

**DIRLEY SCHMIDLIN**

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E  
SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA  
ATUALIZAÇÃO E GERAÇÃO DO MAPA COMPILADO DE SOLOS DA  
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - APA DE GUARATUBA (PR)**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Área de concentração Ciência do Solo - Sub-área Interpretação de Imagens e Cartografia de Solos, Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Helio Olympio da Rocha

**CURITIBA**

1998



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-CIÊNCIA DO SOLO  
C.P. 2959, FONE 041-2545464 R157, FAX 041-2523689 CURITIBA PR 80.035-050  
E-mail: pgcisolo@agrarias.ufpr.br

## PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo candidato **DIRLEY SCHMIDLIN**, com o título: "**Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para atualização e geração do mapa compilado de solos da área de proteção ambiental-APA de Guaratuba(PR)**" para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação - conceito "**A**" completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 27 de fevereiro de 1998.

  
Prof. Dr. Helio Olympio da Rocha, Presidente.

  
Prof. M.Sc. Luis Antonio de Andrade, I<sup>o</sup> Examinador.

  
Prof. M.Sc. Maria Esmeralda Santos de Moraes, II<sup>o</sup> Examinador.

**Trabalho e ousadia,**

**é assim que se faz o futuro.**

*Leonardo Da Vinci*

Dedico

aos meus pais

Dirceu Schmidlin e Diva Ohlsen Schmidlin

a minha esposa

Lionara Folle Schmidlin

a minha filha de quatro meses

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Helio Olympio da Rocha, pela dedicação na orientação e grande contribuição que proporcionou em minha formação profissional, pela amizade, apoio e companheirismo em todos os momentos.

Aos demais membros da banca examinadora, Professora Maria Esmeralda Santos de Moraes e Coronel Luís Antônio de Andrade.

A minha esposa Lionara Folle Schmidlin, pelo apoio, força e compreensão.

Ao amigo Eng<sup>o</sup>. Agrônomo Paulo Roberto Castella, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, pelas idéias e pela própria concepção da compilação dos mapas de solos da APA de Guaratuba.

Aos colegas Luís Cláudio de Paula Sousa, Luís Bertotti e Selma Regina Aranha Ribeiro pela troca de idéias e conhecimentos.

A ENGEFOTO Engenharia e Aerolevantamentos S. A., particularmente na pessoa do Eng<sup>o</sup> Renato Asinelli Filho, pelo apoio e abertura de uma nova perspectiva de vida.

Aos colegas de trabalho Mirian Isabel Say e Celso Roberto Schiochetti pelo apoio e incentivo no início de um novo período da carreira profissional.

Aos estagiários Ricardo Wodzinski e Michelle Bitencourt pela ajuda na elaboração de desenhos e conferência das referências bibliográficas.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	v
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	vi
<b>LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	04
2.1 Compilação e atualização de mapas para estudos temáticos.....	04
2.2 Utilização de Imagens Orbitais em Estudos de Solos.....	10
2.3 Integração de Dados Através de Transformação IHS.....	16
2.4 Integração de Dados em Sistemas de Informações Geográficas.....	23
<b>3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA</b> .....	32
3.1 Situação, Limites e Extensão.....	32
3.2 Hidrografia.....	34
3.3 Clima.....	37
3.4 Vegetação.....	39
3.4.1 Vegetação da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossoroca.....	39
3.4.2 Vegetação da Região da Planície Litorânea.....	42
3.5 Geologia.....	43
3.5.1 Geologia da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossoroca.....	43
3.5.2 Geologia da Região da Planície Litorânea.....	46
3.6 Geomorfologia.....	46
3.6.1 Geomorfologia da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossoroca.....	46
3.6.2 Geomorfologia da Região da Planície Litorânea.....	49
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	50
4.1 Materiais.....	50
4.1.1 Material Temático.....	50

4.1.2	Material Cartográfico.....	50
4.1.3	Material de Sensoriamento Remoto.....	52
4.1.3.1	Fotografias Aéreas.....	52
4.1.3.2	Imagens de Satélite.....	52
4.1.4	Equipamentos e Softwares.....	53
4.1.5	Material de Campo.....	53
4.2	Métodos.....	54
4.2.1	Coleta e Avaliação dos Materiais Básicos Existentes.....	54
4.2.2	Processamento Digital das Imagens Orbitais.....	54
4.2.2.1	Leitura das Imagens.....	54
4.2.2.2	Correção Geométrica das Imagens.....	55
4.2.2.3	Mosaicagem.....	56
4.2.2.4	Realce das Imagens.....	56
4.2.2.5	Integração de Dados do Modelo Numérico do Terreno e Imagens TM Através de Transformação IHS.....	57
4.2.3	Estruturação da Base de Dados no Sistema de Informações Geográficas.....	58
4.2.3.1	Entrada da planimetria.....	59
4.2.3.2	Entrada dos mapas de solos.....	59
4.2.3.3	Entrada da altimetria.....	60
4.2.3.4	Entrada das imagens.....	61
4.2.4	Edição preliminar das linhas no SGI.....	61
4.2.4.1	Edição da planimetria.....	62
4.2.4.2	Edição das linhas de solos e geração do mapa geral.....	62
4.2.4.3	Edição das curvas de nível e geração do modelo numérico de terreno (MNT).....	63
4.2.5	Reestruturação e geração da legenda.....	65
4.2.6	Revisão da interpretação e ajuste das linhas de solos.....	66
4.2.8	Geração do mapa compilado de solos.....	68
4.2.9	Editoração dos mapas finais.....	68
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>71</b>
5.1	Resultados obtidos com o processamento digital das imagens orbitais.....	71
5.1.1	Composições coloridas padrões.....	71

5.1.2	Integração do relevo com as imagens Landsat - composição colorida obtida através da transformação IHS.....	77
5.2	Resultados obtidos no Sistema de Informações Geográficas.....	81
5.2.1	Integração dos dados, ajustes cartográficos e geração do mapa compilado preliminar de solos.....	81
5.2.2	Revisão da interpretação, ajustes temáticos e geração do mapa compilado de solos.....	82
5.3	Legenda de identificação e áreas de ocorrência dos solos.....	88
5.3.1	Legenda de identificação do mapa compilado de solos.....	88
5.3.2	Áreas de ocorrência dos solos.....	94
6.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	97
7.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	99
	<b>ANEXOS</b> .....	111

**LISTA DE SIGLAS**

APA	Área de Proteção Ambiental
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
UFPR	Universidade Federal do Paraná
SIG	Sistema de Informações Geográficas
MSS	Multispectral Scanner System
ERTS	Earth Resource Technology Satellite
TM	Thematic Mapper
HRV	High Resolution Visible
IHS	Intensity, Hue and Saturation
RGB	Red, Green and Blue
NC	Nível de cinza
MNT	Modelo Numérico de Terreno
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GPS	Global Positional System
USLE	Universal Soil Lost Equation
MDT	Digital Terrain Model
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DSG	Diretoria do Serviço Geográfico do Exército
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
UTM	Universal Transversa de Mercator
SAD	South America Datum
RLC	Realce Linear de Contraste
PI	Plano de Informação
DXF	Draw Exchange Format
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Fundação Instituto Agrônômico do Paraná
USAF	United States Air Force

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Diagrama esquemático mostrando a relação entre os espaços IHS e RGB.....	17
Figura 02. Ilustração dos componentes do sistema IHS.....	19
Figura 03. Localização na América do Sul.....	33
Figura 04. Localização regional.....	33
Figura 05. Distribuição hidrográfica da APA de Guaratuba.....	36
Figura 06. Distribuição dos tipos climáticos.....	38
Figura 07. Articulação dos mapas originais.....	51
Figura 08. Diagrama esquemático ilustrando o processo de transformação IHS.....	58
Figura 09. Modelo de edição de linhas no SGI.....	64
Figura 10. Fluxograma demonstrativo da metodologia.....	70
Figura 11. Realce linear de contraste aplicado às imagens Landsat.....	72
Figura 12. Imagem Landsat TM5 - composição colorida 5R4G3B com o perímetro da área de estudo sobreposto.....	73
Figura 13. Imagem Landsat TM5 - composição colorida 4R5G3B com o perímetro da área de estudo sobreposto.....	74
Figura 14. Imagem Landsat TM5 - composição colorida 5R4G3B (escala 1:100.000) com as linhas de solos e toponímias sobrepostas.....	75
Figura 15. Imagem Landsat TM5 - composição colorida 4R5G3B (escala 1:100.000) com as linhas de solos e toponímias sobrepostas.....	76
Figura 16. Exemplo do processo de transformação IHS.....	79
Figura 17. Composição colorida originada da integração das bandas da imagem Landsat TM5 com o relevo (MNT).....	80
Figura 18. Modelo dos ajustes cartográficos empregados às linhas de solos para geração do mapa compilado preliminar.....	83
Figura 19. Mapa compilado preliminar de solos com as linhas ajustadas à base cartográfica.....	84
Figura 20. Modelo dos ajustes temáticos empregados às linhas de solos para geração do mapa compilado.....	86
Figura 21. Linhas ajustadas do Mapa Compilado de Solos.....	87

Figura 22. Modelo de como foram representadas as fases de vegetação e relevo dentro das unidades de mapeamento.....	89
Figura 23. Legenda de identificação dos solos.....	91
Figura 23. Legenda de identificação dos solos (cont.).....	92
Figura 24. Legenda das fases de vegetação e relevo e padrão de preenchimento dos tipos de horizonte A.....	93

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1. Exemplo das siglas atribuídas aos elementos das legendas originais no banco de dados Dbase.....	67
Tabela 2. Exemplo do agrupamento e classificação de solos semelhantes na planilha do Excel.....	90
Tabela 3. Áreas (ha) e porcentagem de cada classe de solo representada no mapa final.....	94
Gráfico 1. Demonstrativo das áreas de ocorrência das classes de solos.....	96

## RESUMO

O presente estudo objetivou a análise, atualização e compilação de mapas de solos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. A Área de Proteção Ambiental - APA de Guaratuba, onde foi realizado o estudo, possuía sua área coberta com 9 mapas de solos de diversos autores, escalas e épocas. Empregando-se técnicas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, foram gerados produtos que, usados como base para processos de revisões e atualizações das interpretações existentes em sistemas de informações geográficas, permitiram a compilação dos mapas e geração de um documento único denominado Mapa Compilado de Solos da APA de Guaratuba. Foi avaliado o potencial de utilização integrada de técnicas de processamento digital de imagens e sistemas de informações geográficas para melhoria de aspectos de natureza cartográfica e temática no processo de compilação. Além disso avaliou-se a importância da utilização de informações preexistentes em formato digital para aplicação desta metodologia. Concluiu-se com este trabalho que o método aqui apresentado é eficiente, prático e de baixo custo para gerar um mapa compilado de solos que, apresentado no formato digital e numa base cartográfica única e de qualidade, oferece condições para uma extração de informações e utilização dos dados de forma facilitada.

## ABSTRACT

This study had in view the analysis, updating and compilation of soil maps, using remote sensing and geographic information systems techniques. The Environmental Protection Area - APA of Guaratuba, where the study was realized, has been its area covered by 9 soil maps of different authors, scales and dates. Employing digital processing techniques on remote sensing images, new products were generated and used to revision and updating the original maps in the geographic information system. This procedure allow the maps compilation and the execution of an unique and integrated document called *Compiled Soil Map of the APA*. There was evaluated the potential of the integrated use of digital processing techniques and geographic information systems to improve cartography and thematic aspects in the compilation process. Besides, there was evaluated the utilization of preexisting digital information in this methodology. Finally, the present work demonstrated that the presented method is efficient, practical and low cost to the generation of a compiled soil map that, used in digital format and in a unique cartographic base, offer conditions to information extraction and easily data utilization. All the data obtained by the processes described before, resulted in a huge database that is fundamental for preserving the environmental protection area of Guaratuba and to develop a sustainable management plan.

## 1. INTRODUÇÃO

No Estado do Paraná, a Floresta Atlântica tem experimentado crescente processo de perda dos seus remanescentes. De acordo com a SEMA, estimativas demonstram que em 1950 a cobertura florestal natural representava cerca de 40,3% da área do território estadual, reduzindo-se em 1990 para apenas 7,6%.

A Área de Proteção Ambiental - APA de Guaratuba foi criada com os objetivos de: proteger os recursos hídricos existentes na Serra do Mar que são utilizados pela população dos municípios de Guaratuba, Morretes, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Paranaguá, Matinhos, dentre outros; proteger o remanescente de restinga existente próximo à cidade de Guaratuba, na planície litorânea; e, resguardar as áreas remanescentes de Floresta de Caxeta (*Tabebuia cassinoides*). Foi legalizada através do Decreto nº 1234 de 27/03/92. Compreende uma área total de 198.157 ha.

A APA de Guaratuba tem sofrido, nos últimos anos, as mais variadas formas de pressão, tais como desmatamento e exploração florestal ilegais, destruição de sítios arqueológicos e históricos, entre outras.

Para conter o cenário de desmatamento e atender os objetivos de sua criação é necessário estabelecer o Zoneamento Ambiental, que se baseia, dentre outros, no mapa de solos da região.

O conhecimento dos solos de uma determinada região constitui-se uma das mais valiosas informações para compreender, usar e preservar o meio ambiente. Tão importante quanto conhecer os solos é saber utilizar e interpretar os mapas de solos. Muitas vezes mapas de solos de diferentes fontes e executados por diversos autores tornam-se difíceis de serem utilizados de maneira conjunta e interpretados com praticidade.

Por esta razão, o trabalho aqui apresentado, se constitui numa valiosa contribuição ao conhecimento do meio físico desta área, bem como uma poderosa ferramenta para a tomada de decisões, particularmente no que se refere ao problema ambiental.

Os mapas de solos existentes da área em questão foram elaborados em várias épocas, por diversos autores, utilizando-se sistemas de projeções e bases cartográficas diferentes, além de se encontrarem parte no formato analógico e parte no digital. O custo para execução de um novo mapeamento de solos na escala 1:100.000, de uma área de aproximadamente 200.000 ha, estaria muito além dos recursos disponíveis para tal finalidade. Assim sendo, com a necessidade da obtenção de um mapa de solos da APA de Guaratuba, para dar subsídio aos estudos de Aptidão Agrícola das Terras e ao Zoneamento Ambiental da APA, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA optou pela compilação dos mapas existentes para geração de um documento único, o qual será empregado como base para estes estudos.

Além disso, com os recursos tecnológicos disponíveis de sistemas de informações geográficas e banco de dados, a geração de um mapa único, no formato digital e num sistema de projeção compatível com a cartografia sistemática nacional, permitirá a integração com outras informações tais como uso do solo, flora, fauna e sócio-economia, dando condições para realização de análises amplas, busca de dados com rapidez e confiabilidade cartográfica e tomadas de decisões ágeis e com segurança.

O objetivo deste estudo trata do aprimoramento metodológico de compilação de mapas de solos para geração de um documento único a ser empregado na Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e em programas de Zoneamento Ambiental. Assume-se como prerrogativa básica a utilização conjunta (integrada) de sistemas digitais de processamento de imagens e integração analítica de dados e informações georeferenciadas.

Os objetivos específicos são assim definidos:

1 - Utilização de técnicas de geoprocessamento para geração do Mapa Compilado de Solos da Área de Proteção Ambiental - APA de Guaratuba, com base em estudos de solos de diferentes autores, épocas e escalas.

2 - Avaliação do potencial de utilização integrada de técnicas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para ajustes, atualização e melhoria de aspectos de natureza cartográfica e temática.

3 - Geração, hibridação e tratamentos de imagens visando uma melhor qualidade dos produtos para fins de verificação das unidades fisiográficas, empregando técnicas de manipulação digital.

4 - Avaliação da utilização de informações digitais preexistentes integradas com novos dados de fontes diversas, para ajuste, atualização e melhoria da base cartográfica e das informações temáticas de mapas de solos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Compilação e atualização de mapas para estudos temáticos

De acordo com ROBINSON *et al.* (1985), em cartografia o termo “compilação” refere-se ao agrupamento de uma diversidade de dados geográficos de natureza temática que serão incluídos em um único mapa. O agrupamento significa localizar os diversos dados em suas posições planimetricamente corretas, de acordo com o sistema de projeção do mapa e a escala a ser utilizada. O objetivo do processo de compilação é a preparação de uma composição que contenha todos os dados básicos referenciais, como toponímias, dados planimétricos da base cartográfica, dados temáticos a serem mapeados e todas as demais informações que aparecerão no mapa. Este processo vem a ser o guia para construção do mapa. A compilação de dados requer o uso de uma diversidade de mapas, textos, tabelas, e arquivos digitais. Os mapas (ou arquivos digitais que representam os mapas) podem estar em sistemas de projeção diferentes; podem ser diferentes em termos de nível de detalhamento e precisão; a data de publicação deve ser diferente; as escalas provavelmente variam e ainda podem ser de formatos distintos.

Estes autores comentam que a primeira regra da compilação é a de se trabalhar de uma escala maior para uma menor. Os mapas em escalas maiores representam informações, quer imagens fotográficas, quer feições lineares, que deverão ser generalizadas. Esses dados possuem uma determinada precisão para a escala em que são apresentados. Desta forma, ao se aumentar a escala, e ao se fazer uma generalização que geralmente é necessária, a precisão não seria satisfatória. Se a compilação for realizada de escalas menores para maiores, estarão sendo incorporados erros inapropriados no processo.

As técnicas de compilação (ou seja, as maneiras empregadas para posicionar os dados no novo mapa) variam daquelas quase que plenamente eletrônicas àquelas que consistem na transferência do dado visualmente (ROBINSON *et al.*, 1985).

LARACH (1981) classifica os mapas de solos compilados em dois grupos distintos: generalizados e esquemáticos.

Segundo este autor, os mapas generalizados são confeccionados no escritório, com base em informações pedológicas preexistentes, publicadas ou não. São preparados por eliminação de detalhes de levantamentos de campo anteriores. A generalização é um método lógico, fundamentado essencialmente na eliminação de detalhes não significativos para determinado fim. As generalizações podem ser: cartográficas, quando há eliminação de limites nos mapas já existentes; e, taxonômicas, quando há fusão de unidades de solos em classes mais amplas e cada vez menos homogêneas. O autor comenta ainda que as escalas em que são preparados são bastante variáveis, podendo estar compreendidas entre 1:60.000 e 1:5.000.000, e que possuem aplicações específicas, permitindo a visualização e estudo geral de grandes áreas, ressaltando o contraste entre grandes classes de solos e mostrando sua distribuição, fator básico para planejamento e análise de problemas gerais.

Os mapas esquemáticos são preparados mediante previsão das classes de solos e de seus limites, fundamentada na interpretação das correlações existentes entre solos e as possíveis combinações dos fatores genéticos de formação do solo.

FELGUEIRAS *et al.* (1990) salientaram o crescente valor e a importância de informações atualizadas e confiáveis numa época dominada pela informática. Segundo os autores, o advento dos sistemas de informações baseados em computadores, incluindo os dados manipulados em SIG's, são os mecanismos que agilizam e melhoram a confiabilidade

das informações utilizadas no mundo atual e sobre as quais se baseiam as decisões a serem tomadas em diversas áreas de estudo.

ARCHIBALD (1987) relata a utilização de dados de sensoriamento remoto integrados em sistemas de informações geográficas no mapeamento planimétrico e ambiental, ou seja, mapas temáticos, simplesmente por interpretação de imagens do satélite Landsat disponíveis. O autor cita como exemplo, a atualização rotineira de cartas na escala 1:250.000 de áreas rurais no Canada, através de interpretação visual de imagens do Landsat MSS.

COSTA *et al.* (1996) retratam a importância da utilização de novas técnicas de mapeamento, empregando-se sensores remotos mais sofisticados e especializados, além do aprimoramento e evolução do conhecimento científico e na atualização das informações sobre os Recursos Naturais. Os autores descrevem sobre o projeto Sistematização das Informações sobre Recursos Naturais, que compreende as etapas de Compatibilização, Atualização e Informatização de dados temáticos do território nacional, destacando a pedologia, com o objetivo de fornecer subsídios indispensáveis aos estudos voltados para Diagnósticos Ambientais e Zoneamentos Ecológico-Econômicos.

ANDRADE (1988) estudou as possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. O autor concluiu que um dos principais produtos que podem ser obtidos através de imagens deste satélite, é a atualização de cartas topográficas. Salienta ainda que, as imagens SPOT podem ser consideradas como poderosa ferramenta para atualização de cartas topográficas, para serem utilizadas em diversos estudos temáticos, principalmente nas escalas 1:100.000 e 1:50.000.

GEWANDSZNAJDER (1988) enfatiza o êxito do Sensoriamento Remoto Orbital a nível operacional na cartografia temática. Segundo o autor, o desenvolvimento dos sistemas de informações geográficas, a análise automática de imagens e as possibilidades de obtenção de

cartas-imagens de satélites, são fatores que demonstram ótimas perspectivas futuras na atualização de dados para cartografia temática.

BOGO (1988) empregou uma metodologia alternativa através da compilação de dados e a utilização de produtos orbitais para gerar mapas temáticos. Segundo o autor a metodologia proporciona um grande avanço na geração de mapas temáticos de maneira rápida, eficiente e a custos reduzidos.

GUNIN e VOSTOKOVA (1995) declaram que para estudar problemas de proteção da natureza e manejo racional do meio ambiente, informações precisas e atualizadas sobre o estado dos ecossistemas são requeridas. Cada informação, tanto qualitativa quanto quantitativa, são apresentadas na forma de mapas temáticos. Uma boa experiência em compilação de mapas deste tipo utilizando-se imagens orbitais, cobrindo territórios de estados inteiros até níveis locais, tem sido adquirida na Mongólia, a qual é considerada um modelo para a Ásia Central. Os autores fizeram experiências em compilação de mapas contendo dados sobre a dinâmica dos processos de desertificação, nas escalas de 1:1.000.000, 1:200.000 e 1:50.000. A experiência de compilação de mapas em vários níveis territoriais e diferentes escalas, usando informações de sensores orbitais, mostrou-se interessante não apenas para países vizinhos mas também para outras regiões sob condições ambientais diferentes.

HARDY e WRIGHT (1995) descreveram diversas técnicas de atualização cartográfica. Segundo os autores a atualização em meio digital pode ser de dados “raster”, vetoriais ou híbridos (“raster”/vetoriais). No caso da atualização de dados vetoriais, as principais técnicas descritas pelos autores foram: edição diretamente no monitor ou através de mesa digitalizadora; edição usando dados “raster”, digitalizados através de scanners, como “pano de fundo”; edição usando imagens de sensoriamento remoto como “pano de fundo”.

BALTSAVIAS *et al.* (1995) demonstraram o potencial de utilização de ortoimagens digitais para atualização e revisão de mapas na escala 1:50.000. Os autores relatam que do ponto de vista técnico esta metodologia facilita a detecção de mudanças e asseguram uniformidade e precisão na geração do mapa. Do ponto de vista operacional, comentam que a técnica reduz significativamente o tempo para realizar a atualização quando comparado com os métodos analógicos, além de facilitar o processo de controle de qualidade.

OSOKIN e GURJEVA (1995) descreveram um processo de compilação de mapas de fenômenos glaciais em quatro estágios. O primeiro estágio envolve o agrupamento de informações sobre os fenômenos glaciais em áreas específicas. O segundo estágio consiste na compilação baseada nos mapas das feições individuais obtidas na primeira fase. O terceiro estágio compreende a regionalização territorial de acordo com o grau do potencial de impacto nas atividades humanas. Finalmente, o quarto estágio consiste na combinação da distribuição natural dos fenômenos glaciais e sua regionalização. Os autores concluíram que, o método de agrupamento de informações de fenômenos naturais permite a compilação de mapas de qualquer área em várias escalas, e que mapas deste tipo podem ser usados tanto para pesquisa como para aplicações práticas.

DESJARDINS, MORENO e GARCIA (1995) aplicaram a tecnologia de sistemas de informações geográficas para atualizar e gerar mapas temáticos no leste da província de Tucumán na Argentina. O objetivo do processo é realizar análises espaciais da paisagem rural nesta província, que tem sofrido uma profunda transformação, nas últimas décadas, devido ao avanço da fronteira agropecuária.

FABBRI (1992) relatou o método de atualização de cortes de floresta e queimadas empregado no Canadá. A autora comenta que atualmente, atualizações visuais são obtidas pela interpretação de imagens digitais do Landsat TM diretamente no monitor. Relata ainda que,

desta forma, os métodos de atualização estão produzindo uma diminuição na demanda dos mapeamentos para inventários florestais nas escalas 1:10.000 e 1:20.000.

MARBLE (1987) incluiu a implementação de métodos de atualização de dados como uma das principais necessidades de pesquisa na área de sistemas de informações geográficas. O autor relatou que o desenvolvimento contínuo de métodos de atualização é de suma importância para a integridade da base de dados e para a manutenção da confiança do usuário em dados espaciais manipulados digitalmente. Nestes casos, a utilização de dados de sensoriamento remoto pode ser de valor substancial.

ROCHA e SCHMIDLIN (1996), utilizaram técnicas de geoprocessamento, enfatizando a integração entre sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, na compilação e atualização de mapas de solos. Demonstraram que é possível a obtenção da atualização e do ajustamento adequado das unidades de mapeamento de solos, aplicando-se a tecnologia do geoprocessamento em conjunto com trabalhos de campo.

STRELNIKOV (1996) descreveu uma metodologia de compilação de mapas geológicos estaduais na Rússia, na escala 1:200.000, empregando-se tecnologia SIG e métodos de levantamentos por sensoriamento remoto. O autor considera a utilização das técnicas de sensoriamento remoto extremamente importantes para os complexos métodos de levantamentos e compilação de mapas geológicos. Uma das formas de utilização de materiais de sensoriamento remoto na compilação de mapas geológicos, segundo STRELNIKOV, é o emprego das imagens orbitais como um dos tipos de materiais cartográficos iniciais, sobre os quais a compilação do mapa é baseada. O uso de métodos de sensoriamento remoto neste caso é determinado pelo caráter informativo das imagens que são interpretadas, revelando certos elementos de estruturas geológicas, que serão representados no mapa. Concluindo, o autor relata que este sistema tecnológico que incorpora a análise integrada de materiais de

sensoriamento remoto e dados geológicos, sua correlação mútua e a precisão dos resultados obtidos em todos os estágios do processo de compilação dos mapas, proporciona produtos cartográficos de caráter informativo e de alta qualidade.

## **2.2 Utilização de Imagens Orbitais em Estudos de Solos**

Fotografias aéreas da superfície terrestre têm sido utilizadas como uma ferramenta para estudos de solos desde 1929. A partir de julho de 1972, estão disponíveis imagens da terra obtidas pelo satélite ERTS - Earth Resources Technology Satellite (agora denominado Landsat). Segundo WESTIN e FRAZEE (1976), cinco características das imagens Landsat justificam seu uso em programas de estudos de solos: 1) cada cena recobre uma grande área que possibilita uma visão sinóptica das associações de solos; 2) as imagens tomadas do satélite são quase ortogonais, assim sendo, as imagens podem ser unidas umas as outras com muito pouca distorção, possibilitando a construção de mosaicos de alta qualidade; 3) a repetitividade de observações do satélite permite a seleção da melhor data no ano indicada para estudos de solos; 4) a gravação das imagens em partes distintas do espectro eletromagnético, permite uma maior variabilidade nas composições coloridas, incrementando a interpretação nos estudos de solos; 5) dados digitais relativos à reflectância espectral são utilizáveis na quantificação de informação das cenas.

WESTIN e FRAZEE (1976) utilizaram composições coloridas do Landsat MSS para produzir um mapa geomorfológico com ênfase em solos de uma área de 400.000 ha. Regiões com características fotográficas similares foram delineadas sobre as composições coloridas em uma mesa de luz e o apoio de campo foi efetuado por uma equipe de especialistas de solos e

geologia. A composição colorida foi adequada para delinear a maioria dos limites entre as regiões fisiográficas.

AGBU, FEHRENBACHER e JANSEN (1990) afirmam que apesar do perfil do solo não poder ser avaliado nas imagens de sensoriamento remoto, características das feições da superfície terrestre que são indicativos das condições superficiais e subsuperficiais que podem ser analisadas. Desde 1970, cientistas vêm explorando métodos de incorporação de dados de satélite em programas de estudos de solos para o delineamento de limites de solos. Devido aos dados multiespectrais do satélite denotarem mudanças que colaboram na locação de unidades de mapeamento, eles prometem muito para estudos de solos e planejamento de uso da terra.

SANTOS, MENINO e FERNANDES (1990) utilizaram imagens TM/Landsat 5 para obtenção do mapa de reconhecimento de alta intensidade de solos na escala 1:100.000 da folha de Itaporanga no Estado da Paraíba. Estes autores utilizaram métodos de interpretação visual das imagens, onde foram analisados os elementos de fotointerpretação: tonalidade, textura, drenagem, vegetação, relevo e uso da terra. Os autores desenvolveram a maior parte do trabalho na banda 4, por ser esta a que contribuiu mais significativamente na identificação dos critérios de fotointerpretação, apresentando maior precisão e confiabilidade na delimitação das diferentes unidades de mapeamento. Concluíram ainda que a banda 4 oferece resultados satisfatórios em consequência do elevado contraste dos elementos da paisagem.

COSTA *et al.* (1993) utilizaram imagens do satélite SPOT-HRV na identificação de unidades de solos em parte da Chapada da Ibiapaba - CE. Estes autores empregaram as bandas 1, 2 e 3 em forma de composição colorida 1R2G3B, realçadas por modificação histogrâmica (realce linear de contraste), para realizar a interpretação através da projeção das imagens na forma de slides sobre uma base cartográfica na escala 1:50.000. Para a separação das unidades de solos, levaram em consideração fatores como: textura e tonalidade fotográficas, padrão,

grau de integração e grau de uniformidade da drenagem e padrão, grau de dissecação e linha de crista do relevo (DONZELI *et al.*, 1983). Segundo COSTA *et al.* (1993) é possível o emprego de imagens orbitais do satélite SPOT na separação de unidades de solos em levantamentos generalizados, mapeando-se no nível de generalização taxonômica de grande grupo.

Aplicando metodologia semelhante à COSTA *et al.* (1993), LEITE *et al.* (1993) empregaram as bandas 7, 4 e 3 do satélite LANDSAT TM5, na composição colorida 7R4G3B, em estudos de solos da folha SB-24-Y-B-III-3 - Iguatu-CE. Concluíram, entre outras, que em imagens LANDSAT TM5, padrões de investigação convencionais podem assumir maior importância como feições tonais e texturais, permitindo a identificação dos solos Vertissolos e Aluvionais.

Em uma área piloto para teste de metodologia no município de Jaurú - MT, MOREIRA *et al.* (1993) aplicaram técnicas de sensoriamento remoto orbital no levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras. Os autores executaram o trabalho em três fases: interpretação preliminar, coletas de campo e interpretação final. Foram empregadas imagens de radar (RADAMBRASIL) e imagens de satélite LANDSAT TM5, bandas 3, 4, 5 e 7, na escala 1:100.000. A interpretação preliminar considerou o padrão de drenagem, relevo, textura e tonalidade fotográfica na delimitação das unidades fisiográficas espectralmente homogêneas que se constituiu no mapa preliminar de solos. Na segunda fase do trabalho foi elaborada a legenda preliminar observando-se as relações solo-relevo-vegetação, e foram coletadas amostras em perfis representativos. Com os resultados laboratoriais das amostras e demais informações de campo elaboraram a verificação final e a produção dos mapas. Os autores obtiveram a melhor caracterização das unidades fisiográficas com a banda 7 e imagens de radar onde a variação do relevo associada à textura

fotográfica distingue mais claramente as unidades de mapeamento. Os resultados mostraram que o uso de imagens LANDSAT TM5 permitiu a distinção inicial de algumas variações pedológicas, em relação à fertilidade e à quantidade de cascalho no horizonte superficial.

ROCHA *et al.* (1993) utilizaram imagens LANDSAT TM5 e fotointerpretação em levantamento de solos na porção sul de tombamento da Serra do Mar - PR. Após o tratamento das imagens através de ampliação linear de contraste, estas foram interpretadas diretamente no monitor do computador, empregando-se o método de análise de elementos (BURINGH, 1960) adaptado para análise de imagens. Os elementos selecionados para a realização do estudo foram: tipo de terreno, relevo, condições de drenagem, padrão de drenagem, vegetação natural/uso do solo, cor (tonalidade, padrão e textura). As bandas selecionadas foram 3, 4 e 5 na composição colorida 5R4G3B. Segundo os autores o emprego de análise de elementos utilizando imagens LANDSAT TM5 apresentou elevada integração de dados quando comparado com o levantamento convencional de solos na escala 1:100.000. Concluíram ainda que os níveis de cinza, empregados de forma acessória, forneceram informações adicionais para a definição de subunidades dentro das unidades fisiográficas, particularmente na diferenciação entre vegetação com portes e densidades diferentes relacionadas a ocorrência de solos rasos ou profundos e com presença ou ausência de pedregosidade e/ou rochiosidade.

Estudando a potencialidade do emprego de imagens orbitais LANDSAT e de RADAR na delimitação de padrões fisiográficos aplicados a solos, DONZELI *et al.* (1983) comprovaram a compatibilidade destas imagens na escala 1:250.000 com a definição de unidades de mapeamento de solos a nível de reconhecimento com detalhe. Comprovaram ainda que existe uma estreita correlação entre o mapeamento de unidades fisiográficas por fotointerpretação e o mapeamento de solos convencional a esse nível.

KOROLYUK e SHCHERBENKO (1995) elaboraram um método de interpretação de imagens LANDSAT MSS para estudos de solos baseado em classificações de mapas obtidos por análises de cluster e curvas espectrais e sua interpretação com apoio em mapas temáticos e dados de campo. A aplicação do método possibilitou a obtenção de mapas de solos territoriais e um incremento significativo nas informações sobre a regularidade geográfica da distribuição dos solos.

DUBUCQ *et al.* (1991) usaram dados do SPOT HRV e modelo digital de terreno na identificação e cartografia de superfícies de erosão de solos em Lauragais - França. Os autores comentam que os tipos de solos presentes em uma imagem não podem ser delimitados apenas com base em critérios radiométricos, tanto por causa dos tipos de solos estarem distribuídos em um corpo contínuo como por aparecerem em feições completamente diferentes na paisagem. Afirmam que o uso de dados auxiliares para distinguir tipos de solos ou implementar sua representação cartográfica é importante na interpretação de dados de satélite.

BISWAS e SINGH (1991) relatam a grande eficiência na utilização de dados do Thematic Mapper para avaliação de recursos de solos e do terreno. Estes autores empregaram análise visual de imagens em composições coloridas falsa cor (bandas 2, 3 e 4) na escala média 1:250.000 para mapear parte do platô de Malwa - Índia, totalizando uma área de 340.000 ha. Concluíram que o grau de resolução das imagens, contendo dados distintos e detalhados, tornou possível o mapeamento eficiente e acurado de solos (em associações de subgrupos), fisiografia, uso do solo e terras de refúgio, em um curto período de tempo.

RAHMAN e ONSI (1996) demonstraram as capacidades do emprego de dados LANDSAT TM e sistemas de informações geográficas no mapeamento de solos da região de El-Hasana - Egito. Os autores aplicaram interpretação visual das imagens realçadas por filtragens e análise por componentes principais, combinando com apoio de campo, para

produção de um mapa de consociações de solos na escala 1:100.000. As unidades de mapeamento foram predominantemente baseadas nas características dos solos, geomorfologia e uso da terra.

IMHOFF *et al.* (1982) exploraram técnicas de sobreposição de informações cartográficas em imagens LANDSAT MSS em meio digital para levantamentos de solos em uma área de 112.500 ha no centro-oeste de Utah - Estados Unidos. Entre outras eles testaram a hipótese de que mapas temáticos espectrais ou imagens realçadas podem ser geradas de tal forma que contenham padrões representando várias feições do terreno, como rugosidade, presença de fragmentos de rocha, ou cobertura vegetal. Segundo os autores, estes mapas temáticos podem ser usados no processo manual de levantamento para implementar a velocidade e acuracidade na delimitação das unidades de solos. Além disso, foram testados métodos de sobreposição de dados auxiliares digitalizados na forma de linhas, pontos e símbolos, em imagens digitais LANDSAT, visando implementar a interpretabilidade das mesmas. Como um dos resultados foi reconhecida a capacidade dos dados LANDSAT na detecção da presença de inclusões de mapeamento, como áreas com extrema rochividade ou presença de textura arenosa dentro de uma unidade de mapeamento mais homogênea.

BOGNOLA *et al.* (1997) utilizaram mosaicos semicontrolados de radar na escala 1:250.000 e imagens LANDSAT TM5, bandas 2, 3 e 4 na escala 1:100.000 e 1:250.000 para executar o levantamento pedológico ao nível de reconhecimento de média intensidade do Estado do Tocantins. Os resultados constituídos por 25 quadriculas de mapas de solos foram editados em sistemas de informações geográficas.

SOUSA *et al.* (1997) avaliaram diversas técnicas de processamento digital de imagens LANDSAT TM como suporte à identificação de unidades de mapeamento de solos em uma região a noroeste da cidade de Campinas - São Paulo. Foram empregadas no desenvolvimento

dos trabalhos as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Com a sobreposição das linhas de solos extraídas através de digitalização da carta de solos existente na escala 1:100.000, os autores verificaram que as melhores composições coloridas que permitiram associar as feições das imagens com os solos da área de estudo foram 7R5G2B e 7R5G3B.

NANNI e ROCHA (1995) utilizaram técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto associadas a análise de agrupamentos na delimitação de unidades fisiográficas para estudos de solos. Baseados na metodologia desenvolvida por ROCHA (1993), os autores empregaram uma matriz de dados obtida pela análise quantitativa da rede de drenagem superficial, da declividade e dos níveis de cinza extraídos das bandas 3, 4, 5 e 7 do TM Landsat, para a delimitação mais precisa de unidades fisiográficas através de uma interpretação sobre imagens HRV Spot. Os resultados demonstraram que, através do emprego da metodologia de análise de agrupamentos e construção de “pictogramas guias”, tais unidades podem ser delimitadas com grande redução da subjetividade do fotointérprete.

### **2.3 Integração de Dados Através de Transformação IHS**

De acordo com CROSTA (1992) o espaço de cores conhecido por IHS (do inglês Intensity, Hue e Saturation) é uma forma alternativa ao espaço RGB de representação de cores. No espaço IHS, as cores são definidas por três atributos, ao invés de três quantidades de cores primárias. Esses atributos são: intensidade, matiz e saturação. Esses atributos podem ser analisados e manipulados individualmente, ao contrário do sistema RGB, onde eles são intrinsecamente interligados. Eles descrevem a formação de cores de uma maneira muito mais próxima àquela pela qual o sistema visual humano as percebe e, devido a isso, o sistema IHS apresenta vantagens nítidas em relação ao sistema RGB. **Matiz** de um objeto é a medida do

comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo portanto a cor do objeto. **Intensidade** é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, sendo portanto responsável pela sensação de brilho dessa energia incidente sobre o olho. **Saturação**, ou pureza, expressa o intervalo de comprimentos de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida; um alto valor de saturação resulta em uma cor espectralmente pura, ao passo que um baixo valor indica uma mistura de comprimentos de onda, que irá produzir tons-pastéis (apagados). O espaço IHS pode ser graficamente representado como um cone. A relação espacial entre o espaço RGB e o IHS é mostrada na figura 1.

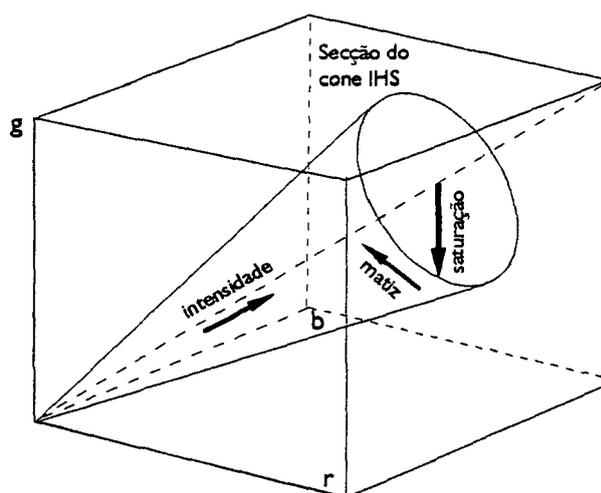


Figura 1. Diagrama esquemático mostrando a relação entre os espaços IHS e RGB; o cone representando o espaço IHS possui uma origem comum com os eixos r, g, b. O ápice do cone IHS representa a cor preta, enquanto o seu eixo coincide com o eixo acromático. A intensidade aumenta em sentido contrário ao do ápice. Uma secção circular do cone mostra a variação de matizes ao redor do perímetro. A saturação de matizes aumenta para fora do centro, passando de cinza para tons pastéis e destes para matizes espectrais puros. (Adaptado de CROSTA, 1992).

O sistema IHS utiliza coordenadas cilíndricas polares para representar as cores, ao invés de coordenadas cartesianas como o sistema RGB. A distância de um ponto até a origem ou ápice do cone representa a **intensidade** ou **brilho**. A distância radial do ponto até o eixo

central do cone representa a **saturação** da cor. O **matiz** é representado como uma seqüência radial ao redor dos círculos de saturação e do eixo de intensidade; embora o matiz varie na prática de 0 a 255 níveis de cinza (NC), devido às características das imagens digitais, seu valor representa na verdade um ângulo que varia de 0 a 360°, sendo que 0° significa a cor verde (NC = 0), 120° representa o vermelho (NC = 85), 240° é a cor azul (NC = 170) e 360° é o verde novamente (NC = 255). Por serem independentes, esses três parâmetros podem ser analisados e modificados separadamente, para melhor se ajustar as cores às características do sistema visual.

Do ponto de vista de JUDD e WYSZECKI, 1975<sup>1</sup> e LILLESAND e KIEFER, 1987<sup>2</sup> citados por CARPER *et al.*, 1990, Intensidade, matiz e saturação referem-se a parâmetros da percepção humana das cores. Intensidade, ou valor Munsell (MUNSELL, 1971<sup>3</sup> citado por CARPER *et al.*, 1990) refere-se ao brilho total da cor. CARPER, LILLESAND e KIEFER (1990) comentam ainda que matiz genericamente refere-se a média dominante de comprimento de onda de luz que contribui para formação da cor. Quando aplicado no “display” de dados em um monitor RGB, matiz pode ser descrito em uma escala circular progredindo do vermelho passando pelo verde e azul e retornando ao vermelho (figura 2). A matiz de um pixel pode ser determinada pela proporção relativa de suas entradas vermelho, verde e azul. Saturação especifica a pureza de uma cor em relação ao cinza. Cores vivas são mais saturadas do que cores pálidas, enquanto que cores pastéis possuem saturação menor. Muitos algoritmos de transformação IHS tem sido desenvolvidos para converter valores RGB em parâmetros de percepção humana de cores e vice-versa.

---

<sup>1</sup> JUDD, D. B.; WYSZECKI, G. **Color in business, science and industry**. Wiley, New York: 1975, 3<sup>rd</sup> ed.

<sup>2</sup> LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. Wiley, New York: 1987, 2<sup>nd</sup> ed., 708 p.

<sup>3</sup> MUNSELL, A. H. **A Color Notation**. Baltimore, Maryland: Munsell Color Company, 1971.

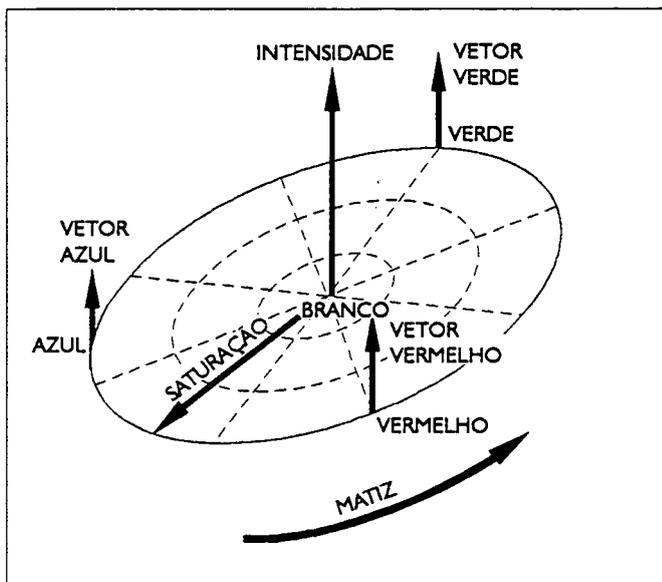


Figura 2. Ilustração dos componentes do sistema IHS. (CARPER *et al.*, 1990).

CARPER, LILLESAND e KIEFER (1990) utilizaram a transformação IHS para fundir imagens pancromáticas e multiespectrais do satélite SPOT, visando aumentar a resolução espacial e a interpretabilidade destas últimas. Os resultados foram avaliados através do estudo das correlações entre as bandas multiespectrais originais, pancromática original e as bandas multiespectrais resultantes do processo de fusão.

PINTO (1991) utilizou a técnica de transformação IHS para hibridar imagens multiespectrais do sensor Landsat TM com a banda pancromática do SPOT HRV. Os produtos resultantes na forma analógica e digital foram utilizados para obtenção de dados referentes ao uso da terra e identificação de feições resultantes dos processos de erosão do solo.

O mesmo procedimento de transformação IHS foi empregado por HARRIS e MURRAY (1990) na integração de dados de radar com outras informações remotamente sensoriadas. Os autores utilizaram três tipos relacionados de transformação IHS, um baseado em modelo matemático esférico e os demais em transformações cilíndricas. A banda X de um radar aerotransportável (Intera Kenting) foi integrada com quatro diferentes tipos de dados:

imagens do Landsat TM; dados geofísicos obtidos por sensor aerotransportável; dados temáticos incluindo mapas geofísicos e produtos de classificações automáticas derivados de sensores remotos; e, dados do próprio radar obtidos em datas diferentes para detecção de mudanças no uso do solo.

CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990) utilizaram a Transformação IHS na integração de dados de modelos numéricos de terreno e imagens de satélite. Os autores comentam que outras informações referentes à mesma região abrangida por uma imagem de satélite, como altimetria por exemplo, poderiam enriquecer o conteúdo de informação da imagem bem como facilitar sua interpretação. Para que isto seja possível, as imagens de satélite e as informações de altimetria devem ser integradas a um mesmo referencial cartográfico. Desta forma, duas operações preliminares devem ser realizadas: registro da imagem com uma base cartográfica; geração de um modelo numérico de terreno (MNT) a partir de um mapa topográfico, compatível com a imagem de satélite (correspondência ponto a ponto) e no mesmo referencial cartográfico. Neste sentido, os autores integraram uma imagem de satélite e um MNT em uma única base de dados. A imagem de satélite com três bandas - R, G e B (cada uma associada a uma das cores primárias: vermelho, verde e azul) foi transformada para o espaço de cores IHS, gerando três novas bandas - I, H e S. A banda I foi mantida, H foi substituída pelo MNT e S substituída por uma banda de valor constante. A nova composição assim obtida, foi inversamente transformada para o espaço de cores original, gerando novas bandas RGB. Observando a composição colorida das bandas resultantes R, G e B, os autores verificaram que a imagem obtida manteve suas características de brilho e textura, mantendo portanto sua informação original. Por outro lado, verificaram um ganho quanto a informação de altimetria que foi observada pelas cores da imagem, podendo-se verificar a variação do espectro de cores com a mudança na altitude.

ROCHA (1993) empregou composições coloridas provenientes de técnicas de transformação IHS, filtragens e componentes principais como acessórios para realização de interpretações na integração de dados através de análise de agrupamentos e interpretação de imagens orbitais para levantamento de solos.

ROCHA *et al.* (1994) utilizaram processos de realce de imagens orbitais por componentes principais e transformação IHS. Foram geradas diversas composições coloridas, as quais foram analisadas e testadas no sentido de se eleger a melhor composição para implementar a interpretação das imagens e melhorar a definição das unidades de mapeamento de solos na região da Serra do Canavieiras e Serra da Igreja - Serra do Mar - PR.

ROCHA *et al.* (1995) aplicaram a transformação IHS para integrar dados de modelo numérico de terreno com imagens de satélite e mosaico de fotografias aéreas. Os autores desenvolveram um método de interpretação de produtos de sensoriamento remoto para estudos de solos em duas fases. A primeira fase de interpretação foi efetuada através de métodos convencionais de fotointerpretação, enquanto que os produtos gerados pelas composições coloridas após o realce por componentes principais e a transformação IHS foram empregados na segunda fase. Os resultados obtidos com a combinação de duas fases de interpretação mostraram um melhor ajuste das unidades de mapeamento de solos além de uma representação cartográfica mais adequada.

WATRIN e VALÉRIO FILHO (1994) empregaram técnicas de transformação IHS na caracterização de feições espectrais de paisagens agrícolas no leste da Amazônia. Os autores testaram diversos tipos de realce das componentes I, H e S após conversão da composição colorida TM4-R/TM5-G/TM3-B. Após o retorno para o espaço original de cores RGB, foram gerados produtos fotográficos que, avaliados no campo, observou-se a relação entre as características espectrais realçadas e os padrões de cobertura vegetal e uso do solo.

Concluíram que os produtos gerados possuem uma boa performance no reconhecimento das diferentes formações fitofisionômicas na região e uma moderada limitação na discriminação precisa de outras classes de uso do solo.

CARMELHO e CARVALHO (1993) aplicaram diversas técnicas de realce de imagens para discriminação litológica no Greenstone Belt de Crixás - GO. Os autores utilizaram técnicas de transformação IHS em duas combinações de bandas originais - 5R3G1B e 5R4G3B. Após a transformação IHS os autores aplicaram o realce linear de contraste apenas nas componentes I e H. As composições produzidas se apresentaram com forte impacto visual entre a estrutura sinclinal do greenstone e os terrenos granito-gnáissicos adjacentes.

BENTZ *et al.* (1994) realizaram diversos estudos avaliando a integração de dados geofísicos, topográficos e estruturais sísmicos através de transformação IHS. As composições geradas revelaram importantes feições estruturais e mostraram relações entre os diferentes tipos de dados.

FERREIRA (1995) empregou a técnica de transformação IHS para fundir imagens do LANDSAT TM5 (bandas 3, 5 e 7) com imagem do SPOT HRV (banda pancromática) e utilizou o resultado em estudos de erosão de solos em ambiente de sistemas de informações geográficas.

SOUSA *et al.* (1997) realizaram a transformação IHS em imagens do LANDSAT TM5, na composição colorida 7R5G2B. As imagens geradas na forma de composições coloridas RGB foram submetidas à avaliação de suas contribuições na identificação das feições associadas aos diferentes solos através da sobreposição dessas imagens com a carta de solos da área de estudo.

RIBEIRO (1997) aplicando técnicas de geoprocessamento em estudos de solos no município de Palotina - PR, utilizou a transformação IHS para integrar imagens orbitais,

mosaicos de fotografias aéreas e modelo numérico de terreno (MNT). O processo de integração permitiu a criação de uma imagem (composição colorida) com características próprias, possibilitando uma interpretação de solos mais acurada.

## **2.4 Integração de Dados em Sistemas de Informações Geográficas**

É freqüentemente observado que o elemento que distingue os sistemas de informações geográficas de outras formas de atividades de manipulação espacial de dados, tal como cartografia automatizada e sensoriamento remoto, é a ênfase na análise (BURROUGH 1986<sup>4</sup>, COWEN 1987<sup>5</sup>, citados por GOODCHILD, 1987). Apesar de ser clara a grande variação na capacidade de um sistema para outro, a habilidade para integrar e manipular dados espaciais em diferentes formas e de extrair informações adicionais desses dados é o centro atual das atenções voltadas para a tecnologia de sistemas de informações geográficas (GOODCHILD, 1987).

Para a solução de problemas complexos em áreas relacionadas a monitoramento ambiental, geologia, solos, mapeamento, planejamento rural, e outros, muitas vezes as informações de sensoriamento remoto devem ser complementadas com outros tipos de informações, tais como, dados de mapeamentos e de modelos numéricos de terreno (MNT). Os sistemas de informações geográficas – SIG's, são bancos de dados, que permitem a entrada, armazenamento, recuperação, manipulação e análise dos dados (informações digitais) georreferenciados, associados a uma região, provenientes de imagens, mapas e MNT's. Além

---

<sup>4</sup> BURROUGH, P. A. **Principles of Geographic Information Systems for land resources assessment.** Oxford:1986. Monographs on Soil and resources survey, nº 12. Oxford University Press.

<sup>5</sup> COWEN, D. J. Computer mapping vs. GIS: implications for applied geography. **Papers and Proceedings of Applied Geography Conferences.** 1987, 10, 43.

disso, tais sistemas fornecem ferramentas computacionais que permitem analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema (FELGUEIRAS *et al.*, 1990).

PEREIRA FILHO (1988) utilizou integração de dados em sistemas de informações geográficas para criar uma metodologia que possibilitou o estudo do comportamento ambiental da região do “entorno” do reservatório da hidrelétrica Tucuruí. O autor utilizou imagens orbitais para estudar, em sub-bacias hidrográficas, os fatores abióticos - geomorfologia (dissecação) e solos (textura); e o fator biótico – desmatamento entre 1979 e 1987. A abordagem metodológica de integração de dados das sub-bacias e a forma de interação destes fatores exposta pelo autor, identificou sub-bacias representativas das diversas situações ambientais, permitindo uma melhor compreensão das condições ambientais da região estudada. O autor comenta ainda que o uso de sistemas de informações geográficas aliado às técnicas de sensoriamento remoto, representou um caminho simples e eficiente para estudos de monitoramento ambiental por satélite de recursos naturais.

WALSH *et al.* (1990) integraram dados de imagens tratadas do Landsat TM e modelos numéricos de terreno através de um sistema de informações geográficas para um melhor entendimento do processo hidrológico em área de topografia complexa e rugosa. No ambiente de sistemas de informações geográficas, os autores integraram mapas digitais geológicos e hidrológicos com ângulo da vertente, aspecto da vertente e elevação do modelo numérico de terreno e as imagens realçadas do Landsat TM. Concluíram que, a sobreposição e integração de dados no sistema de informações geográficas incrementou o poder de interpretação e análise dos dados, além de validar as diversas técnicas de realçamento de imagens utilizadas na interpretação visual.

Dados de sensoriamento remoto têm sido, e provavelmente continuarão sendo, a maior fonte de dados para muitos sistemas de informações geográficas (TOWNSHEND e JUSTICE, 1981<sup>6</sup>; CURRAN, 1984<sup>7</sup>; citados por FOODY, 1988). Frequentemente os dados de sensoriamento remoto são usados indiretamente, com informações sobre temas específicos extraídas das imagens (FOODY, 1988).

JANSSEN *et al.* (1990), realizaram estudos de integração de dados topográficos com dados de sensoriamento remoto em sistemas de informações geográficas para aumentar as possibilidades de obtenção de mapas de uso do solo em escalas regionais na Holanda. Segundo os autores, cada vez mais uma grande quantidade de dados geográficos estão sendo armazenados em sistemas de informações geográficas. Esses dados do SIG podem ser utilizados no processamento de imagens de sensoriamento remoto. Por outro lado, as imagens de sensoriamento remoto deverão ser aplicadas no armazenamento e atualização de dados no SIG.

FABBRI (1992) comenta que, muitas discussões estão sendo publicadas sobre a especial relação do sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas e sobre os processos de integração que combinam o poder de ambas tecnologias. Segundo FABBRI, atualmente a maior e extremamente vasta área de pesquisa é a aplicação destas tecnologias para problemas ambientais. A autora, elaborando uma revisão sobre questões interdisciplinares envolvendo sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e meio ambiente, enumerou algumas questões relacionadas à integração digital de dados: - como desenvolver um mecanismo para relacionar dois ou mais “layers” de um grupo de dados múltiplos?; - como

---

<sup>6</sup> TOWNSHEND, J.; JUSTICE C. Information extraction from remotely sensed data. A user view. *International Journal of Remote Sensing*. 1981, 2, p. 313-329.

<sup>7</sup> CURRAN, P. J. *Geographic information systems*. 1984, Area, p. 153-158.

armazenar os conhecimentos em um SIG?; - quais os formatos, hipóteses e precisões implícitos no dado?; - como transformar dados de uma mapa para generalização?; - como fazer do computador uma ferramenta amigável?; - quanto eficiente são as várias técnicas disponíveis para análise espacial de dados?; - o que um SIG ideal deve fazer?; - qual é a experiência ou conhecimento apropriado para manipulação de sistemas de informações geográficas?; - como deveria ser modificado ou adaptado o currículo acadêmico para SIG? Em seu trabalho a autora descreve quatro diferentes aplicações temáticas de integração de dados que representam as necessidades interdisciplinares das aplicações ambientais modernas do sensoriamento remoto e SIG.

De acordo com FERREIRA e MATTOS (1990), a evolução tecnológica na obtenção de dados pelos sistemas de sensoriamento remoto vem gerando um elevado volume de dados sobre a superfície e sub-superfície terrestre. A utilização efetiva dessa grande quantidade de dados em levantamentos geológicos é dificultada pela multiplicidade (naturezas distintas) dos mesmos, fornecidos por diversas fontes, que em muitas vezes encontram-se em diferentes formatos, escalas e resoluções espaciais, tornando extremamente complexo os processos de interpretação e integração de dados de maneira eficiente. Com o surgimento dos sistemas de informações geográficas, através da implementação de sistemas computacionais para aplicações gráficas e de processamento de imagens, tornou-se possível a integração dessas informações de maneira eficiente obtendo-se melhores resultados. Estes autores descreveram uma metodologia de integração de dados geológicos, geofísicos e imagens Landsat TM na região de Pontes e Lacerda, utilizando-se um sistema de informações geográficas – SGI (INPE). Algumas das considerações importantes estabelecidas pelos autores foram: - as técnicas computacionais de integrações de dados possibilitam uma multiplicidade de maneiras de se tratar e apresentar informações geológicas; - um dos pontos mais críticos dos SIG's é a

entrada de dados, daí a importância da compatibilização de dados que já se encontram em formatos digitais com o sistema SGI/SITIM do INPE; - a grande quantidade de dados e sua manipulação torna-se um pouco problemática, visto o sistema estar desenvolvido em microcomputador, dificultando a elaboração de um trabalho sistemático. Os autores observaram que o método de integração computacional de dados, aliado às técnicas de processamento de imagens, permitiu processar com rapidez um grande volume de dados existentes na área de estudo, auxiliando o processo de refinamento e análise geológica.

BEST e WESTIN (1987) utilizaram sistemas de informações geográficas no manejo de solos e áreas rurais. Os autores comentaram que uma das vantagens dos SIG's em relação aos outros sistemas computadorizados é a habilidade de manter a integridade espacial do dado de entrada. O sistema foi empregado para integrar mapas de solos, uso da terra (interpretado de imagens Landsat), classes de capacidade de uso da terra e relevo, demonstrando que os SIG's podem ser usados operacionalmente para gerar informações quantitativas na determinação da magnitude de problemas associados à erosão e para produzir mapas indicativos do potencial de produtividade das áreas rurais e dos solos.

WALSH (1987) relata que com o uso de sistemas de informações geográficas no manejo de recursos naturais, pessoas responsáveis pelo planejamento podem correlacionar dados topográficos e de cobertura da terra com uma variedade de parâmetros ambientais relacionados com certos indicadores tais como: escoamento superficial, rede de drenagem e configuração do terreno. Isto permite que, dados originados de diversas fontes, como qualidade da água por exemplo, sejam integrados em um sistema capaz de combinar e cruzar dados elementares com informações georreferenciadas como mapas convencionais, imagens Landsat, e dados tabulares obtidos no campo. O autor enfatiza as tecnologias de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, destacando a capacidade em

analisar grandes e pequenas áreas, integrando numerosas variáveis no processo de avaliação e a facilidade de atualização da base de dados.

ASSAD (1993)<sup>8</sup> citado por RIBEIRO (1997), utilizou sistemas de informações geográficas na integração de dados para avaliação da aptidão agrícola de terras. Destacou a vantagem do sistema devido a redução da subjetividade embutida em operações de cruzamento manual, rapidez nas operações e a possibilidade de obtenção de tantos mapas temáticos quanto permitirem as variáveis disponíveis, além da facilidade de atualização e aperfeiçoamento dos diagnósticos feitos a partir da introdução de novos dados na base cartográfica armazenada na forma digital.

DANGERMOND (1989) concluiu que os sistemas de informações geográficas estão se tornando uma ferramenta que pode manter interface com muitas outras tecnologias; tais como: tecnologia CAD ("computer-aided drafting"); informações de sensoriamento remoto; base de dados tabulares contendo descrições de feições geográficas; tecnologia de fotografias digitais; tecnologia de vídeo e disco laser; sistemas de processamento de dados (editores de texto); sistemas de informações de endereços; sistemas de modelagem de terreno; sistemas de gravações legais; mapas manuais em vários tamanhos, formas, formatos, escalas, transformações, projeções, etc. Fazer a interface com todos esses diversos tipos de dados não é uma operação de conversão simples. Uma variedade de programas e procedimentos são necessários para colocar a informação num formato de sistema de informações geográficas consistente e integrado.

Planejamento e desenvolvimento regional são normalmente vistos pelos planejadores como um problema de avaliação regional, requerendo o uso de métodos para coletar dados de

---

<sup>8</sup> ASSAD, M. L. L. Sistema de Informações Geográficas na Avaliação da Aptidão Agrícola de Terras. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1993, p. 171-199.

solos, relevo, recursos hídricos, localização de recursos ecológicos e históricos, infra-estrutura, e estabelecimento de padrões. A aplicação da tecnologia de sistemas de informações geográficas para dar suporte à avaliação regional consiste no mapeamento computadorizado adequado da terra, utilizando-se análises de sobreposição de fatores ambientais (DUEKER e DeLACY, 1990).

ROCHA e GHANI (1995) utilizaram o sistema de informações geográficas SGI (INPE) para integrar unidades de mapeamento de solos do Parque Estadual Pico Marumbi - Serra do Mar - PR, através de mapas de vegetação, geologia, hipsometria e zoneamento. A sobreposição dos vários planos de informações foi realizada através do aplicativo “tabulação cruzada”. Tais interações evidenciaram boas relações entre solos e seus fatores de formação, bem como outras informações importantes para o levantamento de solos.

Utilizando o sistema de informações geográficas IDRISI no levantamento pedológico semidetalhado do município de Vera Cruz (SP), BERTOLANI *et al.* (1997) criaram um banco de dados para integrar informações extraídas das amostras de solos coletadas, tais como: textura, estrutura, capacidade de troca catiônica, pH, soma de bases, saturação de bases, saturação de alumínio, carbono orgânico, etc. A integração dos dados possibilitou a obtenção de mapas temáticos, como o de fertilidade por exemplo, extremamente úteis em planejamentos agropecuários e para realização do plano diretor municipal.

CHOU e CHOU (1996) demonstraram a viabilidade da utilização da integração de sensoriamento remoto e banco de dados em sistemas de informações geográficas para monitoramento do uso da terra em áreas montanhosas. Os estudos foram realizados no reservatório de Der-Chi, totalizando uma área de 60.000 ha. Os autores relataram que, embora tenha sido coletado um grande volume de dados por diversos órgãos institucionais nas últimas duas décadas, essas informações não estavam integradas de maneira coerente para dar suporte

à estudos científicos e desenvolvimento de políticas ambientais. Foram utilizadas técnicas de sistemas de informações geográficas, sistema de posicionamento global por satélites (GPS) e sensoriamento remoto para construir um banco de dados de monitoramento ambiental e um sistema de suporte para decisões ambientais. Empregaram a tecnologia de sistemas de informações geográficas para integrar os dados das diferentes instituições e para desenvolver o sistema de tomada de decisões baseado em banco de dados ambientais. Concluíram ainda que, a utilização da tecnologia GPS, além de promover a localização precisa em investigações de campo, é fundamental para integração das informações aos dados espaciais.

FARZANEH e BABAIE (1996), descrevendo sobre o papel do sistema de informações geográficas e sensoriamento remoto em recursos naturais no Irã, concluíram que o mapeamento diretamente em SIG's combinando arquivos imagens e vetoriais já são técnicas apropriadas para soluções descentralizadas e para a revisão de banco de dados georreferenciados.

VALÉRIO FILHO e ARAÚJO JÚNIOR (1996) empregaram o sistema de informações geográficas SGI (INPE) para integrar parâmetros físicos da equação universal de perda de solo - USLE - modelo ajustado. Os componentes da equação, erosividade, erodibilidade, comprimento de rampa, inclinação de rampa, uso da terra, manejo e práticas conservacionistas, foram integrados no ambiente SIG para obter a estimativa de perda de solo e a caracterização de áreas sob processo de erosão durante o período de 1988 a 1994.

Uma resposta diferente para problemas de classificação digital é proporcionada pela integração de dados auxiliares em ambiente SIG, fazendo-se uso da complementação entre

sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto (WILKINSON, 1996<sup>9</sup>, citado por LIST e OTT, 1996). Desta maneira, informações importantes podem ser utilizadas de diversas fontes, sendo inseridas no processo de interpretação como adição à informação espectral dos dados de sensoriamento remoto. Como exemplo, LIST e OTT (1996) citaram a implementação da visualização de dados pela integração de sensoriamento remoto, dados topográficos e geofísicos. Os autores concluíram que, a combinação de processamento de imagens e sistemas de informações geográficas aumenta muito o potencial de interpretação de dados de sensoriamento remoto.

POSCOLIERI *et al.* (1996) empregaram o programa *Integrated Land and Water Information System (ILWIS)* na integração de dados Landsat TM com modelo digital de terreno (MDT) gerado pela digitalização de curvas de nível com equidistância de 40 metros e interpolação em uma grade regular. Segundo os autores, as rotinas de manipulação oferecidas pelo SIG foram indispensáveis para a geração do MDT e sobreposição dos outros mapas temáticos.

---

<sup>9</sup> WILKINSON, G. G. A review of current issues in the integration of GIS and remote sensing data. *Int. J. Geogr. Inform. Systems*. London: 1996, 10, 1, p. 85-101.

### **3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA**

#### **3.1 Situação, Limites e Extensão**

A delimitação da área de estudo foi efetuada com base nas cartas planialtimétricas, onde foram demarcadas as linhas que constituem o perímetro da APA de Guaratuba. Esta demarcação foi realizada pela equipe da SEMA/IAP diretamente sobre as cartas do IBGE/DSG, sendo baseada no memorial descritivo da APA.

A área compreendida pela APA de Guaratuba abrange toda a Região Sul de Tombamento da Serra do Mar e parte da planície litorânea que envolve a Baía de Guaratuba, localizada ao sudeste do Estado do Paraná na região Sul do Brasil, entre as coordenadas geográficas 49° 15' 00" oeste e 26° 00' 00" sul a 48° 30' 00" oeste e 25° 30' 00" sul. A área pertence aos municípios de Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá, São José dos Pinhais e Tijucas do Sul.

A APA limita-se ao sul com a divisa dos Estados Paraná e Santa Catarina; a oeste em parte pela BR-376 no perímetro do Parque do Vossoroca e em parte pela cota 200; ao norte em parte pela BR-277 e em parte pela cota 200; a leste pela estrada Alexandra-Matinhos e por divisa seca adjacente ao perímetro urbano da cidade de Guaratuba. A área total de estudo totaliza 198.157 ha. As figuras 3 e 4 ilustram a localização da área de estudo.



Figura 3. Localização na América do Sul (fonte: biblioteca digital Engefoto)



Figura 4. Localização Regional (fonte: mapa político do Estado do Paraná)

### 3.2 Hidrografia

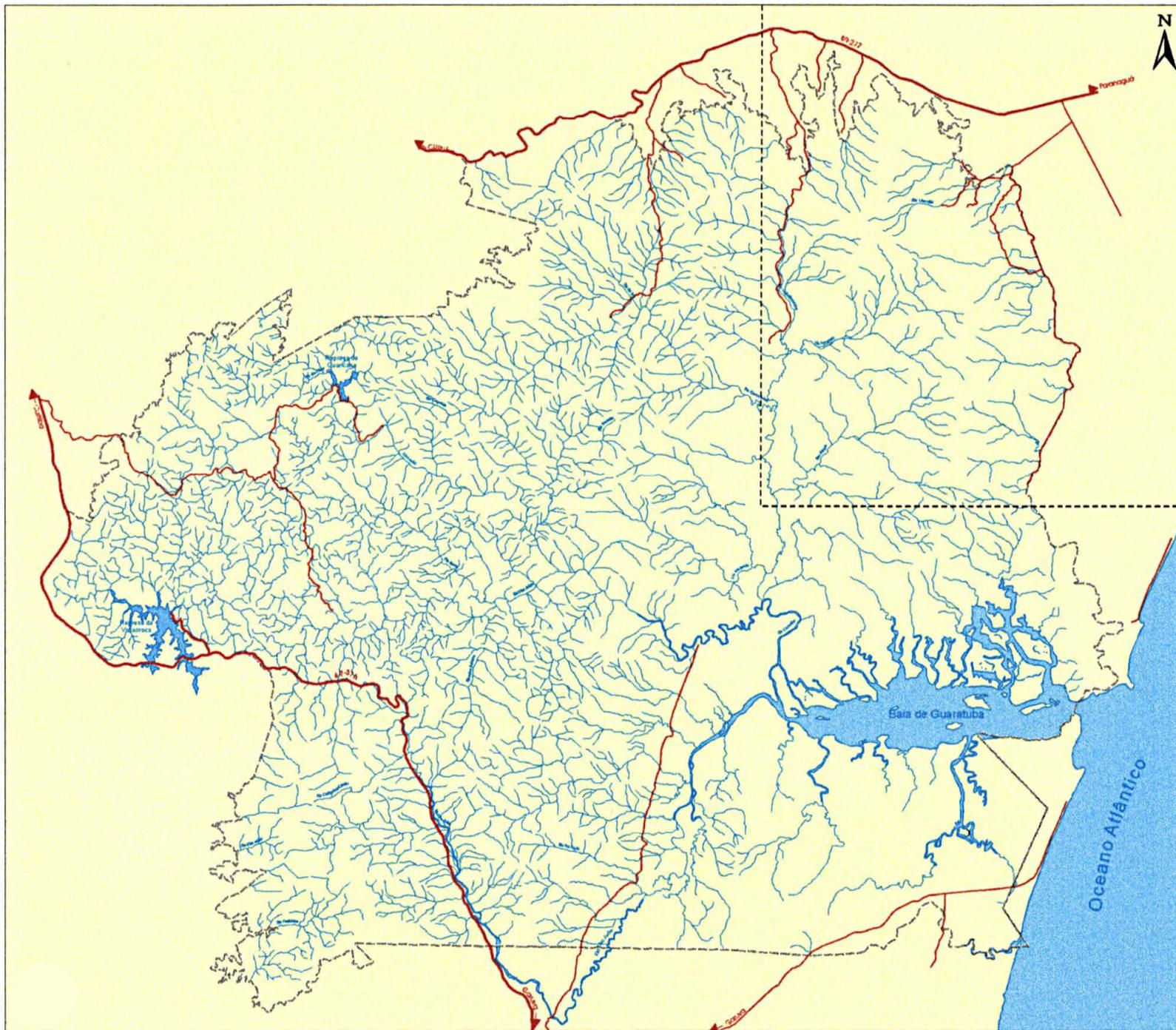
Segundo BIGARELLA (1978) o Estado do Paraná possui um sistema hidrográfico bem distribuído, encontrando-se compreendido em duas bacias principais: a bacia hidrográfica do rio Paraná e a Atlântica. À primeira pertencem todos os grandes rios que tem sua drenagem voltada para oeste, noroeste e norte. Estes rios formam bacias distintas, tais como por exemplo a do Iguaçu, Ivaí e Piquiri.

Na região de estudo, pertencente à bacia hidrográfica do Atlântico, a drenagem abrange uma região fisiográfica de dois tipos de compartimentos distintos, isto é, aqueles da baixada litorânea e aqueles da Serra do Mar. Trata-se de um sistema hidrográfico formado de pequenas bacias limitadas a oeste pelas escarpas ou serras marginais, onde o relevo é bastante enérgico.

Em princípio, a maioria dos rios têm suas nascentes distribuídas na encosta da serra e próximo aos topos, sob forma de riachos ou córregos. Nos períodos de relativa estiagem, poucos dos pequenos cursos d'água das encostas da serra, secam ou diminuem consideravelmente seu volume. Trata-se de uma área de drenagem densa, sobretudo nas áreas das bacias de recepção. Os pequenos cursos convergem para um coletor principal que define uma sub-bacia hidrográfica. Nas escarpas como nos patamares situados em frente à Serra do Mar a drenagem apresenta um padrão retangular predominante. Na faixa das encostas mais íngremes a drenagem encontra-se encaixada nas linhas estruturais originando profundos vales em V. Nas baixadas os rios correm em calhas rasas e largas de margens relativamente simétricas. São os Rios São João, Rio Cubatão e Rio Cubatãozinho os seus principais contribuintes. (BIGARELLA, 1978)

A perenidade dos pequenos córregos da serra está vinculada a vários fatores de ordem física tais como: a) elevada pluviosidade da região; b) boa distribuição das chuvas anuais; c) condensação da umidade atmosférica que se infiltra no solo; d) densas neblinas que cobrem freqüentemente a região situada acima de 700m de altitude. A umidade permanente do manto de intemperismo abastece o lençol freático, o qual por sua vez alimenta as fontes d'água. O manto de detritos vegetais decompostos e semi-decompostos, que recobre o chão da floresta, exerce um papel preponderante no equilíbrio hídrico da região serrana. Em primeiro lugar o "tapete" de detritos age como um verdadeiro "mata borrão" absorvendo as águas das chuvas. Quando encharcado tem a função de telhado por onde as águas escorrem sem promover erosão mecânica direta do solo. A quantidade de água que corre na superfície do terreno corresponde apenas a uma parte do total das chuvas. (BIGARELLA, 1978)

A figura 5 demonstra a distribuição hidrográfica na região de estudo.



--- Folha Paranaguá, restituída com base no vôo da USAF (1966); demais cartas restituídas a partir de fotografias aéreas de 1980.

Figura 5. Distribuição hidrográfica da APA de Guaratuba. Escala aprox.: 1:300.000.(Fonte: digitalização das cartas do IBGE/DSG).

### 3.3 Clima

Na área estudada ocorrem os seguintes tipos climáticos conforme a classificação de W. KOEPPEN (PARANÁ, 1987):

Cfb - Clima subtropical úmido sem estação seca, com verão quente (b - temperatura do mês mais quente, abaixo de 22°C);

Cfa - Clima subtropical úmido sem estação seca, com verão quente (a - temperatura do mês mais quente, acima de 22°C);

Af(t) - Clima tropical super-úmido sem estação seca. A temperatura média dos meses mais quentes é superior a 22°C e a dos meses mais frios é superior a 18°C.

A figura 6 ilustra a localização de cada tipo climático.

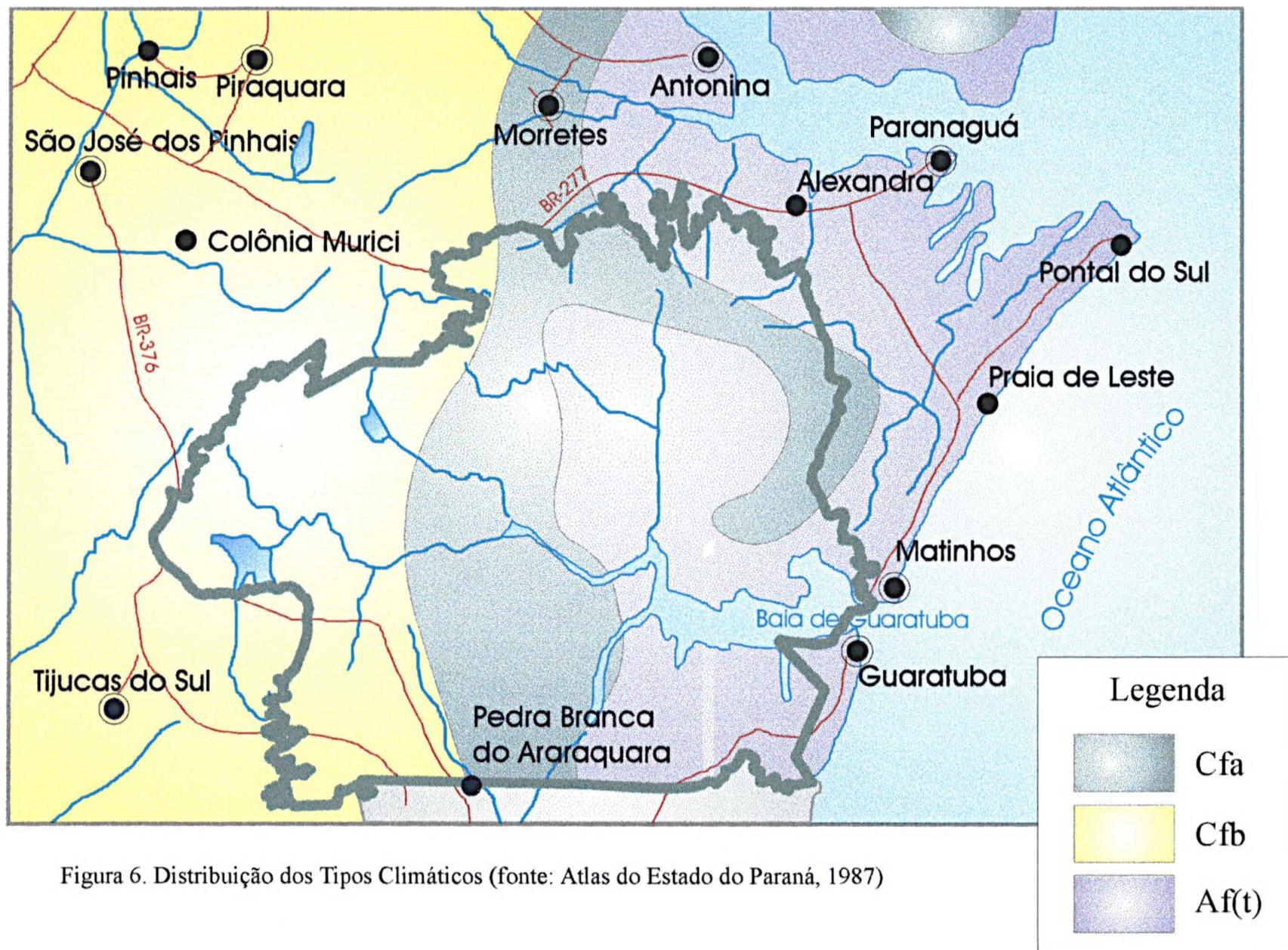


Figura 6. Distribuição dos Tipos Climáticos (fonte: Atlas do Estado do Paraná, 1987)

### 3.4 Vegetação

#### 3.4.1 Vegetação da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossorooca

De acordo com ROCHA *et al.* (1992) na região compreendida pela Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e pelo Parque do Vossorooca, ocorrem diferentes tipos de vegetação com ambiente e fisionomia distintos. São eles: Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, subdivididas de acordo com as variações ecotípicas das faixas altimétricas em Ecótona e Refúgios ecológicos.

##### a) Floresta Ombrófila Densa

##### Floresta Ombrófila Densa Submontana

Esta formação situa-se nas faixas altimétricas de 30 a 400 metros entre o paralelo 24° de Latitude até o extremo Sul do país. Algumas espécies características desta formação, segundo RODERJAN e KUNYOSHI (1988)<sup>10</sup> citado por ROCHA *et al.* (1992), são: Laranjeira-do-mato (*Sloanea guianensis*), Figueiras (*Ficus spp*), Cedro (*Cedrela fissilis*), Pau-sangue (*Pterocarpus violaceus*), etc, situadas no andar superior. No intermediário, encontram-se Palmito (*Euterpe edulis*), Baga-de-morcego (*Guarea sp.*), Secalizeiro (*Pera glabrota*), Erva-de-macuco (*Bathisa meridionalis*) e Palmáceas dos gêneros *Cocos* (jerivá), *Bactris* (tucum), etc. O estrato herbáceo-arbustivo é caracterizado pelos xaxins, caetê-banana (*Heliconia sp*), erva-cidreira (*Hedyosmum brasiliense*) em conjunto com bromeliáceas terrestres e epífitas, etc...

<sup>10</sup> RODERJAN, C. V.; KUNYOSHI, Y. S. Macrozoneamento florístico da área de proteção ambiental – APA-GUARAQUECABA. Curitiba: FUPEF, 1988, p. 53.

Esta vegetação corresponde a Floresta Tropical Perúmida classificada pela EMBRAPA e IAPAR (1984).

#### Floresta Ombrófila Densa Montana

Esta formação situa-se nas faixas altimétricas de 400 a 1000 metros entre o paralelo 24° de Latitude até o extremo Sul do país. Algumas espécies características desta formação, segundo RODERJAN e KUNIYOSHI(1988)<sup>10</sup> citado por ROCHA *et al.* (1992), são: no andar superior, a Canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), a Canela-preta (*Ocotea catharinensis*), ocorrem ainda o Pau-óleo (*Copaifera trapezifolia*), Ipê-amarelo (*Tabebuia cf. alba*), Guapeva (*Pouteria torta*), etc. No andar intermediário encontram-se Gramimunha (*Weinmania sp.*), Ingá-feijão (*Inga marginata*), Baga-de-macaco (*Posoqueria Latifolia*) e uma menor ocorrência de Palmito. O estrato herbáceo-arbustivo é caracterizado por bromeliáceas terrestres, pteridófitos, melastomatáceas e rubiáceas, dentre as quais emerge comumente a Guaricana (*Geonoma schottiana*).

Esta vegetação corresponde provavelmente a Floresta Tropical Altimontana classificada pela EMBRAPA e IAPAR (1984).

#### Floresta Ombrófila Densa Altomontana

Esta vegetação apresenta-se com árvores e arvoretas geralmente tortuosas ou mal formadas, compostas por espécies seletivas xerófilas adaptadas a solos rasos e sujeitos à intensa insolação. Desenvolvem-se em altitudes superiores (acima de 1000 - 1200 m.a.n.m.) exibindo declividades acentuadas até escarpas dissecadas com o afloramento do material de origem (RODERJAN e KUNIYOSHI, 1988<sup>10</sup> citado por ROCHA *et al.* 1992),. Algumas espécies características desta formação são: Mangue-do-mato (*Clusia criuva*), o Pinho-bravo (*Podocarpus*

*sellowii*), Cocão (*Erythroxylum cuspidifolium*), Orelha-de-onça (*Symplocos celastrina*). O estrato herbáceo-arbustivo é representado por bromélias (*Vriesia spp.*) e pteridófitas (*Gleichenia e Polystichum spp.*), sendo que os locais mais abertos são ocupados por gramíneas (*Panicum*) e compostas como as vassourinhas e a carqueja (*Baccharis spp.*). Podem ocorrer densos taquarais constituídos por espécies dos gêneros *Chusquea* e *Merostachys*.

#### Floresta Ombrófila Densa Montana Diferenciada

Através da análise das fotografias aéreas observou-se que dentro da formação montana ocorre uma textura fotográfica mais fina, sugerindo uma diferença fisionômica na vegetação. Estudos mais aprofundados no entanto são necessários para sua caracterização o que poderão indicar ou não a necessidade de uma subdivisão dessa formação, inclusive com proposição de terminologia adequada.

Convém salientar, que esta diferença ocorre em pediplanos na maioria das vezes associados a solos com A proeminente.

#### Ecótona

Trata-se do contato entre tipos de vegetação onde as floras se interpenetram constituindo as transições florísticas. Na área de estudo, um ecótono ocorre entre a FLORESTA OMBRÓFILA DENSA e a FLORESTA OMBRÓFILA MISTA. A Floresta Ombrófila Mista estende-se até altitudes de 1000m sendo gradativamente substituída pela Floresta Ombrófila Densa Montana e/ou Altomontana.

## Refúgios Ecológicos

Toda e qualquer vegetação floristicamente diferente do contexto geral da flora da região foi considerada por VELOSO e GOES FILHO (1982)<sup>11</sup> citado por ROCHA *et al.* (1992),, como um refúgio ecológico. Nesta classe podemos incluir os campos de altitude, os quais se desenvolvem na maioria dos casos acima de 1300 metros. Esta vegetação está associada principalmente à solos Litólicos. Esta vegetação corresponde a Campo Subtropical Natural classificada pela EMBRAPA e IAPAR (1984).

### b) Floresta Ombrófila Mista

#### Floresta Ombrófila Mista Montana

Esta formação florestal situa-se entre as altitudes de 400 a 1000m, e é conhecida como floresta de Araucária. A composição florística desta vegetação é: o pinheiro (*Araucaria angustifolia*), a erva-mate (*Ilex paraguariensis*), misturadas com Lauraceae (*Ocotea porosa* e muitas canelas). Devido a grande exploração desta floresta, esta encontra-se atualmente em vários estágios de sucessão secundária com poucos exemplares de *Araucaria angustifolia* de grande porte.

### 3.4.2 Vegetação da Região da Planície Litorânea

De acordo com RAUEN *et al.* (1994) nas áreas abrangidas pela planície litorânea ocorrem diferentes tipos de cobertura vegetal. A vegetação que se observa nas praias e que cobre a superfície arenosa é composta por plantas psamórfitas e halófitas, principalmente gramíneas, ciperáceas e plantas com raízes adventícias de caules rastejantes.

---

<sup>11</sup> VELOSO, H. P.; GÓES FILHO, L. **Fitogeografia brasileira – classificação fisionômica – ecológica da vegetação neotropical**. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. **Folha...** Salvador: 1982, nº 1, p. 85.

Já um pouco afastado da praia, surgem as antigas dunas consolidadas pela vegetação de arbustos de folhas grossas, coriáceas ou carnudas. Predomina a estrutura xerofítica em todas essas plantas, sendo que as mais importantes pertencem à família das mirtáceas, melastomatáceas e cactáceas.

No litoral arenoso também ocorre a vegetação de restinga, formada por espécies lenhosas que se agrupam de forma densa e emaranhada, dando a impressão de uma formação xerofítica. Apresenta, com frequência, espaços abertos (campos) onde predominam as gramíneas. Este tipo de vegetação está relacionada com a presença do solo Podzol. Ainda na faixa litorânea, em áreas alagadiças e pantanosas sujeitas ao fluxo e refluxo das marés, sobre solos extremamente salinos, ocorrem os manguezais, formação caracterizada pela presença de árvores altas, de troncos finos, folhas coriáceas, holófitas e hidrófitas ao mesmo tempo. Onde a salinidade é mais intensa predomina o mangue verdadeiro (*Rhizophora mangle*) com seus 10 a 15 m de altura, correlacionado com o solo Glei Tiomórfico.

### **3.5 Geologia**

#### **3.5.1 Geologia da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossoroça**

Segundo ROCHA *et al.* (1992) a geologia da porção Sul da Serra do Mar no Estado do Paraná, dadas as dificuldades de acesso apresentadas pelo quadro natural, compreende em sua maioria levantamentos regionais semidetalhados ou, ao contrário, trabalhos pontuais para prospecção de alvos com potencial para minerações. Somente a partir do mapeamento geológico

efetuado pela Comissão da Carta Geológica do Paraná e dos projetos regionais desenvolvidos pela CPRM é que se verificou um real avanço no conhecimento da região, com a delimitação e o estabelecimento das grandes unidades geológicas à nível regional.

A literatura geológica mais antiga descreve genericamente a região como constituída por gnaiesses, de idade atribuível ao arqueano. OLIVEIRA (1925<sup>12</sup>, 1927<sup>13</sup>) citado por ROCHA *et al* (1992) descreve como arqueana toda a região de rochas cristalinas da Serra do Mar, embora reconheça os granitos e eruptivas afins como posteriores. Na mesma linha, OLIVEIRA e LEONARDOS (1943)<sup>14</sup> citados por ROCHA *et al* (1992), observam ainda a presença de quartzitos com magnetita na região de Antonina. MAACK (1947)<sup>15</sup> citado por ROCHA *et al* (1992) já distingue neste contexto duas etapas de dobramento e intrusão granítica afetando as rochas do Complexo Cristalino. No mapa geológico do Estado do Paraná ( MAACK, 1953)<sup>16</sup> citado por ROCHA *et al* (1992), este autor distingue faixas gnáissicas de diferentes idades dentro do Complexo. Por fim, MAACK (1961)<sup>17</sup> citado por ROCHA *et al* (1992) descreve os granitos alcalinos da Serra do Mar, correlacionando-os com o final da segunda fase de dobramento da Série Açungui.

<sup>12</sup> OLIVEIRA, E. P. **Mapa geológico do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Serviço Geológico Mineral do Brasil, 1925. 1 mapa: escala 1: 1.000.000.

<sup>13</sup> \_\_\_\_\_. **Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: \_\_\_\_\_, 1927, p. 178. (Monografia; nº 6)

<sup>14</sup> \_\_\_\_\_ *et al.* **Geologia do Brasil**. 2. Ed. , Rio de Janeiro: Min. Agric., 1943, p. 813.

<sup>15</sup> MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Arq. Biol. Tecn.**, Curitiba: 1947, v. 2, p. 63-154.

<sup>16</sup> \_\_\_\_\_. **Mapa geológico do Estado do Paraná**. Curitiba:IBPT, 1953. 1 mapa: escala 1: 750.000.

<sup>17</sup> \_\_\_\_\_. Sobre a ocorrência de granitos alcalinos no Estado do Paraná e sua posição dentro das fases orogênicas algonquianas. **Bol. UFPR – série geologia**, Curitiba: 1961, 52 p.

Os trabalhos da Comissão da Carta Geológica do Paraná, sintetizados em BIGARELLA *et al.* (1965)<sup>18</sup> e em FUCK *et al.* (1969)<sup>19</sup> citados por ROCHA *et al.* (1992), representam o maior e mais completo acervo de dados disponíveis sobre a área até o momento. Os mapeamentos 1:50.000 (folha São José dos Pinhais) e 1:70.000 (folhas Tijucas do Sul - Guaratuba - Pedra Branca de Araraquara - Serra da Igreja - Paranaguá) definiram as grandes unidades que compõem a geologia da área, podendo-se destacar:

a) Uma extensa seqüência de rochas metamórficas com estrutura gnáissica predominante e ocorrências subordinadas de quartzitos, anfibolitos e xistos, migmatizados em escala regional (FUCK *et al.*, 1967<sup>20</sup> citado por ROCHA *et al.*, 1992);

b) Rochas granitóides, constituindo « stocks » e batólitos de granitos de « anatexia » e de rochas graníticas alcalinas (FUCK *et al.*, 1967<sup>21</sup> citado por ROCHA *et al.*, 1992);

c) Uma seqüência vulcano-sedimentar de natureza bimodal com diques ácidos associados, compreendendo a formação Guaratubinha (FUCK *et al.*, 1967<sup>22</sup> citado por ROCHA *et al.*, 1992);

d) Diques de diabásio de idade mesozóica em numerosos enxames cortando regionalmente a área; e,

e) Depósitos de tálus e aluviões de origem recente.

<sup>18</sup> BIGARELLA, J.J.; SALAMUNI, R. *et al.* Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, Curitiba, 1965: nº 27, p. 15-80.

<sup>19</sup> FUCK, R. A. *et al.* Mapa geológico preliminar do Litoral, da Serra do Mar e parte do Primeiro Planalto do estado do Paraná. **Bol. Par. Geog.**, Curitiba: 1969, nº 27, p. 123-152.

<sup>20</sup> FUCK, R. A. *et al.* Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. In: BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R.; PINTO, V. M. (coord.). Geologia do pré-devoniano e intrusivas subsequentes da porção oriental do Estado do Paraná. **Bol. Par. Geog.**, Curitiba: 1967, nº 23-25, p. 183-220.

<sup>21</sup> \_\_\_\_\_. A formação Guaratubinha. In: \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, p. 250-256.

<sup>22</sup> \_\_\_\_\_. Geologia e petrografia dos migmatitos do Paraná. In: \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_, p. 5-42.

### **3.5.2 Geologia da Região da Planície Litorânea**

De acordo com RAUEN *et al.* (1994), os materiais que deram origem aos solos no litoral paranaense são todos referidos ao Quaternário (Holoceno) e integram as seguintes formações: Manguezais, aluviões e sedimentos arenosos marinhos.

Os Manguezais são constituídos por solos argilosos ricos em matéria orgânica em putrefação. Ocorrem nas partes baixas do litoral, sujeitas à influência direta do fluxo das marés e localizadas nas desembocaduras dos rios, reentrâncias da costa e margens das lagoas, onde as águas são mais calmas. Na área de estudo a maior parte dos manguezais situa-se nas margens da Baía de Guaratuba.

Os depósitos aluvionais, constituídos por uma mistura de areias, argilas e cascalhos, são encontrados nos vales dos rios até a frente da Serra do Mar.

Os sedimentos arenosos marinhos compreendem areias quartzosas do litoral, apresentando uma típica morfologia de feixes de restinga paralelos e subparalelos à linha da praia.

## **3.6 Geomorfologia**

### **3.6.1 Geomorfologia da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e do Parque do Vossoroca**

Na área abrangida pela Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar, destacam-se grandes conjuntos montanhosos e escarpados que, embora uniformes no seu conjunto, permitem a sua individualização em compartimentos com características geomorfológicas peculiares onde ocorrem sistemas diferenciados de relevo relacionados a um controle litoestrutural amplamente modificado

por condições climáticas pretéritas e atuais (MAACK, 1947; AB SABER e BIGARELLA, 1961<sup>23</sup> citados em ROCHA *et al.*, 1992).

Destacam-se as montanhas em bloco constituídas por maciços graníticos onde as declividades são acentuadas, geralmente superiores a 20%, predominando declividades maiores que 45% em amplitudes médias superiores a 400 metros. Inserida nestes maciços ocorrem escarpas de perfis retilíneos, constituídos de granitos e migmatitos, apresentando também declividades acentuadas, em geral superiores a 45%. Numa continuidade física com os grandes blocos montanhosos ocorrem as montanhas marginais, constituindo antigas superfícies residuais muito dissecadas (MAACK, 1968; BIGARELLA e AB SABER, 1961<sup>24</sup>; citados em ROCHA *et al.*, 1992).

Estes condicionantes geológicos e climáticos que determinam uma complexidade morfológica muito grande na paisagem se expressam por vertentes e topos com características próprias bem como, uma rede de drenagem típica que por sua vez, também determina os solos e a vegetação que permanecem em equilíbrio com o ambiente.

O modelado presente nesta parte da área de estudo se apresenta bastante diversificado e complexo cuja gênese está relacionada à diferentes processos de natureza endógena e exógena, envolvendo tectonismo, fenômenos glacio-eustáticos, flutuações climáticas em presença de erosão diferencial cujo papel é fundamental na elaboração deste conjunto, intensamente falhado que constitui a Serra Marginal denominado de Serra do Mar.

Estas formas, por sua vez, herdadas em processos morfogenéticos distintos permitem a identificação de restos de superfícies definidas por BIGARELLA (1978) como pediplanos. Dentro

---

<sup>23</sup> MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Arq. Biol. Tecn.*, Curitiba: 1947, v. 2, p. 63-154.

<sup>24</sup> \_\_\_\_\_. Sobre a ocorrência de granitos alcalinos no Estado do Paraná e sua posição dentro das fases orogenéticas algonquianas. *Bol. UFPR – série geologia*, Curitiba: 1961, 52 p.

de cada pediplano ou nível de erosão pode-se determinar unidades geomorfológicas homogêneas referentes às declividades assim como, materiais correlativos.

Localmente, dentro de cada superfície, ou ainda, dos restos das superfícies originais podem ocorrer alterações na morfologia e declividades relacionando-se à diferenças lito-estruturais assim como flutuações do nível de base de erosão, determinando problemas quanto ao equilíbrio do meio ambiente, com reflexos em relação aos solos e cobertura vegetal.

Embora na região as altitudes máximas estejam na cota de 1500m, correspondentes na geologia às rochas graníticas, o conjunto, em relação a Serra do Mar como um todo, apresenta blocos um pouco mais rebaixados constituídos de granitos de anatexia, migmatitos e xistos, além de materiais detríticos nas bordas das encostas, restos de planaltos intensamente dissecados.

Os blocos se distinguem no sentido geral Norte-Sul infiltrando ora para oeste, ora para leste sendo as encostas distribuídas, na sua maior parte, na direção NW-SE.

À primeira vista, o conjunto divide-se em duas unidades maiores através de uma estrutura longitudinal, ocupada em parte pela planície do Rio Cubatãozinho e Rio São João, definido como uma zona que se dispõem desde Santa Catarina até a bacia de Paranaguá. Como primeiro degrau, a partir desta zona, surgem diversos pedimentos, áreas coluviais nas baixas encostas, margeando as serras.

Numa análise bastante ampla do relevo, os topos apresentam-se diminutos e pontiagudos na área dos granitos e mais arredondados na região dos migmatitos. As encostas, em geral, tendem a uma convexização tendo em vista o clima úmido vigente atual, com solos mais desenvolvidos nas vertentes com exposição norte. Entretanto, em algumas porções mais elevadas ocorrem inúmeros afloramentos rochosos e as encostas podem se tornar retilíneas e abruptas.

As vertentes côncavas estão presentes em algumas áreas resultantes, em parte, de movimentos coletivos de solo e regolito formando cicatrizes ou anfiteatros onde rapidamente evolui a drenagem.

Quanto a rede de drenagem a mesma apresenta-se encaixada, com adaptação às linhas tectônicas, num padrão geralmente retangular onde os vales são, em sua maior parte, fechados, podendo aparecer, entretanto o padrão dendrítico nas áreas mais desgastadas.

### **3.6.2 Geomorfologia da Região da Planície Litorânea**

No tocante às áreas do litoral, segundo RAUEN *et al.* (1994), ocorre um amplo predomínio do relevo plano. É o que se verifica nos locais de ocorrência dos Solos Orgânicos, Glei Húmico, Glei Pouco Húmico, Podzol e Glei Tiomórfico.

Já nos domínios de Cambissolo gleico, Solos Aluviais e Areias Quartzosas, o relevo varia de plano a praticamente plano, enquanto que o Cambissolo ocupa áreas com cotas altimétricas ligeiramente superiores às dos demais solos de várzea e onde o relevo varia de praticamente plano a suave ondulado.

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Materiais**

#### **4.1.1 Material Temático**

- Seis mapas geomorfológicos com ênfase em solos na escala 1:50.000 em meio digital e analógico no sistema de projeção UTM contendo relatório técnico com sete volumes (ROCHA *et al.*, 1992).

- Um mapa de solos na escala 1:50.000 em meio digital e analógico no sistema de projeção UTM contendo um relatório técnico (ROCHA *et al.*, 1996).

- Dois mapas de solos na escala 1:50.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado, contendo relatório técnico em dois volumes (RAUEN *et al.*, 1994).

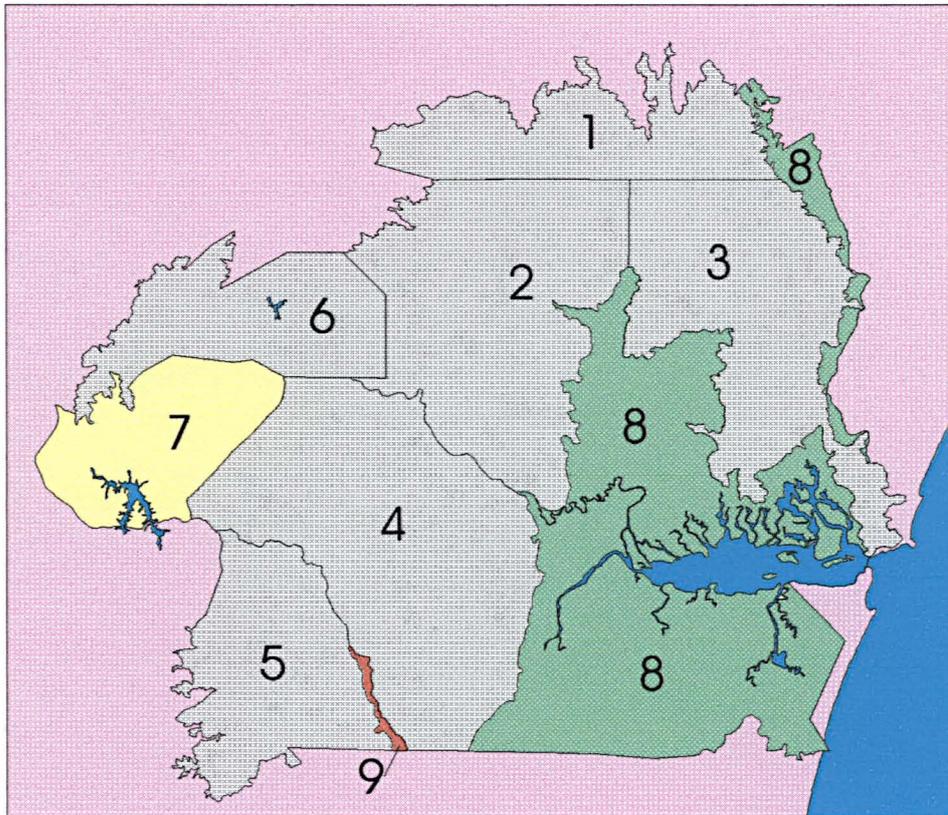
- Um mapa de solos na escala 1:600.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado, contendo relatório técnico em dois volumes (EMBRAPA, 1984).

A figura 7 demonstra a distribuição e localização dos mapas temáticos de solos utilizados como base no processo de compilação.

#### **4.1.2 Material Cartográfico**

Para execução do trabalho de Compilação dos mapas de solos, foram utilizadas como bases cartográficas as cartas planialtimétricas (IBGE/DSG) na escala 1:50.000:

Figura 7. Articulação dos Mapas Originais.



1 à 6 - Levantamento Geomorfológico com Ênfase em Solos da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar - Convênio 52/90 - Universidade Federal do Paraná e Instituto de Terras, Cartografia e Floresta. **ROCHA, H. O. da et al - 1992**

7 - Levantamento de Solos do Parque do Vossoroça. **ROCHA, H. O. da et al - 1996**

8 - Potencial de Uso Agrícola das Áreas de Várzea do Estado do Paraná. Vol. 2 - Levantamento Semidetalhado dos Solos - IAPAR. **RAUEN, M. de J. et al - 1994**

9 - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná - Convênio Nº 12/76 - **Governo do Estado do Paraná/ IAPAR/EMBRAPA/SUDESUL - 1984**

- Tjuucas do Sul - SG,22-X-D-IV-4
- São José dos Pinhais - SG,22-X-D-IV-2
- Paraniaguá - SG,22-X-D-V-2
- Pedra Branca do Araraquara - SG,22-X-D-V-3
- Mundo Novo - SG,22-X-D-V-1
- Guaratuba - SG,22-X-D-V-4
- São Miguel - SG,22-Z-B-I-2
- Garuva - SG,22-Z-B-II-1

### **4.1.3 Material de Sensoriamento Remoto**

#### **4.1.3.1 Fotografias Aéreas**

Foram empregadas fotografias aéreas do recobrimento aerofotogramétrico pancromático nas escalas aproximadas de 1:25.000 (tomadas pela Aerosul S.A. para o Instituto de Terras Cartografia e Florestas - ITCF atual IAP em 1980) e 1:50.000 (tomadas pela Engefoto Engenharia e Aerolevantamentos S.A. para a Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL em 1994).

#### **4.1.3.2 Imagens de Satélite**

Com relação às imagens de satélite, foram utilizadas as imagens multiespectrais digitais, obtidas pelo sensor TM do satélite LANDSAT 5, órbita 220 ponto 78, obtida em 15 de julho de 1993 e órbita 221 ponto 78 de 06 de julho de 1993. Foram empregadas as bandas 3 (visível

- 0,60 a 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (infra-vermelho próximo - 0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$  ) e 5 (infra-vermelho médio - 1,55 a 1,75  $\mu\text{m}$ ).

#### **4.1.4 Equipamentos e Softwares**

Em termos de equipamentos, foram utilizados microcomputadores Pentium 166 MHz, 32 Mb Ram HD SCSI 2,5 Gb e respectivos periféricos, como leitor de fitas streamer, mouse, mesa digitalizadora A1, plotter HP 755 CM, impressora jato de tinta e mesa de luz.

Os "softwares" empregados foram SITIM 340 (INPE) e EASI PACE (PCI), próprios para o processamento e tratamento de imagens, SGI (INPE) específico para as etapas da compilação propriamente dita (digitalização, edição, ajustes, poligonização); Autocad R-12, utilizado na edição de linhas; Dbase IV Plus e Excel para Windows próprios para elaboração do banco de dados e organização dos dados alfanuméricos; Corel Draw 6.0 utilizado na editoração e plotagem dos mapas finais.

#### **4.1.5 Material de Campo**

Para apoio de campo foram utilizados estereoscópio de bolso, bússola, clinômetro, altímetro, trado holandês, martelo pedológico e carta de MUNSELL (1975). Além disso, utilizou-se a base planialtimétrica e imagens coloridas plotadas em papel para efetuar as anotações necessárias, máquina fotográfica modelo Yashica FX-3 super, veículo Kombi para locomoção e GPS de navegação modelo Panasonic KX G5500.

## **4.2 Métodos**

### **4.2.1 Coleta e Avaliação dos Materiais Básicos Existentes**

De acordo com a metodologia preconizada por DANGERMOND, *et al.* (1982), o primeiro passo num processo de inventário de recursos naturais, onde técnicas de compilação de mapas estão envolvidas, constitui-se no agrupamento e exame de todo material básico existente da área de estudo.

Assim sendo, a princípio foram coletados todos os materiais básicos necessários para a execução dos trabalhos. Os materiais em questão podem ser subdivididos em quatro grupos a saber: 1) temáticos: envolvendo os mapas de solos em formatos digitais e analógicos, em várias escalas e sistemas de projeções diferentes; 2) planialtimétricos: constituindo as cartas topográficas do IBGE e DSG; 3) alfanuméricos: envolvendo os relatórios técnicos dos levantamentos que deram origem aos mapas de solos e demais matérias bibliográficas; 4) produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas).

Os materiais foram agrupados e avaliados quanto à sua qualidade e condições de utilização, possibilitando o planejamento adequado das atividades subsequentes.

### **4.2.2 Processamento Digital das Imagens Orbitais**

#### **4.2.2.1 Leitura das Imagens**

As imagens foram copiadas das fitas streamer para o disco rígido do microcomputador através de leitor específico para estes tipos de fitas. A leitura foi efetuada através do aplicativo

“Leitura de Fitas TM/BSQ” no software SITIM-340; utilizou-se o modo de leitura “terminal” onde as coordenadas de fita (linha e coluna) do retângulo envolvente da área são informadas para que o aplicativo execute a gravação apenas da área abrangida entre as coordenadas fornecidas.

Após a leitura e armazenamento das imagens no diretório de trabalho, prosseguiu-se com o processamento digital das mesmas visando obter-se produtos a serem utilizados na revisão da interpretação e ajuste das linhas de solos quando necessário.

#### **4.2.2.2 Correção Geométrica das Imagens**

A utilização da técnica de correção geométrica de imagens se aplica quando há necessidade de ajustar uma imagem à uma base planialtimétrica ou temática. Nestes casos essa técnica é de fundamental importância, servindo de apoio à uma análise integrada de dados de diferentes fontes e principalmente, ao processo de compilação propriamente dito.

Assim sendo, o segundo passo do processamento das imagens, logo após a leitura e armazenamento destas, foi a correção geométrica ou registro das mesmas. O registro das duas imagens foi efetuado no software SITIM-340, no módulo específico para este procedimento. A primeira fase do registro foi a obtenção de pontos de controle no terreno, obtidos a partir das cartas planialtimétricas. Os pontos de controle são feições claramente identificáveis nas cartas e nas imagens. Foram coletados uma média de 5 pontos de controle por carta topográfica, totalizando trinta e um pontos. Tomou-se o cuidado de se fazer a coleta dos pontos em locais estratégicos, de tal forma que os mesmos se apresentassem de maneira bem distribuída por toda a imagem. Optou-se por este método de registro, levando-se em consideração a escala de trabalho e a dificuldade de obtenção de pontos de controle na região de estudo, devido às suas

condições fisiográficas e inexistência de atividades antrópicas, principalmente, nas porções ocupadas pela Serra do Mar. Procedimentos semelhantes foram executados por IMHOFF *et al.* (1982), PINTO (1991), SOUSA *et al.* (1997), ROCHA *et al.* (1994, 1995 e 1996), RIBEIRO (1997), BOGNOLA (1997) e CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990).

#### **4.2.2.3 Mosaicagem**

Após a correção geométrica das duas imagens foi efetuado a mosaicagem das mesmas. O mosaico das cenas foi elaborado no software EASI PACE através da junção precisa de ambas as imagens no aplicativo próprio para tal finalidade. Outros autores como WESTIN e FRAZEE (1976), BOGNOLA *et al.* (1997), ROCHA *et al.* (1995) e RIBEIRO *et al.* (1997), ao utilizarem produtos de sensoriamento remoto em estudos de solos, empregaram o método da mosaicagem com sucesso.

#### **4.2.2.4 Realce das Imagens**

As três bandas da imagem final resultante das correções geométricas e mosaicagem foram tratadas separadamente com a finalidade de melhorar a qualidade visual das mesmas e, com isso, possibilitar melhores condições para o processo de interpretação de imagens.

O primeiro tipo de realce empregado foi através da modificação histogrâmica linear para promover uma melhor distribuição dos valores radiométricos das bandas no intervalo de 0 a 255 tons de cinza. Este tipo de realce de imagens tem sido aplicado por vários autores em estudos temáticos, tais como SANTOS, *et al.* (1990), COSTA *et al.* (1993), ROCHA *et al.*

(1993, 1994, 1995, 1996), BISWAS e SINGH (1991), SOUSA *et al.* (1997), RIBEIRO (1997), dentre outros.

Visando o aumento de contraste entre as diferentes feições na imagem, foi aplicado, apenas na banda 4, o filtro do tipo "passa alta" elaborado a partir de vários testes e baseado em ROCHA *et al.* (1994 e 1995).

#### **4.2.2.5 Integração de Dados do Modelo Numérico do Terreno e Imagens TM Através de Transformação IHS**

Para auxiliar o processo de revisão da interpretação e ajustes das unidades de mapeamento de solos foi produzida uma terceira imagem (composição colorida) que integra os dados do satélite com o relevo. Para gerar esta imagem foi utilizada uma técnica denominada transformação IHS, que possibilita a integração de um MNT (modelo numérico de terreno) com as bandas da imagem de satélite. Este procedimento foi utilizado com sucesso por CORREIA, *et al.* (1990) e ROCHA *et al.* (1993, 1994, 1995 e 1996).

No presente caso, as bandas 5, 4 e 3 na composição colorida 5R4G3B foram transformadas para o espaço de cores I (intensidade) H (matiz) S (saturação), gerando três novas bandas denominadas I, H e S. As bandas I e S foram tratadas através de realce linear de contraste (RLC) para deixar as cores mais puras, o que oferece uma visualização de cores mais "vivas" na imagem final. Este tratamento das componentes intensidade e saturação foi baseado em procedimentos semelhantes aplicados por PINTO (1991) e CORREIA *et al.* (1990). A banda H, por sua vez, foi substituída pela imagem correspondente ao modelo numérico de terreno (MNT) gerada no SGI.

A última etapa do processo envolveu a transformação inversa de IHS para RGB, gerando três novas bandas. A resultante do processo de transformação IHS é uma imagem, cuja composição colorida mantém os aspectos originais de brilho e textura e as cores variam de acordo com a mudança de altitude.

A figura 8 ilustra o processo de transformação IHS-RGB e RGB-IHS:

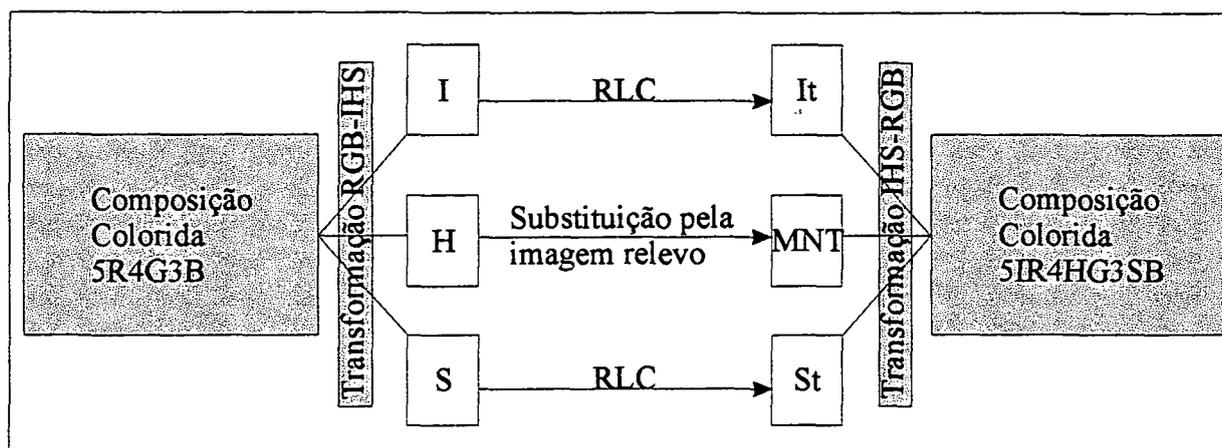


Figura 8. Diagrama esquemático ilustrando o processo de transformação IHS.

#### 4.2.3 Estruturação da Base de Dados no Sistema de Informações Geográficas

A estruturação de uma base de dados digitais em ambiente SIG foi a etapa que subsidiou todo o processo de compilação propriamente dito. Esta base de dados, criada no software SGI, possibilitou a integração e análise conjunta das informações, além de permitir a manipulação e edição dos dados vetoriais através de ferramentas adequadas.

O primeiro passo para a estruturação da base de dados no SGI foi a criação de um projeto denominado “projeto Sol” na escala 1:50.000, no sistema de projeção UTM/SAD-69, entre as coordenadas UTM envolvidas da área de estudo: 685000 – 750000 m E e 7120000 – 7175000 m S. Em seguida, o processo constituiu-se na entrada e armazenamento dos diversos

tipos de dados, em planos de informações - PI's ("layers") distintos. Os métodos utilizados para a entrada dos dados foram: digitalização e conversão de projeção de arquivos de outros projetos.

Verificou-se uma grande vantagem no processo de criação e estruturação da base de dados única, devido ao fato da maioria dos mapas temáticos originais já se encontrarem no formato digital. Isto permitiu com que a maior parte da base de dados tenha sido formada com muita rapidez e agilidade, aumentando a eficácia do processo de compilação.

#### **4.2.3.1 Entrada da planimetria**

Através de mesa digitalizadora formato A1, foram digitalizadas as informações de interesse presentes nas cartas planialtimétricas. Os temas planimétricos extraídos das oito cartas e armazenados na forma de polígonos abertos no projeto Sol foram: rios, rodovias, estradas e caminhos. O perímetro da APA, demarcado nas cartas planialtimétricas, foi digitalizado na forma de polígono fechado.

#### **4.2.3.2 Entrada dos mapas de solos**

Dos dez mapas de solos utilizados no processo de compilação, sete já se encontravam em formato digital, sendo os seis do Levantamento Geomorfológico com Ênfase em Solos da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar e um do Levantamento de Solos do Parque do Vossoroça. Nestes casos utilizou-se o aplicativo "conversão de projeções" no SGI, que permite a conversão de linhas de um projeto para outro sem que haja perda de informações de conectividade e topologia dos polígonos referentes às unidades de mapeamento de solos.

Os dois mapas do Potencial de Uso Agrícola das Áreas de Várzea do Estado do Paraná se encontravam no formato analógico na escala 1:50.000. Os mapas apresentavam-se em péssima qualidade no que diz respeito ao estado de apresentação, com todas as informações planimétricas (rios e estradas) na mesma cor das linhas de solos (preto), dificultando a visualização e separabilidade das unidades de mapeamento; a conectividade entre as linhas de solos também não estava clara, observando-se algumas unidades (polígonos) com dois símbolos diferentes; a escala não era precisa, observando-se distorções nos elementos dos mapas quando comparados com a carta topográfica; e, além disso não continham informações a respeito do sistema de projeção cartográfica utilizado.

Devido as condições supracitadas, os mapas analógicos foram submetidos a dois processos antes de serem digitalizados: realçamento das linhas de solos com lápis de cor vermelho; transferência de coordenadas UTM das cartas topográficas. A transferência de coordenadas foi efetuada através da sobreposição dos mapas analógicos às cartas topográficas numa mesa de luz. Em seguida os dois mapas foram digitalizados via mesa digitalizadora em um único plano de informação.

Finalmente, o mapa de solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná na escala 1:600.000 foi digitalizado obtendo-se as informações apenas dos locais onde havia falta de informação dentro do perímetro da APA:

#### **4.2.3.3 Entrada da altimetria**

As curvas de nível utilizadas na geração do modelo numérico do terreno (MNT) foram digitalizadas no PI = CN, através do aplicativo “entrada de MNT” no SGI. Optou-se por digitalizar as curvas de nível com equidistância de 100 m, devido a alguns fatores:

complexidade das áreas compreendidas pela Serra do Mar; escala final do trabalho (1:100.000); o objetivo principal da digitalização das curvas foi a geração de um MNT a ser utilizado na transformação IHS para ser integrado às imagens de satélite. Para dar entrada nas curvas de nível através da mesa digitalizadora foi utilizado o método de digitalização contínua.

#### **4.2.3.4 Entrada das imagens**

As imagens de satélite foram inseridas no projeto Sol através de um aplicativo específico. No SGI arquivos no formato raster (imagens) podem ser visualizados nos canais 0 (vermelho), 1 (verde) ou 2 (azul). Desta forma as composições coloridas são formadas atribuindo-se para cada banda com 256 tons de cinza uma cor primária (vermelho, verde ou azul) e visualizando-se as três bandas conjuntamente no monitor, obtendo-se a imagem colorida com 16.777.216 de cores. Assim sendo, visando a obtenção de composições coloridas diferentes, as bandas foram importadas para PI's distintos.

#### **4.2.4 Edição preliminar das linhas no SGI**

Anteriormente aos processos de revisão da interpretação e ajustes, as linhas em formato vetorial sofreram uma edição preliminar, visando facilitar o processo de união dos mapas. Além disso, nesta etapa foram efetuadas as generalizações e padronizações necessárias na base cartográfica.

#### **4.2.4.1 Edição da planimetria**

No caso das rodovias, estradas e caminhos a edição foi executada visando apenas a conexão adequada entre as linhas. Para isso, as linhas foram exportadas para o formato DXF (Drawing Exchange Format) e, em seguida, importadas no programa Autocad-R12, onde foram editadas.

Já no tocante aos rios, além da edição normal em Autocad-R12 houve a necessidade de se fazer uma padronização das linhas devido ao fato de que uma das cartas planialtimétricas, a folha Paranaguá em particular, possuía outro padrão de distribuição dos rios. Enquanto as demais cartas foram restituídas a partir de fotografias aéreas tomadas em 1980, a folha Paranaguá foi baseada no vôo da USAF de 1966. Para isto foi efetuada uma generalização dos rios extraídos das demais cartas, ou seja, foram eliminados aproximadamente 30% do total dos segmentos de rios, principalmente os de primeira e segunda ordem. Tendo em vista a escala final de apresentação do trabalho - 1:100.000, foi oportuna a generalização pois, com uma densidade menor dos rios, tornou-se mais clara a visualização dos demais elementos do mapa.

#### **4.2.4.2 Edição das linhas de solos e geração do mapa compilado preliminar**

A princípio foi atribuída uma cor para cada um dos nove planos de informações contendo as linhas originais dos mapas de solos, de maneira a permitir uma visualização mais clara possível de todas as divisas, principalmente entre os mapas vizinhos. O próximo passo foi a eliminação das linhas de divisas entre os mapas, unificando as unidades de mapeamento que se encontravam particionadas em mapas distintos (figura 9a). Também nesta ocasião, foi eliminado um dos centróides (identificadores dos polígonos) das unidades de mapeamento que

se encontravam nas divisas, tendo em vista a duplicação destes com a eliminação das linhas de divisas (figura 9a).

Após o processo de eliminação das linhas de divisas e centróides duplicados; as linhas de solos e os centróides contidos nos diversos planos de informações foram transferidos para um único plano de informação.

Com a junção dos planos de informações gerou-se o mapa geral de solos preliminar. Este procedimento possibilitou que as unidades de mapeamento encontradas nas divisas fossem transformadas em entidades únicas. Em seguida foi realizada a poligonização das linhas, criando-se a topologia dos polígonos. (Figura 9b).

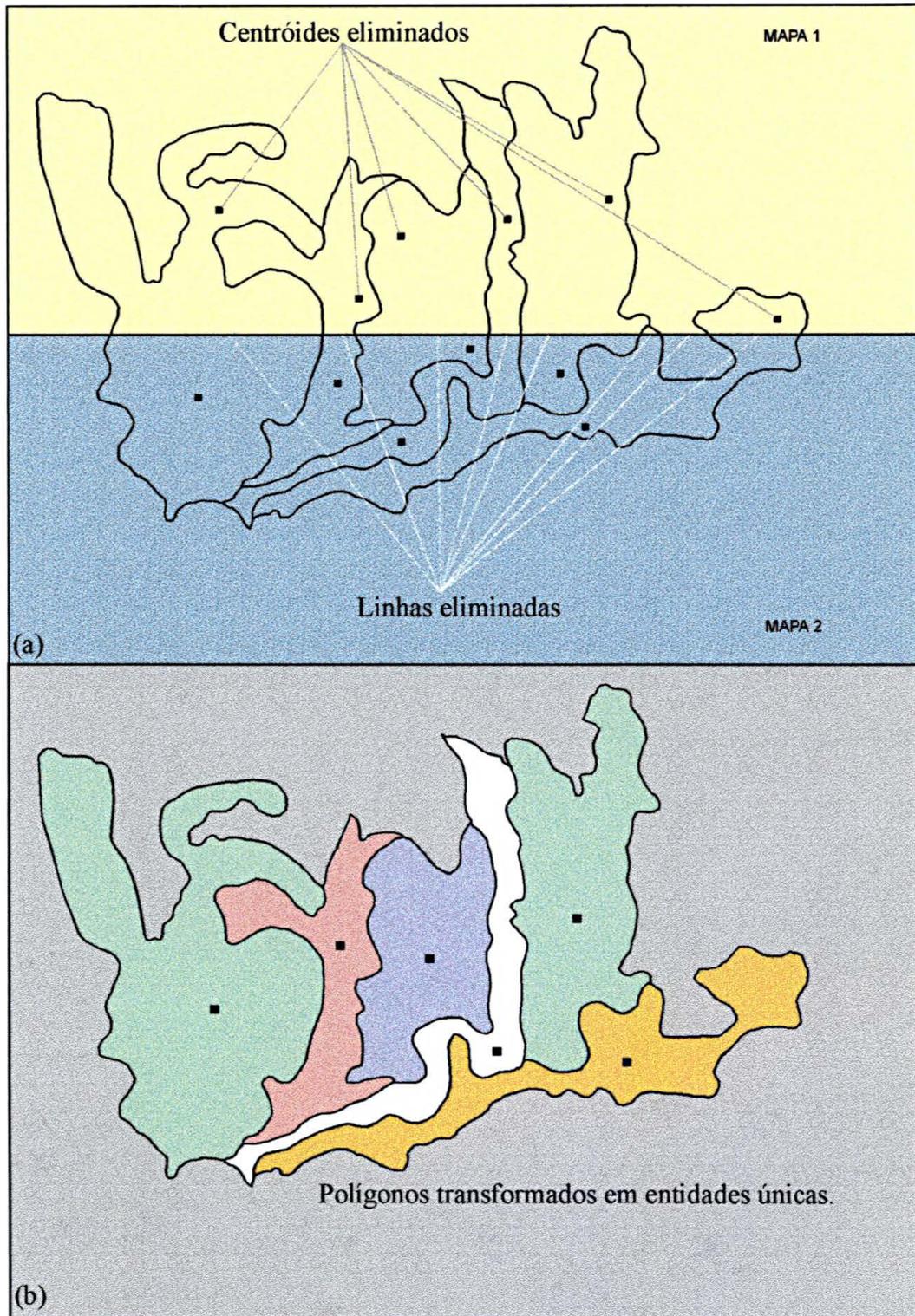
É importante salientar que, nesta etapa foram feitas apenas edições de conectividade entre as linhas de solos. Portanto as unidades de mapeamento do mapa geral preliminar se encontravam exatamente como nos mapas originais, com exceção da área 8, onde o ajuste cartográfico demandou mudanças mais severas devido à baixa qualidade dos mapas originais.

#### **4.2.4.3 Edição das curvas de nível e geração do modelo numérico de terreno (MNT)**

As curvas de nível digitalizadas passaram por uma etapa de conferência para a detecção e correção de erros relacionados principalmente à identificação das cotas altimétricas. Tendo sido feita a conferência e a correção dos erros passou-se para o processo de geração do modelo numérico de terreno (MNT).

A partir das curvas de nível, a geração do MNT no SGI seguiu uma série de passos. O primeiro foi a “organização dos pontos”, que é um processo prévio a qualquer manipulação de informações altimétricas. A “organização dos pontos” é um algoritmo que organiza os dados

Figura 9. Modelo de edição de linhas no SGI



de altimetria em blocos, visando otimizar o processo seguinte de “geração de grade retangular”. Foi empregado o “default” para estabelecer o número de amostras por partição.

O próximo passo foi a geração da grade retangular entre as coordenadas da área de estudo. Uma grade retangular é um modelo numérico do terreno em forma de grade. Foi projetada a geração da grade de tal forma que o resultado conteria o mesmo número de linhas e colunas das imagens de satélite, para viabilizar o processo de integração entre as imagens via transformação IHS. Desta forma elaborou-se uma grade de 1867 linhas por 2167 colunas, utilizando-se uma resolução de 30 metros. Ainda neste mesmo processo, empregou-se o default no parâmetro de interpolação (interpolador número 6 - mais próximo/quadrante/cota).

Após a geração da grade, passou-se para o “refinamento da grade retangular”. Este processo é utilizado para gerar uma imagem em tons de cinza a partir da grade retangular. Esta etapa foi executada dentro das mesmas coordenadas do retângulo envolvente da área e empregou-se a mesma resolução da grade, pelo mesmo motivo de se obter uma imagem com o mesmo número de linhas e colunas das imagens de satélite. Neste caso empregou-se o interpolador bicúbico.

A imagem gerada no processo de refinamento da grade retangular é o MNT que representa o relevo em tons de cinza variando de 0-255, onde os tons mais escuros correspondem às áreas mais baixas e os mais claros às porções mais elevadas (ver figura 16).

#### **4.2.5 Reestruturação e geração da legenda**

Após a edição das entidades gráficas foi iniciado o processo de reestruturação das legendas, que compõem os dados alfanuméricos. Utilizando-se os programas Dbase e Excel criou-se um banco de dados com todas as informações contidas nas legendas originais,

atribuindo-se uma sigla para cada elemento (tabela 1). Desta forma foram digitados todos os dados das legendas no banco de dados para que os solos pudessem ser organizados, ordenados e agrupados, possibilitando a geração da nova legenda.

#### **4.2.6 Revisão da interpretação e ajuste das linhas de solos**

Nesta fase do trabalho o mapa geral preliminar de solos, no formato vetorial, foi sobreposto às composições coloridas das imagens de satélite, para que fossem efetuadas as correções necessárias, principalmente nos locais de divisas entre os mapas, e os devidos ajustes que compreenderam generalizações e detalhamentos conforme o caso.

Afim de melhorar as possibilidades de interpretação de imagens, foram empregadas, principalmente, as composições coloridas 5R4G3B, 4R5G3B e 5IR4HG3SB, esta última proveniente do processo de transformação IHS. Essas composições foram escolhidas por já terem apresentado bons resultados como nos trabalhos de ROCHA *et al.* (1993, 1994 e 1995), WATRIN e VALÉRIO FILHO (1994) e CARMELO e CARVALHO (1993). Além disso, a integração de outros temas como a rede de drenagem por exemplo, contribuiu na discriminação e mapeamento das unidades de mapeamento de solos.

Outro tipo de ajuste necessário foi a complementação da interpretação em locais onde havia falta de informação. Os principais locais onde ocorreram a inexistência da informação de solos foram nas áreas de contato entre as porções mais baixas e as áreas serranas.

Tabela.1. Exemplo das siglas atribuídas aos elementos das legendas originais no banco de dados Dbase (classes de solos escolhidas aleatoriamente nas nove áreas).

AREA	CODIGO	CLASSE	TROF	ARG	HOR_A	TEXT	VEG	REL	SUBST
AREA 1	P3(3)1	pzva	a	tb	md	md	sm	fo	
AREA 1	Pd1(1)1	cb	a	tb	pr	md	mo	o	mm
AREA 1	Pd2(1)1	ar							gr
AREA 1	Pd3(1)1	sl	a	tb	tf	ag	am	mo	gr
.....									
AREA 2	P1(2)2	pzva	a	tb	md	md	sm	o	
AREA 2	Pd1(1)2	cb	a	tb	pr	ag	mod	o	mm
AREA 2	Pm1(5)2	sl	d	tb	pr	ag	mo	fo	gn
.....									
AREA 3	P1(2)3	cb	a	tb	md	ag	sm	mo	xs
AREA 3	Pd2(1)3	sl	a	tb	hu	ag	am	mo	gr
AREA 3	Pd3(1)3	sl	a	tb	tf	ag	am	mo	gr
.....									
AREA 4	P3(3)4	cb	d	tb	md	ag	sm	o	gn
AREA 4	Pd1(2)4	cb	a	tb	md	ag	mo	o	mm
AREA 4	V(2)4	cb	a	tb	md	ag	sm	o	gn
.....									
AREA 5	Pd3(4)5	cb	a	tb	pr	ag	ec	o	vu
AREA 5	Pd3(5)5	sl	a	tb	hu	md	rf	fo	gr
AREA 5	Pd3(6)5	cb	a	tb	hu	md	ec	fo	gr
AREA 5	Pm1(1)5	ar							vu
.....									
AREA 6	P3(1)6	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 6	Pd3(2)6	sl	a		tf	md	am	fo	rl
.....									
AREA 7	Lva(1)7	lva(cb)	a		md	ag	mo	o	
AREA 7	Pva(1)7	pzva	a	tb	md	ag	mo	fo	
AREA 7	Ca(5)7	cb	a	tb	md	ag	mo	fo	mm
.....									
AREA 8	A(1)8	al	d	ta	md	ind		so	
AREA 8	P(1)8	pdz	a		tf	ar		pl	
.....									
AREA 9	Cd(2)9	cb	d	tb	md	ag	sm	pl	sed
.....									

Onde: AREA = código correspondente à articulação dos mapas originais; CODIGO = nome da unidade de mapeamento no mapa original (por exemplo: Pd1(2)4 = unidade de mapeamento Pd1(2) pertencente à área 4); CLASSE = classes de solos componentes das unidades de mapeamento (cb = Cambissolo, sl = Solos Litólicos, pzva = Podzólico Vermelho-Amarelo, ar = Afloramento de Rocha, lva(cb) = Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico, al = Solos Aluviais, pdz = Podzóis); TROF = trofismo (a = álico, d = distrófico); ARG = atividade da argila (tb = argila de baixa atividade, ta = argila de alta atividade); HOR\_A = tipo de horizonte A (md = moderado, pr = proeminente, tf = turfoso, hu = húmico); TEXT = textura (ag = argilosa, md = média, ind = indiscriminada, ar = arenosa); VEG = fase de vegetação (sm =

submontana, mo = montana, am = altomontana, mod = montana diferenciada, ec = ecótono, rf = refúgios ecológicos); REL = fase de relevo (pl = plano, so = suave ondulado, o = ondulado, fo = forte ondulado, mo = montanhoso); SUBST = fase de substrato (gr = granito, mm = migmatito, xs = xisto, vu = rochas vulcânicas, rl = riolito, sed = sedimentos recentes).

#### **4.2.7 Apoio de campo**

Nas visitas em determinados locais da área de estudo foram realizadas observações e verificações em algumas unidades de mapeamento. Os principais aspectos verificados foram a morfologia dos solos (através de tradagens locais) e aspectos relacionados às fases de relevo e vegetação. Como apoio aos trabalhos de campo foram efetuadas análises, com estereoscópio de bolso, nas fotografias aéreas e observações visuais nas imagens de satélite plotadas e plastificadas. As anotações foram efetuadas sobre as imagens de satélite com canetas especiais sobre material plástico.

As regiões que receberam maior atenção foram aquelas onde haviam dúvidas quanto a interpretação e principalmente os locais com falta de informação, como por exemplo, nas áreas de contato entre a planície litorânea e a Serra do Mar, locais estes que coincidiam com as divisas entre os trabalhos de ROCHA *et al.* (1992) e de RAUEN *et al.* (1994).

#### **4.2.8 Geração do mapa compilado de solos**

Com os dados originados através da revisão da interpretação e ajustes, complementados com o apoio de campo, foi gerado o mapa compilado de solos na escala 1:100.000. Neste mapa, todas as unidades de mapeamento foram fechadas na forma de polígonos e identificadas topologicamente. O próximo passo foi a transformação do mapa para

o formato “raster”, permitindo qualquer tipo de manipulação como cruzamentos, cálculo de áreas, tabulação cruzada e outros.

Em seguida os polígonos referentes ao mapa de solos e todas as demais informações componentes da base cartográfica foram exportadas para o formato DXF (Draw Exchange Format) para serem inseridas no software Corel Draw 6.0, específico para editoração e elaboração do produto final, incluindo layout e arte final.

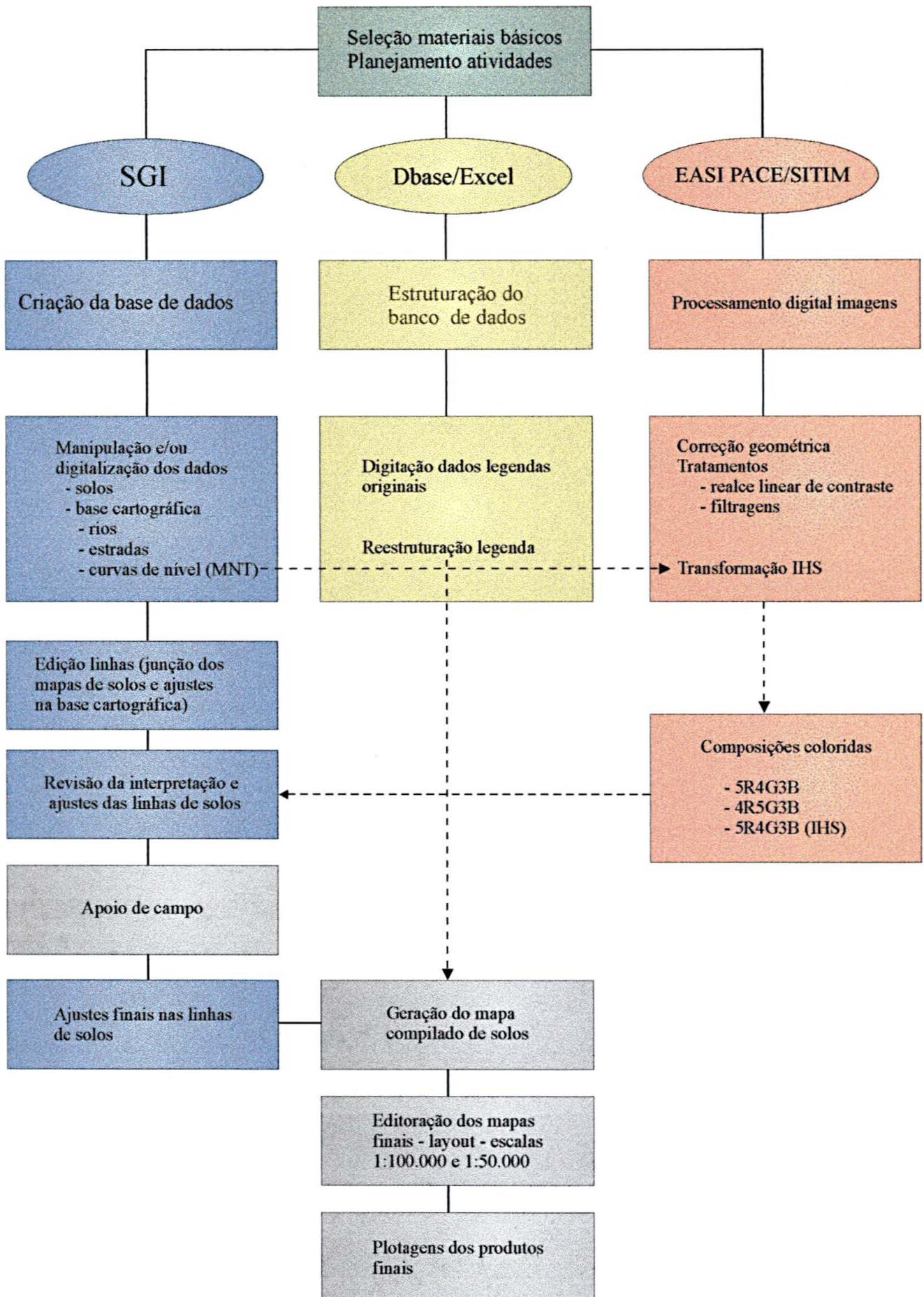
#### **4.2.9 Editoração dos mapas finais**

A seguir o mapa compilado de solos, bem como a base cartográfica, foram submetidos aos processos de editoração e plotagens dos produtos finais. Nesta fase foi criado um layout contendo mapas de localização, informações técnicas, legenda, etc. O mapa 1:100.000 foi subdividido em quatro partes editoradas na escala 1:50.000. Foi acrescentado ao layout uma imagem na composição colorida 4R5G3B com as linhas de solos sobrepostas, visando com isso ilustrar as relações entre os solos e a fisionomia presente nas imagens de satélite. Além disso, nos mapas 1:50.000, as fases de vegetação e relevo foram indicadas sob o nome da unidade de mapeamento através de siglas (ver figura 22), pois no mapa 1:100.000 esta informação foi omitida devido às condições de apresentação.

Os mapas em anexo ilustram os produtos finais com todos os seus elementos.

A figura 10 apresenta um fluxograma resumindo todas as etapas da metodologia.

Figura 10. Fluxograma demonstrativo da metodologia.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Resultados obtidos com o processamento digital das imagens orbitais

#### 5.1.1 Composições coloridas padrões

De acordo com os procedimentos metodológicos mencionados anteriormente, as imagens do satélite Landsat TM5, bandas 3, 4 e 5, foram manipuladas para se obter composições coloridas georreferenciadas, as quais foram utilizadas como base nos processos de revisão da interpretação e ajustes das unidades fisiográficas. Inicialmente foram geradas duas composições coloridas, 5R4G3B e 4R5G3B, com as bandas no estado original, apenas com realce através de modificação de histograma e filtragem. Esses produtos foram elaborados com base nos trabalhos de PINTO (1991), ROCHA *et al.* (1993, 1994 e 1995), WATRIN e VALÉRIO FILHO (1994), CARMELO e CARVALHO (1993), NANNI (1995), RIBEIRO (1997), entre outros autores que também utilizaram composições coloridas em interpretações visuais aplicadas a estudos de solos.

A figura 11 demonstra as bandas separadas (3, 4 e 5) e uma composição colorida das imagens originais (INPE) em comparação com as imagens realçadas, em uma pequena parte da área de estudo, onde se tem um bom contraste entre diferentes feições do terreno.

As figuras 12 e 13 ilustram as duas composições coloridas citadas acima. Além da imagem proveniente do mosaico das cenas, abrangendo toda a região de estudo, são apresentadas as duas composições em parte ampliada da área contendo as linhas de solos sobrepostas (figuras 14 e 15).

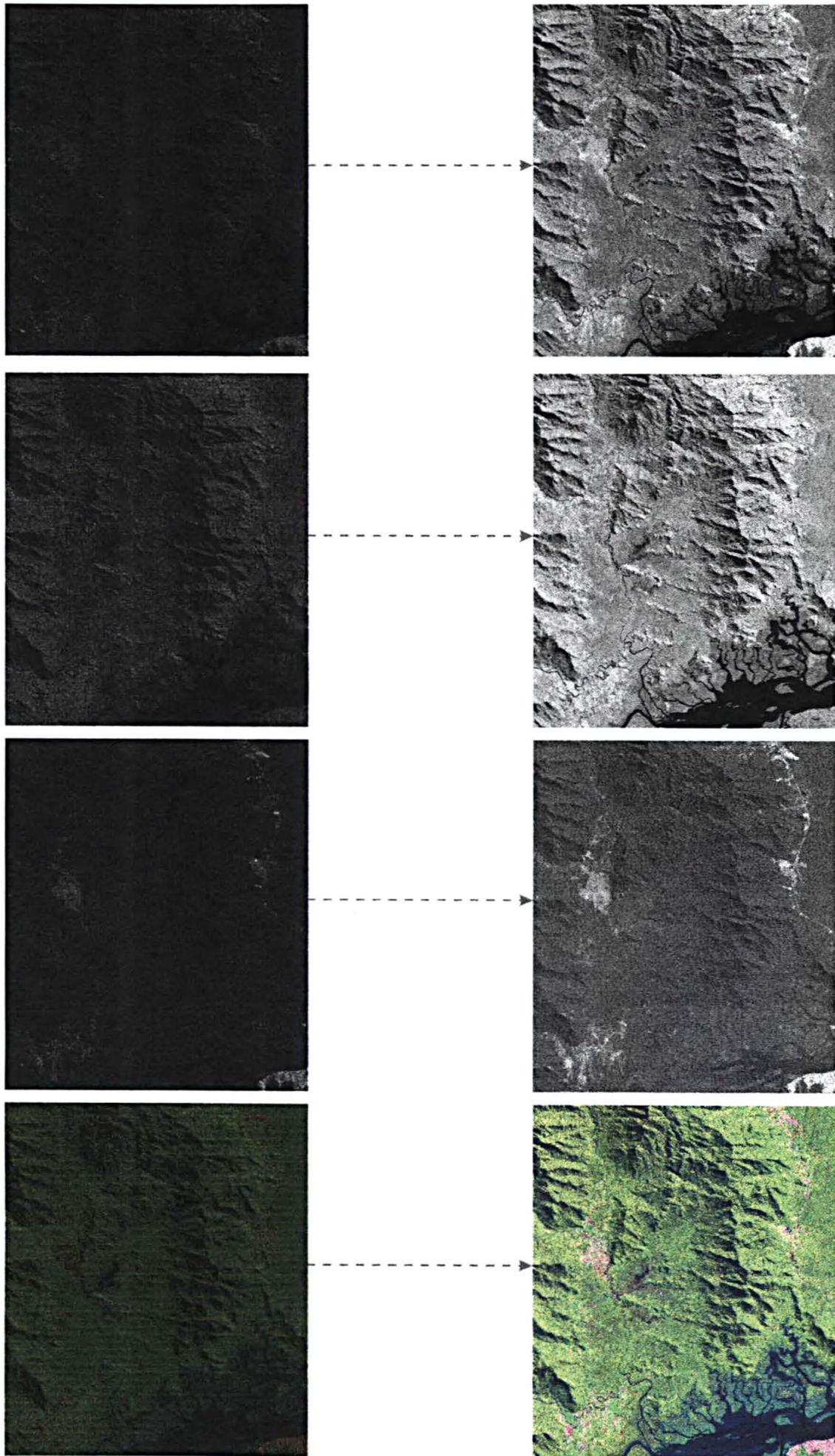


Figura 11. Realce linear de contraste aplicado às imagens Landsat

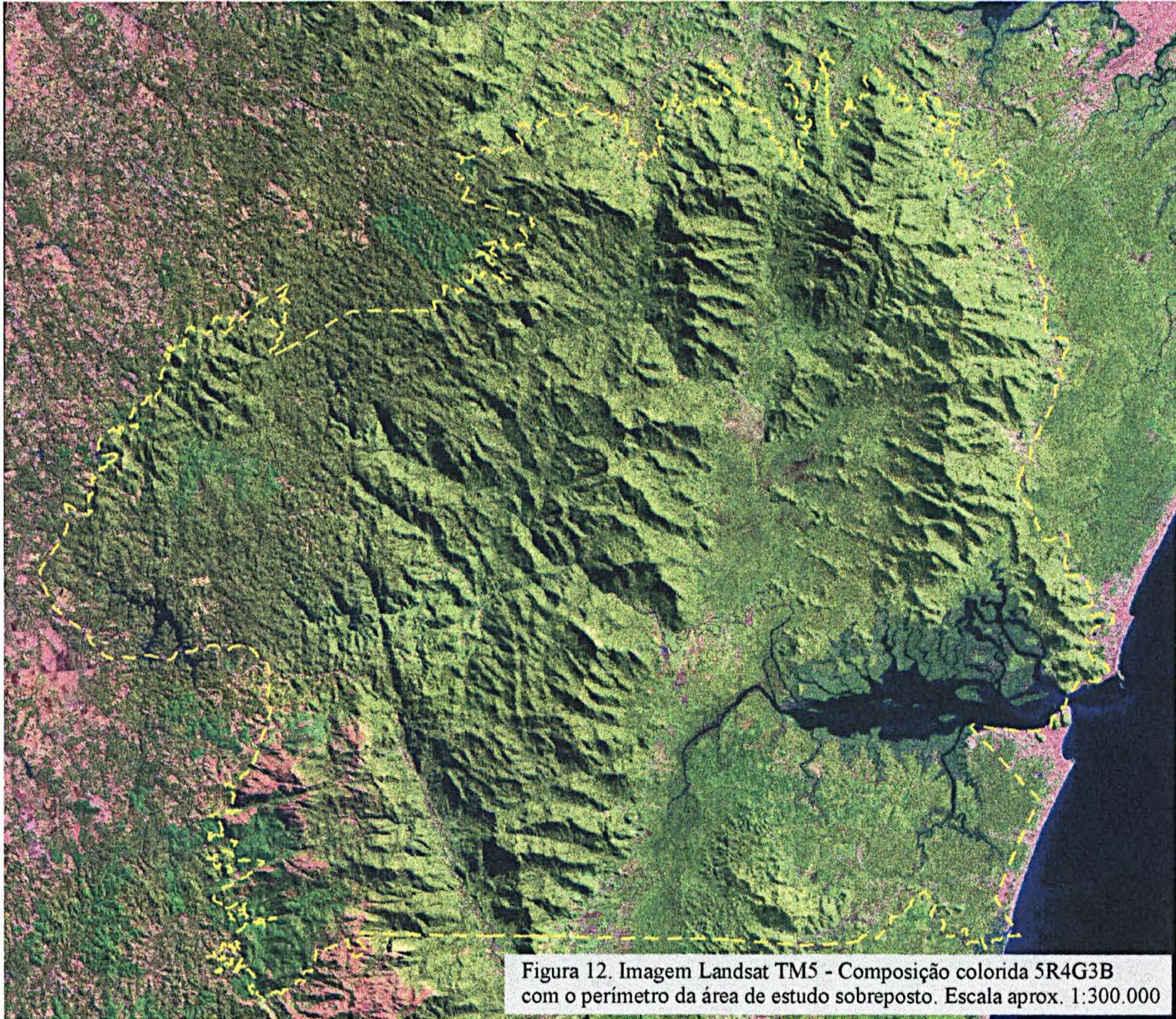


Figura 12. Imagem Landsat TM5 - Composição colorida 5R4G3B com o perímetro da área de estudo sobreposto. Escala aprox. 1:300.000



Figura 13. Imagem Landsat TM5 - Composição colorida 4R5G3B com o perímetro da área de estudo sobreposto. Escala aprox.: 1:300.000



Figura 14. Imagem Landsat TM5 - Composição colorida 5R4G3B (escala 1:100.000) com as linhas de solos e toponímias sobrepostas.



Figura 15. Imagem Landsat TM5 - Composição colorida 4R5G3B (escala 1:100.000) com as linhas de solos e toponímias sobrepostas.

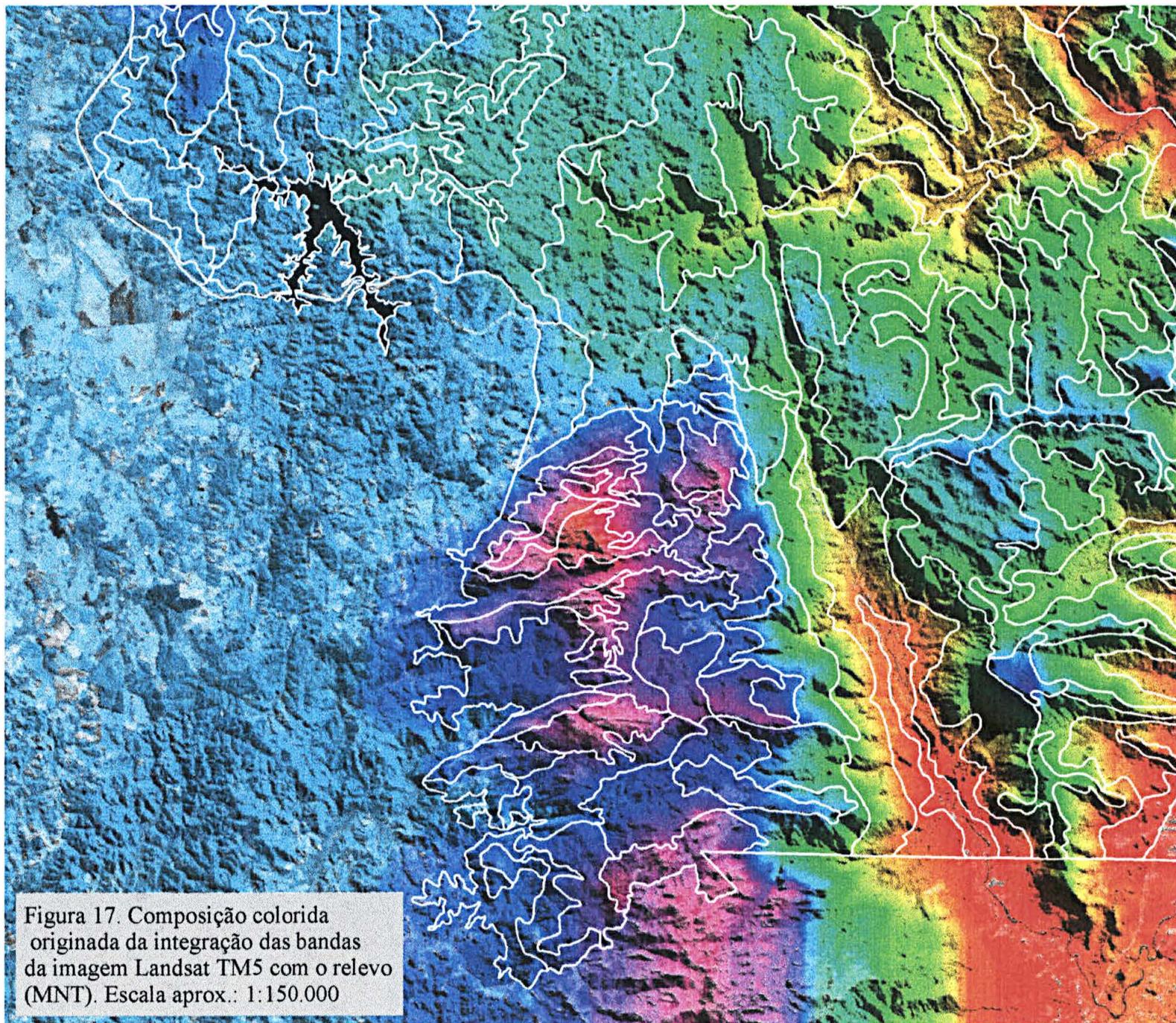
Dentre as duas composições apresentadas, a 4R5G3B foi escolhida para dar suporte ao apoio de campo. Assim sendo, esta composição com as linhas de solos sobrepostas, foi impressa em papel, na escala 1:50.000, plastificada, e levada à campo para a realização do acompanhamento das observações no terreno, particularmente quanto as fases de relevo, vegetação, pedregosidade, etc.

### **5.1.2 Integração do relevo com as imagens Landsat - composição colorida obtida através da transformação IHS**

Além das duas composições coloridas citadas anteriormente, uma terceira imagem com características próprias, gerada pela técnica de transformação IHS, foi empregada para dar maiores subsídios aos processos de revisão da interpretação e ajustes das unidades fisiográficas. Com a integração do MNT às três bandas da imagem Landsat, observou-se um enriquecimento no conteúdo de informação da composição colorida resultante, o que favoreceu a revisão da interpretação, principalmente devido ao fato de que a área de estudo possui uma geomorfologia complexa e com grandes variações de altitude. A metodologia utilizada para geração e manipulação desta composição colorida foi apoiada nos resultados obtidos por CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990), PINTO (1991), ROCHA *et al.* (1993, 1994, 1995 e 1996) e RIBEIRO (1997). Estes autores utilizaram a técnica de transformação IHS na integração de dados e obtiveram excelentes resultados, verificando um ganho quanto a qualidade das interpretações efetuadas sobre estas imagens. Tomando-se como exemplo parte da área de estudo, a figura 16 demonstra o processo de transformação IHS e geração da composição colorida.

A figura 17 mostra a composição colorida IRHGSB com as linhas das unidades de mapeamento de solos sobrepostas no quadrante inferior esquerdo da área de estudo. Percebe-se a forte relação existente entre as unidades fisiográficas, as cores (que indicam diferentes altitudes) e a textura da imagem.

Estes resultados obtidos com o processamento digital de imagens orbitais e técnicas de manipulação em sistemas de processamento digital mostrou-se potencialmente viável como ferramenta para compilação de mapas de solos, conforme também verificado por outros autores.



## **5.2 Resultados obtidos no Sistema de Informações Geográficas**

### **5.2.1 Integração dos dados, ajustes cartográficos e geração do mapa compilado preliminar de solos**

O processo de compilação de mapas exige que as informações, que farão parte do mapa final, estejam dispostas em um ambiente único, de tal forma que possam ser analisadas em conjunto. Tendo em vista esta necessidade, foi estruturada uma base de dados digitais em ambiente SIG, permitindo a integração de todos os dados disponíveis, tais como: planimetria (rios, rodovias, estradas e caminhos), dados temáticos (solos), altimetria (curvas de nível) e imagens. Este mesmo tipo de abordagem de integração de dados vem sendo empregada por diversos autores em inúmeras áreas. Neste sentido, alguns trabalhos relacionados a estudos de solos mostram que a linha de trabalho e os produtos obtidos neste estudo estão compatíveis com as metodologias empregadas mais recentemente, como por exemplo PEREIRA FILHO (1988), WALSH *et al.* (1987 e 1990), JANSSEN *et al.* (1990), FERREIRA E MATTOS (1990), WESTIN e BEST (1987), ROCHA (1993), ROCHA *et al.* (1994, 1995 e 1996), ROCHA e GHANI (1995), BERTOLANI (1997), CHOU e CHOU (1996) e VALÉRIO FILHO e ARAÚJO JÚNIOR (1996).

Diversos autores como FELGUEIRAS *et al.* (1990), GOODCHILD (1987), FABBRI (1992), DANGERMOND (1989), dentre outros, consideram a entrada de dados como uma função básica e de extrema importância nos SIG's. Desta forma todos os dados foram cuidadosamente analisados antes de serem submetidos ao processo de entrada e armazenamento no SGI (INPE), que foi efetuado por diversas maneiras como já detalhado na metodologia.

Como já descrito no item 4.3.4, as informações armazenadas no SGI em formato vetorial (linhas) sofreram uma edição preliminar, compreendendo ajustes de conectividade entre os polígonos e um novo arranjo das linhas da área oito, sendo que isto foi necessário devido às altas distorções cartográficas existentes nos mapas originais. Pode-se observar na figura 18a que nas regiões de contato entre mapas as linhas apresentavam pequenos deslocamentos que foram ajustados da melhor maneira possível, sem que houvessem mudanças significativas nas unidades de mapeamento. Por outro lado, as linhas que delimitavam as unidades de mapeamento da área 8 foram refeitas, utilizando-se as composições coloridas das imagens Landsat como base, procurando-se manter o mais próximo possível dos originais, embora tenham sido feitos pequenos ajustes visando aumentar a qualidade do delineamento destas unidades (figura 18 b). Tais procedimentos originaram um mapa compilado preliminar de solos (figura 19), com as linhas parcialmente ajustadas, o qual foi utilizado como base no processo de elaboração do produto final.

### **5.2.2 Revisão da interpretação, ajustes temáticos e geração do mapa compilado de solos**

Após todas as informações (temáticas e planialtimétricas) estarem dispostas e ajustadas à mesma base cartográfica, foram efetuados alguns ajustes temáticos no sentido de melhorar as condições de interpretação do mapa compilado, além de suprir e complementar a informação inexistente em determinados locais.

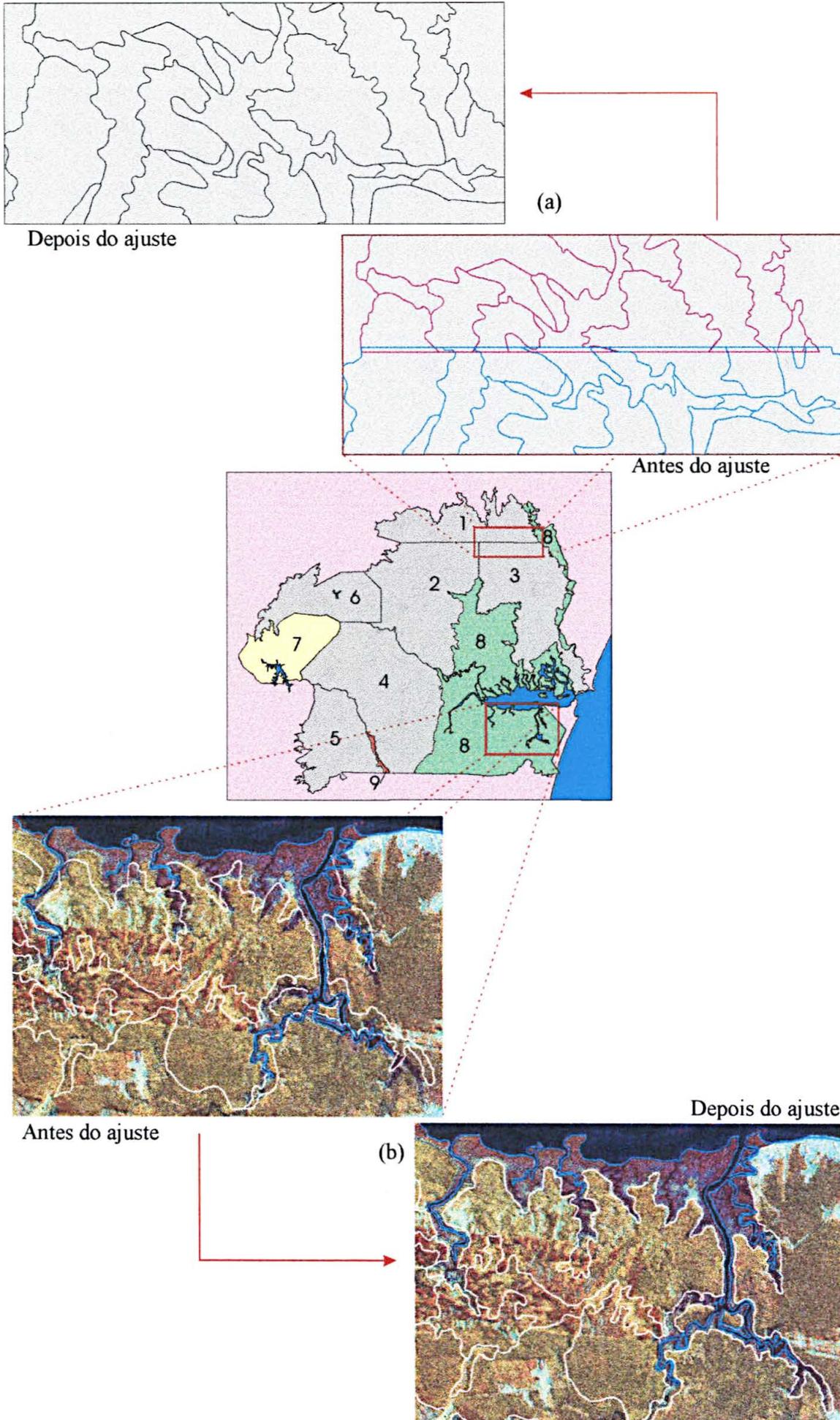
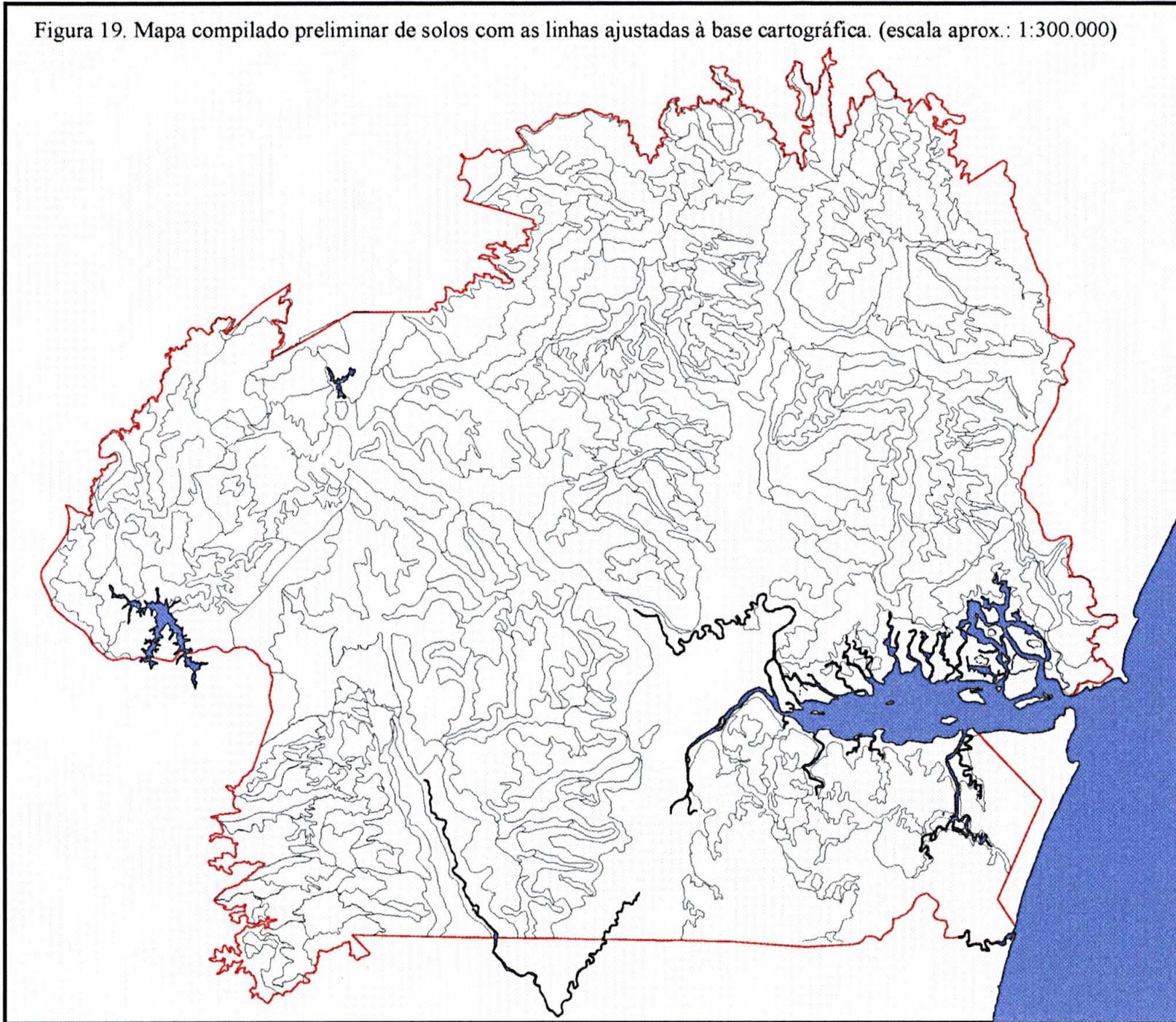


Figura 18. Modelo dos ajustes cartográficos empregados às linhas de solos para geração do mapa compilado preliminar.

Figura 19. Mapa compilado preliminar de solos com as linhas ajustadas à base cartográfica. (escala aprox.: 1:300.000)



Baseada nos trabalhos de ROCHA *et al.* (1995), GUNIN e VOSTOKOVA (1995), COSTA *et al.* (1996), ROCHA e SCHMIDLIN (1996) e STRELNIKOV (1996), a revisão da interpretação das unidades de mapeamento de solos foi efetuada dando ênfase aos locais de contato entre mapas e onde a análise das composições coloridas utilizadas mostrava distorções e possibilidades de generalizações e/ou detalhamentos. A figura 20 demonstra, através de alguns exemplos, os tipos de ajustes temáticos efetuados. Através da análise dos exemplos, observa-se alguns tipos de detalhamentos (nas áreas sinalizadas com um pentágono) e generalizações (nas áreas sinalizadas com uma elipse) realizadas na revisão da interpretação das unidades de mapeamento de solos. Além disso, é possível observar-se alguns reajustamentos em determinadas linhas para uma melhor definição de certas unidades fisiográficas. O resultado obtido através desta etapa constitui-se no mapa compilado de solos (figura 21), o qual foi submetido ao processo de editoração.

Uma redução dos produtos finais (um mapa na escala 1:100.000 e quatro na escala 1:50.000), após a editoração em software específico, com todos os elementos gráficos e alfanuméricos, são apresentados em anexo.

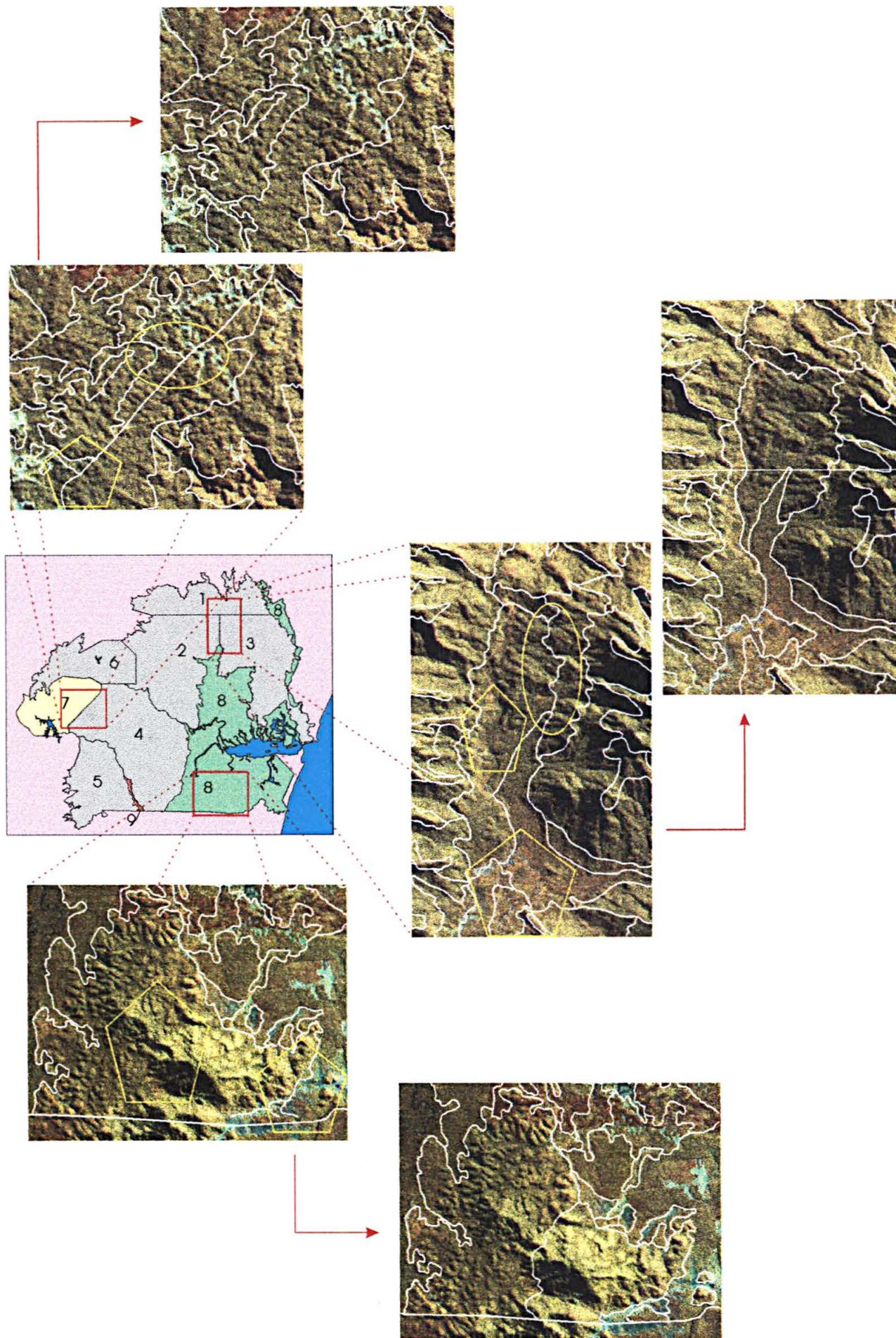
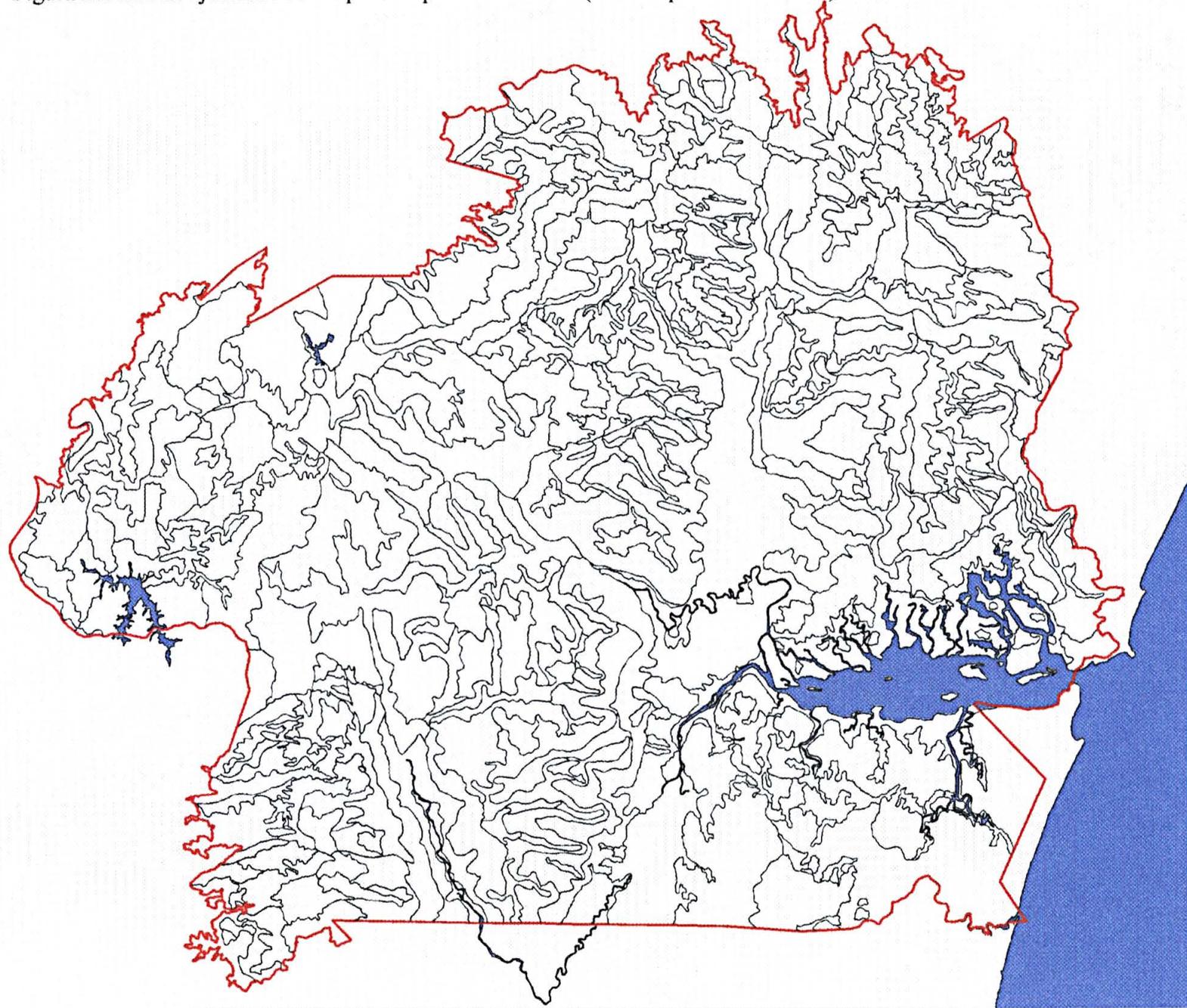


Figura 20. Modelo dos ajustes temáticos empregados às linhas de solos para geração do mapa compilado.

Figura 21. Linhas ajustadas do Mapa Compilado de Solos. (escala aprox.: 1:300.000)



### **5.3 Legenda de identificação e áreas de ocorrência dos solos**

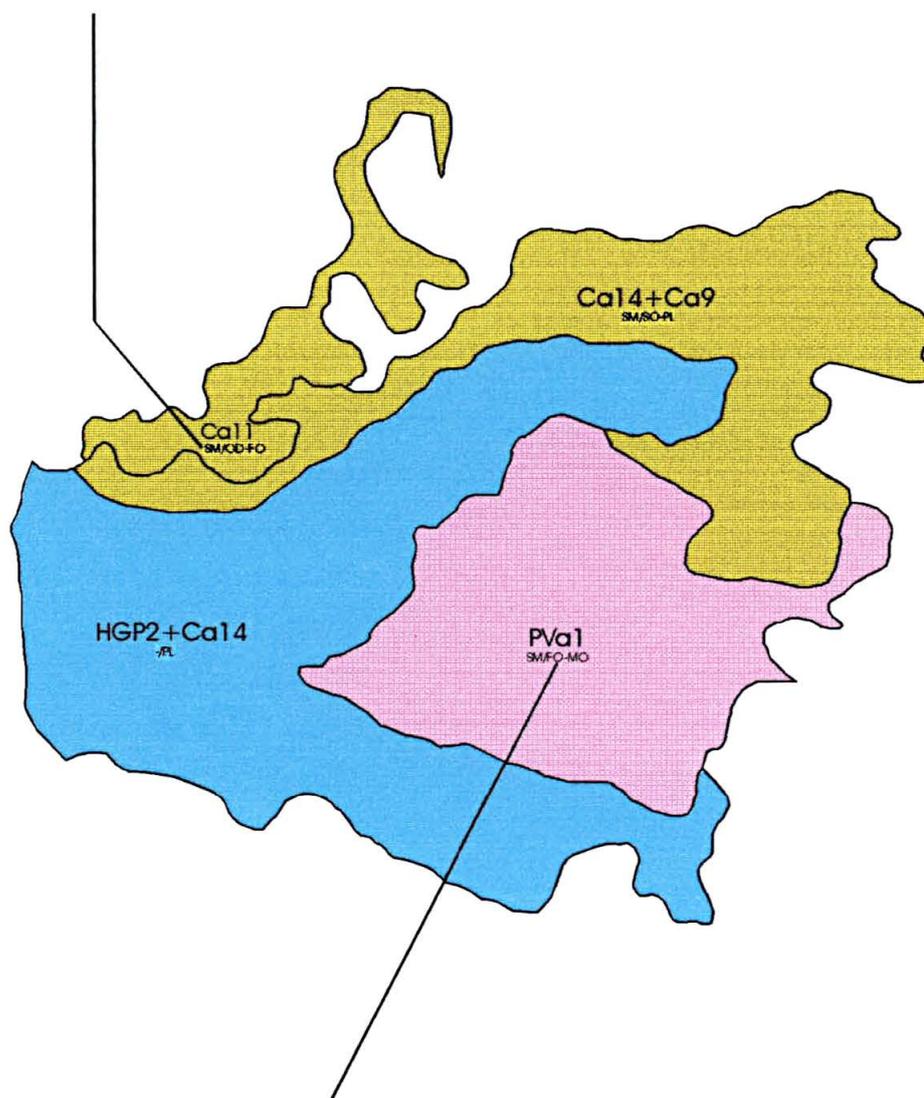
#### **5.3.1 Legenda de identificação do mapa compilado de solos**

O emprego de técnicas de geoprocessamento apoiado nos estudos anteriores, resultou em um mapa compilado de solos da área total da APA de Guaratuba.

A partir do banco de dados com todos os elementos das legendas originais, codificados através de siglas (tabela 1), foi efetuado o agrupamento de solos para geração da legenda do mapa compilado de solos da APA. Através de um exemplo, a tabela 2 demonstra como foram utilizados símbolos para o agrupamento dos solos semelhantes, contidos em diversas áreas, em uma legenda única. Após o agrupamento, os solos representados pelo mesmo símbolo receberam a nova nomenclatura de acordo com a legenda final. A “união” dos mapas originais deu origem a um grande número de unidades de mapeamento. Por esse motivo optou-se pela confecção da legenda envolvendo apenas as classes de solo e fases de substrato (quando aplicável). As associações e as fases de vegetação e relevo foram indicadas dentro de cada unidade de mapeamento. As associações foram designadas pelo conjunto de símbolos das unidades taxonômicas componentes em ordem decrescente de ocorrência e coloridas com a cor da unidade predominante, conforme especificações contidas em OLIVEIRA (1982). As fases de vegetação e relevo foram indicadas sob o nome da unidade de mapeamento através de siglas (figura 22).

Figura 22. Modelo de representação das fases de vegetação e relevo dentro das unidades de mapeamento.

Unidade de mapeamento Ca11 com fase de vegetação submontana e relevo ondulado e forte ondulado



Unidade de mapeamento PVa1 com fase de vegetação submontana e relevo forte ondulado e montanhoso

As cores empregadas no mapa foram escolhidas baseando-se no mapa do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná (EMBRAPA, 1984). Visando facilitar a leitura do mapa atribuiu-se um preenchimento (“hachura”) para cada tipo de horizonte A (turfoso, húmico, proeminente e moderado).

A legenda final, após a reestruturação, apresentou 87 (oitenta e sete) classes de solos.

A legenda de identificação dos solos e a das fases de vegetação e relevo e o padrão de preenchimento dos diferentes tipos de horizonte A são apresentadas nas figuras 23 e 24, respectivamente.

Tabela 2. Exemplo do agrupamento e classificação de solos semelhantes na planilha do Excel.

AREA	CODIGO	SIMBOLO	CLASSE	TROF	ARG	HOR_A	TEXT	VEG	REL	SUBST
AREA 1	P3(1)1	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 1	Pm1(4)1	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 1	Pm2(1)1	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 1	Pm3(1)1	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 1	Pm3(2)1	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 2	P3(1)2	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 3	P3(2)3	AT	sl	a	tb	md	ag	mod	fo	gr
AREA 3	Pm1(1)3	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 3	Pm2(1)3	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 4	P3(1)4	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 4	Pd1(3)4	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 4	Pm1(5)4	AT	sl	a	tb	md	ag	mo	fo	gr
AREA 6	Pd3(3)6	AT	sl	a	tb	md	ag	mod	fo	gr

Onde: AT = símbolo atribuído aos Solos Litólicos álicos Tb A moderado textura argilosa fase de vegetação montana e montana diferenciada relevo forte ondulado substrato granito; na legenda final todos os solos com o símbolo AT ficaram incluídos na legenda **Ra8 SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato granito e/ou granitóide**.

Figura 23. Legenda de Identificação dos Solos

Legenda:	
<b>LATOSSOLOS</b>	
	<b>LVa1</b> LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO câmbico A moderado textura muito argilosa e/ou argilosa
	<b>LVa2</b> LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO câmbico A moderado textura média, ou argilosa
	<b>LVa3</b> LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO podzólico A moderado textura argilosa
	<b>LVd1</b> LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO A moderado textura argilosa
<b>PODZOL E PODZÓLICOS</b>	
	<b>PVa1</b> PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELO ÁLICO Tb A moderado textura argilosa e/ou muito argilosa
	<b>PVa2</b> PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO Tb A húmico textura média,
	<b>PVa3</b> PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO Tb A moderado textura média,
	<b>PVa4</b> PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO latossólico Tb A moderado textura média,
	<b>PVa5</b> PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO câmbico Tb A moderado textura média, e/ou argilosa
	<b>Pa</b> PODZÓL ÁLICO A moderado textura arenosa
<b>CAMBISSOLOS</b>	
	<b>Ca1</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb turfoso textura argilosa fase substrato rochas vulcânicas
	<b>Ca2</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb turfoso textura média, fase substrato granito
	<b>Ca3</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A húmico textura média, fase substrato granito
	<b>Ca4</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente textura argilosa fase substrato migmatito
	<b>Ca5</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente textura argilosa fase substrato rochas vulcânicas
	<b>Ca6</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente textura argilosa fase substrato granito
	<b>Ca7</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente textura média, fase substrato granito
	<b>Ca8</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A proeminente textura média, fase substrato granito
	<b>Ca9</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato colúvios e/ou talus e gnáissico/migmatito
	<b>Ca10</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato migmatito
	<b>Ca11</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato xisto
	<b>Ca12</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato granito e/ou granitóide
	<b>Ca13</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura muito argilosa e/ou argilosa substrato rochas vulcânicas
	<b>Ca14</b> CAMBISSOLO ÁLICO gleico Tb A moderado textura argilosa
	<b>Ca15</b> CAMBISSOLO ÁLICO podzólico Tb A moderado textura argilosa e/ou muito argilosa fase substrato rochas vulcânicas
	<b>Ca16</b> CAMBISSOLO ÁLICO latossólico Tb A moderado textura argilosa e/ou muito argilosa fase substrato migmatito e/ou granito
	<b>Ca17</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura argilosa fase substrato granito
	<b>Ca18</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura argilosa fase substrato colúvios e talus
	<b>Ca19</b> CAMBISSOLO ÁLICO e/ou podzólico ÁLICO raso Tb A moderado textura argilosa fase substrato gnáissico-migmatito
	<b>Ca20</b> CAMBISSOLO ÁLICO podzólico Tb A moderado textura argilosa fase substrato gnaissico-migmatito e/ou granito
	<b>Ca21</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato retrabalhamento de granito e/ou migmatito
	<b>Ca22</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato granito
	<b>Ca23</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato rochas vulcânicas
	<b>Ca24</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, e/ou argilosa fase substrato gnaisses
	<b>Ca25</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato embassamento cristalino
	<b>Ca26</b> CAMBISSOLO ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato xisto
	<b>Ca27</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura média, fase substrato gnaissico-migmatito
	<b>Ca28</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura média, substrato granito
	<b>Ca29</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura média, fase substrato retrabalhamento de granito e/ou cataclásticas
	<b>Ca30</b> CAMBISSOLO ÁLICO raso Tb A moderado textura média, fase substrato xisto
	<b>Ca31</b> CAMBISSOLO ÁLICO latossólico Tb A moderado textura média, fase substrato granito
	<b>Cd1</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A proeminente textura argilosa, fase substrato granito
	<b>Cd2</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A proeminente textura média, fase substrato granito e/ou gnáissico-migmatito
	<b>Cd3</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A proeminente textura argilosa, fase substrato migmatito
	<b>Cd4</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A proeminente textura argilosa, fase substrato gnáissico-migmatito
	<b>Cd5</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato granito
	<b>Cd6</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO e/ou podzólico DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato rochas vulcânicas
	<b>Cd7</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato migmatito
	<b>Cd8</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO podzólico Tb A moderado textura argilosa, fase substrato granito

Figura 23. Legenda de Identificação dos Solos (cont.)

	<b>Cd9</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A moderado textura média,, fase substrato granito <b>Cd10</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO raso Tb A moderado textura argilosa, fase substrato gnáissico-migmatito <b>Cd11</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO raso Tb A moderado textura argilosa, fase substrato granito <b>Cd12</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato gnáissico-migmatito <b>Cd13</b> CAMBISSOLO DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato sedimentos recentes
<b>AREIAS QUARTZOSAS</b>	
	<b>AQ1</b> AREIAS QUARTZOSAS MARINHAS DISTRÓFICAS A moderado
<b>SOLOS HIDROMÓRFICOS</b>	
	<b>HGP2</b> GLEY POUCO HÚMICO ÁLICO Ta textura argilosa ou média <b>PH1</b> PODZOL HIDROMÓRFICO ÁLICO turfoso textura arenosa <b>HG1</b> SOLOS HIDROMÓRFICOS Indiscriminados
	<b>HGP1</b> GLEY POUCO HÚMICO ÁLICO Ta Tiomórfico textura argilosa
<b>SOLOS ORGÂNICOS</b>	
	<b>HO1</b> SOLOS ORGÂNICOS ÁLICO muito mal drenado
<b>SOLOS ALUVIAIS</b>	
	<b>Aa1</b> SOLOS ALUVIAIS ÁLICOS Tb A húmico textura média, fase substrato sedimentos aluviais <b>Ad1</b> SOLOS ALUVIAIS DISTRÓFICOS ta A moderado textura indiscriminada
<b>SOLOS LITÓLICOS</b>	
	<b>Ra1</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb turfoso textura argilosa fase substrato granito <b>Ra2</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb turfoso textura argilosa fase substrato rochas vulcânicas <b>Ra3</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb turfoso textura média, substrato rochas vulcânicas <b>Ra4</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A húmico textura argilosa fase substrato granito <b>Ra5</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A húmico textura média, fase substrato granito <b>Ra6</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A húmico textura média, fase substrato rochas vulcânicas <b>Ra7</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A proeminente textura média, fase substrato rochas vulcânicas <b>Ra8</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato granito e/ou granitóide <b>Ra9</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato migmatito <b>Ra10</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura argilosa, fase substrato retrabalhamento de migmatito e/ou gnaisse <b>Ra11</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato granito <b>Ra12</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato gnáissico-migmatito <b>Ra13</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato embassamento cristalino <b>Ra14</b> SOLOS LITÓLICOS ÁLICO Tb A moderado textura média, fase substrato rochas vulcânicas <b>Ra15</b> SOLOS LITÓLICO ÁLICO Tb turfoso textura arenosa fase substrato granito
	<b>Rd1</b> SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO Tb A proeminente textura argilosa fase substrato gnáissico-migmatito <b>Rd2</b> SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO Tb A proeminente textura média, fase substrato gnáissico-migmatito <b>Rd3</b> SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato gnáissico-migmatito <b>Rd4</b> SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato granito <b>Rd5</b> SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa fase substrato gnáissico-migmatito <b>Re1</b> SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICO Tb A moderado textura média, fase substrato xisto
<b>AFLORAMENTO DE ROCHAS</b>	
	<b>AR1</b> Afloramento de rochas graníticas <b>AR2</b> Afloramento de rochas migmatitas <b>AR3</b> Afloramento de rochas vulcânicas <b>AR4</b> Afloramento de rochas embassamento cristalino
<b>ASSOCIAÇÃO DOS SOLOS</b>	
- Designado pelo conjunto de símbolos das unidades taxonômicas componentes em ordem decrescente de ocorrência e coloridas com a cor da unidade predominante.	

Figura 24. Legenda das fases de vegetação e relevo e padrão de preenchimento dos tipos de horizonte A.

Legenda das fases de vegetação e relevo:	
<b>Vegetação:</b>	<b>Relevo:</b>
Submontana - SM	Plano - PL
Montana - MT	Suave Ondulado - SO
Altomontana - AM	Ondulado - OD
Montada Diferenciada - MF	Forte Ondulado - FO
Ecótono - EC	Montanhoso - MO
Refúgio Ecológico - RF	Ecarpado - ES
Transição Subtropical-Tropical - ST	

<b><i>TIPOS DE HORIZONTE A</i></b>	
	<b>Turfoso</b>
	<b>Húmico</b>
	<b>Proeminente</b>
	<b>Moderado</b>

### 5.3.2 Áreas de ocorrência dos solos

As áreas de ocorrência de cada classe de solo estão indicadas na tabela 3 a seguir:

Tabela 3. Áreas (ha) e porcentagem de cada classe de solo representada no mapa final.

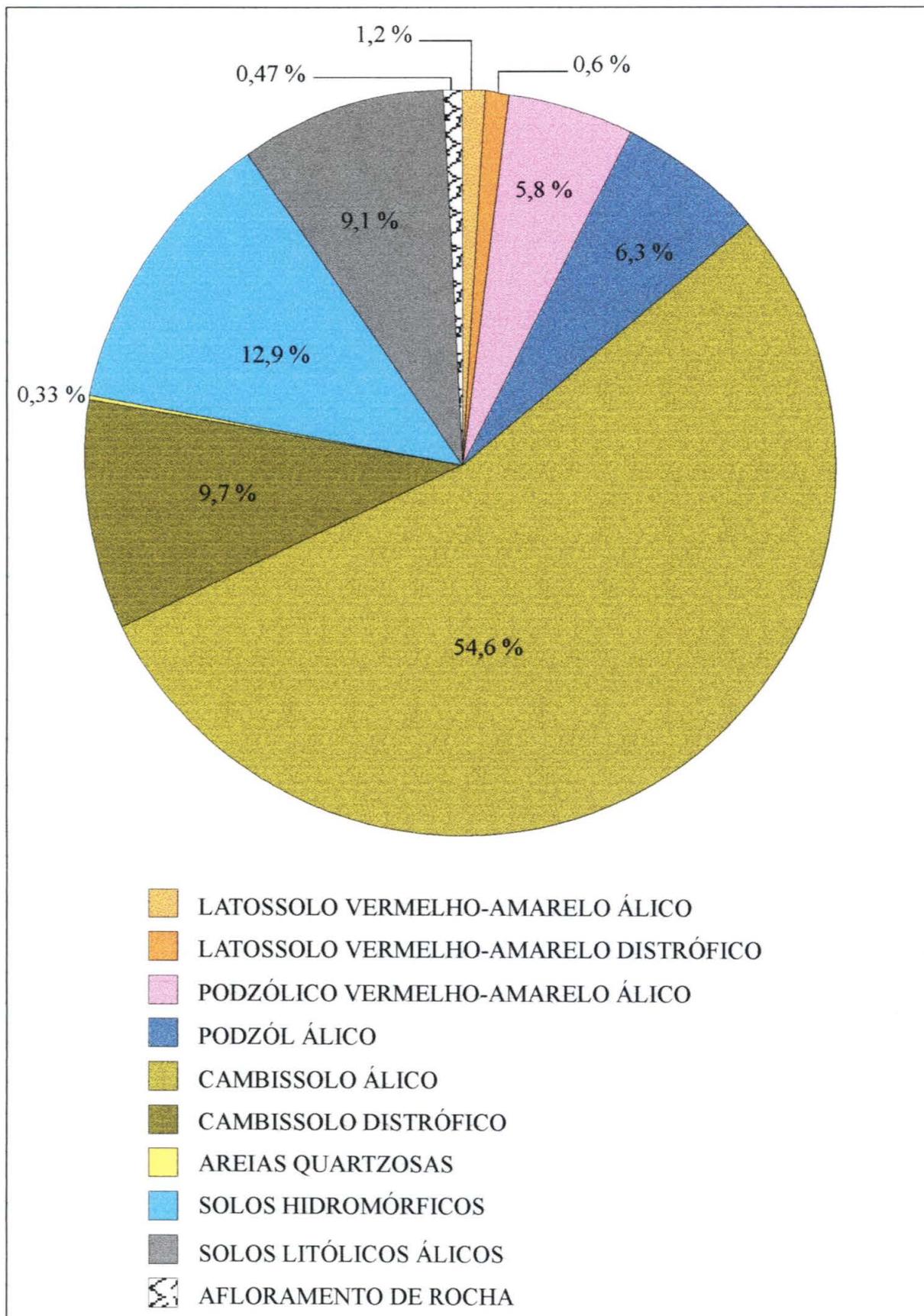
Solos	Área ha - %
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO	2.354 - 1,2
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO	1.266 - 0,6
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO	11.085 - 5,8
PODZÓL ÁLICO	12.060 - 6,3
CAMBISSOLO ÁLICO	104.092 - 54,6
CAMBISSLO DISTRÓFICO	18.515 - 9,7
AREIAS QUARTZOSAS	689 - 0,33
SOLOS HIDROMÓRFICOS	24.616 - 12,9
SOLOS LILTÓLICOS ÁLICO	17.394 - 9,1
AFLORAMENTO DE ROCHA	904 - 0,47
<b>Total</b>	<b>190.620 - 100</b>

Os: SOLOS ALUVIAIS, SOLOS ORGÂNICOS, SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO e SOLOS LITÓLICOS EUTRÓFICO, não estão inclusos na tabela devido ao fato de estarem presentes apenas como elementos codominantes em associações. Além disso, a área de corpos d'água deve ser levada em consideração tendo em vista que inclui a Baía de Guaratuba e as represas do Vossoroca e Guaricana. Esta classe denominada "ÁGUA" ocorre em 7.537 ha.

Os resultados apresentados na tabela acima demonstram que mais de 60 % da área, totalizando cerca de 123.000 ha, é ocupada pelos Cambissolos.

O gráfico 1 ilustra o predomínio dos Cambissolos em relação aos demais tipos de solos da APA.

Gráfico 1. Demonstrativo das áreas de ocorrência das classes de solos.



## 6. CONCLUSÕES

Os resultados alcançados neste estudo permitem concluir que:

1) Dentre as duas composições apresentadas, a 4R5G3B foi a que melhor se comportou no processo de revisão da interpretação e discriminação das unidades de mapeamento de solos, sendo que a composição obtida através da transformação IHS também foi bastante eficiente na obtenção do mapa compilado de solos.

2) A sobreposição de informações temáticas, com destaque para a rede de drenagem, às imagens de satélite, contribui de maneira significativa para o processo de ajuste e revisão da interpretação das unidades de mapeamento.

3) Sistemas de informações geográficas apresentam-se como instrumentos adequados à integração de dados, visando a compilação de mapas temáticos, em função da versatilidade analítica e de representação dos resultados.

4) A utilização conjunta dos sistemas de processamento de imagens SITIM-340 e EASI PACE e do sistema de informações geográficas SGI (INPE), mostrou-se satisfatória na integração de dados, manipulação das informações e geração do mapa compilado de solos.

5) O método de compilação utilizado e aprimorado neste estudo mostrou-se eficaz em relação à praticidade e tempo de execução, além de ser de baixo custo quando comparado com métodos convencionais. Ressalta-se ainda que, a disponibilidade de informações preexistentes

no formato digital possibilita a atualização, revisão constante e eficiente de mapas e estudos temáticos.

6) O mapa resultante no processo de compilação oferece uma visão circunstanciada dos solos presentes na APA, facilitando a extração de informações e a própria utilização dos dados. Esta visão integrada dos solos permite um melhor entendimento dos fatores condicionantes das alterações do meio ambiente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 AGBU, P. A.; FEHRENBACHER, D. J.; JANSEN, I. J. Soil Property Relationships with SPOT Satellite Digital Data in East Central Illinois. **Soil Science Amer. J.**, 1990, v. 54, p. 807-812.
- 02 ANDRADE, L. A. de. Possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Natal, RN: 1988. V. 1, p. 245-252.
- 03 ARCHIBALD, P. D. GIS and remote sensing data integration. **Geocarto International**, 1987, p. 67-73.
- 04 BALTSAVIAS, E. P. *et al.* Generating and updating spatial databases by using mono- and stereo- digital orthoimages. **Barcelona – ICA/ACI**. 1995. Proceedings 1., p. 1190-1200.
- 05 BENTZ, C. M.; MIRANDA, F. P. de *et al.* The GIS and image processing state of the art in PETROBRAS/CENPES. In: **ISPRS**. Rio de Janeiro: INPE, 1994. V. 30, part 7a, p. 385-386.
- 06 BERTOLANI, F. C. *et al.* Utilização de um sistema de informação geográfica, no levantamento pedológico semidetalhado do município de Vera Cruz (SP). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Anais...** Rio de Janeiro - RJ: 1997.

- 07 BEST, R. G.; WESTIN, F. C. GIS for soils and rangeland management. **GIS For Resource Management: A Compendium**. ASPRS, 1987, p. 200-204.
- 08 BIGARELLA, J.J.; A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná... um problema de segurança ambiental e nacional. Governo do Estado do Paraná – Secretaria de Estado do Planejamento – ADEA. 1978.
- 09 BISWAS, R. R.; SINGH, C. P. Capability of TM data for evaluation of soil and land resources in the Malwa Plateau (Chambal and Mahi Catchment) in Madhya Pradesh, India. **International Journal of Remote Sensing**. 1991, v. 12, nº 9, p. 1905-1913.
- 10 BOGNOLA, I. A. *et al.* Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos do Estado do Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Rio de Janeiro - RJ: 1997.
- 11 BOGO, A. C. *et al.* Metodologia alternativa para geração de mapas temáticos. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Natal-RN: 1988. V. 3, p. 547-549.
- 12 BURINGH, P. The application of aerial photographs in soil surveys. **Man. of Photogr. Interpr.** Washington, D. C.: 1960 p. 633-666.

- 13 CARMELO, A. C.; CARVALHO, A. S. Realce Digital para o Greenstone Belt de Crixás, Goiás. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Curitiba - PR: 1993. V. 3, p. 182-187.
- 14 CARPER, J. W. *et al.* The use of intensity – hue- saturation transformations for merging Spot panchromatic and multispectral image data. In: **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, April 1990, v. 56, nº 4, p. 459-467.
- 15 CHOU, H.; CHOU, T. The integration of satellite image and GIS database for mountain area land use monitoring. In: **ISPRS**. Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI. p. 131-135.
- 16 CORREIA, V. R. M.; FELGUEIRAS, C. A.; DUTRA, L. V. Integração de dados de modelos numéricos de terreno e imagens de satélite utilizando-se transformação IHS. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Manaus AM: 1990. P. 732-735.
- 17 COSTA, R. N. S. *et al.* Identificação de unidade de solos em parte da chapada da Ibiapaba - CE, através de imagem do satélite HRV-SPOT. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Curitiba - PR: 1993. V. 3, p. 199-201.

- 18 COSTA, N. L. *et al.* Projeto sistematização das informações sobre recursos naturais – compatibilização pedológica da folha SE.24 – V-A – Almenara. CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Águas de Lindóia - SP: 1996.
- 19 CROSTA, A. P.. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** Ed. Revisada. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1992.
- 20 DANGERMOND, J.. A review of digital data commonly available and some of the practical problems of entering them into a GIS. **Fundamentals of Geographic Information Systems: a compendium.** 1989. P. 41-58.
- 21 DESJARDINS, D. N. S. *et al.* Generacion de cartografia tematica para el analisis espacial del paisaje rural del este de la provincia de Tucuman – Argentina a traves de un sistema de informacion geografica. In: **Barcelona – ICA/ACI.** 1995. Proceedings 1. P. 1399.
- 22 DONZELLI, P.L.; VALÉRIO FILHO, M.; NOGUEIRA, F.P.; PEREZ, F.A.; KOFFLER, N.F. Imagens orbitais e de radar na definição de padrões fisiográficos aplicados a solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** nº 7; p. 89-94, 1983.
- 23 DUBUCQ, M. *et al.* Identification and cartography of soil surface erosion and crusting in the Lauragais (France): using Spot data and a DEM. **ITC Journal,** 1991.

- 24 DUEKER, Kenneth J.; DELACY, P. Barton. GIS in the land development planning process. *APA Journal*, Autumn 1990, p. 483-491.
- 25 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ / SUDESUL. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina: 1984, v. 2 (boletim técnico; nº 27, 16).
- 26 FABBRI, A. G. Remote sensing, geographic information systems and the environment: a review of interdisciplinary issues. *ITC Journal*, 1992., p. 119-126.
- 27 FARZANEH, A.; BABAIE, S. The role of GIS & remote sensing in renewable natural resources of Iran. In: *ISPRS*. Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI, p. 232-236.
- 28 FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J. *et al.* Metodologias de integração de dados em sistemas de informações geográficas. IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais...* Manaus-AM: 1990, v. 1, p. 732-734.
- 29 FERREIRA, J. C. G.; MATTOS, J. T. Integração de dados geológicos, geofísicos e imagens TM/Landsat na região de Pontes e Lacerda, utilizando-se de um sistema de informações geográficas. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, p. 634-640.
- 30 FERREIRA, S. Remote sensing and GIS technologies applied in a soil erosion study. **Barcelona – ICA/ACI**, 1995, proceedings 2, p. 2253.

- 31 FOODY, G. M. Incorporating remotely sensed data into a GIS: the problem of classification evaluation. **Geocarto International**, 1988, p. 13-16.
- 32 GEWANDSZNAJDER, Flávio. Aplicações da cartografia temática em sensoriamento remoto. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Natal-RN: 1988, v. 1, p. 258-266.
- 33 GOODCHILD, Michael F. A spatial analytical perspective on geographical information systems. **Int. J. Geographical Information Systems**, 1987, v.1, nº 4, p. 327-334.
- 34 GUNIN, Peter; VOSTOKOVA, Elizabeth. Experience in compiling maps for assessment the state of ecosystems at national, regional and local levels (Mongolia as an example). **Barcelona – ICA/ACI**, 1995. Proceedings 1, p. 346.
- 35 HARDY, P. G.; WRIGHT, P. Techniques for update in raster and vector cartography. In: \_\_\_\_\_, p. 1201-1211. 1995.
- 36 HARRIS, J. R.; MURRAY R.. IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, december 1990, v. 56, nº 12, p. 1631-1641.
- 37 IMHOFF, M. L. *et al.* Digital overlay of cartographic information on Landsat MSS data for soil surveys. In: \_\_\_\_\_, august 1982, v. 48, nº 8, p. 1337-1342.

- 38 JANSSEN, L. L. F.; JARSMA, M. N. *et al.* Integrating topographic data with remote sensing for Land-Cover classification. In: \_\_\_\_\_, november 1990, v. 56, nº 11, p. 1503-1506.
- 39 KOROLYUK, T. V. e SHCHERBENKO. Soil interpretation of MSS data digital processing. In: \_\_\_\_\_, p. 1235-1236.
- 40 LARACH, J. O. I. Bases para leitura de mapas de solos. EMBRAPA-SNLCS, Rio de Janeiro: 1981. Série Miscelânea, 4.
- 41 LEITE, F. A. B. *et al.* Metodologia alternativa para geração de mapas temáticos. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Curitiba - PR: 1993. V. 3, p. 230-233.
- 42 LIST, F. K.; OTT, N. GIS analysis of integrated Landsat-TM, topographic, geologic and geophysical data sets of the basement area of the red sea hills, Sudan. **ISPRS**. Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI, p. 425-430.
- 43 MARBLE, D. F. Geographic Information Systems: An Overview. **GIS For Resource Management: A Compendium**. ASPRS, 1987, p.2-7.

- 44 MOREIRA, M. L. C.; LEITE, S. J. B. P. Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Jaurú - MT - área piloto para teste de metodologia. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Curitiba - PR: 1993. V. 3, p. 275-281.
- 45 NANNI, M. R. **Delimitação de unidades fisiográficas para estudos de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto.** Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 46 \_\_\_\_\_.; ROCHA, H. O. da. Delimitação de Unidades Fisiográficas para Estudo de Solos através da associação da análise de agrupamentos e técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais...** Viçosa - MG: 1995. V. 3, p. 1651-1653.
- 47 OLIVEIRA, J. B. de *et al.* Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadricula de Araras. IAC, 1982; Boletim Técnico 71.
- 48 OSOKIN, N. I.; GURJEVA, L. A. Compilation and use of complex nival glaciological map. **Barcelona – ICA/ACI**, 1995, proceedings 1, p. 1274-1278.
- 49 Paraná (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná.** Curitiba, 1987, p. 17.

- 50 PEREIRA FILHO, W. Uma proposta de seleção de critérios para estudo de alterações ambientais através de imagens orbitais. V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais...* Natal-RN: 1988, v. 1, p. 113-117.
- 51 PINTO, S. dos A. F. **Sensoriamento remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos: contribuição metodológica.** São José dos Campos, 1991. Tese (Doutorado em Ciências/ Geografia Física) Secretaria da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- 52 POSCOLIERI, M. *et al.* Integration of Landsat-TM data and DEM-derived spatial models to investigate a macro-scale shear zone in Ilesvos island (Greece). **ISPRS.** Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI, p. 578-583.
- 53 RAHMAN, S. I. A.; ONSI, H. M. Application of remote sensing and GIS for soil mapping of El-Hasana Central Sinai, Egypt. In: \_\_\_\_\_, p. 1-6.
- 54 RAUEN, M. de J. *et al.* Potencial de uso agrícola das áreas de várzea do Estado do Paraná, Levantamento Semidetalhado dos Solos. IAPAR, Boletim Técnico n.24, Vol. II, cap. 1. 1994.
- 55 RIBEIRO, S. R. A. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo de solos e confecção de banco de dados relacional digital no município de Palotina-PR.** Curitiba, 1997. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

- 56 ROBINSON, A. H. *et al.* **Elements of Cartography**. Canada: 1985. 5<sup>th</sup> ed.
- 57 ROCHA, H. O. da *et al.* Levantamento Geomorfológico com Ênfase em Solos da Porção Sul de Tombamento da Serra do Mar. Convênio 52/90 - Universidade Federal do Paraná e Instituto de Terras, Cartografia e Floresta. Curitiba - PR: 1992. Vol. 1 - 7
- 58 \_\_\_\_\_. **Integração de dados através da análise de agrupamentos e interpretação de imagens orbitais para levantamento de solos**. Curitiba, 1993. Tese (Professor Titular – área de conhecimento Fotointerpretação e levantamento de solos) – Universidade Federal do Paraná.
- 59 \_\_\_\_\_. *et al.* Emprego de imagens Landsat-TM e de fotointerpretação aplicada a levantamento de solos na porção Sul de Tombamento da Serra do Mar - PR. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...** Curitiba - PR: 1993. V. 3, p.295-303.
- 60 \_\_\_\_\_. *et al.* Utilization of Landsat/TM images and aerial photos in soil surveys in the region of Serra dos Canavieiras e da Igreja – Serra do Mar-PR-Brazil. **ISPRS**. Rio de Janeiro. 1994, v. 30, part 7c, p. 048.
- 61 \_\_\_\_\_. *et al.* Application of digital elevation model integrated with Landsat-TM5 images. **Barcelona – ICA/ACI**, 1995, proceedings 2, p. 2313-2317.

- 62 \_\_\_\_\_.; GHANI, N. L. B. Sobreposição dos solos com vegetação, geologia, hipsometria, zoneamento, através do sistema de informações geográficas. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. *Anais...* Viçosa - MG: 1995. V. 3, p. 1640-1642.
- 63 \_\_\_\_\_.; SCHMIDLIN, D. Application of remote sensing and GIS to compile and update soil maps at the environmental protection area – APA of Guaratuba-PR-Brazil. **ISPRS**. Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI, p. 555-556.
- 64 \_\_\_\_\_. *et al.* Levantamento de Solos do Parque do Vossoroca. Universidade Federal do Paraná/SEMA/IAP. Curitiba: 1996.
- 65 SANTOS, M. J. dos. *et al.* Caracterização das unidades de mapeamento de solos da folha de Itaporanga SB.24-Z-C-II, com base em imagem de satélite e trabalho de campo. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. *Anais...* Manaus-AM: 1990, p. 892-897.
- 66 \_\_\_\_\_. Metodologias de integração de dados em sistemas de informações geográficas. In: \_\_\_\_\_, p. 732-735.
- 67 SOUSA, E. B. de *et al.* Técnicas de processamento digital de imagens TM/Landsat como suporte à identificação de unidades de mapeamento de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. *Anais...* Rio de Janeiro - RJ: 1997.

- 68 STRELNIKOV, S. I. GIS technology of using remote surveying materials in compilation of geological maps. **ISPRS**. Vienna, Austria: INPE, 1996, v. XXXI, p. 669-670.
- 69 VALÉRIO FILHO, M.; ARAÚJO JÚNIOR, G. J. L. Geoprocessing techniques and modelling applied to monitor erosion of tropical soils. In: \_\_\_\_\_, p. 237-239.
- 70 WALSH, S. J.; COOPER, J. W. *et al.* Image enhancement of Landsat thematic mapper data and GIS data integration for evaluation of resource characteristics. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, august 1990, v. 56, nº 8, p. 1135-1141
71. \_\_\_\_\_. Geographic Information Systems for Natural Resource Management. **GIS For Resource Management: A Compendium**. ASPRS, 1987, p.190-193.
- 72 WATRIN, Orlando dos Santos; VALÉRIO FILHO, Mário. Techniques of his transformation in the characterization of spectral features of agricultural landscape in eastern Amazonia. **ISPRS**. Rio de Janeiro: INPE, 1994, v. 30, part 7a, p. 385-386.
- 73 WESTIN, F. C.; FRAZEE, C. J. Landsat data its use in a soil survey program. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, 1976, v. 40, p. 81-89.

**ANEXOS**









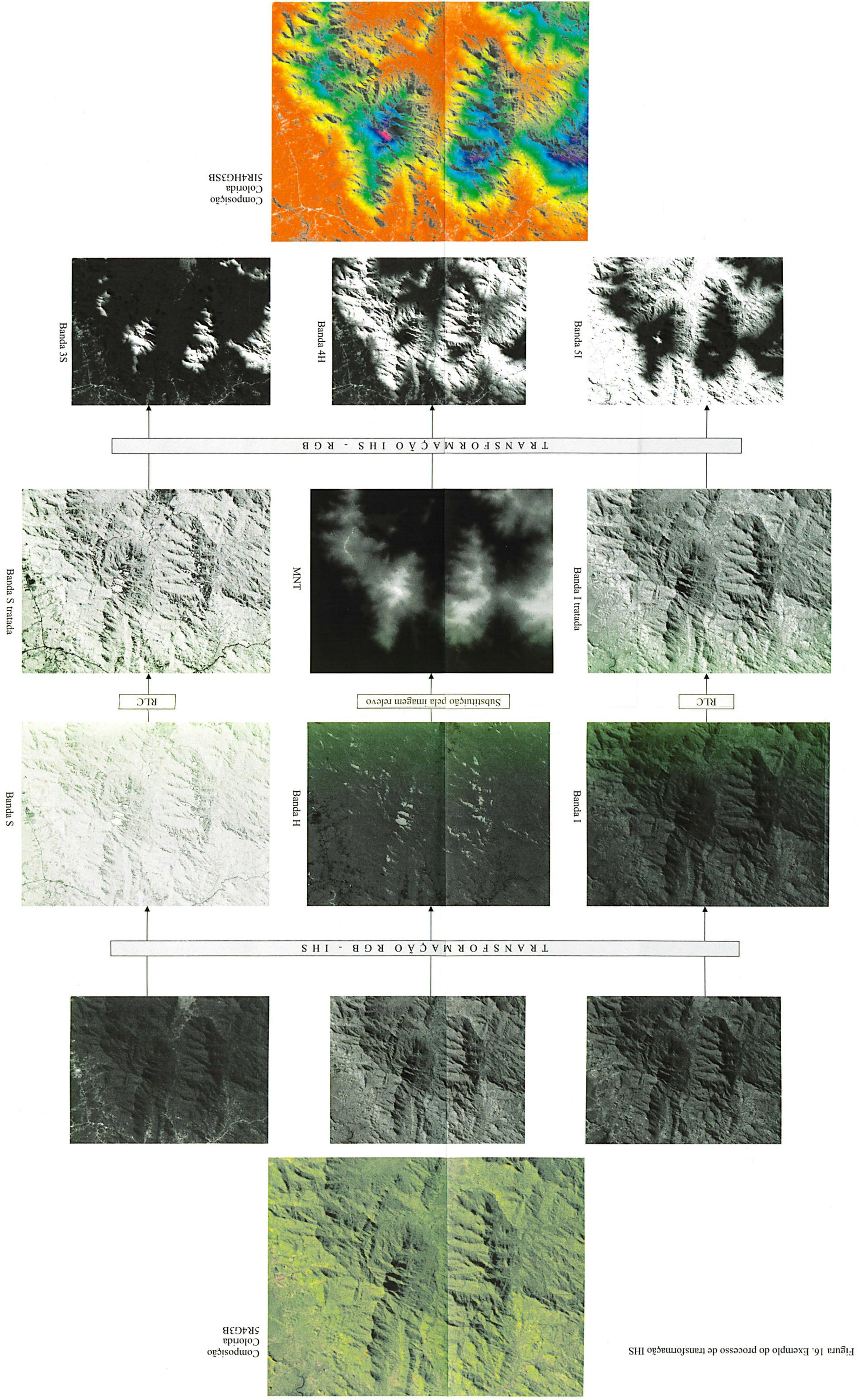


Figura 16. Exemplo do processo de transformação IHS

