobreposição dos mapas de cobertura e uso do solo X A.P.P. dos topos de morro (Figuras 4.18 e 4.19), apresentou na escala simplificada uma área total de A.P.P. de topos de morro respeitada de 0,003 Km<sup>2</sup> da superfície total da área de estudo, o que corresponde a apenas 0,25% da área destinada a A.P.P. dos topos de morro (Tabela 4.3). O mapa detalhado apresentou uma área total de A.P.P. de topos de morro respeitada de 0,01 Km<sup>2</sup> o que corresponde a 2% da área destinada a A.P.P. de topos de morro (Tabela 4.4).

O mapa simplificado apresentou uma área total destinada a A.P.P. de topos de morro maior que a respectiva área do mapa detalhado, devido a ter-se considerado como topo de morro na elaboração de ambos os mapas, toda a área abrangida pela curvas de nível mais elevada. Embora o mapa na escala detalhada possuísse um maior número de áreas de topos de morro, suas dimensões eram inferior as áreas de topo de morro do mapa de escala simplificada, que possuíam maior dimensão devido a distância total de suas curvas de nível, consequentemente a soma total de suas áreas foi superior a soma das áreas do mapa detalhado.

CLASSES	Mapa simplificado		Mapa detalhado	
	Área Km <sup>2</sup>	Área %	Área Km <sup>2</sup>	Área %
Área urbana	6,94	23,1%	6,29	20,9%
Pastagem	9,54	31,8%	7,73	25,7%
Mata nativa	0,72	2,4%	0,63	2,1%
Culturas	9,64	32,1%	11,79	39,3%
Reflorestamento	0,14	0,46%	0,10	0,33%
Solo exposto	0,07	0,23%	0,95	3,16%
Áreas destinadas as A.P.P.	2,92	9,73%	3,34	11,1%
Áreas de preservação permanente (respeitadas)	0,09	0,3%	0,65	2,16%

**Tabela 4.7 – Áreas totais e relativas das classes do uso do solo e áreas de preservação permanente, escalas simplificada e detalhada.**

Analisando os mapas gerados com as sobreposições dos mapas da cobertura e uso do solo com os mapas de A.P.P. e as tabelas (tabela 4.7 e 4.8), percebe-se que a legislação vigente do Código Florestal referente as áreas de florestas de preservação permanente, está sendo pouco respeitada na área estudada.

CLASSES	Mapa simplificado		Mapa detalhado	
	Área Km <sup>2</sup>	Área %	Área Km <sup>2</sup>	Área %
Área urbana em A.P.P. dos rios	0,26	0,86%	0,34	1,13%
Pastagem em A.P.P. dos rios	0,48	1,6%	0,46	1,53%

A.P.P. em rios respeitadas	0,05	0,16%	0,12	0,4%
Culturas em A.P.P. dos rios	0,61	2,03%	0,98	3,26
Reflorestamento em A.P.P. dos rios	0	0%	0,001	0,003%
Área urbana em A.P.P. dos corpos d'água	0,02	0,06%	0,15	0,5%
Pastagem em A.P.P. dos corpos d'água	0,15	0,5%	0,24	0,8%
A.P.P. em corpos d'água respeitadas	0,03	0,1%	0,06	0,2%
Culturas em A.P.P. dos corpos d'água	0,23	0,76%	0,55	1,8%
Área urbana em A.P.P. das nascentes	0,02	0,06%	0,06	0,2%
Pastagem em A.P.P. das nascentes	0,018	0,06%	0,04	1,3%
A.P.P. em nascentes respeitadas	0,004	0,01%	0,006	0,02%
Culturas em A.P.P. das nascentes	0,029	0,09%	0,07	0,23%
Área urbana em A.P.P. dos topos de morro	0,39	1,3%	0,15	0,5%
Pastagem em A.P.P. dos topos de morro	0,14	0,46%	0,07	0,23%
A.P.P. em topos de morro respeitadas	0,003	0,01%	0,01	0,03%
Culturas em A.P.P. dos topos de morro	0,64	2,1%	0,25	0,83%

**Tabela 4.8 – Áreas totais e relativas das classes geradas com a sobreposição dos mapas da cobertura e uso do solo X A .P.P., escalas simplificada e detalhada.**

De acordo com o mapa de escala simplificada a área estudada deveria possuir uma área destinada a florestas de preservação permanente com uma dimensão total de 2,92 Km<sup>2</sup> o que representaria 9,73% da superfície total da área. O mapa na escala detalhada apresenta uma área total destinada a floresta de preservação permanente de 3,34 Km<sup>2</sup> ou 11,1% da superfície total da área.

Ainda que, as Áreas de Preservação Permanente não tivessem em geral valores de áreas tão expressivos, observou-se que o total de áreas que estão realmente respeitando a legislação ambiental é de um valor que, se não insignificante, é pouco representativo.

O mapa de escala simplificada apresentou uma Área de Preservação Permanente, sendo respeitada, de apenas 0,09 Km<sup>2</sup> o que representa 0,3% da superfície da área de estudo. Por sua vez o mapa na escala detalhada apresentou uma Área de Preservação Permanente, sendo respeitada, de 0,65 Km<sup>2</sup> ou 2,16% da superfície total da área de estudo.

Comparando os mapas em relação aos valores das áreas de preservação permanente respeitadas, o mapa simplificado apresenta um valor de área bem inferior ao do mapa detalhado, isto é, o valor da área de A.P.P. respeitada no mapa de escala simplificada corresponde a apenas 13,8% do valor da respectiva área do mapa detalhado. Este valor superior desta classe, ocorre devido a escala detalhada propiciar um maior detalhamento e precisão nas representações elaboradas.

Mas, ainda que, o mapa detalhado apresente um aumento significativo da A.P.P. respeitada na área de estudo, quando comparada com o mapa de escala simplificada, esta representa aproximadamente apenas 20% da área total destinada as Áreas de Preservação Permanente, um valor pouco representativo.

Apesar do Código Florestal Brasileiro, ter sido editado há mais de 35 anos, não conseguiu impedir o desmatamento das florestas de preservação permanente da área de estudo. Segundo LIBÓRIO (1994), “o Código Florestal, a despeito de algumas limitações, é adequado para os fins a que se propõe. O problema é que ainda não foi assimilado culturalmente pela sociedade”. O que ocorreu com o Código Florestal, conforme explica a mesma autora, e é o que tem ocorrido com a maior parte das leis ambientais. “Não há respaldo administrativo para que estas normas torne-se eficaz: faltam recursos humanos, financeiros, técnicos e operacionais, enfim, falta interesse por parte do poder público. Os desmatamentos, as queimadas e os empreendimentos florestais incorretamente

implantados não são prioritários para o governo, que só se manifesta de modo efetivo quando é cobrado com veemência pela sociedade”.

Além disso, o processo de valoração a que estão submetidas as florestas e demais formas de vegetação é inerente à cultura da sociedade. Por isso não adianta apenas uma maior eficiência do Poder Público, ampliando mais recursos, elaborando novas leis, medidas, se a sociedade continuar desatenta a compreensão da importante interdependência que existe entre o ser humano e seu meio.

De acordo com LIBÓRIO (1994), para despertar este interesse e superar a relação de distanciamento, tão evidente na atualidade, é preciso ampliar o universo de informações, de conhecimento, sobre a importância não só do patrimônio florestal, como de toda a natureza.

Com o conhecimento claro da situação, as pessoas tenderam a despertar sua efetividade e, com isso, passaram a valorizar a natureza.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES

As análises dos resultados obtidos através das informações coletadas em campo e dos mapas gerados, expostos neste trabalho, permitiram chegar as seguintes conclusões:

As áreas destinadas as Florestas de Preservação Permanente não estão sendo respeitadas de acordo com a legislação vigente na área estudada.

Ainda que, comprovada a importância que as áreas de preservação permanente têm para a proteção dos solos, corpos d'água e do meio ambiente em geral e serem protegidas por legislação há mais de três décadas (Lei Federal nº 4771 de 15 de setembro de 1965) e novamente contemplada na Constituição Federal de 1988, às áreas de preservação permanente do local de estudo apresentam o uso de forma indevida e em desacordo com a legislação vigente, como o uso para a expansão das áreas de cultivos, pastagem, etc.

O uso das áreas de preservação permanente em desacordo com as funções estabelecidas para as mesmas, poderá acarretar em grandes problemas para esta região, como a erosão das camadas superficiais do solos e perda de sua produtividade, o assoreamento dos leitos dos rios, córregos e corpos d'água, além de sua contaminação por insumos agrícolas.

Infelizmente, constata-se que o Código Florestal não foi suficiente para frear o desmatamento da cobertura vegetal na área de estudo ocasionada pela prática devastadora na exploração agropastoril.

O próprio Código Florestal apresenta alguns conjuntos de problemas que acabam por dificultar a sua real eficácia, como a dificuldade de fiscalização e atuação por parte dos órgãos responsáveis, penalidades tênues demais, onde



suas infrações são consideradas apenas como contravenções e não crime, exceto no caso do uso de moto serra sem a devida licença, além de um conjunto de confusos atos administrativos (regulamentos, portarias, etc.) o que acaba dificultando a compreensão e aplicação da legislação ambiental.

Como sugestões para cessar o desmatamento que vem ocorrendo na área seria interessante uma fiscalização mais intensa por parte dos órgãos responsáveis ou por meio da prática da ação popular, que é um direito do cidadão Brasileiro para defender o patrimônio ambiental. A Constituição Federal de 1988 incluiu o meio ambiente como patrimônio público. Assim, as degradações das florestas de preservação permanente podem ser atacadas através do uso dessa ação judicial, que desobriga para quem a utiliza o ônus de pagar as despesas judiciais.

Para a recomposição das áreas degradadas, deveria haver pressão por parte do poder público e da própria população da área, para que os agentes causadores desta degradação desenvolva e financie projetos de recuperação da vegetação degradada.

Quanto a comparação entre os mapas de área de preservação permanente, cobertura e uso do solo e as sobreposições em relação às escalas, chegou-se as seguintes conclusões:

Os mapas gerados em escala detalhada se apresentaram como os mais apropriados para os estudos de feições do solo representadas por pequenas áreas e manchas distintas, uma vez que estes permitem representações mais eficazes e precisas destas fisionomias.

Os mapas em escala simplificada tendem a generalizar por demais as informações geradas, acarretando problemas para a representação das pequenas feições, como no caso das áreas de preservação permanente desse estudo, que necessitam de um maior detalhamento para a geração de cenários que possuam uma maior veracidade condizente com a realidade.

- As imagens Landsat-TM, apresentaram-se ineficientes para a análise e representação das Florestas de Preservação Permanente, como no caso das

áreas de mata ciliar que possuem dimensão definidas pelo Código Florestal muito próxima da dimensão representada pelos pixels das imagens Landsat-TM (30 X 30 metros). A Imagem Spotpan, que possui uma resolução espacial maior (10 X 10 metros), demonstrou ser mais eficiente para o estudo de feições que requerem um maior detalhamento, como no caso das Áreas de Preservação Permanente.

O detalhamento da escala melhorou significativamente a qualidade dos mapas gerados, apresentando-se como a melhor opção quando o objetivo do estudo for a obtenção de mapas que sirvam de subsídios para o planejamento do uso do solo ou da indicação de áreas prioritárias do ponto de vista conservacionista, pois esta escala apresenta um maior número de informações básicas, resultando em representações de melhor qualidade e menos suscetíveis a erros.

Deve-se salientar que a utilização da escala detalhada justificou-se como a melhor escala no caso do presente trabalho que tinha como objetos de estudos feições de pequenas dimensões em uma área de estudo relativamente pequena. Já no caso de grandes áreas objetivando o estudo de feições de maiores proporções, a escala simplificada poderá apresentar um resultado melhor que a apresentada neste trabalho.

A metodologia empregada para a realização do trabalho, foi praticamente semelhante para ambas as escalas. A única diferença ocorreu na elaboração dos mapas da cobertura e uso do solo, onde foi gerada uma composição colorida, utilizando imagens Landsat bandas 3, 4 e 5 para realizar a classificação supervisionada na escala simplificada. Para o mapa detalhado, fez-se a classificação utilizando imagem Spot banda pancromática.

De modo geral, os métodos aplicados mostraram-se adequados para o presente estudo, quando utilizados materiais em escalas precisas, e inadequados se utilizados materiais em escalas generalizadas.

O método da classificação supervisionada para a geração dos mapas de cobertura e uso do solo proporcionou representações relativamente precisas da realidade observada em campo, embora alguns erros possam ter ocorrido.

O emprego de diferentes materiais de sensoriamento remoto combinados aos sistemas de informações geográficas demonstrou-se extremamente eficaz, permitindo o cruzamento e integração das informações com uma maior rapidez e uma melhor qualidade nas produções de mapas temáticos, modelos digitais, tabelas, gráficos.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, D.S., Sistemas de Informação Geográfica. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo: USP, pp: 66-78. 1990.
- ALMEIDA, F. F. M., Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista In: GEOLOGIA do Estado de São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1964 (p169 – 262) (Boletim 41).
- AOKI, H. & MURGEL, J. M. de T., Diagnóstico da vegetação natural da Bacia do Rio Jacaré-Pepira através da tecnologia de sensoriamento remoto, Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, 1988.
- ASSAD Eduardo D. & SANO E. I., Sistemas de Informações Geográficas Aplicações na Agricultura, Embrapa, Brasília, DF, 1993.
- ASSAD, E. D. Estruturação de dados geoambientais no contexto municipal "Sistema de informações Geográficas: Aplicação na agricultura". Planaltina; EMBRAPA - CPAL, 1993. Cap.5 p. 109-131.
- ASSUNÇÃO J. V. de., A Importância. Análise Ambiental: Uma visão Multidisciplinar., Coord. Sâmia Maria Tauk, et. Alli., Editora UNESP, São Paulo, 1991. (p. 61 a 63).
- AZEVEDO, T. S., & FERREIRA, M. C., Evolução Espaço Temporal das Matas Ciliares na alta Bacia do Passa Cinco: uma metodologia baseada em Sistemas de Informação Geográfica, Trabalho de Formatura, UNESP, Rio Claro, 1998.

- BATISTA, G. I. Satélites na previsões de safras agrícolas. São José dos Campos - SP, INPE, 1985 (INPE-3617-PRE/803).
- BARGUIL, S. R., Geoprocessamento Aplicado ao Monitoramento do Cerrado: Um Estudo de Caso na porção Noroeste da APA Corumbataí (SP). São Carlos, 1996. Dissertação de Mestrado EESC - USP.
- BERTOLAMI, M.,G., Impactos acumulativos e análise geográfica temporal no planejamento do uso da terra. Caso de Estudo: Bacia do Ribeirão Claro (SP)., Dissertação de mestrada, Rio Claro, UNESP, 1997.
- BORIM, S. R., Análise da evolução das manchas de areia em função da atividade agropecuária na região sudoeste do Rio Grande do Sul, no período de 1964 e 1986 utilizando-se o sistema de informação geográfica Geo-Inf+Map., Dissertação de Mestrado, Rio Claro, UNESP, 1992.
- BOZZINI, A. C., Estudo Ecológico e Análise dos Instrumentos Ambientais na Exploração de Madeira para a produção de carvão vegetal em áreas nativas, Anais do IV Simpósio de Ecossistema Brasileiros, Volume V, Águas de Lindóia, 1998. (p. 30 a 35).
- CÂMARA, G. Anatomia de sistemas de informações geográficas: Visão atual e perspectivas de evolução. In Sistemas de Informações geográficas aplicações na agricultura. Ministério da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA; Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados – CPAC; pp 16-37. 1993.
- CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. de. Geoprocessamento para projetos ambientais. INPE. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador, BA, Monografia. Salvador: INPE, 1996. P.138.

- CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Legislação sobre o controle de poluição ambiental, São Paulo, 1993.
- COSTA, S. M. F. Orbital remote sensing applied to urban environmental Impact - A case study. Summaries, 24( internacional Symposium on Remote Sensing o environment, Rio de Janeiro - RJ, 1991.
- CRACKENELL, A. P., Geographical Information Systems, International Journal of Remote Sensing, 1986.
- CUSTÓDIO, H. B., Legislação Brasileira dos Estudos de Impacto Ambienta. Análise Ambiental: Uma visão Multidisciplinar., Coord. Sâmia Maria Tauk, et. Ali., Editora UNESP, São Paulo, 1991. (p. 37 a 54).
- DAVID, F., CALVOCANTI. Legislação de Conservação da Natureza, 2ªed, Fundação Brasileira Para a Conservação da Natureza, Rio de Janeiro, 1978.
- DE BARROS, F. N. F, Qualidade do Ambiente e seus reflexos Econômicos e Sociais. I Encontro Nacional sobre Proteção e Melhoria do Meio Ambiente, Volume 2, SEMA, Brasília, Junho de 1975. (p. 341 a 348).
- DE MAURO, CLÁUDIO ANTONIO et. Alii. Projeto Municipal de Habitação em Área de Preservação Permanente. Laudos Periciais em depredações ambientais., DPR/IGCE, UNESP, Rio Claro, 1997. (p.59 a 76).
- DIAS, J. C. G. et. Alii. The urban ocupation dynamics and its influence on environment - a study of Guaratuba country Brasil. ISPRS - Comission VII Symposium na environmental monitoring B, Rio de Janeiro - RJ, 1994.

- DONZEL, P. L., Diagnóstico do meio físico visando a recuperação e monitoramento de ecossistemas. Anais do IV Simpósio de Ecossistema Brasileiros, Volume V,, Águas de Lindóia, 1998,(p. 273 a 285).
- FARIAS G. L. & LIMA, M. C. Coletânea da Legislação Ambiental Federal e Estadual, Paraná Secretaria de Estudos do Desenvolvimento Urbano do Meio Ambiente, Curitiba, 1990.
- FILHO, Mário Valério., Gerenciamento de Bacias Hidrográficas com a Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento. . Análise Ambiental: Estratégias e Ações., coord. Sâmia Tauk, Editora UNESP, Rio Claro, 1995. (p. 135 a 140).
- FORESTI, C. , Impacto ambiental da expansão urbana no setor oeste da área metropolitana de São Paulo: Análise através de dados e técnicas de sensoriamento remoto. Tese de doutoramento em geografia. FFLCH - USP, São Paulo - SP, 1986.
- FORESTI, C. , Proposta Metodológica para o estudo ambiental e da estruturação do espaço urbano em Área metropolitanas. Anais VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Vol. 2, Manaus - AM, 1990.
- FORESTI, C. & HAMBURGUER, D. S., Informações Texturais e índice de vegetação obtidos de imagens orbitais como indicadores de qualidade de vida urbana. Indicadores Ambientais, Martos, Sorocaba 1997. (p. 205 a 213).
- GOMES, E. T. A., Verso e Reverso da Emergência Ambiental. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 312 - 318).

GURGEL, G. A. S., et alli., Zoneamento da área de proteção ambiental (APA) de Balbino Cascavel - Ceará, 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 249 a 253)

KOFFER, L. & MORETTI, A., Diagnóstico do Uso agrícola, Geografia, Vol. 16(2) São Paulo, 1991.

7 LIBÓRIO, M. G. C., Código Florestal Brasileiro: em estudo sobre as relações entre sua eficácia e a valorização da paisagem florestal no Sudoeste Paulista; Tese Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Área de Concentração em Organização do Espaço, UNESP, Rio Claro 1994.

LIMA, M. A. De., CAVALHEIRO, F., Análise da degradação ambiental no município de Rio Claro com apoio de Sistemas de Informação geográficas. Anais do VII Simpósio Brasileiro de sensoriamento Remoto, Curitiba - PR., 1993.

LIMA, M. de L. C. A. de., O meio ambiente na legislação urbanística municipal, 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 246 - 252).

LOURENÇO, R. W., Comparação entre métodos de interpolação para sistema de informações geográficas. Rio Claro: IGCE, Rio Claro, UNESP, 1998, Dissertação (Mestrado – Geociências e Meio Ambiente).

LUCHIARI, A. , Avaliação dos Dados obtidos pelo TM/ Landsat para implantação dos projetos de colonização da micro região do alto do Purus - Estado do Acre. São José dos Campos - SP, INPE, 1986. (INPE -3007 - TDC / 226).



- MACHADO, P. A. L., Direito Ambiental e a Realidade Brasileira., . Análise Ambiental: Estratégias e Ações., coord. Sâmia Tauk, Editora UNESP, Rio Claro, 1995. (p. 34 a 43).
- MACHADO, P. A. L., Direito Ambiental Brasileiro, 7( ed., Malheiros Editores LTDA., São Paulo, 1998. (p. 607 a 644).
- MAFRA, M. C. & BOTELHO, R. G. M., Relação entre Uso do Solo e Degradação das Terras em Vassouras, 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 485 a 492).
- MAGLIO, I. C., Questões Verificadas na Aplicação do EIA/RIMA: A Experiência da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo. Análise Ambiental: Uma visão Multidisciplinar., Coord. Sâmia Maria Tauk, et. Alli., Editora UNESP, São Paulo, 1991. (p. 64 a 70).
- MANJAL DO MEIO AMBIENTE, Sistema de Licenciamento de atividades poluidoras - SLAP, Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, feema, Rio de Janeiro, 1979. (p. 295 – 305).
- MARBLE, D.F., Geographic information systems: na overview. In: Introductory Readings in Geographic Information System. (Edited by Donna J. Peuquet and Duane F. Marble), Ohio State University, Taylor & Francis, 1990. Pp. 8-17.
- MARIANO, M. T., Uma Análise da Sociedade Civil na Gestão dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, São Carlos, 1996. Dissertação de Mestrado EESC - USP.

- MENDONÇA, F. J. et alli: , Aplicações de imagens Landsat na análise temporal do uso da terra e nível a nível de imóvel rural. Anais V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Vol. I., Natal - RN. 1988.
- MILARÉ, ÉDIS., Legislação Ambiental e Participação Comunitária, IV Seminário Nacional Sobre Meio Ambiente, Secretaria do Meio Ambiente, Florianópolis - SC, 1990. (p.231 a 256).
- MILARÉ, ÉDIS., A política Ambiental Brasileira. Análise Ambiental: Estratégias e Ações., coord. Sâmia Tauk, Editora UNESP, Rio Claro, 1995. (p. 13 a 18).
- MORAIS, M. V. R. MADDOZ, K. A., Uso do solo em bacia hidrográficas - DF. 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 152 a 159).
- NOVO, E. M. L. de M. , Sensoriamento remoto princípios e aplicações, Ed. Edgar Blücher Ltda., São Paulo - SP, 1989.
- OHARA, Tomoyuki, Zoneamento geoambiental da região do Alto-Médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto, Tese em Doutorado em Geociências, IGCE-UNESP, Rio Claro-SP, 1995.
- OLIVEIRA, C., Dicionário Cartográfico. 2º edição, Rio de Janeiro, FIBGE, 1983.
- OLIVEIRA, J. B. de, Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do Estado de São Paulo, Rio de Janeiro, IBGE, 1979.
- PAGOTTO, E. L. , Análise ambiental das áreas de expansão urbana da cidade de Rio Claro com auxílio de dados de sensoriamento remoto. Trabalho de Formatura em ecologia, Rio Claro - SP, UNESP - IB , 1994.

- PERONI, L. F., & FORESTI, C., Mapeamento e avaliação ambiental da cobertura e uso da terra do município de Mairiporã, SP, Trabalho de Formatura, Rio Claro-SP, 1997.
- PINTO, S dos A. F., Erosão dos solos e técnicas de sensoriamento remoto, São José dos Campos-SP, INPE, 1985. (INPE - 3464-PRE/707).
- PINTO, S dos A. F., Contribuição Metodológica para análise de indicadores de erosão do solo utilizando técnicas de sensoriamento, geoprocessamento e modelos predicativos, Tese de livre docência, IGCE-UNESP, Rio Claro-SP, 1995.
- POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Código Florestal: Secretaria do Meio Ambiente, Catálise Editora, São Paulo -SP, 1991.
- RODRIGUES, M., Geoprocessamento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHEIROS CARTÓGRAFOS, 5., 1988, Presidente Prudente. Anais... Marília: Gráfica da UNESP, 1988, V.1, p. 144-160.
- RODRIGUES, M., Introdução ao Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo, 1990. Anais. São Paulo, POLI/USP, 1990.
- RODRIGUES, R. & FORESTI, C., Levantamento das classes de uso do solo urbano de Rio Claro com utilização de Imagens SPOT, Trabalho de formatura, Rio Claro-SP, 1991.
- SÃO PAULO (estado) e IPT. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (1:1.000.000, volume II), São Paulo - SP, 1981.

- SCHLITTER, F. H. M., A participação da comunidade na co-gestão das áreas de proteção. . Análise Ambiental: Estratégias e Ações., coord. Sâmia Tauk, Editora UNESP, Rio Claro, 1995. (p. 163 a 166).
- SCHULER, C. A.B. & DISPERATI, A. A., Sobre o uso de fotografias aéreas convencionais (preto e branco, falsa cor) e 35 mm (coloridas) verticais no mapeamento florestal de uma área teste na região metropolitana de Curitiba, Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN, 1988.
- SILVA, E. A. da., et. Alli. Utilização de Imagens de Satélite realçadas no projetor Multiespectral MSP - 4C Orientado para estudos ambientais, 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991. (p. 2492 a 299).
- SILVA, L. C. da., Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, o caso Silveira Martins, 3º Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Volume 2, Londrina, UEL. NEMA, 1991.
- SPAROVEK, G. & LEPSCH I. F., Diagnóstico de Uso e Aptidão das Terras Agrícolas de Piracicaba – SP. Análise Ambiental: Estratégias e Ações., coord. Sâmia Tauk, Editora UNESP, Rio Claro, 1995. (p. 273 a 279).
- TEICHOLZ, Eric, & BRIAN, J. L. Berry, Eds., Computer Graphics and Environment Planning. Engewoods Cliffs, N. J. Prentice-Hall inc. A collection of case studies oriented toward prescriptive application of geographic information systems, 1983.
- TEIXEIRA, A. L. J., MORETTI, E. & CHRISTOFOLETTI A., Introdução aos sistemas de informação geográfica, ed. do autor, Rio Claro, 1992.

THOMAS, M. R., AUTO CAD Avançado: versão 12., Editora Campus, Rio de Janeiro, 1994.

TOMLINSOM, R.F. Geofraphic Information Systems – a new frontier. In: Introductory Reachings in Geographic Information Systems (Edited by Donna J. Peuquet & Duane F. Marble), Ohio State University, Taylor & Francis, 1990.

TROPPMAIR, HELMUT., Avaliação dos Impactos Ambientais pela alteração da cobertura vegetal, Indicadores Ambientais, Martos Sorocaba 1997. (p. 185 a 190).

ZULAUF, W. Uso do Solo e Proteção do Meio Ambiente. I Encontro Nacional sobre Proteção e Melhoria do Meio Ambiente, Volume 2, SEMA, Brasília, Junho de 1975. (p. 275 a 299).