



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

***CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO USO DA TERRA EM ÁREAS DE
MANGUEZAIS UTILIZANDO DIFERENTES SISTEMAS ORBITAIS -
UM CASO APLICADO AOS MANGUEZAIS DA APA-GUAPIMIRIM - RJ***

Cláudio Henrique Reis

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DOUTORADO**

ORIENTADOR

Prof. Dr. Mauro Sérgio Fernandes Argento

RIO DE JANEIRO

2007

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO USO DA TERRA EM ÁREAS DE
MANGUEZAIS UTILIZANDO DIFERENTES SISTEMAS ORBITAIS - UM CASO
APLICADO AOS MANGUEZAIS DA APA-GUAPIMIRIM - RJ**

Cláudio Henrique Reis

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Doutorado em Geografia

Orientador: Mauro Sérgio Fernandes Argento

Rio de Janeiro

2007

**CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DO USO DA TERRA EM ÁREAS DE
MANGUEZAIS UTILIZANDO DIFERENTES SISTEMAS ORBITAIS - UM CASO
APLICADO AOS MANGUEZAIS DA APA-GUAPIMIRIM - RJ**

Cláudio Henrique Reis

Tese submetida ao corpo docente do Departamento de Geografia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor.

Aprovada por:

Prof. _____

Mauro Sérgio F. Argento, D.Sc.
Departamento de Geografia / UFRJ
Orientador

Prof^a. _____

Ivan de Oliveira Pires, D.Sc.
Departamento de Análise Geoambiental / UFF

Prof. _____

Carla B. Madureira Cruz, D.Sc.
Departamento de Geografia / UFRJ

Prof. _____

Juércio Tavares de Mattos, D.Sc.
Departamento de Engenharia Civil / UNESP

Prof. _____

Felipe da Costa Brasil, D.Sc.
Departamento de Geografia / UGF

Rio de Janeiro

Julho de 2007

Ficha Catalográfica

Cláudio Henrique Reis

Caracterização espacial do uso da terra em áreas de manguezais utilizando diferentes sistemas orbitais - um caso aplicado aos manguezais da APA Guapimirim

XIX, (IGEO/UFRJ, D.Sc., Geografia, 2006)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO

À minha esposa Sônia
Aos meus pais Terezinha e Agostinho
Aos meus filhos Guilherme e Victor

AGRADECIMENTOS

À universidade Federal do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós Graduação em Geografia, que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa.

Às funcionárias da Secretaria de Pós Graduação em Geografia Ildione e Nildete e Guilherme que sempre atenderam os alunos do curso com atenção e carinho.

Ao meu orientador e amigo Mauro Argento, que me incentivou a entrar no programa de Pós - Graduação e sempre me ajudou nesta empreitada.

À professora Carla Madureira que abriu as portas do laboratório de Sensoriamento Remoto para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos meus amigos Felipe Brasil e Rodrigo Santiago, pela ajuda e incentivo.

RESUMO

Os manguezais da orla oriental da Baía de Guanabara (hoje restrito na Área de Proteção Ambiental Guapimirim – APA de Guapimirim), vêm sofrendo há décadas uma constante destruição. O principal motivo desta degradação está no fato da expansão da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Embora atualmente.

A pesar da área significativamente reduzida, a faixa de manguezais remanescentes ainda desempenha importante papel para a qualidade de água e vida da baía. Seu estado ambiental atual, contudo, requer sérios cuidados para que esse ecossistema possa ser preservado.

Para o estudo e análise deste ecossistema, as técnicas de Sensoriamento Remoto têm sido utilizadas no mapeamento, levantamento florísticos e monitoramento ambiental., devido ao crescente interesse pela preservação da biodiversidade e do valor sócio-econômico destes ecossistemas.

A presente pesquisa tem como objetivo associar o espaço geográfico, representado pelos manguezais da APA Guapimirim, às respostas obtidas a partir da interpretação oriunda de mapeamentos digitais, através de diversos sistemas como o CBERS 2, ASTER e

ABSTRACT

For decades the last representative mangrove part of the eastern edge of Guanabara Bay, also known as “Recôncavo da Baía de Guanabara” (today restricted to Guapimirim Environment Protection Area – APA, abbreviation in Portuguese), has been suffering a continuous destruction. Although significantly reduced, the remaining area of mangrove still performs an important role for quality of water and of Guanabara Bay’s life. Nevertheless, its current environmental condition requires serious attention in order to preserve this ecosystem.

There are many ways to perform an environmental diagnosis of a coastal ecosystem like mangrove. However, one of the promising techniques of diagnostic analysis is the Remote Sensing Technology in orbit. Today there are several systems available which can provide data and consequently information with different spatial and spectral resolutions. In this direction, this work aims to associate the geographical space represented by the mangrove of APA Guapimirim with the answers obtained from the interpretation of digital mappings of several systems such as CBERS 2, ASTER, and IKONOS.

SUMÁRIO

	Página.
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 - Objetivos	3
1.2.1 - Objetivo Geral	3
1.2.2 - Objetivos Específicos	3
2. ÁREA DE ESTUDO	5
2.1 - Localização	5
2.2 - Caracterização da Área de Estudo	5
2.2.1 - Características Históricas	5
2.2.2 - Características Demográficas	10
2.2.3 - Atividades Econômicas	13
2.2.4 - Características Litológicas \ Geomorfológicas.	17
2.2.4.1 - Sedimentos Fluvio-Marinhos	17
2.2.4.2 - Sedimentos Fluviais	18
2.2.4.3 - Sedimentos Marinhos	19
2.2.4.4 - Terraços Sedimentares da APA – Guapimirim.	19
2.2.5 - Características pedológicas	21
2.2.6 - Aspectos Climáticos	25
2.2.7 - Hidrografia	26
2.2.8. Principais espécies botânicas dos manguezais do Recôncavo da Guanabara	28
2.2.9 - Zonação das espécies	35

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
3.1 - Área de Proteção Ambiental	38
3.2 - Complexo de manguezais	39
3.3 - Comportamento Espectral de Alvos que compõem a APA Guapimirim	41
3.3.1 - Comportamento Espectral da Vegetação	42
3.3.2 - Comportamento espectral dos Solos	45
3.4 - Tecnologia do Geoprocessamento	46
3.4.1 - Definição de Geoprocessamento	46
3.4.2 - Características básicas de um Sistema de Informação Geográfico	47
3.5 - Sistemas Orbitais	50
3.5.1 - Sistema CBERS 2	62
3.5.2 - Sistema ASTER	54
3.5.3 - Sistema IKONOS	55
3.6 - Processamento Digital de Imagens	56
4. METODOLOGIA	58
4.1 - Fluxo do trabalho	58
4.2 - Aquisição dos dados	59
4.2.1 - Levantamento Bibliográfico	59
4.2.2 - Material Cartográfico e Imagens Orbitais	59
4.3 - Confecção de Cartas Base	60
4.4 - Processamento Digital de Imagens	61
4.4.1 - Carregamento de Cena	62
4.4.2 - Delimitação e exclusão de área	62
4.4.3 - Aumento de Contraste	66
4.4.4 - Processo de Segmentação	68
4.4.5 - Classificação por regiões Battacharya	73
4.5 - Avaliação do processamento Digital	81
4.6 - Elaboração dos Mapas Temáticos	82
4.6.1 - Mapeamento ao Nível macro	83

4.6.2 - Mapeamento ao Nível meso	85
4.6.3 - Mapeamento ao Nível micro	88
4.7 - Trabalho de Campo	92
5. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	93
5.1. Estabelecimento da estatística ambiental	97
5.1.1 – Estatística Ambiental em macro Escala de detalhamento (Base CBERS 2)	97
5.1.2 - Estatística Ambiental em meso Escala de detalhamento (Base ASTER)	98
5.1.3 – Estatística Ambiental em micro Escala de detalhamento (Base e IKONOS)	102
5.2 - Consistência estatística em relação aos sistemas orbitais e às respectivas escalas cartográficas e taxonômicas	112
6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
6.1 – Quanto à coleta de dados primários associados aos manguezais da APA-Guapimirim	120
6.2 – Quanto a utilização dos diferentes sistemas orbitais	121
6.3 – Quanto ao uso das geotecnologia	125
6.4 – Quanto à base cartográfica	126
6.5 – Quanto ao mecanismo de monitoramento	127
6.6 – Quanto aos produtos obtidos	128
6.7 – Quanto aos subsídios para o planejamento e a gestão ambiental	128
6.8 – Quanto às recomendações	129
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	131
ANEXO	137
ANEXO 1 – Amostras do solo da APA de Guapimirim	138

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Localização da Área de Estudo	6
Figura 2.2: Registros Pré-Históricos Recolhidos na APA-Guapimirim	13
Figura 2.3: Atividade de Pecuária nos limites da APA-Guapimirim.	14
Figura 2.4: Retirada de Argila no Entorno da APA-Guapimirim	15
Figura 2.5: Currais de Peixe na Foz do Rio Caceribu na Parte Marítima da APA-Guapimirim	16
Figura 2.6: Pesca de Lazer às Margens do Rio Caceribu	16
Figura 2.7: Mapa do Terraceamento Geomorfológico da APA- Guapimirim	20
Figura 2.8: Características do Horizonte A em Solos de Mangue	22
Figura 2.9: Ação Antrópica em Solo de Mangue	23
Figura 2.10: Pontos de coleta de amostras de solo	24
Figura 2.11: Distribuição Espacial e Regime Pluviométrico	26
Figura 2.12: Leito dos Principais Rios Antes das Alterações e de Retificação de Curso	28
Figura 2.13: Esquema das Principais Características Botânicas da Rizófora	30
Figura 2.14: Exemplar de Rizófora	30
Figura 2.15: Esquema das Principais Características Botânicas da Avicênia	31
Figura 2.16: Exemplar de Avicênia	31
Figura 2.17: Esquema das Principais Características Botânicas da Lagunculária	32
Figura 2.18: Exemplar de Lagunculária	32
Figura 2.19: Exemplar de <i>Spartina alterniflora</i>	33
Figura 2.20: Exemplar de <i>Hibiscus pernambucensis</i>	34
Figura 2.21: Exemplar de <i>Acrostichum aureum</i>	34

Figura 2.22: Esquema geral para o zoneamento de Manguezais do Rio de Janeiro	36
Figura 3.1: Curva de Reflectância Típica de uma Folha Verde	42
Figura 3.2: Curva de Reflectância das Três Espécies Arbórea do Manguezal	44
Figura 3.3: Curva Espectral de Três tipos de Solos	45
Figura 3.4: Reflectância Espectral de Solo Arenoso com Diferentes Teores de Umidade	46
Figura 3.5: Imagem TM Landsat 7, Bandas 3, 4 e 5	51
Figura 3.6: Classificação Digital	51
Figura 3.7: Modelo do Satélite CBERS 2	52
Figura 3.8: Modelo do Satélite ASTER	54
Figura 3.9: Modelo do Satélite IKONOS	55
Figura 4.1: Diagrama de fluxo de trabalho	58
Figura 4.2: Mapa dos Dados Planimétricos	63
Figura 4.3: Exemplo de Carregamento de Cena Para as Imagens dos Satélites CBERS 2 e ASTER	64
Figura 4.4: Imagem do Sensor VINIR - ASTER do Entorno da APA	65
Figura 4.5: Máscara criada do limite da APA-Guapimirim para iniciar a Classificação Digital	65
Figura 4.6: Banda 4 do sensor CBERS 2 antes do realce, com um exemplo de histograma de frequência e nível de cinza	67
Figura 4.7: Exemplo de manipulação da frequência e níveis de cinza da imagem	67
Figura 4.8: Realce de da banda 4 e um exemplo do histograma após o realce	67
Figura 4.9: Imagem segmentada sobreposta à imagem CBERS	70
Figura 4.10: Imagem segmentada sobreposta à imagem ASTER.	71
Figura 4.11: Imagem segmentada sobreposta à imagem IKONOS	72
Figura 4.12: Exemplar de Avicênia que caracteriza a feição de Mangue Preservado, que está localizado às margens da Baía, próximo ao município de Magé	75

Figura 4.13: Feição de Mangue Regenerado, representada por um exemplar de Rizófora, seguido por um bosque de Avicênia encontrado na margem esquerda do rio Guapi	76
Figura 4.14: Feição de Mangue em Regeneração, apresentando um bosque de Avicênia, localizado na margem direita do rio Guapi	77
Figura 4.15: Feições de Mangue Alterado (água e solo exposto), apresentando as áreas de manguezal desmatado recentemente, (este exemplar foi encontrado nas margens do rio Guaraí)	78
Figura 4.16: Gramíneas seguidas por bosques de Avicênias, nas margens do rio Guapi (feições de mangue alterado)	79
Figura 4.17: Feição de solo exposto, representado pelo apicun localizado na Praia da Luz, Município de São Gonçalo	80
Figura 4.18: Limiar de aceitação	81
Figura 4.19: Probabilidade de erros	82
Figura 4.20: Mapeamento do Uso da Terra, obtido por classificação digital, utilizando as imagens do Satélite CBERS 2	84
Figura 4.21: Mapeamento do Uso da Terra, obtido por classificação digital, utilizando as imagens do Satélite ASTER	87
Figura 4.22: Mapeamento do Uso da Terra, obtido por classificação digital, utilizando as imagens do Satélite IKONOS	91
Figura 5.1: Corte do mapa temático de uso do uso da terra, obtido pelo sensor CBERS 2, para avaliação estatística do cenário ambiental	94
Figura 5.2: Corte do mapa temático de uso do uso da terra, obtido pelo sensor ASTER, para avaliação estatística do cenário ambiental	95
Figura 5.3: Mapa temático de uso do uso da terra, obtido pelo sensor IKONOS, para avaliação estatística do cenário ambiental	96
Figura 5.4A: Diferença na resolução espacial e espectral entre as imagens geradas pelos satélites CBERS e ASTER	101

Figura 5.4B: Diferença na resolução espacial e espectral entre as imagens geradas pelos satélites CBERS e ASTER	101
Figura 5.5A: Identificação da classe Mangue Alterado com Solo Exposto na imagem IKONOS	105
Figura 5.5B: Identificação da classe Mangue Alterado com Solo Exposto na classificação da imagem IKONOS	106
Figura 5.6A: Trecho da imagem Ikonos considerada como área de contato entre várias classes da APA Gapimirim	107
Figura 5.6B: Trecho do Mapa de Uso da Terra, confeccionado a partir da imagem IKONOS, considerada como área de contato entre várias classes da APA-Gapimirim	108
Figura 5.7A: Apresentação de parte da imagem IKONOS (pequeno trecho urbano ao longo da Estrada da Piedade)	109
Figura 5.7B: Apresentação de parte do Mapa de Uso da Terra, (pequeno trecho urbano ao longo da Estrada da Piedade)	110
Figura 5.8: Variação de níveis de cinza através da textura	118

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1: Relação do Crescimento Populacional dos Municípios do Entorno da APA-Guapimirim	10
Tabela 2.2: População Residente Segundo Situação do Domicílio: Municípios da APA-Guapimirim e Seus Distritos	12
Tabela 3.1: Principais aplicações do SIG a partir das escalas	48
Tabela 3.2: Evolução da tecnologia de SIG	49
Tabela 3.3: Principais Características do Sistema CBERS 2	53
Tabela 3.4: Principais Características do Sistema ASTER	54
Tabela 3.5: Principais Características do Sistema IKONOS	56
Tabela 4.1: Relação das cartas topográficas e imagens orbitais utilizadas	60
Tabela 4.2: Esquema de carregamento de cena	62
Tabela 4.3: Sistema de classificação	74
Tabela 4.4: Sistema de classificação vinculado a macro escala	83
Tabela 4.5: Sistema de Classificação vinculado a meso escala	85
Tabela 4.6: Sistema de Classificação vinculado a micro escala	88
Tabela 5.1: Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite CBERS 2	97
Tabela 5.2: Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite ASTER	98
Tabela 5.3: Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite IKONOS	102
Tabela 5.4: Cruzamento entre as classes de uso da APA Guapimirim obtidas pelos satélites CBERS, ASTER e IKONOS	113
Tabela 5.5: Variação estatística entre as classes obtidas na APA Guapimirim	114
Tabela 5.6: Cruzamento de dados entre as Classes de Mangue	116
Tabela 5.7: Cruzamento de dados entre a classe de Mangue Alterado	117

1 – INTRODUÇÃO

Os manguezais são considerados áreas de transição entre a terra e o mar são ecossistemas que ocorrem ao longo dos litorais tropicais, desenvolvendo-se nas reentrâncias da costa, em estuários e às margens de lagoas, onde a velocidade das correntes é reduzida, favorecendo a precipitação dos sedimentos trazidos geralmente pelos rios estando sempre sujeitos à influência das marés.

No Brasil, os manguezais podem ser encontrados desde a foz do rio Oiapoque, no estado do Amapá, até o Estado de Santa Catarina, tendo como limite sul o município de Laguna. No Estado do Rio de Janeiro, apresentam grandes formações na região Norte Fluminense (foz do rio Paraíba do Sul); na Baía de Guanabara; na Baía de Sepetiba (Guaratiba) e na baía de Ilha Grande (municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati,) localizados na região da Costa Verde Fluminense.

O último trecho representativo de manguezais na região metropolitana do Rio de Janeiro se localiza na orla oriental da Baía de Guanabara, conhecida também como “Recôncavo da Baía de Guanabara” (hoje restrito à Área de Proteção Ambiental de Guapimirim – APA de Guapimirim) e vem sofrendo há décadas, uma constante destruição por aterros, drenagens e depósito de lixo.

Além de manguezais, a Área de Proteção Ambiental (APA) de Guapimirim compreende, igualmente, regiões ocupadas por atividades agrícolas e zonas urbanas, que são compostas por pequenos núcleos de pescadores, agricultores e população de baixa renda. De modo a compatibilizar essa ocupação com a proteção do manguezal, devem ser adotadas medidas que orientem o uso racional do solo e a conscientização da comunidade sobre a importância do ecossistema.

O desmatamento irracional, intimamente relacionado à ocupação da região do Recôncavo da Baía de Guanabara, propiciou a intensificação dos processos erosivos e acarretou um aumento no fornecimento de detritos para o sistema de drenagem. A alteração do regime hidrológico dos principais rios da baixada, através de obras de retificação, aprofundamento

e alargamento dos canais, ocasionou o incremento na capacidade de transporte de carga sólida. Atuações antrópicas como estas vêm proporcionando um assoreamento acelerado da Baía de Guanabara.

Mesmo estando bastante reduzida, a faixa de manguezais da APA de Guapimirim ainda desempenha importante papel para a qualidade das águas e vida da baía. Seu estado ambiental atual, contudo, requer sérios cuidados para que esse ecossistema possa ser preservado.

Existem várias formas para que se possa efetuar uma diagnose ambiental de um ecossistema costeiro, como é o caso dos manguezais. No entanto, uma das técnicas importante de análise diagnóstica está representada na tecnologia de Sensoriamento Remoto em base orbital.

O mapeamento dos manguezais brasileiros por sensoriamento remoto iniciou-se na década de 80, com sensores MSS (Multispectral Scanner) – Landsat. Neste momento, houve uma grande dificuldade em separar as áreas de manguezais das demais áreas costeiras, bem como em delimitar as diferentes feições do manguezal. A partir do novo sensor do Satélite TM (Thematic Mapper) - Landsat, houve um aumento na resolução espacial e espectral, sendo possível o mapeamento dos manguezais da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, e em Cananéia no Estado de São Paulo.

Atualmente já existem vários sistemas disponíveis, que podem fornecer dados e, conseqüentemente informações, com diferentes resoluções espaciais e espectrais. Neste sentido, a presente proposta tem como objetivo associar o espaço geográfico, representado pelos manguezais de Guapimirim, às respostas obtidas a partir da interpretação oriunda de mapeamentos digitais, de diversos sistemas como o CBERS 2 (Satélite Sino – Brasileiro de Recursos Terrestre), ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) e IKONOS.

1.1 - Objetivos

Os principais objetivos são a seguir apresentados.

1.1.1 - Objetivo Geral

Baseada na tecnologia de Sensoriamento Remoto, a presente pesquisa visa diagnosticar as principais características ambientais e gerar uma base de dados para determinar uma taxonomia ambiental dos manguezais da APA de Guapimirim, associando os diferentes sistemas orbitais as suas respostas espectrais e espaciais.

1.1.2 - Objetivos específicos

Em termos específicos, podem ser alinhados os seguintes objetivos:

- Gerar um mapa de cobertura de uso da terra da APA de Guapimirim, utilizando as técnicas de classificação digital sobre uma imagem CBERS 2, com vistas a atender um mapeamento temático, condizente a projetos voltado para um macro zoneamento costeiro.
- Gerar um mapa de cobertura de uso da terra da APA de Guapimirim, utilizando as técnicas de Classificação digital sobre uma imagem ASTER, condizente com projetos voltados para um meso zoneamento costeiros.
- Gerar um mapa de cobertura de uso da terra da APA de Guapimirim, utilizando as técnicas de classificação digital sobre uma imagem IKONOS, condizente com projetos voltados para um micro zoneamento costeiros.

- Estabelecer um diagnóstico ambiental baseado nas áreas de ocorrências do Uso da Terra nos diferentes mapas temáticos vinculados às respectivas escalas de análise (macro, meso e micro). Este objetivo estará relacionado à apresentação de um processo metodológico que possa ser expandido para trabalhos voltados para o atendimento de projetos desenvolvidos em macro, meso e micro escalas de detalhamento, ou seja, em escalas menores do que 1:50.000 e maiores do que 1:25.000.

Em síntese, esses objetivos viabilizam o mecanismo operacional voltado para diagnose e controle ambientais associados aos manguezais, que representam importantes ecossistemas costeiros tropicais, caracterizados por uma vegetação arbórea adaptada a um substrato salino, instável. Eles têm sido utilizados pelo homem, desde a pré-história, para extração de corantes, fibras, resinas, madeira e proteínas de origem animal.

Ao mesmo tempo, este ecossistema tem prestado um grande serviço às populações humanas como proteção da costa, evitando erosão, assoreamento, enchentes, e como berçários para várias espécies de peixes e crustáceos.

Considerando as características peculiares que este ecossistema apresenta, como a grande devastação ao longo de toda a costa brasileira, torna-se de fundamental importância a proteção das áreas remanescentes, não apenas como banco genético e acervo para fins de pesquisa, mas igualmente como alternativa para recuperação de áreas semelhantes já degradadas pela ação humana.

Desta forma, esta pesquisa apresenta mecanismos associados ao processamento digital de imagens orbitais e voltados para a área de Proteção Ambiental de Guapimirim, que representa praticamente a última região de manguezais da orla da Baía de Guanabara.

Além disso, o presente trabalho fornece dados para a análise espacial da região, uma vez que a mesma é formada por áreas urbanas e de atividades agrícolas, compostas por pequenos núcleos de pescadores, agricultores e população de baixa renda.

2 - ÁREA DE ESTUDO

2.1 - Localização

A região de interesse deste trabalho compreende a Área de Proteção Ambiental de Guapimirim, que corresponde à faixa litorânea dos municípios de São Gonçalo, Itaboraí, Guapimirim e Magé, localizados na orla oriental da Baía de Guanabara. A região está situada entre os paralelos 22°38' a 22°48' sul e os meridianos de 42°58' a 43°05' a oeste de Greenwich (figura 2.1).

2.2 – Caracterização da Área de estudo

As seguintes características são a seguir apresentadas:

2.2.1 – Características Históricas

De acordo com Lamego (1948), os municípios que estão ao redor da APA de Guapimirim começaram a ser povoados no século XVI, a partir das margens dos rios Macacu, Guapimirim e Guaxindiba, que compõem as principais bacias da Orla Oriental da Baía de Guanabara.

Amador (1997) descreve que a origem do atual município de Magé se deu a partir da criação de sua sesmaria por Simão Mota, em 1567 e o primeiro núcleo de povoamento se instalou no morro da Piedade, próximo à foz do Rio Magé. Este povoado teve grande importância na ligação da metrópole com o interior, porém, Simão Mota transferiu o povoado para a foz do Rio Magé Mirim, que seria o núcleo original da cidade de Magé.

CARTA IMAGEM APA GUAPIMIRIM

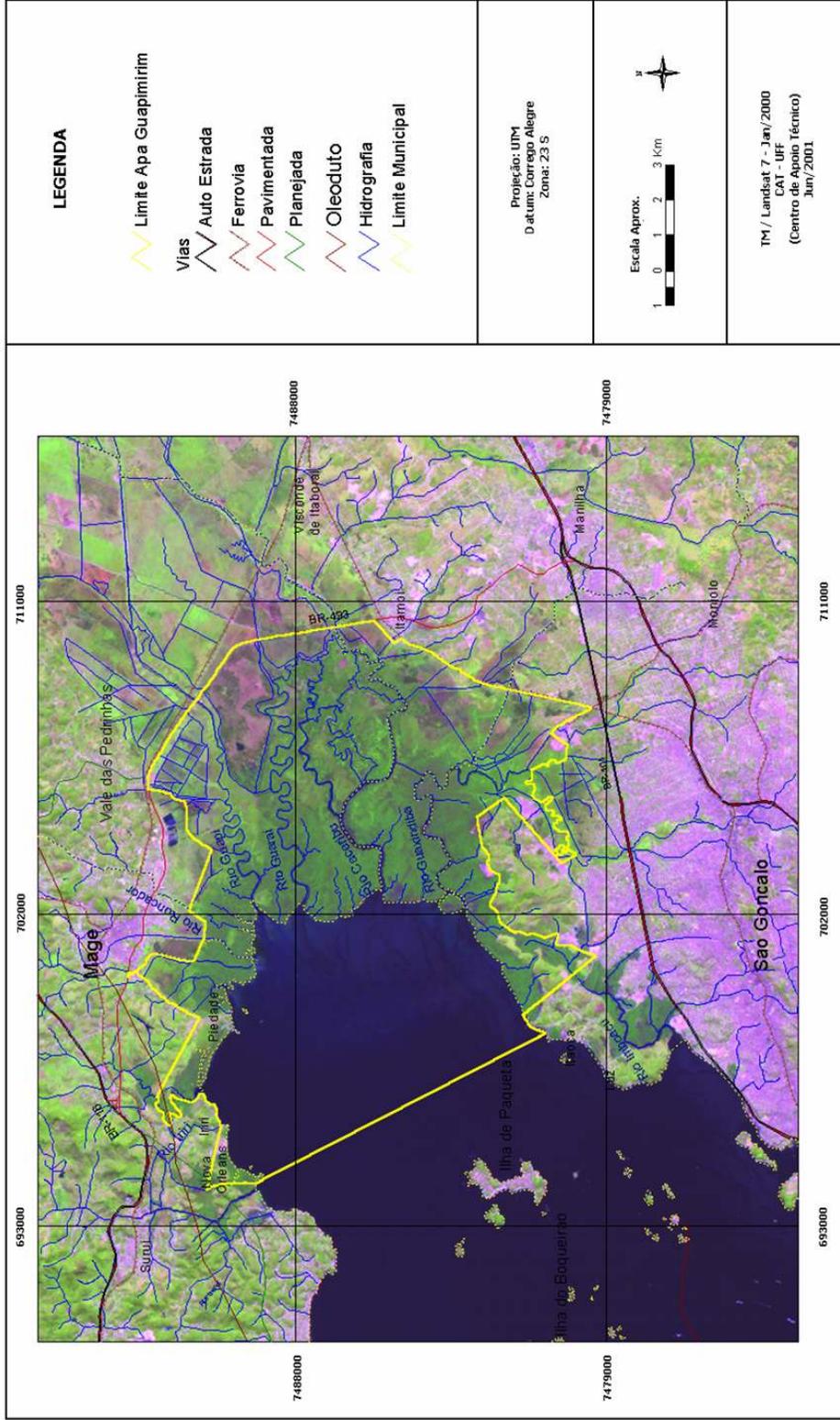


Figura.2.1 – Localização da Área de Estudo
Fonte: CAT – UFF (2001)

O atual município de Itaboraí teve suas origens a partir da criação de um povoado às margens do rio Macacu, que foi elevado à freguesia com o nome de Santo Antonio de Sá. Nesta mesma freguesia surgiu um curato tendo com matriz uma capela dedicada a N.S.^a da Conceição. Depois de alguns anos, João Vaz Pereira edificou outra capela sob a invocação de São João Batista que recebeu as honras de curato e foi elevada a paróquia em 1696, dado a origem ao município de Itaboraí.

A formação do município de São Gonçalo iniciou-se a partir criação de um povoado na margem esquerda do rio Guaxindiba, pertencente à Sesmaria de Gonçalo Coelho, no qual ergue-se uma capela em louvor a São Gonçalo, que foi e elevada à paróquia em 1646. Posteriormente, este povoado daria origem ao atual município de São Gonçalo.

Segadas (1987) afirma que a ocupação do recôncavo da Baía de Guanabara se deu em torno da monocultura da cana de açúcar, que se expandiu por toda a baixada litorânea e colinas da região. Os locais de embarque do açúcar no recôncavo da Baía de Guanabara dariam lugar a portos importantes como os de Estrela, Porto das Caixas e Suruí, que perderiam a sua importância no século XIX em virtude da construção das estradas de ferro. De acordo com o mesmo autor, a primeira fase de ocupação desta região ocasionaria a proliferação de engenhos de açúcar, mas nenhum destes portos citados cresceu a ponto de assumir funções urbanas. Porém a expansão da cana de açúcar no recôncavo da Guanabara traria profundos reflexos para a Cidade do Rio de Janeiro, que adquiriu uma função portuária como escoadouro da produção açucareira da região da Guanabara, tornando-se centro comercial.

Até o século XVII, a orla da baía de Guanabara conservava o seu contorno primitivo, mas a expansão dos engenhos de açúcar, o aumento da produção agrícola para atender a metrópole, a abertura de olarias devido à grande quantidade de tabatinga, argila e barro da região das baixadas e a criação de caminhos que ligavam os portos da Estrela e de Suruí no período do ciclo do café e do ouro (século XVIII) ocasionariam o aterro de vários pontos do entorno da baía. Os manguezais foram desmatados para servir de lenha para as olarias e as matas foram derrubadas para a expansão da produção açucareira e cafeeira da região.

Pode-se concluir que, em um século, a cobertura vegetal da bacia contribuinte à baía de Guanabara estaria bastante reduzida e alterada, ocasionando, assim, impactos ambientais no sistema fluvial e na própria baía.

Com o crescimento da metrópole no século XIX, a região do recôncavo da baía seria também influenciada, pois houve um aumento considerado no escoamento da produção agrícola e na utilização dos principais rios que desembocam na orla oriental da baía. Em consequência disto, os rios Macacu, Guaxindiba, Magé e Iriri começaram a ser drenados para aumentar o escoamento da produção de café. Isto exigiu barcos de grande calado e também intenso e extenso desmatamento ao longo das margens dos rios e dos maciços litorâneos.

Lacorte e Andrade (1988) afirmam que, apesar de prósperas, as vilas que surgiram no entorno dos portos, como Porto das Caixas e Suruí, não se desenvolveram. Os mesmos autores afirmam que existem vários fatores que inviabilizaram o crescimento destas vilas, tais como:

- a concorrência de Campos na produção de açúcar (além da produtividade ser mais elevada, a técnica de produção era mais modernizada);
- a concorrência do Vale do Paraíba, no que se refere ao café, que gozava de condições geográficas mais favoráveis que a baixada;
- o esgotamento das terras, exauridas de sua fertilidade natural, pelo desmatamento generalizado;
- a construção de estradas de ferro, que substituíram as funções que estas vilas possuíam, acelerando o processo de reprodução e concentração de capital, conduzido pela aristocracia do café.

A região do recôncavo entrou em decadência no final do século XIX, levando um esvaziamento populacional e o restabelecimento das várzeas, brejos e manguezais. Nas encostas e serras abandonadas pelo café, a proliferação da capoeira.

No século XX, o entorno da baía de Guanabara será alvo do grande crescimento populacional. O Rio de Janeiro no início do século tinha aproximadamente 811.443 habitantes e em 1930 este número chegou a 1.400.000 habitantes.

O crescimento populacional e urbano provocaria ainda mais o desmatamento dos manguezais, desmontes de morros, eliminação dos brejos e aterros ao redor da baía.

Na orla oriental da baía este crescimento foi um pouco mais tímido, dando-se ao longo das ferrovias. A construção da estrada de ferro “The Leopoldina Raihway Company Limited”, foi durante décadas um ramal importante que servia às cidades de São Gonçalo, Itaboraí, Rio Bonito, Silva Jardim, Macaé, Campos e indo até Vitória. Hoje este ramal foi substituído pela estrada de rodagem BR 101. O ramal de Niterói era servido também pela linha de Cantagalo, que ligava as cidades de São Gonçalo, Itaboraí, Nova Friburgo, Macuco e Cantagalo. Estas ferrovias não desenvolveram apenas as cidades da região do recôncavo, mas também do interior do estado do Rio de Janeiro.

Na década de 40, mais uma vez os rios de manguezais da orla oriental da baía passariam por grandes transformações. Visando recuperar terras para grandes proprietários, a fim de que depois fossem criados bairros proletários, o Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) foi o responsável pela modificação dos sistemas fluviais da região (este assunto será abordado com mais detalhe no item Hidrografia).

Como já foi descrito anteriormente, a região metropolitana do Rio de Janeiro cresceu vertiginosamente no século XX, e com o passar das décadas, a mancha urbana atravessaria a baía de Guanabara. Com a abertura da ponte Rio – Niterói e a construção da rodovia Niterói – Manilha na década de 70, esta região passaria a ter um fluxo populacional muito grande.

A estrada que liga Niterói a Manilha que atravessa todo o litoral da cidade de São Gonçalo tem a maior parte de seu traçado sobre aterros da baía, manguezais e lagunas. Nesta mesma cidade surgiram bairros proletários e até aterros sanitários nas áreas de manguezais.

A cidade de Itaboraí que na década de 50 era o maior produtor de citros do país teve todas as fazendas loteadas para a expansão urbana.

Na década de 90, o distrito de Guapimirim se emancipou município de Magé, mas ambos tiveram um crescimento populacional bem menor que São Gonçalo e Itaboraí.

2.2.2 - Características Demográficas

Pode-se observar que nos últimos cinquenta anos os quatro municípios do entorno da APA de Guapimirim cresceram de forma intensa, como as demais áreas de periferia dos grandes centros urbanos brasileiros.

A tabela 2.1 demonstra este crescimento, fazendo uma relação entre a população residente (segundo situação do domicílio e taxa de crescimento anual) no Brasil, Estado do Rio de Janeiro e Municípios do entorno da APA de Guapimirim, com os dados do ano de 2000 do censo.

TABELA 2.1 – Relação do crescimento populacional dos municípios do entorno da APA– Guapimirim

População Residente	Total	Urbana	Rural	Densidade Demográfica	Crescimento Anual (%)
Brasil	169.544.443	137.697.439	31.847.004	19	1.6
Est. do Rio de Janeiro	14.367.225	13.798.169	569.056	305	1.7
Magé	205.699	193.784	11.915	475	2.9
Guapimirim	37.857	25.492	12.365	90	3.8
Itaboraí	187.038	176.767	10.271	375	3.7
São Gonçalo	889.828	889.828	0	3.300	1.6
Total municípios APA	1.320.422	1.285.871	34.551	1.000	2.1

Fonte: IBGE – Censo Demográfico, 2000

Após a análise da tabela 2.1, pode-se observar que apenas o Município de Guapimirim apresenta tanto uma proporção entre a população urbana e a população rural como uma densidade demográfica que poderiam ser consideradas mais facilmente sustentáveis do ponto de vista da gestão ambiental. No extremo oposto, encontra-se o município de São Gonçalo com 0% (zero por cento) de população rural e uma densidade média de mais de três mil habitantes por quilômetro quadrado. Outro ponto a ser destacado em termos de dinâmica demográfica é o crescimento anual

acelerado – 150% maior do que a média de todo o Brasil e do Estado do Rio de Janeiro – de três dos quatro municípios da APA.

A APA de Guapimirim situa-se na Região Leste da Baía de Guanabara, para onde se tem voltado o fluxo de migrantes intra e extra metropolitano. A urbanização maciça e acelerada encontrada nos municípios da APA de Guapimirim deu-se com pouco ou nenhum acompanhamento em termos de infra-estrutura sócio-ambiental: saneamento básico, saúde, educação e lazer.

O maior adensamento populacional ocorre à beira das Rodovias Federais BR 101 e BR 116 e da Rodovia Manilha-Magé, que juntas “comprimem” os mais de cem quilômetros quadrados de campos inundáveis e mangues da APA.

Na Tabela 2.2, pode-se verificar que dos seis distritos que compartilham seus territórios e populações com a APA, cerca de dois possuem mais de cinquenta mil habitantes, um terceiro apresenta mais de 150.000 e um quarto, mais de 300.000. Apenas Guapimirim e Suruí possuem populações menores e com uma maior porcentagem de população esparsa, em situação rural.

TABELA 2.2 - População residente segundo situação do domicílio:
municípios da APA - Guapimirim e seus distritos

	Total	Urbana	Rural
Magé	183.113	171.420	11.693
Guia de Pacobaíba	<i>16.616</i>	<i>15.977</i>	<i>639</i>
Inhomirim	<i>90.179</i>	<i>84.980</i>	<i>5.199</i>
Magé	<i>49.297</i>	<i>47.417</i>	<i>1.880</i>
Santo Aleixo	<i>11.257</i>	<i>11.035</i>	<i>222</i>
Suruí	<i>15.764</i>	<i>12.011</i>	<i>3.753</i>
Guapimirim	<i>37.857</i>	<i>25.492</i>	<i>12.365</i>
Guapimirim	<i>37.857</i>	<i>25.492</i>	<i>12.365</i>
Itaboraí	159.949	151.490	1.887
Cabuçu	<i>7.401</i>	<i>829</i>	<i>6.572</i>
Itaboraí	<i>83.143</i>	<i>83.143</i>	-
Itambi	<i>59.419</i>	<i>59.419</i>	-
Porto das Caixas	<i>5.573</i>	<i>5.121</i>	<i>452</i>
Sambaetiba	<i>4.413</i>	<i>2.978</i>	<i>1.435</i>
São Gonçalo	833.379	833.379	-
Ipiíba	<i>140.414</i>	<i>140.414</i>	-
Monjolo	<i>155.112</i>	<i>155.112</i>	-
Neves	<i>152.869</i>	<i>152.869</i>	-
São Gonçalo	<i>308.295</i>	<i>308.295</i>	-
Sete Pontes	<i>76.689</i>	<i>76.689</i>	-
	1.214.298	1.181.784	25.945

Fonte: IBGE – Censo Demográfico 2000

2.2.3 – Atividade Econômica

De acordo com Drummond (1997) o entorno da APA Guapimirim vem sendo economicamente explorado por populações humanas há mais de 4.000 anos. Nos primeiros três mil anos dessa ocupação humana, poucas mudanças ocorreram na paisagem natural “original” além da lenta e minuciosa subida dos *sambaquis*: do tupi *tamba* (concha) + *ki* (muita). Esses monumentos eco-culturais são capazes de resistir, como poucos à corrosão do sol e das chuvas tropicais (figura 2.2).



Figura 2.2. - Registros Pré-Históricos Recolhidos na APA - Guapimirim

Fonte: Centro de Informação da Baía de Guanabara.

Há mil anos, os povos caçadores e coletores dos sambaquis foram dominados pelos guerreiros agricultores tupis, que ao descerem da grande serra, vindos do interior, e junto com os novos habitantes da região, colhiam não só o milho e a mandioca, como também utilizavam-se da “coivara”: imensa fogueira planejada com o intuito de abrir o solo escuro da floresta tropical à luz direta do sol. Essas práticas indígenas, sustentáveis dentro dos parâmetros tecnológicos e demográficos típicos da cultura tupi, permaneceram, no entanto, como herança nefasta na cultura agro-exportadora européia que as substituiu, sendo uma das maiores inimigas dos projetos de preservação e recuperação das exuberantes flora e fauna atlânticas originais. Ainda hoje, criadores de gado em terras dentro e no entorno da APA de Guapimirim utilizam a “queimada” para a “limpeza” de seus pastos (figura 2.3).



Figura 2.3 – Atividade de Pecuária nos limites da APA – Guapimirim.

Outra prática tupi no entorno dos manguezais da APA-Guapimirim que até hoje preservada é a fabricação de peças de cerâmica a partir do excelente barro vermelho encontrado no local chamado de tabatinga. A

enorme diferença de volume na exploração desse recurso natural pelas duas culturas, como no caso da coivara, responde, em parte, pelo grande impacto negativo que uma indústria aparentemente tão ecológica quanto a da cerâmica vem causando ao ambiente do entorno da APA (figura 2.4).



Figura 2.4 -. Retirada de argila no entorno da APA - Guapimirim

Fonte: Centro de Informação da Baía de Guanabara

A terceira atividade econômica praticada desde os tupis é a pesca, que também vem demonstrando, nos últimos anos, uma acentuada queda na capacidade de “reposição” do sistema, como demonstram os estudos recentes no âmbito do PDBG (Plano Diretor da Baía de Guanabara) e no próprio depoimento dos pescadores do entorno.

No entanto, a pesca, assim como a coivara e a cerâmica, ainda continua a ser praticada, seja como atividade lucrativa (currais,) seja como atividade de sobrevivência ou de lazer (figuras 2.5 e 2.6).



Figura 2.5 - Currais de peixe na foz do Rio Caceribu, na parte marítima da APA - Guapimirim

Fonte: Centro de Informação da Baía de Guanabara



Figura 2.6 - Pesca de Lazer às Margens do Rio Caceribu.

Fonte: Centro de Informação da Baía de Guanabara

A essas três atividades econômicas tradicionais que permanecem ativas e vitais na atualidade, vem juntar-se uma quarta, típica do ambiente dos manguezais, que é a coleta praticada pelos caranguejeiros. A coleta de caranguejos, ao contrário das outras três atividades, permaneceu tecnicamente semelhante nos últimos anos.

2.2.4- Características Litológicas / Geomorfológicas

Em seus estudos sobre a geomorfologia da Baía de Guanabara, Ruellan (1944) a identifica como uma antiga Ria. Lamego (1946) descreve que a Formação da Guanabara só começou a se esboçar no final da era Mesozóica e início da era Cenozóica.

Em estudos realizados em sedimentos do quaternário na região da Baía de Guanabara, Amador (1974) afirma que a Ria da Guanabara, antigo Vale Fluvial Pleistocênico, teve há aproximadamente 16.000 anos iniciado seu processo de "afogamento" por águas marinhas. Amador (1974) descreve também que este processo assinala o limite entre o Pleistoceno e o Holoceno. O mesmo autor denomina esta fase como "Transgressão Guanabarina" relacionável à Transgressão Flandriana.

Amador (1980), dando continuidade às pesquisas no período quaternário na região da baía de Guanabara, afirma que as seqüências dos movimentos transgressivos e regressivos iniciados na "Transgressão Guanabarina" resultaram em sucessivos depósitos sedimentares que são descritos a seguir:

2.2.4.1 - Sedimentos Flúvio-marinhos

Segundo Amador e Ponzi (1974) os sedimentos flúvio-marinhos constituem uma interdigitação de depósitos fluviais e marinhos regressivos. Litologicamente são constituídos de sedimentos finos, síltico-argilosos ou argilo-siltosos, ricos em matéria orgânica. Normalmente, a área de ocorrência destes sedimentos é perfeitamente demarcável pela existência de

brejos ou pântanos. O maior desenvolvimento destes depósitos na região em estudo ocorre no baixo curso dos rios Guapi, Guaraí, Caceribu e Guaxindiba. Genericamente os sedimentos flúvio-marinhos correspondem a ambiente de planície de maré, em regime estuarino. Estes sedimentos são encontrados em até dezenas de quilômetros para o interior, apresentando uma superfície suavemente inclinada. A difícil distinção litológica entre os sedimentos flúvio-marinhos e as várzeas fluviais holocênicas impedem um maior detalhamento da evolução geomorfológica. Os sedimentos flúvio-marinhos nesta região podem ser divididos topograficamente em:

- Primeiro terraço (T₀) - mais atual, com altura oscilando entre 1 a 2 metros, compreende as desembocaduras dos rios que drenam a baía de Guanabara.
- Segundo terraço (T₁) - constitui um terraço marinho, com altura oscilando entre 2 a 4 metros, corresponde à existência de um nível de mar mais alto que o atual, cerca de 1,5 a 3 metros.
- Terceiro terraço (T₂) - constitui um nível entre 5 a 9 metros, tendo contribuído para sua modelagem a interdigitação de depósitos marinhos, fluviais e coluviais.

2.2.4.2 - Sedimentos fluviais

Ocupam a retaguarda dos terraços marinhos. Morfologicamente, estes depósitos estão associados a um nível topográfico de extrema regularidade e altitude variável, em função da posição do curso fluvial considerado, podendo ser divididos em:

- Terraços de Várzea 2 - normalmente constituídos por areias finas, estratificadas, intercaladas com lentes irregulares e estreitas de argilas, são quase sempre capeados por alúvios mais recentes. Alguns afloramentos são observáveis nos barrancos dos principais rios da região.
- Terraços de Várzea 1 - são basicamente sedimentos finos (argilo-siltosos ou siltico-argilosos), bastante orgânicos, com pouca espessura. São

encontrados acima do nível da planície de inundação atual e capeiam os sedimentos de várzea 2.

2.2.4.3 - Sedimentos marinhos

Os sedimentos marinhos são representados por argila de coloração cinza-escura, por vezes síltica à arenosa, podendo ou não conter fragmentos de conchas de bivalves e gastrópodes dispersos no material argiloso, ou ainda conter verdadeiros níveis de concentração desses moluscos, podendo ser divididos em:

- Terraços Marinhos II - ocorrem até cerca de 6 metros de altitude, e correspondem a uma posição de nível de mar de cerca de 3 metros acima do atual.
- Terraços Marinhos I - com altitude de até 3 metros correlacionam-se com um nível de mar acima do atual, de aproximadamente 1,5 metros.

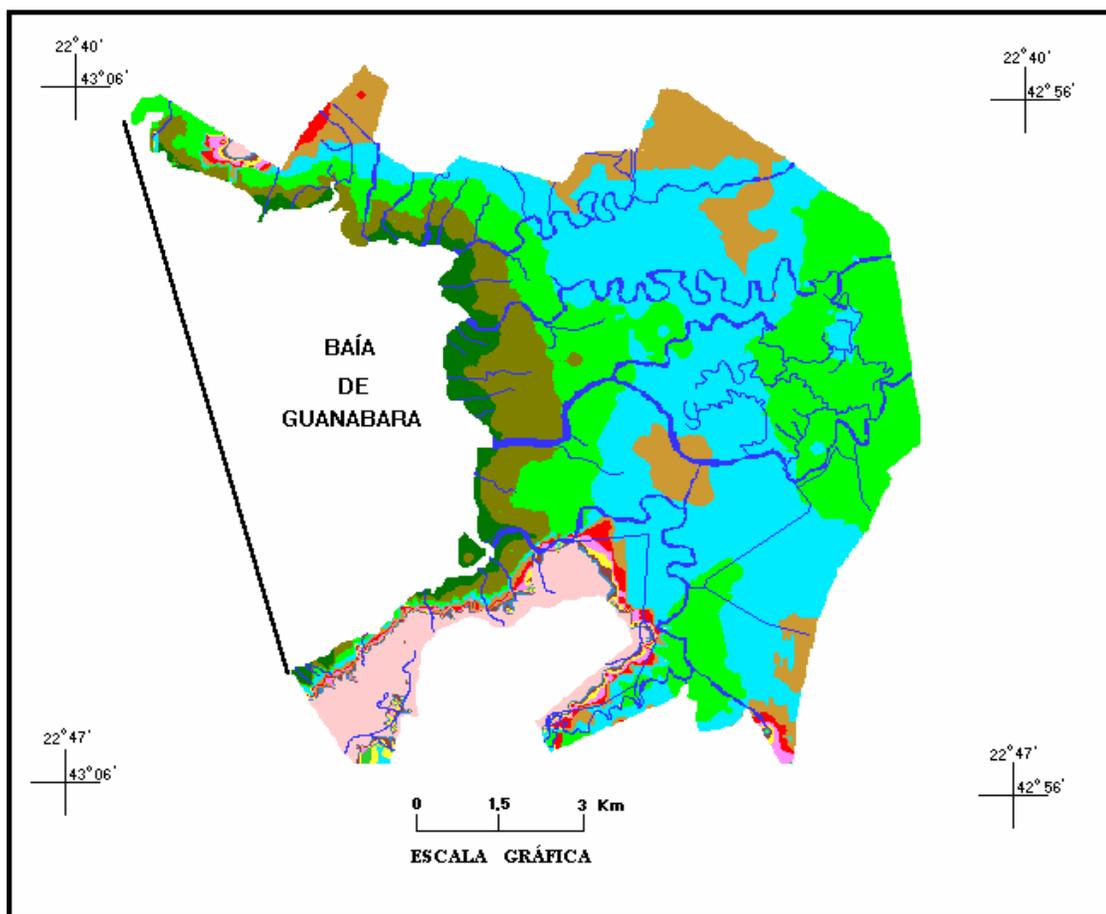
2.2.4.4 - Terraços Sedimentares da APA - Guapimirim

Reis (1997), utilizando cartas da extinta Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana (FUNDREM) na escala de 1:10.000, e software conhecidos como interpoladores matemáticos, criou uma mapa temático do Terraceamento Geomorfológico da APA Guapimirim. Este mapa foi confeccionado a partir de pontos cotados existente na APA.

Para a legenda, foram definidas 11 classes de iso-valores com intervalos de 1 metro; só a última classe possui um intervalo maior (acima de 10 metros), pois corresponde a áreas que não têm nenhuma característica com o ecossistema de manguezais.

A finalidade de dividir em vários intervalos de iso-valores é decorrente da própria característica geomorfológica (terraceamento) das regiões costeiras, que apresentam um relevo muito plano, de pouca variação altimétrica.

Nesta pesquisa Reis (1997) conclui que apesar do relevo ser quase plano nesta região, é possível definir limite para o manguezal a partir do terracamento geomorfológico, pois a classe que representa as feições de manguezal propriamente dita não ultrapassa o intervalo altimétrico 2-3 m, sendo o ponto de interseção entre as classes de mangue e as demais classes (figura 2.7).



LEGENDA

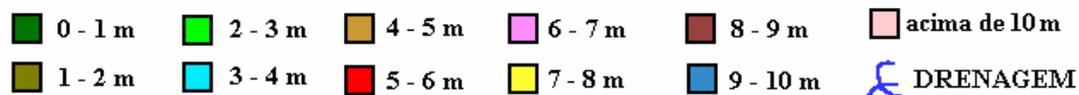


Figura 2.7 – Mapa do Terracamento Geomorfológico da APA Guapimirim

2.2.5 – Características Pedológicas

De acordo com a EMBRAPA (1999) as unidades componentes de solo da Área de Proteção Ambiental de Guapimirim são constituídas por solos latossolo vermelho-amarelo álico, argissolo vermelho-amarelo álico, gleissolo pouco húmico distrófico e organossolos tiomórficos.

Os solos latossolos vermelho-amarelo álicos distribuem-se pelas áreas da APA, ocorrendo em superfícies onde o relevo apresenta-se fortemente ondulados e montanhosos ocasionalmente.

Os solos argissolo vermelho-amarelo álicos caracterizam-se por apresentar horizonte B textural, com argila de atividade baixa (caulinita), textura de média a argilosa, com a ocorrência de fase não rochosas e rochosas, apresentando-se todos com o horizonte A moderado, distribuídos em áreas com relevo ondulado.

O gleissolo pouco húmico distrófico, compreende solos hidromórficos, mal drenados, em função do lençol freático permanecer elevado durante todo o ano. São solos pouco desenvolvidos e apresentam seqüências de horizontes A e Cg ou A(B)g, sendo que o g indica, que presença de gleização. Ocorrem em áreas planas, nas várzeas dos rios de maior extensão.

Os organossolos tiomórficos caracterizam-se por compreender solos hidromórficos, salinos, orgânicos ou orgânico-minerais, contendo compostos de enxofre (jarosita) que, após drenagem e oxidação, tornam-se extremamente ácidos $\text{pH} \leq 3,0$. Apresentam a descomplexação do alumínio da matéria orgânica, devido à formação de sulfatos, e em alguns casos até ácido sulfúrico. Distribuem-se nas áreas de mangues e adjacências e nos pântanos, sob a influência da água do mar (figura 2.8).



Figura. 2.8 - Aspectos do horizonte A em solos de mangue da APA Guapimirim

Na margem da baía de Guanabara outros elementos estão sendo incorporados ao horizonte A por ação antrópica, como material plástico, garrafas de vidro e restos de utensílios domésticos (figura 2.9). Estes materiais são trazidos pelas marés altas e, conseqüentemente, depositados nesta região.



Figura 2.9 - Ação antrópicas em solos de mangue da APA Guapimirim

Reis (1997) afirmou que o tipo de cobertura vegetal dentro da APA Guapimirim está relacionado à textura do solo. Para confirmar esta relação, Reis obteve resultados texturais do solo da APA Guapimirim, do qual foram obtidas 10 amostras das áreas mais representativas da região.

O processo de obtenção das amostras de solo constituiu-se em perfurações através de um trado com profundidade variando de 0 a 1,50 m, as amostras estão representas na figura 2.10 e no anexo 1.

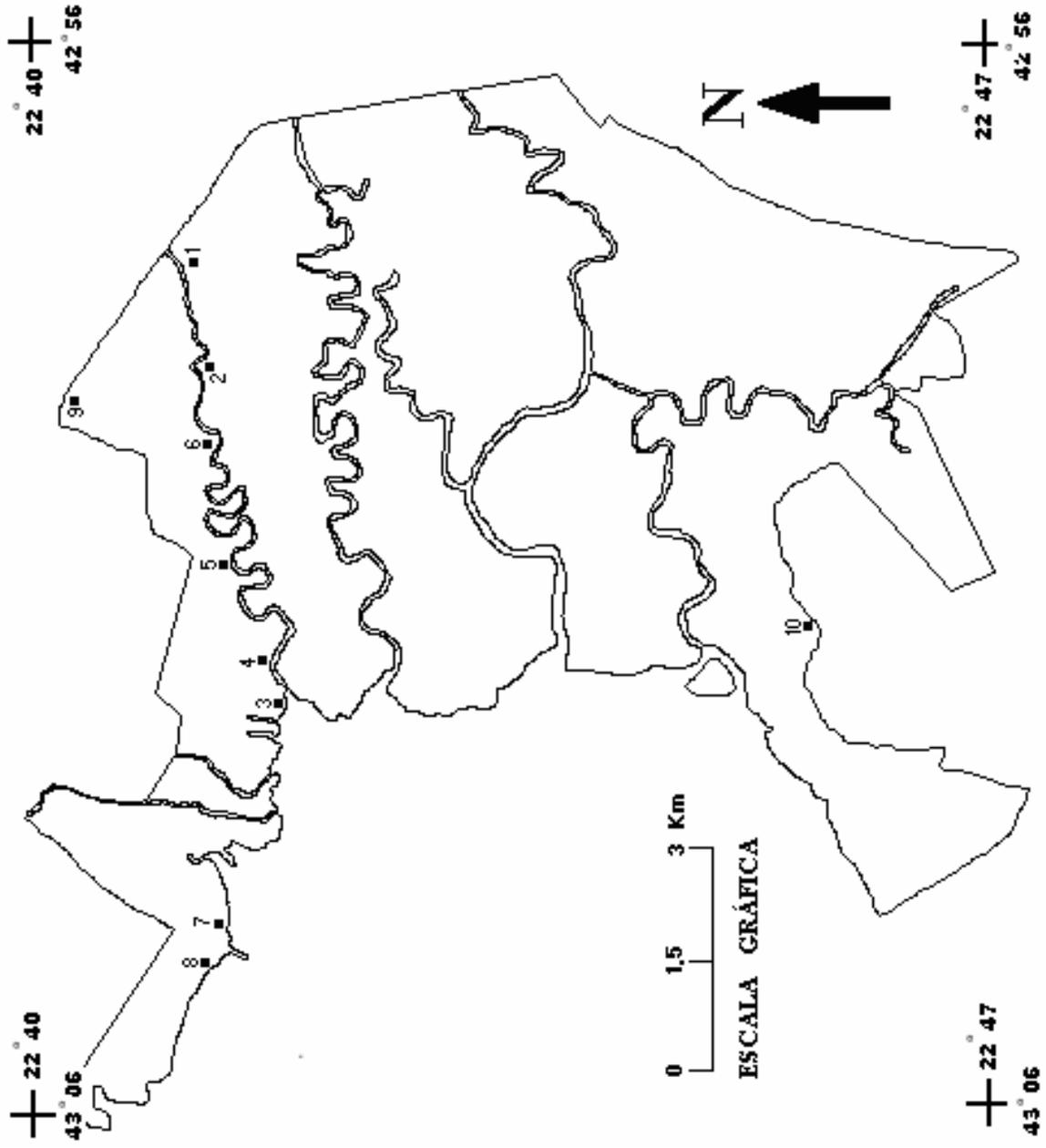


Figura - 2.10 - Pontos de coleta de amostra de solo

2.2.6 – Aspectos climáticos

De acordo com Barbieri e Neto (1999), a APA de Guapimirim está localizada entre as isoietas de 1250 e 2000mm da Zona dos Maciços Costeiros à Zona do Sopé da Serra do Mar e seu clima sofre a influência de diversos fatores físicos significativos, tais como altitude e disposição do relevo, aos quais somam-se a presença da Massa Equatorial Continental no verão, da massa Tropical Atlântica no restante do ano e das constantes incursões da Frente Polar Atlântica, sobretudo na primavera.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região da APA de Guapimirim é do tipo AW, quente e úmido, com estação chuvosa na primavera-verão.

Com base em dados pluviométricos e de temperatura, obtidos para diversas estações de meteorológicas assinaladas na figura 2.21, as características climáticas para a área da APA de Guapimirim são:

- Pluviosidade média anual: 1.709 mm
- Pluviosidade média mínima anual: 1.155 mm
- Pluviosidade média máxima anual: 2.396 mm
- Estação mais chuvosa: primavera-verão
- Média do mês mais chuvoso: dezembro: 253 mm
- Estação mais seca: inverno
- Média do mês mais seco: agosto: 59 mm
- Temperatura média anual: 23°C
- Temperatura média anual do mês mais quente: janeiro: 26°C
- Temperatura média anual do mês mais frio: julho: 20°C
- Ventos predominantes: Sul-Este (Estação Meteorológica Campus no campus da UFF - Gragoatá).

Para Pannier e Pannier (1987), a distribuição dos manguezais ao longo do litoral sul americano pode estar relacionada ao clima do continente. Blasco (1984) limita a sua presença à região com temperaturas médias acima de 16° C. Shaeffer-Novelli e Cintron (1983) afirmam que as características climáticas contribuem para determinar o grau e o nível de desenvolvimento das áreas de manguezal. Um exemplo disto é que ocorre

bosque de mangue mais desenvolvido onde a precipitação pluvial excede os 2000 mm e não haja uma estação seca pronunciada.

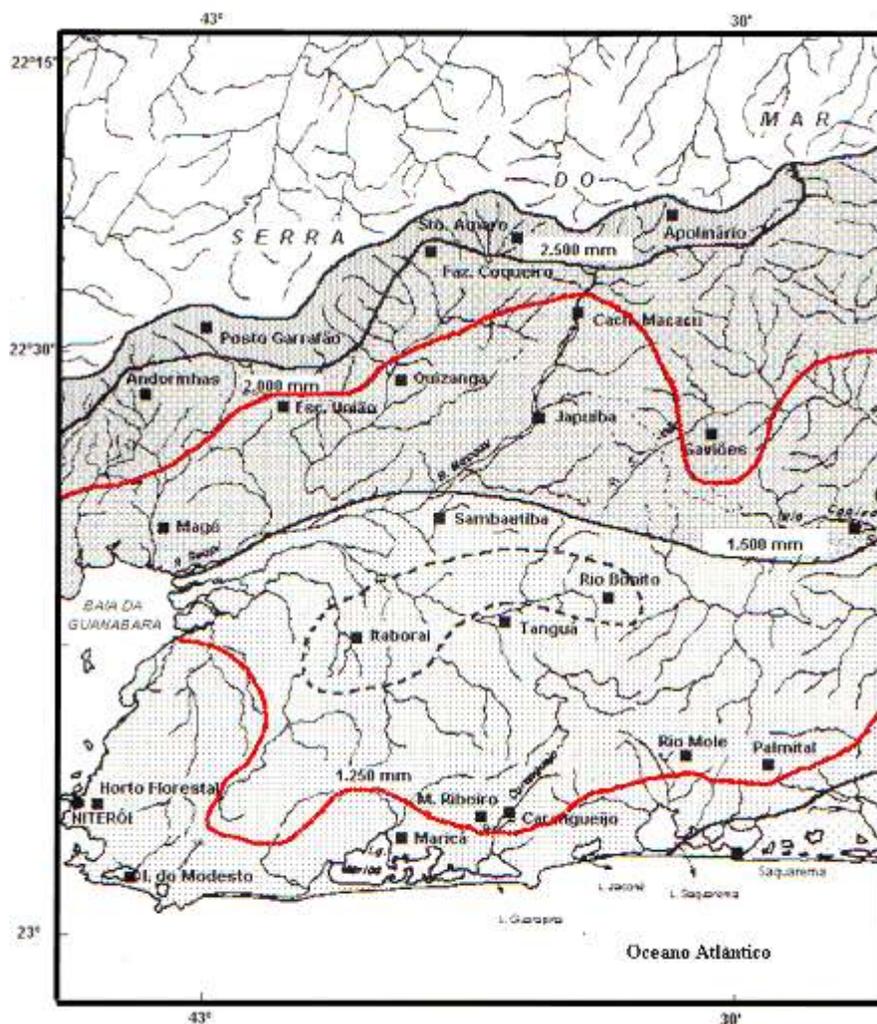


Figura 2.11 - Distribuição Espacial e Regimes Pluviométricos.

FONTE: E. Barbière e R. Coe Neto, 2000

2.2.7 - Hidrografia

A região em estudo é drenada pelas bacias dos rios Caceribu, Guapi, Guarai e Guaxindiba.

As redes hidrográficas dos quatro rios mencionados já sofreram modificações em grande escala através da construção de canais e adutoras e

de dragagens periódicas em seus leitos. Os cursos dos rios Guapimirim, Macacu e Guaxindiba estão traçados na figura 2.22, na qual pode ser verificar-se que o rio Caceribu era o maior afluente da margem esquerda do rio Macacu que, por sua vez, era o mais longo e o mais caudaloso dos rios que deságuam na Baía de Guanabara, e, também, o que tinha as maiores cheias antes das alterações. Todos os rios que desciam da Serra dos Órgãos, ao chegarem à baixada, eram logo flanqueados por uma planície aluvial que se alargava rapidamente para jusante. Na época das grandes enchentes, essa planície inundava-se e os declives eram tão fracos que as águas não podiam escoar, inundando as terras durante a maior parte da estação chuvosa (Araújo e Maciel, 1979).

A partir de 1947, foram iniciadas as obras que desviariam o curso do rio Macacu, logo após receber as águas do rio Guapiaçu, para a bacia do rio Guapimirim que deságua na baía com o nome de Guapi. Em decorrência desta mudança, o rio Caceribu não é mais um tributário do Macacu, passando a desaguar diretamente na baía, e tendo como principal afluente o rio Guaraí-Mirim.

Os trabalhos de dragagem no rio Caceribu foram iniciados também em 1947 e concluídos em 1957, numa extensão de 20 Km. Retificaram-se os cursos dos rios Macacu e Guapiaçu em uma extensão aproximadamente de 36 Km cada um. Todos os seus afluentes principais foram também retificados em cerca de 80 Km. Todos estes cursos de rios são dragados periodicamente, para facilitar o escoamento das águas (Planidro, 1970).

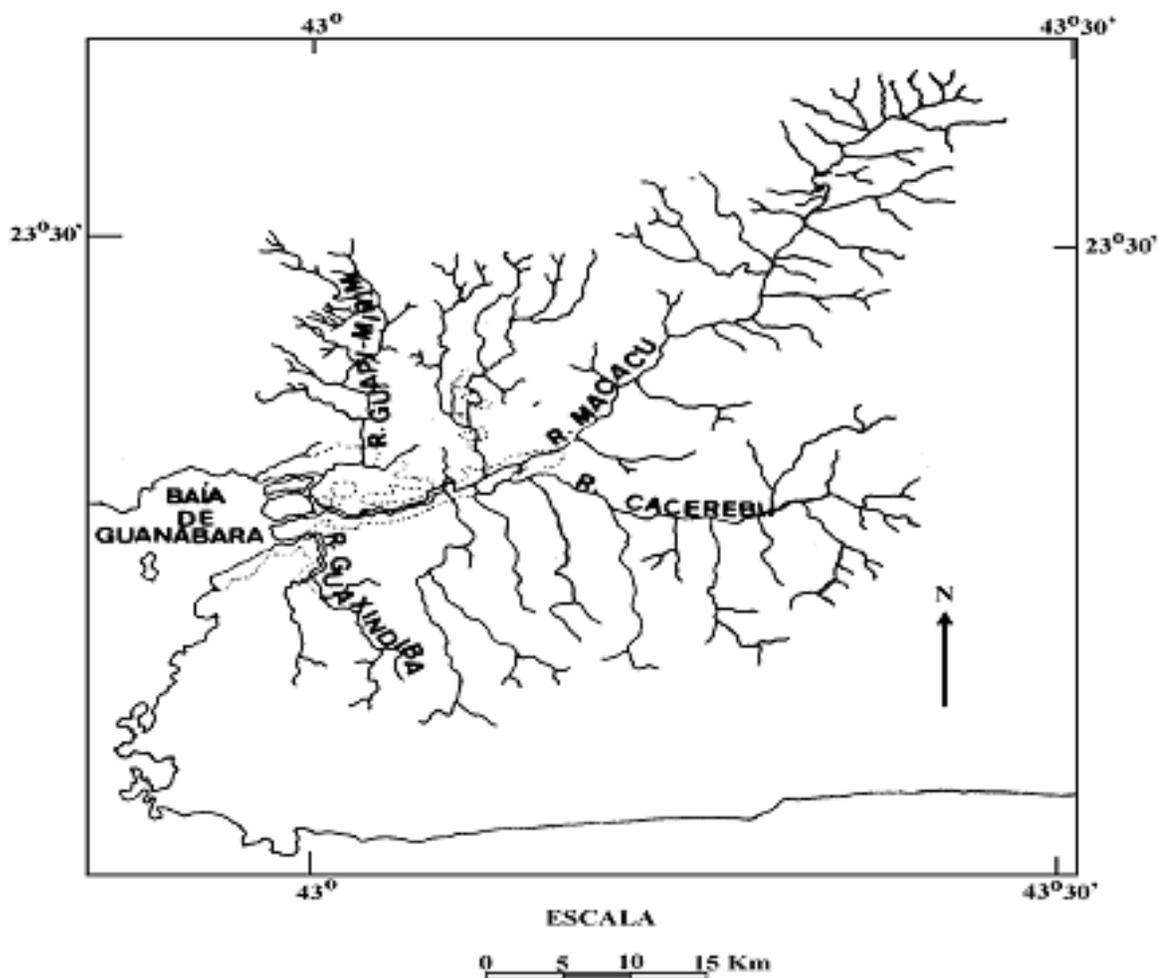


Figura 2.12 - Leito dos principais rios antes das alterações e da retificação de curso

Fonte: Araújo e Maciel (1979).

2.2.8 - Principais espécies botânicas dos manguezais do recôncavo da Guanabara

O manguezal da APA de Guapimirim foi classificado, segundo Araújo e Maciel (1979), como o do tipo ribeirinho, ocupando os aluviões ao longo dos rios e de pequenos canais que drenam a área que é inundada diariamente pelas marés. Este ecossistema é composto pelas seguintes espécies arbóreas:

- *Rhizophora mangle* (Rizófora), conhecida vulgarmente como mangue vermelho é distinguida facilmente das outras espécies pela ramificação peculiar das raízes de sustentação (raízes escoras), que são curvas e arqueadas, as quais permitindo que as árvores se estabeleçam em ambiente de pouca profundidade e substrato pouco consistente. Esta espécie é normalmente disseminada por toda a área do manguezal, com concentração mais representativa junto às margens da baía e dos rios principais (figuras 2.23 e 2.24).
- *Avicênia schaueriana* (Avicênia) ou mangue preto tolera salinidade muito mais alta que as demais espécies do mangue e ocupa solos mais firmes em áreas interiores. As raízes dessa espécie são de dois tipos: uma penetra no substrato de baixo para cima, com uma porção aérea por onde a planta respira (pneumatóforos); a outra é muito ramificada, extremamente esponjosa e fibrosa no seu interior, e que lhe serve de base de apoio (raízes nutritivas). Na área de estudo, apresenta bosques densos próximos à franja (figuras 2.25 e 2.26).
- *Lagunculária racemosa* (Lagunculária), comumente conhecida como mangue branco: é uma espécie colonizadora de sedimentos de deposição. Esta espécie, ao invés de raízes aéreas, possui expansões das raízes nutritivas, que são estruturas para a respiração (pneumatóforos). Ocorre em todo o manguezal, mas é bem caracterizada nos bordos, junto à terra firme (figuras 2.27 e 2.28).



Figura 2.13 - Esquema das principais características botânicas da Rizófora.
Fonte: Adaptado de Pires (1992)



Figura 2.14 – Bosque de Rizófora.

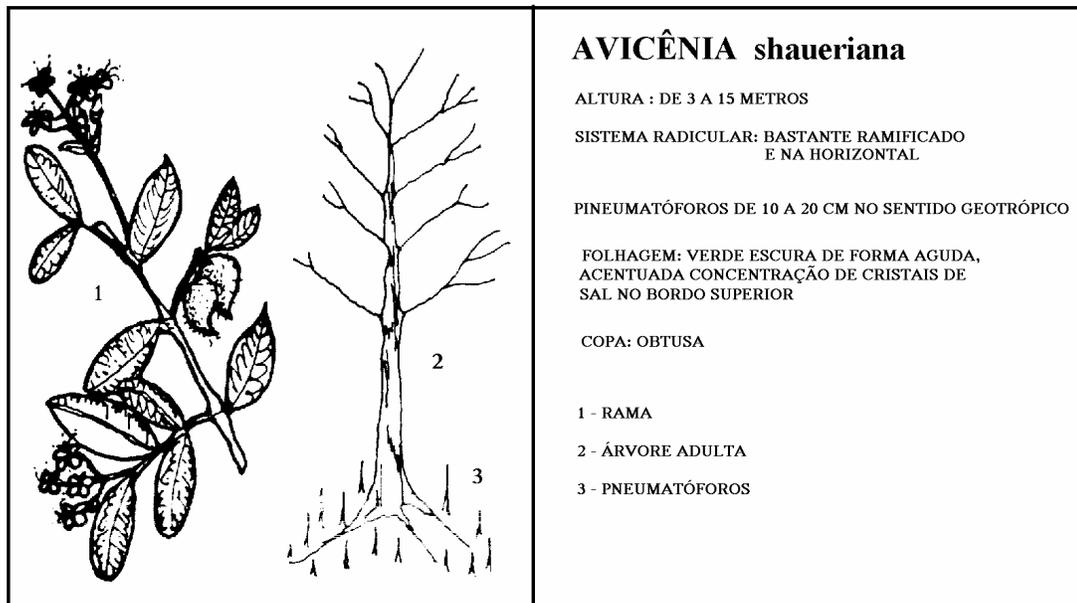


Figura 2.15 - Esquema das principais características botânicas da Avicënia.
Fonte: Adaptado de Pires (1992)



Figura 2.16 – Bosque de Avicënia.

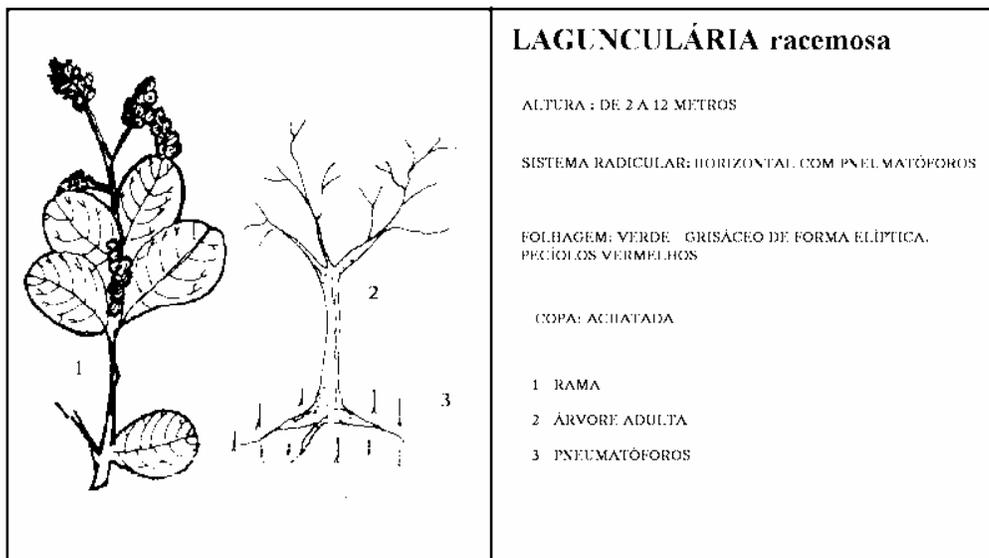


Figura 2.17 - Esquema das principais características botânicas da Lagunculária.

Fonte: Adaptado de Pires (1992).



Figura 2.18 – Exemplo de Lagunculária.

Segundo ainda os mesmos autores, além das espécies arbóreas já mencionadas, pode ser observada também a presença de *Spartina alterniflora* (figura 2.29) que normalmente forma uma faixa de 1 a 3 metros de largura, ocupando as margens das curvas côncavas dos rios. A presença de invasoras também é bastante característica, dentre as quais destacam-se feições arbustivas de *Hibiscus pernambucensis* (algodoeiro do brejo), figura 2.30 e *Acrostichum aureum*, figura 2.31 (samambaia do brejo), as quais ocupam áreas que sofreram desmatamento e não tiveram condições de serem repovoadas por espécies típicas de manguezais.



Figura 2.19 – Exemplar de *Spartina alterniflora*.



Figura 2.20 – Bosque de *Hibiscus pernambucensis* aofundo.



Figura 2.21 – Exemplar de *Acrostichum aureum*.

2.2.9 - Zonação das espécies

Pannier e Pannier (1987) observaram que as marés têm sido associadas à zonação dos manguezais, não só pela diferença de nível entre marés alta e baixa, mas também pela frequência de imersão a que estão expostas as diferentes espécies dos manguezais.

Thom (1994) descreve que os ambientes costeiros estão em mudança contínua: em alguns casos predomina o processo de sedimentação, em outros predomina a erosão. A vegetação de mangue coloniza estas áreas em contínua mudança. À medida que o ambiente é modificado geomorfologicamente, também deve mudar a distribuição das espécies. O mesmo autor coloca que, na investigação de manguezais, vários estudos têm demonstrado que a evolução das mudanças da vegetação está estreitamente relacionada com a dinâmica do desenvolvimento da linha costeira e da sedimentação. Para entender melhor a dinâmica de regiões como estas é necessário considerar os seguintes fatores:

- a) os antecedentes geofísicos;
- b) a geomorfologia; e
- c) a biologia.

O primeiro componente inclui a história do nível do mar, as condições climáticas e as marés. O componente geomorfológico toma em consideração a sedimentação, o agente causador (fluvial ou marinho) e a microtopografia resultante. O componente biológico é a expressão dos fatores ecológicos que permitem a colonização das espécies. O balanço entre os fatores físicos e a competência entre as espécies determina, então, os padrões da vegetação que se encontram nos manguezais.

Dansereau (1948) foi quem primeiro propôs uma definição zonal para os manguezais do Estado do Rio de Janeiro e o esquema proposto pelo autor é mostrado na figura 2.32. A primeira faixa vizinha à água, em solos inconsistentes é ocupada predominantemente pela Rizófora; a faixa seguinte, entre a maré baixa e as marés altas, constituída por solo com maior porcentagem de areia e cascalho, é ocupada principalmente pela Avicênia. A faixa subsequente, atingida pela maré alta, constituída por

solos predominantemente arenosos, é ocupada por *Lagunculária*; a última faixa, atingida por marés excepcionais, é ocupada por *Hibiscus* e *Achrostichum*.

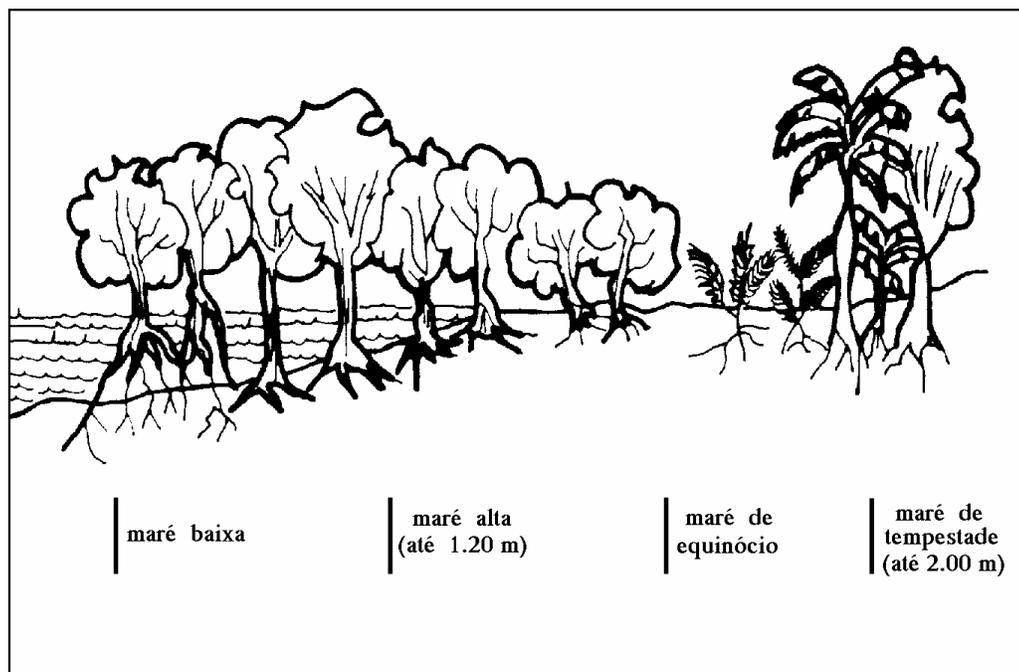


Figura 2.22 - Esquema geral para o zoneamento de manguezais do Rio de Janeiro.

Fonte: Dansereau (1948).

Segundo Araújo e Maciel (1979) a definição proposta por Dansereau foi feita de forma bastante abrangente, incluindo os manguezais de todo o Estado do Rio de Janeiro. Para os manguezais do recôncavo não existe qualquer vestígio deste tipo de zonação: as três espécies atualmente estão bastante misturadas. Este quadro atual é decorrente do processo de desmatamento intenso a que está sendo submetido o manguezal.

Brito e Zaninetti (1979,) a partir de comparações entre três diferentes manguezais da costa brasileira, propõem um critério de zonação das espécies de manguezais, associando aos parâmetros fitológicos normalmente utilizados a atuação de processos hidrodinâmico e geomorfológicos, como descritos a seguir:

- Spartina é um estabilizador de sedimentos recentemente depositados. A presença desta espécie é um indicador de um processo de sedimentação ativa.
- Lagunculária associada a Spartina forma uma franja ativa nas áreas de manguezais em fase de programação. Assim, quando a Spartina é localizada na periferia externa (junto à água) do manguezal, isto indica processo hidrodinâmico fraco dentro de um processo de erosão limitado.
- Rizófora desenvolve-se normalmente em solos argilosos ou saibrosos. Quando a espécie domina a parte externa do manguezal indica um processo hidrodinâmico elevado, logo, um processo de erosão intenso.
- Avicênia localiza-se, de preferência, em pequenas elevações topográficas, onde a duração de submersão é mais curta. Observa-se a coexistência de Avicênia com Rizófora e Lagunculária. Quando localizada mais próxima da água, indica um processo de erosão ativo.

Marques da Silva et al (1995,) estudando os manguezais do rio Curuperé, no Pará, analisam que a zonation das espécies está ligada à variação da textura, estrutura do solo e às marés. As espécies podem se organizar da seguinte forma: a Rizófora sobrevive melhor em locais sob influência de marés mais prolongadas, maior teor de sal e de matéria orgânica e onde o substrato é mais inconsistente, formado por partículas mais finas. A Avicênia ocorre em solos mais arenosos, com maior teor de matéria orgânica e menor influência das marés, enquanto a Lagunculária, aparecem em solos mais firmes.

As análises de Brito e Zaninete (1979) e Marques da Silva et ali (1995) são as que mais se aproximam das condições geomorfológicos e fisiográficas dos manguezais em estudo.

3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica da presente proposta está associada, principalmente, ao atendimento aos temas relacionados às Áreas de Preservação Ambiental – APA, aos complexos de manguezais, ao comportamento espectral de alvos, ao processamento digital de imagens, à classificação digital e tecnológica do geoprocessamento e às perspectivas voltadas para o planejamento de áreas costeiras, onde se inclui o manguezal da APA de Guapimirim.

3.1 – Área de Proteção Ambiental

Segundo Nogueira Neto (2001), a idéia da APA foi trazida de Portugal e adaptada por ele ao Brasil, quando era Secretário Especial do Meio Ambiente do Governo Federal. Inspirada no Parque Natural da Arrábida, perto de Lisboa, junto ao Rio Tejo, a APA foi introduzida em nosso ordenamento jurídico em 1981, pela Lei Federal n.º 6.902 (primeira lei brasileira a versar exclusivamente sobre Unidades de Conservação da Natureza).

Hoje, o citado autor estima que cerca de 8.000.000 de hectares do território brasileiro estão protegidos sob a forma de APAs, o que revela o sucesso e a importância desta categoria de Unidade de Conservação no Brasil.

Para o IBAMA (1987), a Área de Proteção Ambiental (APA) é uma unidade de conservação que tem por objetivo conciliar a atividade humana com a preservação da vida silvestre, assim como a proteção dos demais recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida da população, através de um trabalho conjunto entre o órgão do Governo e a participação ativa da comunidade.

A Lei Federal n.º 6902/81 prevê a criação dessa nova categoria de unidade de conservação, que difere fundamentalmente das demais por contornar o problema de desapropriação de terras.

A Área de Proteção Ambiental de Guapimirim foi criada em 25 de setembro de 1984, pelo Decreto Federal nº 90225, com objetivo de proteger os remanescentes dos manguezais situados na Baía de Guanabara.

3.2 – Complexo de Manguezais

Segundo Bentancourt (1981), os manguezais atuam como uma "esponja protetora" da Baía de Guanabara e apresentam condições alarmantes devido, principalmente, à carga de poluentes (esgoto domiciliar e industriais, lixos carreados pelas chuvas e marés) despejada diariamente pelos principais rios que ali deságuam. Os manguezais do recôncavo apresentam condições bastante críticas quanto ao seu equilíbrio ecológico e geomorfológicos.

Amador (1978) analisa que o desmatamento irracional, intimamente relacionado à ocupação da região do Recôncavo da Baía de Guanabara, propiciou a intensificação dos processos erosivos e acarretou um aumento no fornecimento de detritos para o sistema de drenagem. A alteração do regime hidrológico dos principais rios da baixada, através de obras de retificação, aprofundamento e alargamento dos canais, ocasionou o incremento na capacidade de transporte de carga sólida. Atuações antrópicas, como estas, vêm proporcionando um assoreamento acelerado da Baía de Guanabara.

Pires (1992) descreve que a intensidade das mudanças que ocorrem nos manguezais do Recôncavo necessita ser acompanhado de maneira sistemática, o que aumenta a frequência de informações e possibilita, assim, avaliações mais acuradas e atualizadas dos seus impactos.

A utilização de imagens orbitais no estudo da dinâmica ambiental dos manguezais pode propiciar a obtenção de informações atualizadas sobre extensas áreas e proporcionar uma visão de conjunto da região em estudo.

Os manguezais consistem em um ecossistema litorâneo de transição entre os ambientes terrestre e aquático, e são característicos de regiões tropicais que estão submetidas ao regime de maré. Os manguezais são constituídos de espécies vegetais típicas e adaptados à flutuação de

salinidade e a um tipo de sedimento predominantemente lodoso, com baixos teores de oxigênio (ABNT, 1989).

A palavra mangue é empregada para designar as espécies arbóreas ou arbustivas, características do ecossistema manguezal. Embora sua distribuição geográfica coincida com os limites tropicais, é possível sua ocorrência em áreas subtropicais. Quando há disponibilidade de nutrientes, grandes amplitudes de marés, temperaturas elevadas e constantes, como em áreas próximas do Equador, as árvores podem atingir até 50 metros (Cintron e Novelli, 1983).

Herz (1987) afirma que os manguezais são ecossistemas costeiros que se originam nas regiões dos oceanos Índico e Pacífico e que distribuíram suas espécies pelo mundo, com auxílio das correntes marinhas, durante o processo de separação dos continentes. Atualmente, o manguezal está presente nas faixas tropical e subtropical do planeta e ocupa regiões inundadas pela maré como, por exemplo: estuário, lagoas costeiras, baías e deltas.

A distribuição dos manguezais no globo terrestre depende de um número variado de fatores como: áreas costeiras protegidas, adaptação à salinidade do solo e da água e à temperatura do ar e da água.

Segundo Schaefer-Novelli (1989), os manguezais na costa brasileira estão presentes desde da foz do Rio Oiapoque, no estado do Amapá, até o estado de Santa Catarina, tendo como limite sul o município de Laguna, que, segundo o autor, é limitado pelo avanço da massa de ar polar e de correntes oceânicas polares. No Estado do Rio de Janeiro há grandes formações na região Norte Fluminense (foz do Rio Paraíba do Sul); na baía de Guanabara, na baía de Sepetiba (Guaratiba) e na baía de Ilha Grande (municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati), localizada na região da Costa Verde.

Amador (1978) caracterizou os manguezais como um grande filtro de sedimentos. O mesmo autor descreve que a retenção dos sedimentos pelos manguezais pode ser feita de três formas:

- Através da floculação e precipitação de partículas sedimentares trazidas pelos sistemas fluviais, devido a valores de PH ácidos, obtidos pelas

águas percolantes, em função da abundância em matéria orgânica do ecossistema.

- Através da retenção mecânica produzida pelo sistema de raízes, folhas e troncos da vegetação dos manguezais.
- Através da estabilização das margens estuarinas (progradação sedimentar dos estuários) uma vez que a vegetação acompanha a sedimentação, retendo-a.

Para Araújo e Maciel (1979), o manguezal é um ecossistema aberto, em se tratando de energia e matéria. O transporte de matéria para dentro do ecossistema, sua reciclagem e conseqüente exportação para o estuário ou mar são processos controlados por dois tipos de fatores: os físicos (marés e chuvas) e biológicos (queda das folhas, decomposição, atividades da fauna etc.).

As principais características a serem observadas no ambiente costeiro, que representa a área de estudo desta pesquisa, pode ser a seguir relacionada, como subsídio para a presente fundamentação teórica.

3.3 – Comportamento Espectral de alvos que compõem a APA – Guapimirim

De acordo com Rosa (2001) o comportamento espectral de alvos pode ser definido como a medida da reflectância de um objeto ao longo do espectro eletromagnético, pois cada objeto apresenta intensidade diferente.

Meneses (2001) afirma que o comportamento espectral de alvo é a área de maior importância do sensoriamento remoto, pois por meio das medidas radiométricas é possível identificar com qual intensidade cada objeto reflete a radiação eletromagnética nos diferentes comprimentos de onda, e isso permite entender porque cada um desses alvos irá se configurar em uma imagem. Ao entender este processo, o intérprete estabelece um método de interpretação de imagens, baseado em um sistema de classificação comparativo.

Pode-se concluir que as feições de cada alvo correspondem às porções das curvas de reflectância em detrimento do comprimento de onda, com forma e intensidades muito bem definidas e próprias, ou seja, cada alvo possui um comportamento espectral diferente, e a partir daí, no sensoriamento remoto, é possível escolher as bandas espectrais mais adequadas para a identificação destes alvos.

3.3.1 – Comportamento Espectral da Vegetação

Como pode ser observado na figura 3.1, o comportamento espectral típico de uma folha verde sadia no intervalo espectral de 0,4 a 2,5 μm pode variar bastante.

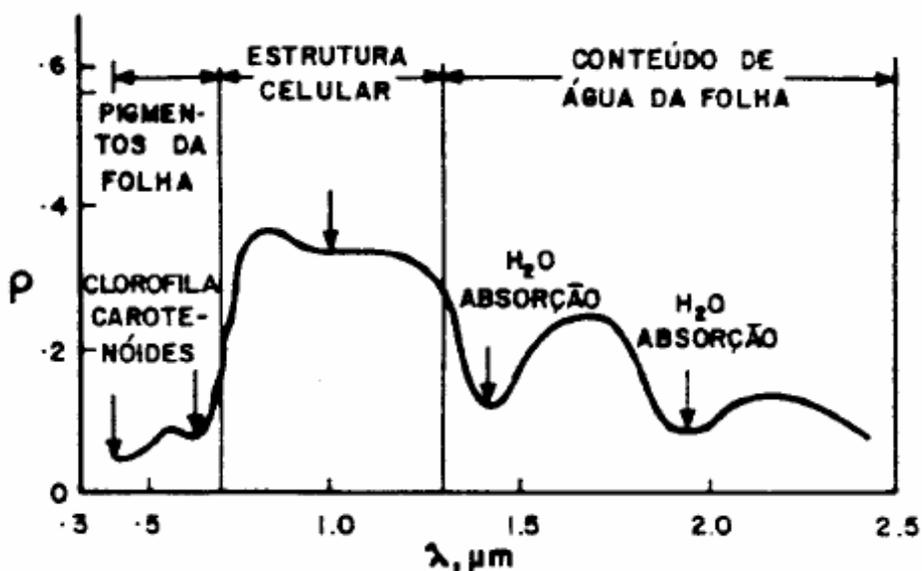


Figura. 3.1 - Curva de reflectância típica de uma folha verde

Fonte: Novo (2002)

Na região que compreende, a faixa espectral do visível (0,4 a 0,7 μm) é relativamente baixa devido a forte absorção da radiação dos pigmentos do grupo de clorofila “a” e “b”, pelos carotenóides, xantofilas e antocianinas.

Moreira (2003) afirma que, em razão das características dos diferentes pigmentos, a absorção da radiação é mais acentuada nos comprimentos de onda de 4,8 μm (clorofila “b”) e 6,8 μm (clorofila “b”),

porém a refletância apresenta um pico em 5,5 μm (o que corresponde à banda verde na faixa espectral do visível).

A faixa espectral do infravermelho é constituída por radiações eletromagnéticas que variam entre 0,7 μm a 1 mm. A região do infravermelho é subdividida em 3 partes:

1. Infravermelho próximo (0,7 a 1,3 μm)
2. Infravermelho médio (1,3 a 2,5 μm)
3. Infravermelho distante (2,5 μm a 1 mm)

Na região do infravermelho próximo, a reflexão, absorção e a transmissão da folha é uma consequência das propriedades ópticas da folha, que dependem das estruturas celulares internas, mas pode haver uma contribuição direta do conteúdo de água da folha. Pode-se observar também que, mesmo com a interferência da água na estrutura da folha, a reflexão é bastante alta, podendo chegar a 50 %, dependendo da estrutura anatômica da mesma.

Na região do infravermelho médio há um decréscimo gradual dos valores de refletância para comprimentos de onda superiores a 1,3 μm . Isto é devido a presença da água, o pico de absorção está entre 1,4, 1,9 e 2,5 μm . Esta região é muito utilizada pelo sensoriamento remoto, pois a partir das bandas de absorção é possível identificar o porte da cobertura vegetal, ou seja, a vegetação arbórea contém mais água na sua estrutura interna, por sua vez a absorção é maior que a vegetação rasteira, cuja a quantidade de água é menor.

Mochel (2000) utilizou um espectroradiômetro modelo SPECTRON SE-590 para caracterizar o comportamento espectral das 3 espécies arbóreas do manguezal (Rizófora, Avicênia e Lagunculária) na Baía de Turiaçu, no Maranhão (figura 3.2), e pode verificar que na faixa espectral do visível, na banda correspondente ao azul, as 3 espécies apresentaram valores de reflectância semelhantes; já na banda verde, a Avicênia apresentou maior reflectância e a Rizófora, a menor. Na banda do vermelho, Avicênia e Lagunculária apresentaram respostas bastante próximas entre si. Na região do infravermelho próximo, a Avicênia apresentou a maior reflectância.

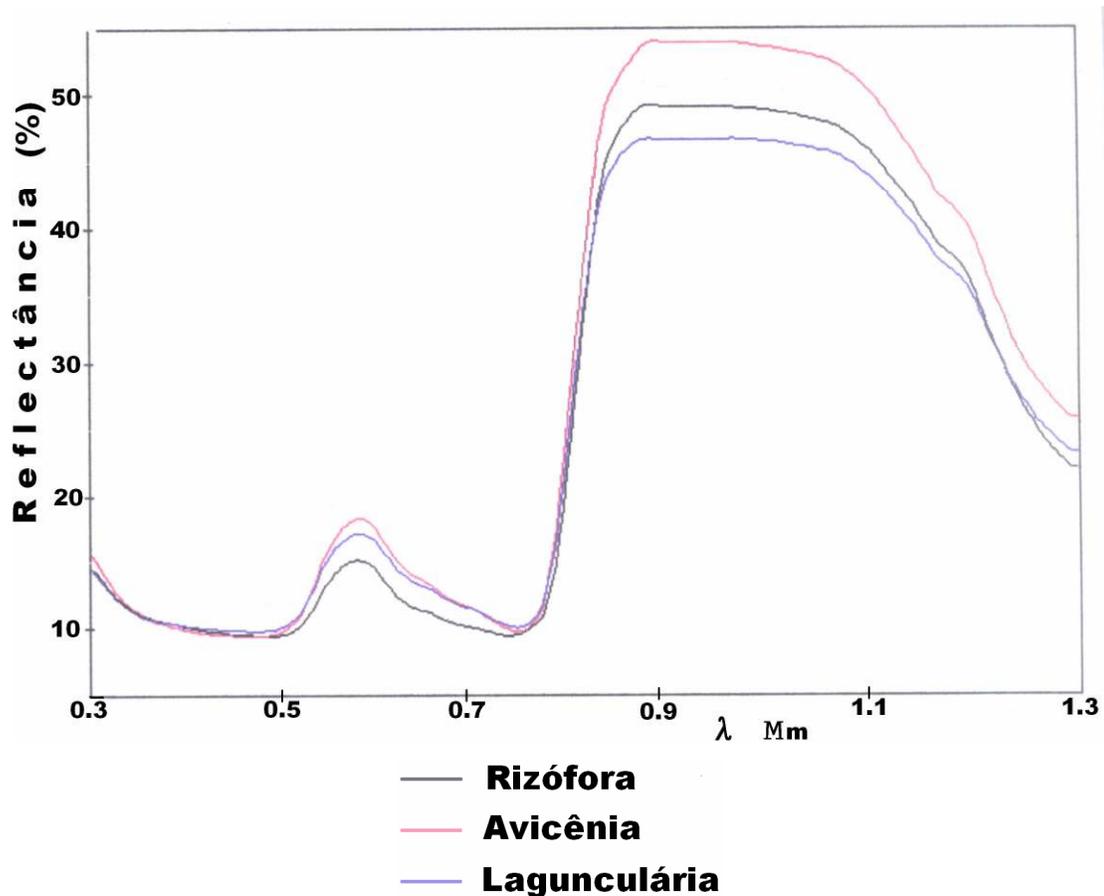


Figura 3.2 - Curva de reflectância das três espécies arbórea do manguezal
Fonte: Adaptado de Mochel (2000)

Rosa (2001) afirma que a medida da reflectância da vegetação depende de uma série de fatores, tais como: condições atmosféricas, espécie, solo (granulometria, água e nutrientes), índice de área foliar (cobertura da vegetação por unidade de área), estado fenológico (variação sazonal da vida vegetal), biomassa (densidade total da vegetação), folha (forma, posição, água, pigmentação, estrutura interna, etc...), geometria de medida, tipo de sistema sensor e cobertura da copa.

3.3.2 – Comportamento Espectral dos Solos

De acordo com Rosa (2001), o comportamento espectral dos solos está relacionado, principalmente, à porcentagem de matéria orgânica, granulometria, composição mineralógica, umidade e capacidade de troca catiônica.

O aumento do conteúdo de matéria orgânica provoca uma diminuição da resposta espectral.

A granulometria interfere no comportamento espectral do solo de acordo com a concentração de minerais félsicos e máficos. A diminuição das partículas de minerais félsicos provoca um aumento nos valores de refletância e uma atenuação das bandas de absorção; já com os minerais máficos ocorre o contrário, à medida que se aumenta a concentração (figura 3.3).

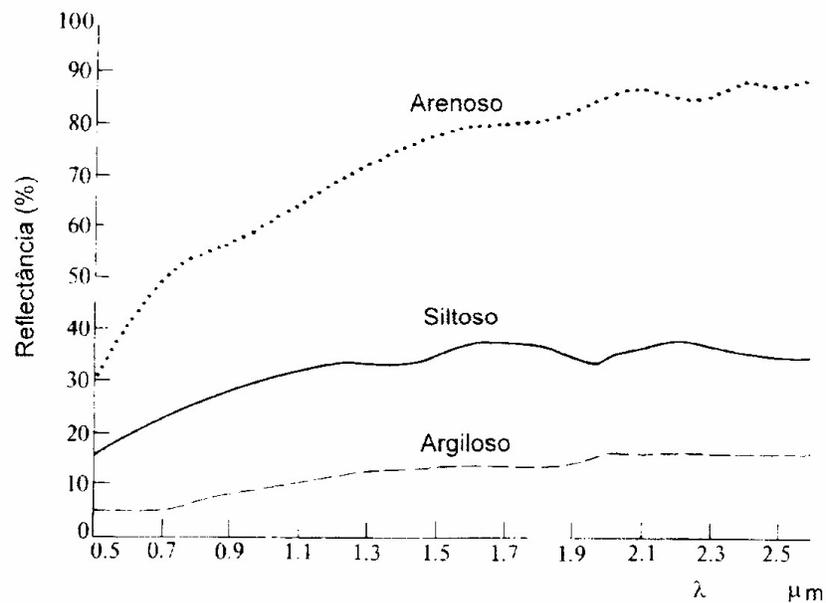


Figura 3.3 - Reflectância espectral de 3 tipos de solos

Fonte: Rosa, 2001

Já em relação à umidade e à capacidade de troca catiônica, os solos úmidos possuem refletância mais baixa que os solos secos (Figura 3.4).

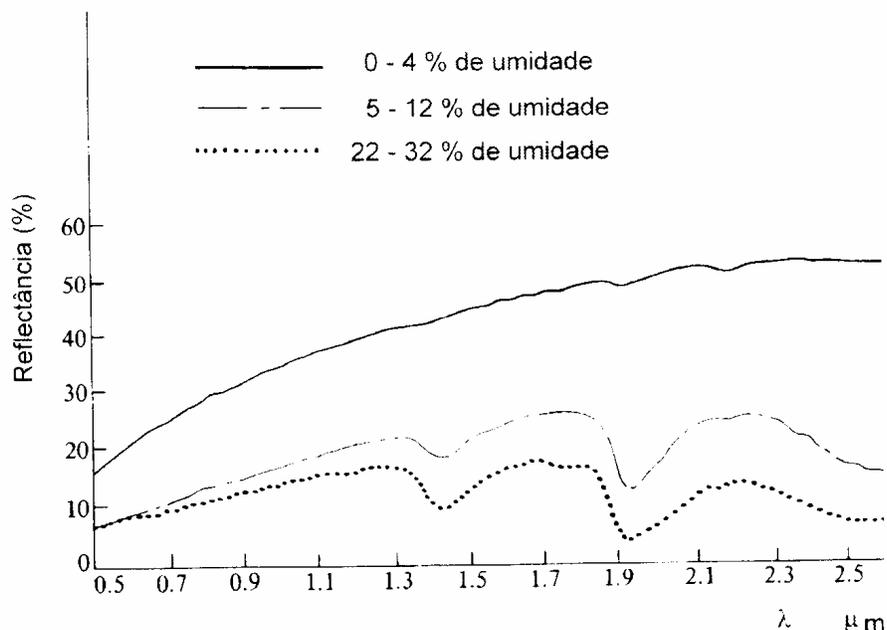


Figura.3.4 – Reflectância espectral de solo arenoso com diferentes teores de umidade

Fonte: Rosa, 2001

3.4 – Tecnologia de Geoprocessamento

Deste item constam conceitos diretamente associados à tecnologia do geoprocessamento, presentes nos itens seguintes:

3.4.1 – Definição de Geoprocessamento

De acordo com Teixeira e Christofolletti (2000), geoprocessamento é a tecnologia que abrange o conjunto de procedimento de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espacialmente referenciados.

Já Câmara et al (2001) afirmam que o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e

computacionais para o tratamento da informação geográfica. As ferramentas computacionais para o geoprocessamento são conhecidas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, sendo possível o cruzamento de dados e a geração de várias informações da área em estudo.

3.4.2 – Características básicas de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Segundo Aronoff (1989) SIGs são sistemas capazes de armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação.

Mahoney (1993) afirma que há diferentes formas de se caracterizar um SIG, A grande maioria dos usuários considera-o um conjunto de ferramentas e algoritmos para a manipulação de dados geográficos. Os SIGs são também uma coleção de subsistemas integrados, onde os dados espaciais passam por uma seqüência de processos de conversão-coleta, armazenamento e manipulação. Já alguns autores priorizam sua aplicação, caracterizando o sistema segundo o tipo de dado manuseado, ou a sua respectiva utilização, tais como: sistemas espaciais para apoio à tomada de decisões ou sistemas para análise de dados geográficos.

Segundo Câmara (2000,) as definições de SIGs refletem, cada uma a sua maneira, a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

A partir dos conceitos descritos, duas importantes características de SIGs tornam-se possíveis de serem determinadas. A primeira, é que tais sistemas possibilitam a integração dos dados, em uma única base de informação geográfica, proveniente de diferentes fontes, tais como: dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, etc. A segunda, é que os SIGs oferecem mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise.

De acordo com Medeiros e Câmara (1998), o domínio de aplicações em SGI vem se ampliando cada vez mais, acompanhando a evolução dos dispositivos de coleta e as facilidades computacionais em geral. Assim sendo, cada aplicação requer a manipulação de fenômenos geográficos distintos, associados a diferentes características e propriedade que variam no espaço e no tempo, além de existir, também, um número variado de usuários especialistas em um determinado domínio do conhecimento, como por exemplo: arquitetos, geógrafos, geólogos, sociólogos e etc.

Maguire et al. (1993) classificam as aplicações de um SIG em: socioeconômicas e ambientais. Aquelas envolvem o uso da terra, os seres humanos e a infraestrutura existente; estas enfocam o meio ambiente, o uso de recursos naturais e de gerenciamento, envolvendo a realização de estudos para remediar problemas e garantir a preservação de determinadas características. Segundo o mesmo autor, o tipo de aplicação determina a escala e as fontes de dados utilizadas. Por exemplo, as aplicações socioeconômicas são geralmente voltadas para grandes escalas, enquanto as aplicações ambientais voltam-se, geralmente, para médias escalas territoriais (tabela 3.1). No entanto, esta regra nem sempre é utilizada, pois estudos ambientais podem, também, ocupar-se com regiões de pequenas extensões exigindo, assim, o emprego de escalas maiores de detalhamento, tendo em vista que os estudos sócio-econômicos, ao abordar migrações populacionais, pode exigir uma escala de menor detalhamento.

TABELA 3.1 – Principais aplicações do SIG a partir das Escalas

ESCALA GEOGRÁFICA	ESCALA CARTOGRÁFICA	APLICAÇÕES
Global	1:5.000.000 para menor	Aplicação em Recursos Ambientais, Desmatamento e Desertificação e etc.
Nacional	1:1.000.000 e 1:500.000	Planejamento e Monitoramento Ambiental e etc.
Regional	1:250.000 e 1:100.000	Previsão de Safras, Zoneamento Florestal etc.
Municipal	1:100.000 a 1:10.000	Recursos Hídricos, planos diretores, planejamento urbano e etc.
Local	1:10.000 a 1:2.000	Cadastros urbanos, serviços públicos, projeto de engenharia e etc.

Fonte: Reis e Santiago (2004)

Segundo Câmara (1995) os SIGs apresenta três gerações distintas, que podem ser vistas na tabela 3.2.

A primeira baseia-se na tecnologia de CAD (Computer Aided Design), com tradição cartográfica e suporte de bancos de dados limitado, e cujo produto final é o mapa temático. Esta classe de sistema é utilizada, principalmente, em projetos isolados, sem a preocupação de gerar arquivos digitais de dados.

A segunda, na tecnologia de banco de dados espaciais. Os programas começaram a ser desenvolvidos na década de 90. A principal característica destes programas consiste nos gerenciadores de bancos de dados relacionais e com pacotes adicionais para o processamento de imagens. Estes sistemas foram desenvolvidos em ambientes multiplataformas com interfaces em janelas.

A terceira geração SIGs fundamenta-se em bibliotecas digitais geográficas ou centros de dados geográficos, caracterizada pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos (ou georreferenciados), com acesso através de redes locais e remotas, de maneira a permitir o acesso a informações espaciais por SIGs distintos. Além disso, a terceira geração de SIGs pode ser caracterizada por sistemas orientados à troca de informações entre uma instituição e os demais componentes da sociedade.

TABELA 3.2 – Evolução da Tecnologia de SIG

	1ª geração (1980 – 1990)	2ª geração (1990 – 1997)	3ª geração (1997 – ...)
Tecnologia	CAD, Cartografia	BD, Imagens	Sist. distribuídos
Uso Principal	Desenho de mapas	Análise espacial	Centro de dados
Ambiente	Projetos isolados	Cliente – servidos	Multi-servidos
Sistemas	Pacotes separados	Sistema integrado	Multi-operacional

Fonte: Adaptado de Câmara (1995)

Como já descrito por vários autores um dos principais produtos gerados pelos SIGs são os mapas temáticos. Nesta pesquisa, serão confeccionados vários mapas temáticos com os quais será estabelecido um

modelo operacional a partir dos resultados obtidos pelo cruzamento dos mapeamentos originados por cada sistema orbital.

3.5 – Sistemas Orbitais

As imagens dos sistemas orbitais são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou grid. Cada ponto desta malha tem sua localização definida por um sistema de coordenada do tipo linha-coluna, sendo que o nome dado a esses pontos é pixel, derivado do inglês “picture element”.

Cada pixel possui também um atributo “Z”, que indica o valor proporcional à energia eletromagnética refletida ou emitida pela área da superfície terrestre correspondente (níveis de cinza).

As imagens orbitais possuem quatro características básicas que são:

- Resolução espectral – é definida pelo número de bandas espectrais de um sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas, menor é a largura do intervalo e maior é a resolução espectral de um sensor.
- Resolução espacial – é definida pela capacidade do sistema sensor em discriminar os objetos na superfície terrestre: quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial.
- Resolução radiométrica – é definida pelo número de níveis digitais, representando níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis de cinza, maior é a resolução radiométrica.
- Resolução temporal – é definida pelo intervalo entre a passagem do satélite no mesmo lugar. Quanto menor o intervalo de tempo entre uma passagem e outra, maior será a resolução temporal.

Para a extração de informações sobre os objetos geográficos que estão contidos nas imagens é necessária a utilização de técnicas de

interpretação visual ou classificação digital para individualizá-los. As figuras 3.5 e 3.6 exemplificam um processo de extração de objetos geográficos a partir de classificação digital, onde as “falsa-cores” constantes nos mapas determinam diferentes classes ambientais existentes no terreno.

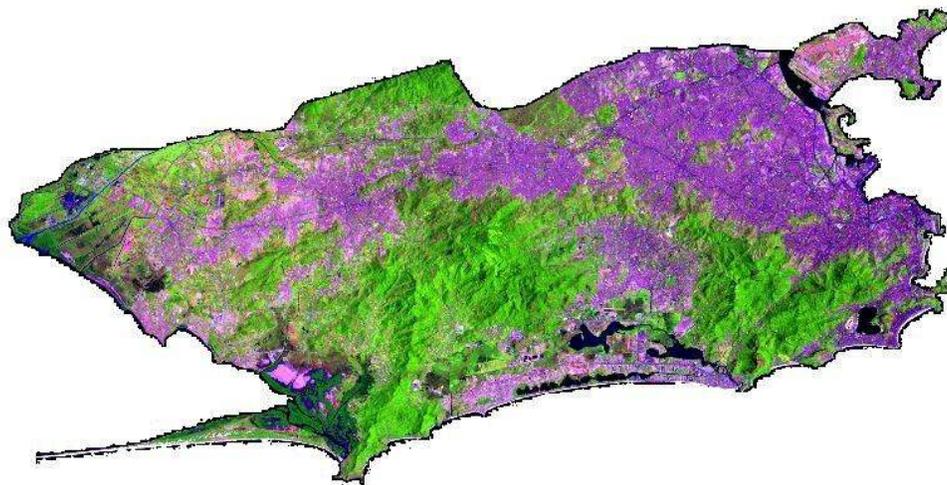


Fig. 3.5 – Imagem TM Landsat 7, Bandas 3, 4 e 5

Fonte: Reis e Santiago (2004)

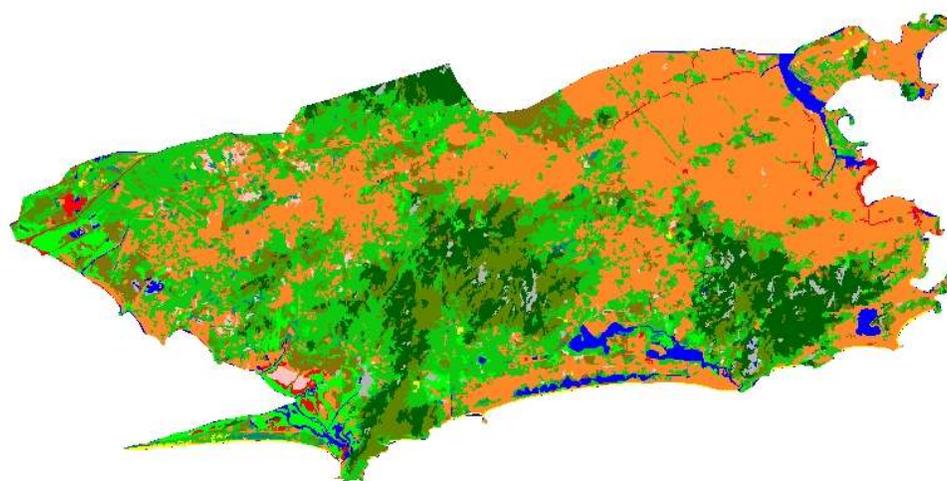


Fig. 3.6 – Classificação Digital

Fonte: Reis e Santiago (2004)

Para o desenvolvimento da metodologia empregada, serão utilizadas imagens compatíveis a três sistemas orbitais. O sistema CBERS 2 (sensor CCD - Couple Charged Device), o sistema ASTER (sensor VNIR) e o sistema IKONOS, visando atender a diferentes escalas de detalhamento. Desta forma, a utilização de imagens orbitais do CBERS 2 atende a uma escala cartográfica inferior a 1:50.000; a imagem ASTER atende a uma escala cartográfica próxima de 1:25.000; enquanto a imagem IKONOS, por oferecer maior resolução, estará vinculada a uma base cartográfica mais detalhada, ou seja, superior a 1:25.000.

3.5.1 – Sistema CBERS 2

De acordo com Moreira (2003), o programa CBERS (programa Sino-Brasileiros de Recursos Terrestres) foi assinado em 6 de julho de 1988, pela a China e pelo Brasil, para desenvolver dois satélites de observação da Terra. O progrma combina os recursos financeiros e de especialistas dos dois países, visando estabelecer um sistema completo de sensoriamento remoto, competitivo e compatível com o presente cenário internacional. O programa CBERS foi concebido como modelo de cooperação horizontal e intercâmbio entre países em desenvolvimento (figura 3.7).



Figura 3.7 – Modelo do Satélite CBERS 2

Fonte: <http://www.engesat.com.br>

A característica singular dos CBERS é sua carga útil de múltiplos sensores, com resoluções espaciais e frequências de observação variadas (tabela 3.3). Os dados de múltiplos sensores são especialmente interessantes para acompanhar ecossistemas que requerem alta repetitividade. Os três sensores imaginadores a bordo são:

1. Imageador de Visada Larga (WFI – Wide Field Imager) tem uma visada de 900 km no solo, que dá uma visão sinótica com resolução espacial de 260 m e cobre o planeta em menos de 5 dias
2. Varredor Multiespectral Infravermelho (IR-MSS – Infrared Multispectral Scanner) fornece informações mais detalhadas em uma visada mais estreita, de 120 km, com resolução de 80 e 160 m.
3. Câmara de 20 m resolução CCD (Couple Charged Device) tem a capacidade adicional de apontamento lateral de $\pm 32^\circ$, que dá frequência de observações aumentada ou visão estereoscópica para uma dada região.

TABELA 3.3 - Principais Características do Sistema CBERS 2

ESPECIFICAÇÕES	CCD	IR-MSS	WFI
Bandas Espectrais (μm)	0,51 - 0,73 (pan) 0,45 - 0,52 0,52 - 0,59 0,63 - 0,69 0,77 - 0,89	0,50 - 1,10 (pan) 1,55 - 1,75 2,08 - 2,35 10,40 - 12,50	0,63 - 0,69 0,76 - 0,90
Resolução Espacial (m)	20	80 (pan e IV)	260
Resolução Radiométrica (bits)	8	8	8
Resolução Temporal (Nadir)	26 dias	26 dias	3 - 5 dias
Res. Temporal (Fora do Nadir):	3 dias (+/- 32°)	-	-
Largura da Faixa Imageada (Km)	113 km	120 km	890 km
Capacidade de Visada Lateral	+/- 32°	-	-

Fonte: Adaptado de Rocha (2002)

3.5.2. – Sistema ASTER

O ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), um dos instrumentos a bordo do satélite EOS AM-1, obtém imagens de alta resolução da Terra e é constituído por três subsistemas de telescópio distintos: VNIR, SWIR e TIR. Ele possui altas resoluções espaciais, espectrais e radiométrica, radiômetro de imagens de 14 bandas (tabela 3.4). A separação espectral é completada através de filtros de passagem de banda discretos e dicróicos. Cada sub-sistema opera numa região espectral diferente e possui seu próprio telescópio (figura 3.8).

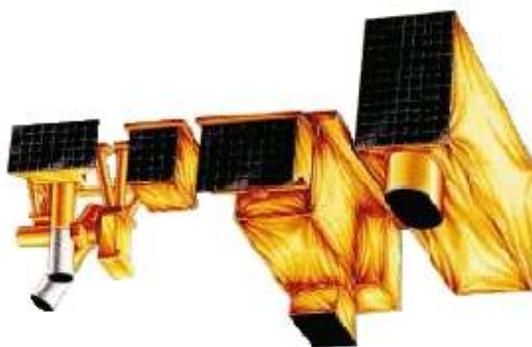


Figura 3.8 – Modelo do Satélite ASTER

Fonte: <http://www.engesat.com.br>

TABELA 3.4 - Principais Características do Sistema ASTER

ESPECIFICAÇÕES	VNIR	SWIR	TIRI
Bandas Espectrais (μm)	0.52 - 0.60 0.63 - 0.69 0.76 - 0.86	1.600 - 1.700 2.145 - 2.185 2.185 - 2.225 2.235 - 2.285 2.295 - 2.365 2.360 - 2.430	8.125 - 8.475 8.125 - 8.475 8.475 - 8.825 8.925 - 9.275 10.25 - 10.95 10.95 - 11.65
Resolução Espacial (m)	15	30	90
Resolução Radiométrica (bits)	8	8	12
Resolução Temporal (Nadir)	à programar	à programar	à programar
Largura da Faixa Imageada (Km)	60	60	60

Fonte: Adaptado de Rocha (2002)

O instrumento **ASTER** opera por um tempo limitado em partes do dia e da noite, ao longo de uma órbita. A configuração completa coleta dados numa média de 8 minutos por órbita. A configuração reduzida (bandas limitadas, ganhas diferentes, etc) pode ser implementada como solicitação de pesquisadores interessados.

3.5.3 – Sistema IKONOS

Com o fim da guerra fria, a tecnologia de satélites militares foi liberada para fins comerciais. Um dos primeiros satélites desta geração é o IKONOS, que foi lançado no dia 24 de setembro de 1999 e está operacional desde o início de janeiro de 2000. Ele gera imagens com até 1 m de resolução espacial. As principais características técnicas do satélite IKONOS estão resumidas na tabela 3.5.



Figura 3.9 – Modelo do Satélite IKONOS

Fonte: <http://www.engesat.com.br>

TABELA 3.5 - Principais Características do Sistema IKONOS

ESPECIFICAÇÕES	PANCROMÁTICA	MULTIESPECTRAIS
Bandas Espectrais (μm)	0.45 - 0.90	0.45 - 0.52 0.52 - 0.60 0.63 - 0.69
Resolução Espacial (m)	1	4
Resolução Radiométrica (bits)	11	11
Resolução. Temporal (Nadir)	1.5 a 3 dias	1.5 a 3 dias
Largura da Faixa Imageada (Km)	11 km	11 km

Fonte: Adaptado de Rocha (2002)

A aquisição das imagens com resolução radiométrica de 11 bits (2048 níveis de cinza) aumentou o poder de contraste e de discriminação das mesmas.

Com a alta resolução espacial do IKONOS muda o modo de usar as imagens de satélites por ele gerados, pois se, anteriormente um pixel continha vários objetos, agora um objeto é composto por vários pixels. Os algoritmos de interpretação e o nível de detalhamento mudam completamente neste sensor.

3.6 - Processamento digital de imagens

De acordo com Crosta (2002), a finalidade do processamento digital de imagens é fornecer um conjunto de softwares que permita a identificação e a extração das informações, contidas nas imagens, para posterior interpretação. Os sistemas computacionais são utilizados para as atividades interativas de análise e manipulação das imagens originais. O resultado desse processo é a produção de outras imagens derivadas, ressaltando informações específicas, obtidas a partir das imagens brutas.

Segundo Novo (2002), o processamento digital de imagens engloba uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais. Os sistemas de análise de imagens digitais englobam os

aspectos relativos aos componentes técnicos como hardware e software disponíveis e ambos estão intimamente relacionados, uma vez que, em função do suporte – material disponível (capacidade de memória do computador, formas de entrada de dados, formas de visualização dos resultados etc.), serão desenvolvidos programas mais ou menos sofisticados para a manipulação dos dados.

Rosa (2001) afirma que as técnicas de processamento de imagens digitais podem ser classificadas em três conjuntos:

1 – Técnicas de processamento (preparação de Imagens): Referem-se ao conjunto de programas que permitem a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente.

2 – Técnicas de realce: Têm como objetivo melhorar a qualidade visual da imagem. As imagens realçadas podem, posteriormente, ser submetidas à interpretação visual ou utilizadas num processo de classificação digital.

3 – Técnicas de classificação: Visa o reconhecimento automático de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza. Os objetos são classificados em diferentes categorias em função de alguns critérios de decisão do usuário.

Os procedimentos do processamento de imagens dos satélites descritos anteriormente serão detalhados na metodologia descrita a seguir.

4 - METODOLOGIA

O desenvolvimento metodológico foi alicerçado no seguinte fluxo de trabalho.

4.1 - Fluxo de trabalho

A figura 4.1 apresenta, de forma sintética, os procedimentos adotados, cujas etapas serão descritas a seguir.

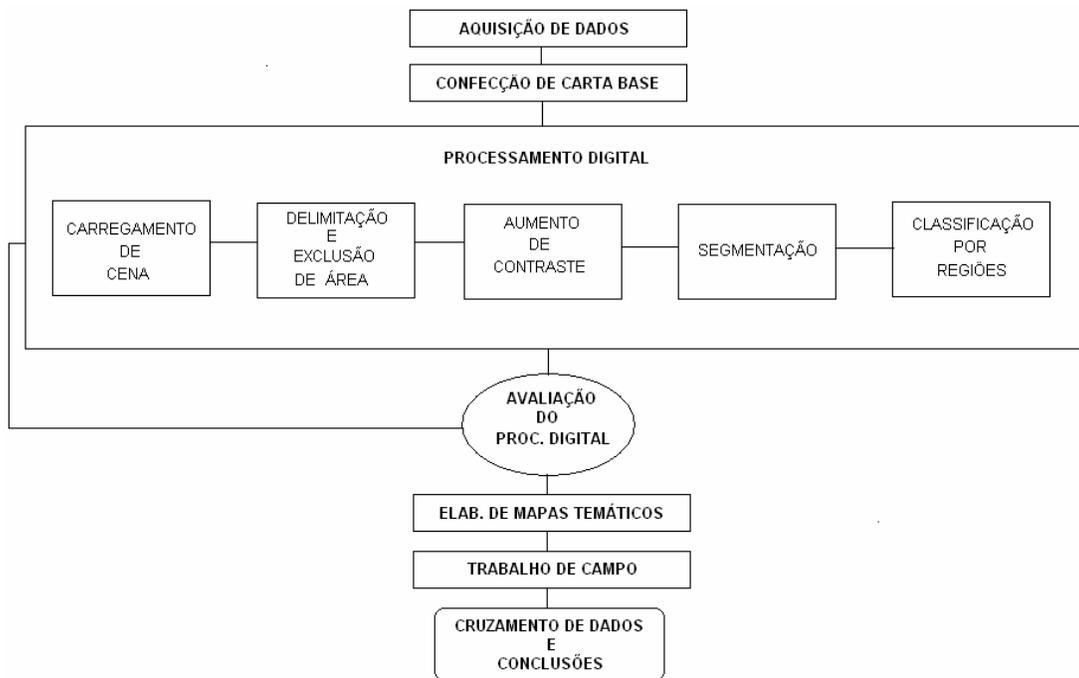


Figura. 4.1 - Diagrama de fluxo de trabalho

Considerando metodologia como sendo a maneira pela qual se desenvolve a pesquisa, constam a seguir as seguintes etapas.

4.2 – Aquisição dos dados

Esta etapa consistiu na aquisição de dados das bases: planialtimétrico, imagens de satélites e materiais bibliográficos.

4.2.1 – Levantamento bibliográfico:

O levantamento bibliográfico foi realizado num primeiro momento, através de consulta à bibliografia existente sobre o tema constante do presente projeto de tese, com leituras de obras gerais e de referência.

4.2.2 – - Material Cartográfico e Imagens Orbitais

Constam desta etapa a seleção e aquisição do material cartográfico básico e das imagens orbitais para o desenvolvimento do projeto

A tabela 4.1 a seguir apresenta o material utilizado para a execução desse trabalho.

As cartas topográficas de 1:50.000 foram utilizadas para a obtenção de dados planialtimétricos; já as imagens orbitais colaboraram para a elaboração do mapeamento digital dos Manguezais da APA-Guapimirim em várias escalas.

TABELA 4.1 - Relações das cartas topográficas e imagens orbitais utilizadas

1 - MATERIAL CARTOGRÁFICO	FOLHA	EXECUTOR	ESCALA	DATA
	Itaboraí	IBGE **	1:50.000	1979
	Petrópolis	IBGE	1:50.000	1979
	Baia. Guanabara	DSG ***	1:50.000	1987
	Maricá	DSG	1:50.000	1970
2 - IMAGEM FORMATO	SENSOR/ SATÉLITE		BANDAS	PASSAGEM
Digital	CBERS 2		2,3 e 4	Fevereiro 2006
Digital	ASTER		1,2 e 3	Fevereiro 2001
Digital	IKONOS		PAN	Janeiro 2000

** IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)

*** DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército)

4.3 – Confeção de carta base

Nesta fase, foram obtidas das cartas 1:50.000 os dados planimétricos (drenagem, limite da APA etc.) da área do manguezal. A finalidade desta carta-base foi compatibilizar os dados para a entrada no Sistema Spring. Esta carta-base serviu para determinar os pontos notáveis para georreferenciamento das imagens. Esta carta será incorporada no Banco de Dados Geoambientais (BDG) do projeto como sendo um Plano de Informações (PI).

A partir da elaboração da carta-base, contendo dados planialtimétricos (figura 4.1) da área de estudo, foram efetuados os seguintes procedimentos operacionais vinculados à elaboração de mapeamentos temáticos aferidos com as três escalas de detalhamento. A

macro escala, utilizando imagens CBERS-2; a meso escala, utilizando a imagens ASTER e a micro escala utilizando imagens IKONOS. A cada uma das escalas acima mencionada, estarão associadas legendas específicas, cadastrando uma coerência entre as escalas de resolução das imagens, cartográficas e, principalmente, as taxonômicas.

4.4 - Processamento digital de imagens

A finalidade do processamento digital de imagens é fornecer um conjunto de softwares que permita a identificação e a extração da informação, contidas nas imagens, para posterior interpretação. Os sistemas computacionais são utilizados para as atividades interativas de análise e manipulação das imagens originais. O resultado desse processo é a produção de outras imagens derivadas, ressaltando informações específicas, obtidas a partir das imagens brutas. No presente projeto, foi utilizado sistema Spring-INPE na versão 4.2.

A seguir, são descritas as principais funções utilizadas no SPRING 4.2 do INPE para a obtenção dos mapas temáticos da área de estudo.

4.4.1 – Carregamento de Cena

O carregamento da cena consiste em mostrar na tela do monitor a banda ou a sobreposição entre as bandas de uma imagem através do sistema de cor RGB.

As imagens utilizadas neste trabalho foram carregadas na seguinte forma no sistema RGB (tabela 4.2) e exemplificada na figura 4.3.

:

TABELA 4.2 – Esquema de carregamento de cena

SATÉLITE	SISTEMA DE CANAIS			
	RED (R)	GREEN (G)	BLUE (B)	MONOCROMATICO
CBERS 2	BANDA 3	BANDA 4	BANDA 2	
ASTER	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 1	
IKONOS				PANCROMATICA

4.4.2 - Delimitação e exclusão de áreas

A função utilizada no SPRING 4.2 para esta operação é a Criação de Máscara. Este procedimento permitiu isolar a área de interesse, evitando confusão entre assinaturas espectrais correlacionadas com a área adjacente representativa de outro tema. Isto é muito importante em regiões de mangues, zona de transição típica, onde é comum a alta correlação entre feições alteradas de manguezal com outras da terra firme adjacente (figura 4.4 e 4.5).

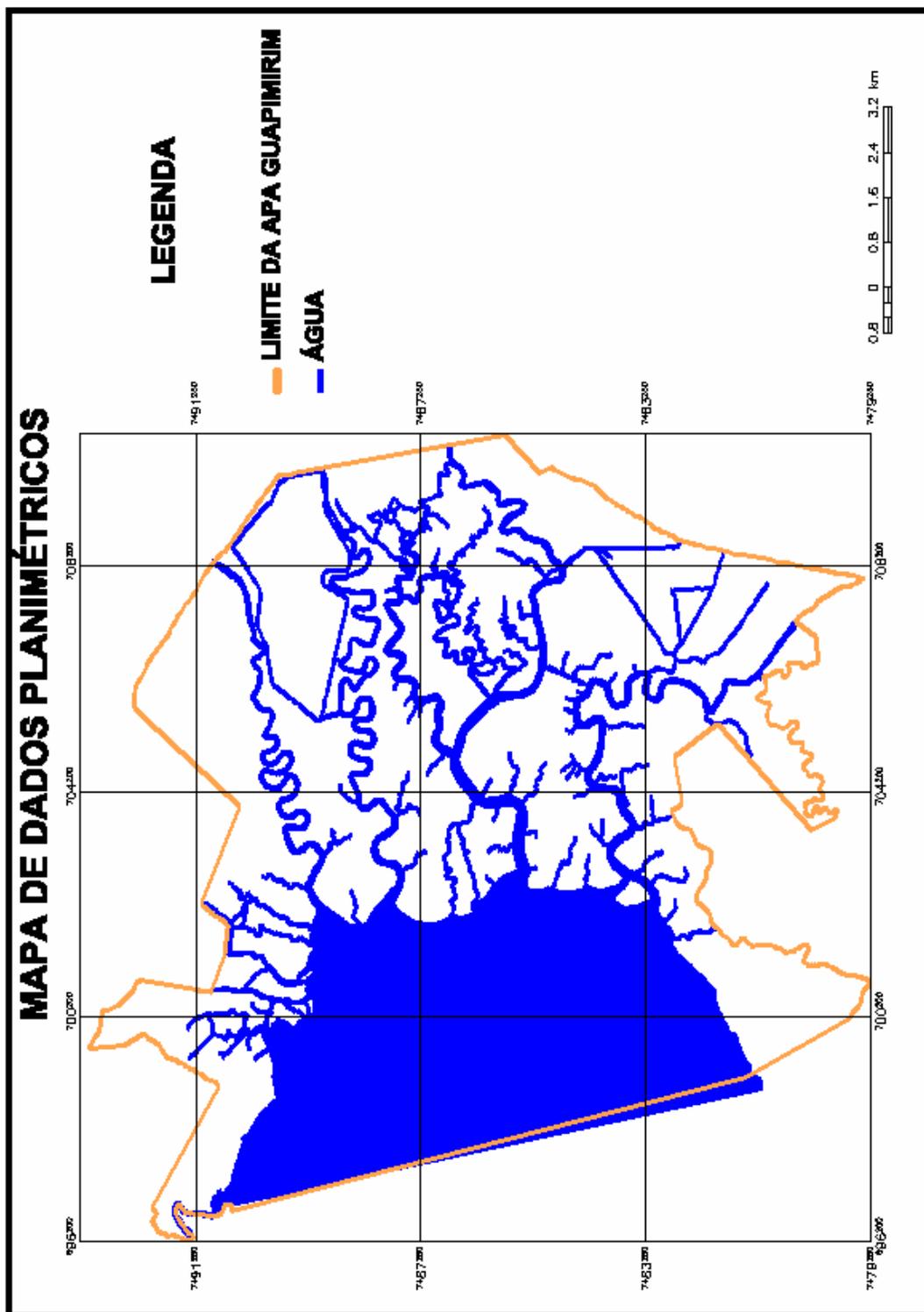


Figura 4.2 – Mapa dos Dados Planimétricos

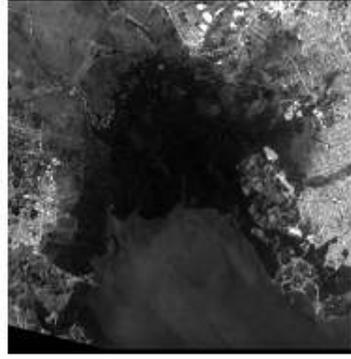
SATÉLITE CBERS 2



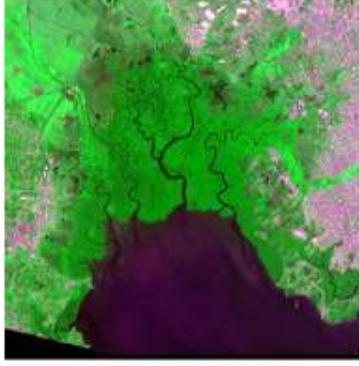
BANDA 3



BANDA 4



BANDA 2

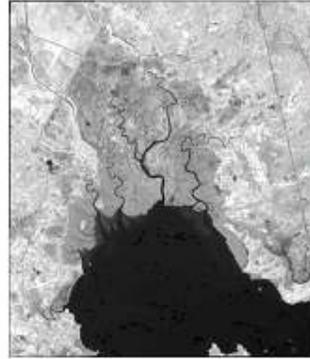


COMPOSIÇÃO RGB

SATÉLITE ASTER



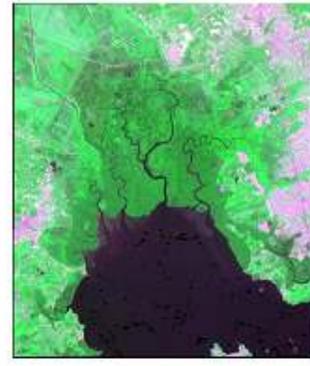
BANDA 2



BANDA 3



BANDA 1



COMPOSIÇÃO RGB

Figura 4.3 – Exemplo de Carregamento de Cena Para as Imagens dos Satélites CBERS 2 e ASTER



Figura 4.4 – Imagem do Sensor VINIR - ASTER do Entorno da APA Guapimirim.

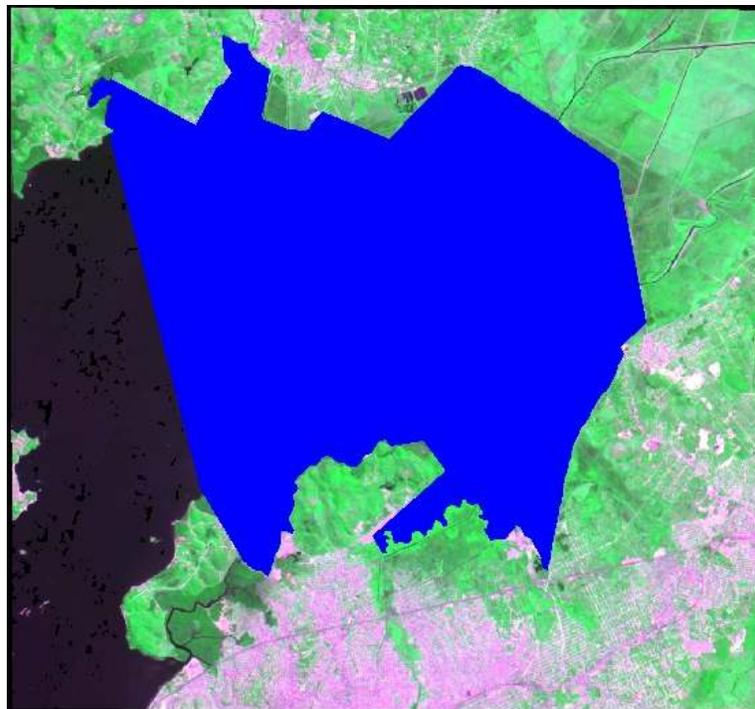


Figura 4.5 – Máscara Criada do Limite da APA Para Iniciar a Classificação Digital

4.4.3 – Aumento de contraste

Grande parte dos sensores utilizados nesta pesquisa possui uma resolução radiométrica de 8 bits (com exceção do IKONOS que possui 11 bits – 2048 níveis de cinza). Isto significa que as imagens oriundas destes sensores possuem, teoricamente, 256 níveis de cinza. Na prática, dificilmente os dados contidos numa imagem de satélite espalham-se por todo o intervalo de níveis de cinza, sendo mais comum a concentração em pequenas faixas. Essa limitação consiste na presença de bruma atmosférica, má iluminação solar da cena, performance deficiente do sensor e nas próprias características da cena.

O processo que consiste em aumentar os valores de níveis de cinza, obtidos da imagem para o intervalo de 256 níveis, é conhecido por aumento de contraste.

Existem várias formas de aumento de contraste: a forma mais simples e mais utilizada, e que foi aplicada neste trabalho, é conhecida por aumento linear de contraste. Nesta função, é possível a manipulação de 2 parâmetros do histograma da imagem original: escolher o intervalo de níveis de cinza a ser realçado e o range a ser estabelecido; o realce linear foi realizado individualmente para cada banda dos sensores CCD (CBERS 2) e VINIR (ASTER)

Para exemplificar o processo de realce de imagens, utilizamos a banda 4 do satélite CBERS 2, conforme demonstrado nas figuras 4.6, 4.7 e 4.8.

Gonzáles e Wintz (2000) destacam que este processo não acrescenta nenhuma informação extra, mas realça as existentes anteriormente, através do aumento da dinâmica entre os intervalos de níveis de cinza originais.

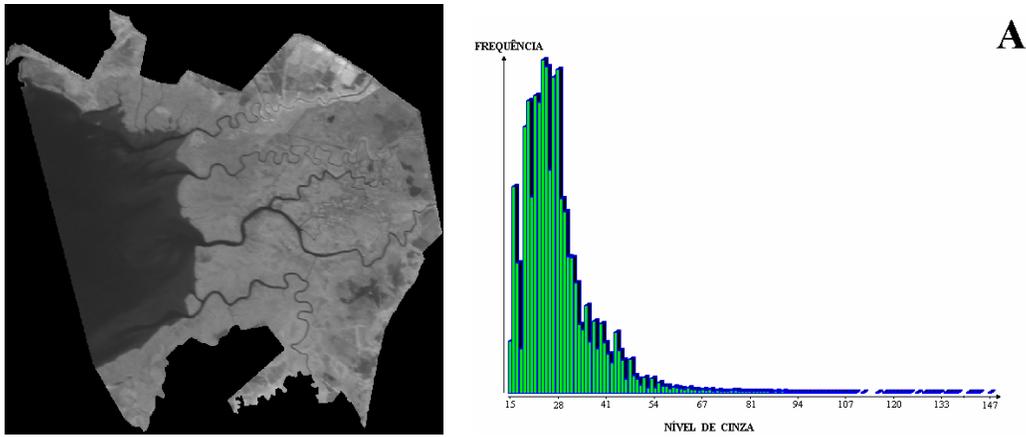


Figura 4.6 – Banda 4 do sensor CBERS 2 antes do realce, com um exemplo de histograma de frequência de nível de cinza para a área de estudo.

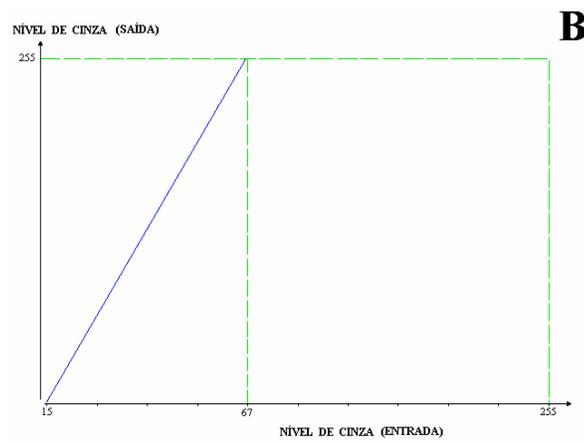


Figura 4.7 – Exemplo de manipulação da frequência e níveis de cinza da imagem

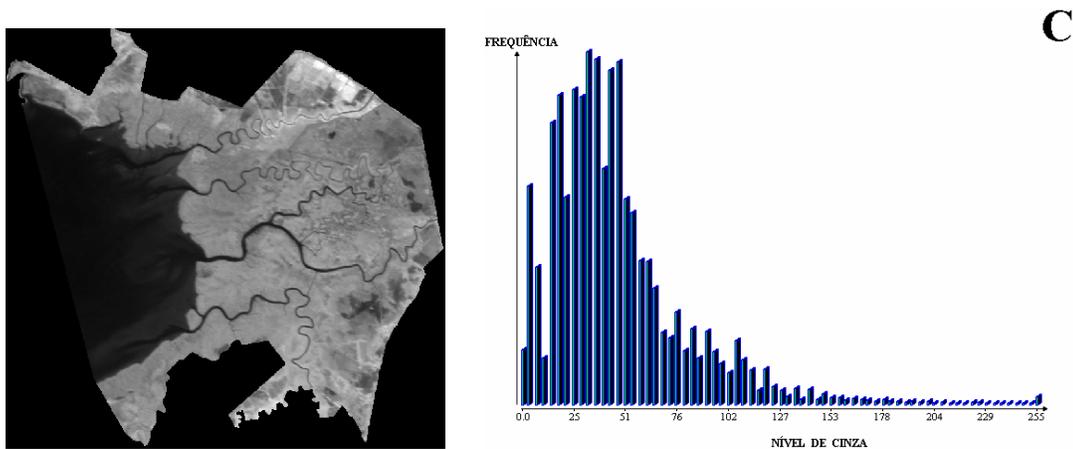


Figura 4.8 – Realce de da banda 4 e um exemplo do histograma após o realce para a área de estudo

4.4.4 - Processo de Segmentação

O processo de segmentação consiste em particionar a imagem em regiões de acordo com um critério estabelecido pelo usuário. Entende-se por regiões um conjunto de pixels contíguos, que se espalham bidimensionalmente e que apresentam uniformidade em relação a um dado atributo. Os atributos das regiões apresentam as seguintes características: área, forma, parâmetros estatísticos e textura (que podem ser extraídos e usados posteriormente no processo de análise). O particionamento da imagem pode ser realizado, basicamente, de três formas: por crescimento de regiões, por detecção de bordas e detecção de bacia. Para a presente pesquisa, o segmentador utilizado foi o de crescimento de região, pois apresenta maior interação com o usuário, além de estar disponível no programa SPRING, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A técnica por crescimento de regiões é um processo interativo em que as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas segundo algum critério de similaridade. No início do processo de segmentação a região pode ser um pixel ou um conjunto de pixels. Para cada região, são calculados atributos espectrais como, por exemplo, média, variância e textura. A agregação das regiões é feita usando algum critério de similaridade e um limiar, que pode ser definido pelo usuário. Geralmente, o critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. De um modo simplificado, o processo pode ser descrito pelos seguintes passos:

1. Particione toda imagem em células padrões (1 ou mais pixels).
2. Cada célula padrão é comparada com as suas células vizinhas para determinar se elas são similares, usando uma medida de similaridade. Se elas são similares, agrupe as células para formar um segmento e atualize as propriedades usadas na comparação.
3. Continue o crescimento do segmento examinando todas os seus vizinhos até que não exista região que possam ser agrupadas ao segmento. Rotule o segmento como uma região completa.

4. Processe a próxima célula não completa, e repita estes passos até que todas as células sejam rotuladas.

No segmentador, implementado no sistema SPRING, duas regiões adjacentes A e B são agrupadas se e somente se:

- a média das regiões A e B são similares;
- a medida de similaridade satisfaz o limiar estabelecido;
- A e B são mutuamente próximas (dentro os vizinhos de A, B é a mais próxima de A, e dentro os vizinhos de B, A é a mais próxima de B).

Apesar das imagens dos satélites CBERS 2 e Aster possuírem resolução espacial diferente, as mesmas possuem semelhança quanto à resolução radiométrica de 8 bits. Devido a esta característica, foram utilizados o grau de similaridade e área de pixel iguais: 10 para similaridade e 15 para área de pixel.

Para a imagem Ikonos foram utilizados graus de similaridade e área de píxel bastante diferentes das imagens anteriores, pois a resolução espacial e radiométrica são muito elevadas: 1 metro de resolução espacial e 11 bits de resolução radiométrica. No primeiro momento foi utilizado o mesmo valor de segmentação dos produtos CBERS 2 e ASTER para toda imagem Ikonos que envolvia a APA-Guapimirim, porém o computador ficou ligado por 24 horas sem ter sucesso. Em seguida, foi utilizada apenas uma seção representativa da imagem IKONOS para fazer a segmentação, o qual foi concluído, porém com uma quantidade de contornos excessivos. Os parâmetros que mais se adequaram à seção da imagem IKONOS foram: 25 para similaridade e 60 para área de pixel.

As figuras 4.9, 4.10 e 4.11 mostram, respectivamente, os contornos das regiões, obtidos através do algoritmo de crescimento de regiões implementado no SPRING 4.2, sobrepostos às imagens dos Satélites CBERS 2, ASTER e IKONOS.

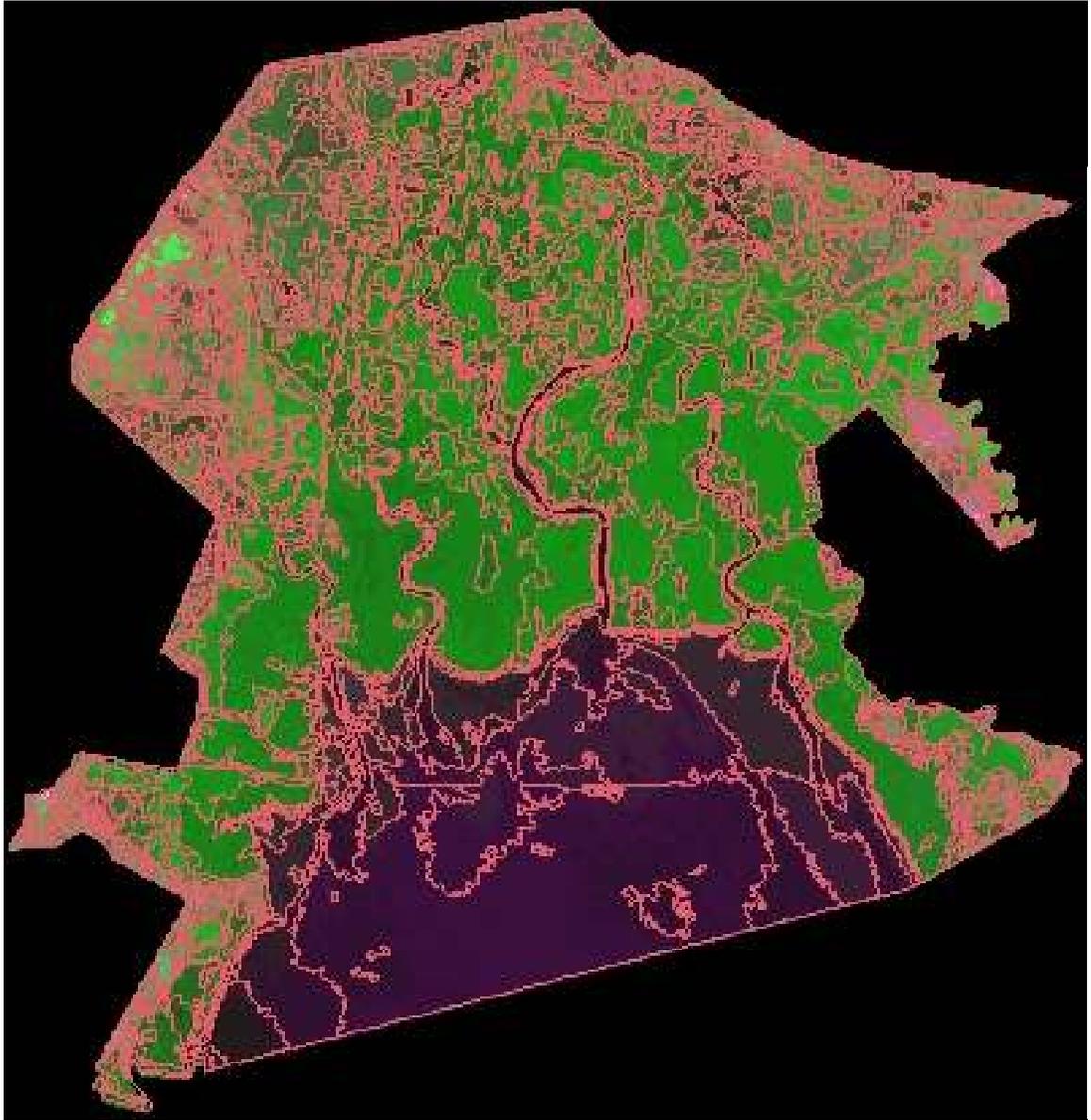


Figura 4.9 - Imagem segmentada sobreposta à imagem CBERS

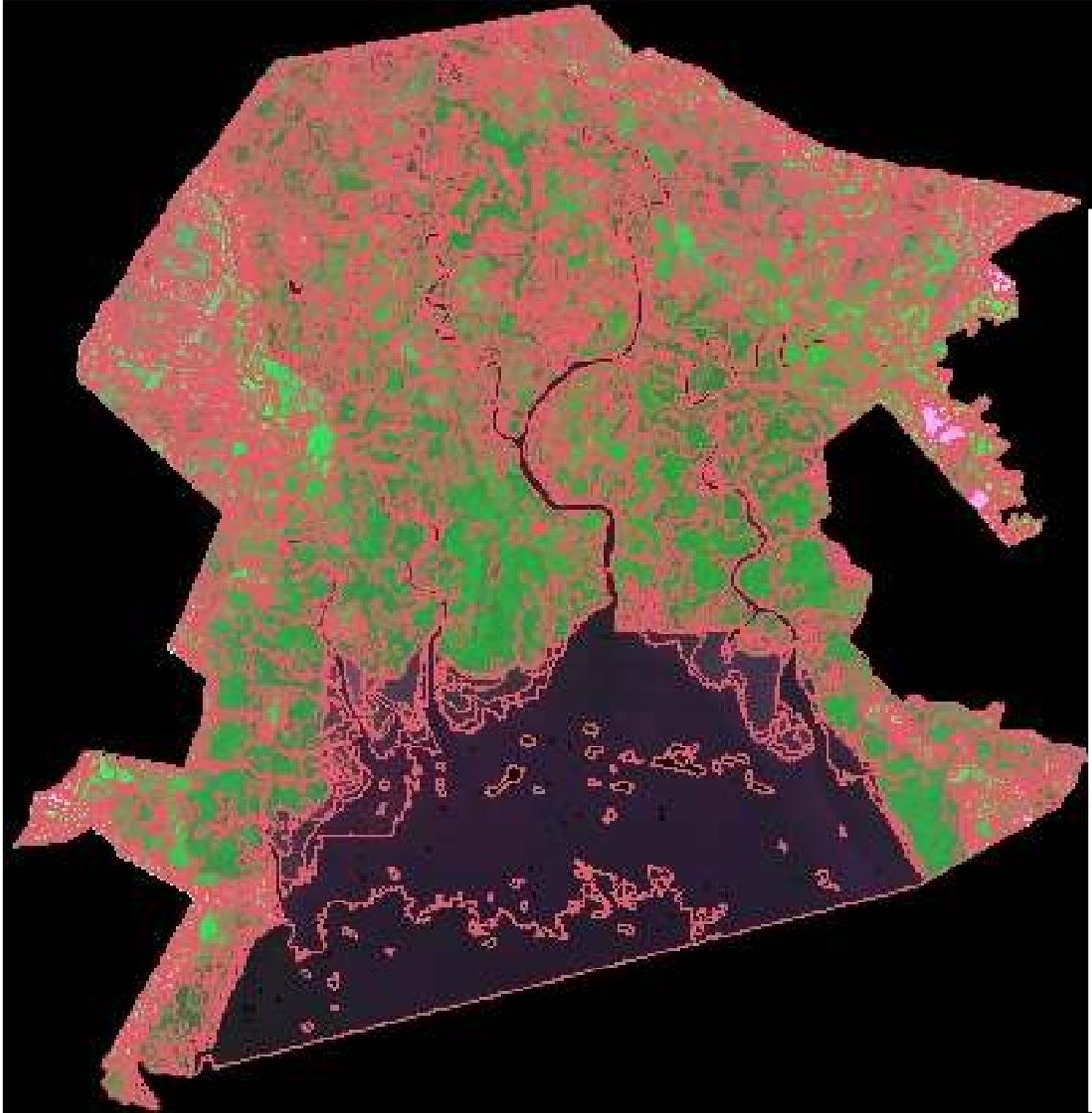


Figura 4.10 - Imagem segmentada sobreposta à imagem ASTER



Figura 4.11 – Imagem segmentada sobreposta à imagem IKONOS

4.4.5 - Classificação por regiões Battacharya

De acordo com o manual do Spring 4.2, o classificador por regiões Battacharya é usado para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Este algoritmo não supõe nenhum conhecimento prévio da distribuição de densidade de probabilidade dos temas, como ocorre no algoritmo de máxima verossimilhança. É uma técnica para classificação que procura agrupar regiões, a partir de uma medida de similaridade entre elas. A medida de similaridade utilizada consiste na distância de Mahalanobis entre a classe e as regiões candidatas à relação de pertinência com ela.

O Battacharya utiliza os atributos estatísticos das regiões: a matriz de covariância e o vetor de média, para estimar o valor central de cada classe. Este algoritmo resume-se em três etapas, descritas a seguir:

(1^a) **Definição do limiar:** o usuário define um limiar de aceitação, dado em percentagem. Este limiar, por sua vez, define uma distância de Mahalanobis, de forma que todas as regiões pertencentes a uma dada classe estão distantes dela por uma distância inferior a esta. Quanto maior o limiar, maior esta distância e, conseqüentemente, menor será o número de classes detectadas pelo algoritmo.

(2^a) **Detecção das classes:** as regiões são ordenadas em ordem decrescente de área e inicia-se o procedimento para agrupá-las em classes. Serão tomados como parâmetros estatísticos de uma classe (média e matriz de covariância) os parâmetros estatísticos da região da maior área que ainda não tenha sido associada a classe alguma. Em seguida, associa-se a esta classe todas as regiões cuja distância de Mahalanobis for inferior à distância definida pelo limiar de aceitação.

Assim, a primeira classe terá como parâmetros estatísticos aquelas regiões com maior área. As classes seguintes terão parâmetros estatísticos de média das regiões de maior área, que não tenham sido associadas a nenhuma das classes previamente detectadas. Esta fase repete-se até que todas as regiões tenham sido associadas a alguma classe.

(3^a) **Competição entre classes:** as regiões são reclassificadas, considerando-se os novos parâmetros estatísticos das classes, definidos na etapa anterior.

A fase 2 consiste basicamente na detecção de classes, sendo um processo seqüencial que pode favorecer as que são detectadas em primeiro lugar. Com vista a eliminar este favorecimento, procede-se a competição entre classes. Esta competição consiste em reclassificar todas as regiões. O parâmetro estatístico (média de cada classe) é, então, recalculado. O processo repete-se até que a média das classes não se altere (convergência).

Ao término, todas as regiões estarão associadas a uma classe definida pelo algoritmo. O usuário deverá então associar estas classes (denominadas temas, no Spring) às outras por ele definidas no banco de dados, na opção Arquivo-Esquema Conceitual.

O processo de classificação aqui utilizado para caracterizar a cobertura vegetal do manguezal é o proposto por Pires (1992) e foi criado tendo como base a mesma área de estudo do presente trabalho. Este processo foi apoiado em fotografias aéreas, trabalhos de campo, imagens TM-LANDSAT bandas 3, 4 e razão 4/3, e em classificação digital, cuja tabela 4.3 é apresentada a seguir.

TABELA 4.3 - Sistema de classificação

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
MANGUE	1.1-Preservado	I.1.1 - Seções as margens da baía e rios principais. Domínio das três espécies sem zanação, ocorrendo também bosques isolados de Avicênia, dossel irregular.
	1.2-Regenerado	I.1.2 - Domínio das três espécies. Alta densidade, dossel mais ou menos regular, pouco solo exposto.
	1.3.-Alterado	I.1.3 - Seções do manguezal ocupadas por invasoras: H. pernambucensis, A. aureum e gramíneas substrato alterado, solo exposto evidente.
		II.1.3 - Feições arbustivas esparsas, gramíneas, água e solo exposto evidente.
		III.1.3 - Seções totalmente ocupadas por gramíneas, somente alcançadas por grandes marés.
	1.4-Solo exposto	I.1.4 - Seções sem vestígios de cobertura vegetal . Correspondem aos Apicuns e áreas recentemente desmatadas.

Fonte: Adaptado de Pires (1992)

Segundo Pires (1992), o nível I do sistema corresponde ao ecossistema manguezal e o nível II procura classificar o manguezal segundo a maior ou menor densidade da vegetação ou caracterizá-lo quanto ao grau do seu estado de preservação. A terminologia empregada neste nível - preservado/alterado - tem a finalidade de diagnosticar um quadro evidente de ação antrópica mais ou menos irreversível. O nível III procura caracterizar mais detalhadamente cada uma das classes através da identificação das comunidades vegetais, quando possível.

- A classe I.1.1 identifica as árvores de mangue de maior porte, constituídas de Rizóforas, Lagunculária e Avicênias, além de bosques isolados desta última disseminados por todo o manguezal e que se destacam das feições em seu entorno como se fossem testemunhos (figura 4.12).



Figura 4.12 - Este exemplar de Avicénia, que caracteriza a feição de mangue preservado, está localizado às margem da Baía, próximo ao município de Magé.

- A classe I.1.2. é constituída pelas três espécies arbóreas sem qualquer zonação entre estas e caracterizada pela alta densidade, dossel mais ou menos regular e pouco solo exposto (figura 4.13).



Figura 4.13 - Esta feição de mangue regenerado é representada por um exemplar de Rizóforas, seguido por um bosque de Avicênias, encontrados na margem esquerda do rio Guapi.

- A classe I.1.3 representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora como os *Hibiscus pernambucensi* (algodoeiro da praia), *Acrostichum aureum* (samambaia do brejo) e variações de gramíneas. Essas alterações no substrato foram provocadas, principalmente, por trabalhos de engenharia na drenagem e retificação de canais (figura 4.14).



Figura 4.14 - Esta feição de mangue alterado apresenta um bosque de Avicênia, localizado na margem direita do rio Guapi.

- II.1.3 corresponde a seções de mangues desmatados, ocupados por vegetação de mangue em regeneração, por recuperação (Lagunculária e Avicênia), que rebrotam a partir de troncos cortados, solo exposto e água (figura 4.15).



Figura 4.15 - As feições de mangue alterado (água e solo exposto), representam as áreas de manguezal, desmatadas recentemente. Este exemplar foi encontrado nas margens do rio Guaraí.

- A última classe de mangue alterado III.1.3 corresponde às grandes seções de mangue desmatado e ocupado por gramíneas, sem vestígio de solo exposto e água, e tem a fisionomia de pastagem (figura 4.16).



Figura 4.16 - Nas margens do rio Guapi observamos a feição de mangue alterado com Gramíneas, seguida por um bosque de Avicênias.

- A classe I.1.4 corresponde a áreas de solo exposto que representam em sua maioria, os apicuns (grandes seções alongadas de solo exposto sem vestígios de vegetação e atingidos somente por grandes marés). Feições típicas de manguezal ocupam seções mais externas junto à terra firme e são de origem ainda discutida.



Figura 4.17 – A feição de solo exposto está sendo representado pelo apicun localizado na Praia da Luz, Município de São Gonçalo

4.5 - Avaliação do processamento digital

Para avaliação do processamento digital foi realizado, inicialmente, a análise das amostras, para determinar o desempenho médio, abstenção média e confusão média das classes obtidas para os três produtos temáticos. Segundo Gonzalez e Woods (2000), para o classificador Battacharya não é obrigatório o uso de análise de amostra, mas ela é recomendada antes da classificação digital.

O desempenho médio para os três produtos temáticos foi de 100 %. De acordo com Gonzáles e Woods (2000) o desempenho médio da classificação determina o conjunto de pontos pertencentes às classes pré-determinadas. O percentual de acerto será melhor quanto mais se aproximar do valor 100 %, e, com isso, menor o nível de confusão entre classes para um determinado limiar estatístico. A figura 4.18 demonstra esquematicamente a utilização de um limiar na classificação de três classes diferentes utilizando grau de aceitação de 95 %, o mesmo utilizado nesta pesquisa.

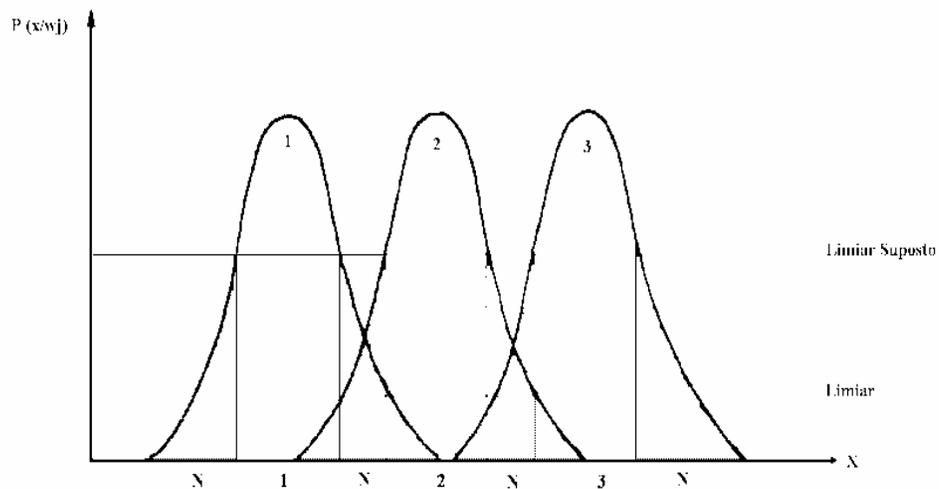


Figura 4.18 – Limiar de aceitação

Fonte: Adaptado de Gonzáles e Woods (2000)

Como pode ser observado na figura 4.18, o ponto abaixo do limiar não são classificados. A figura 4.19 identifica áreas pertencentes a duas feições classificadas com erro em uma determinada faixa.

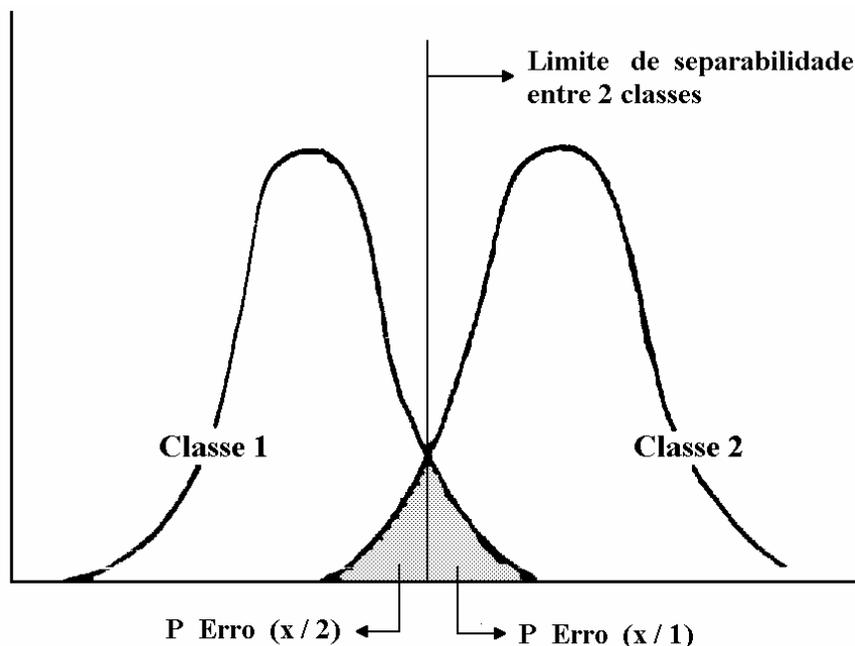


Figura 4.19 – Probabilidade de erros

Fonte: Adaptado de Gonzáles e Woods (2000)

4.6 - Elaboração dos Mapas Temáticos

A partir do processamento das imagens utilizadas foram estabelecidos mapeamentos temáticos, considerando as diferentes escalas de detalhamento, as quais estarão associadas, também, aos diferentes sistemas orbitais. Estes mapas estarão vinculados à diagnose do uso da terra da APA de Guapimirim.

4.6.1 - Mapeamentos ao nível macro

Esta fase foi caracterizada pela utilização das respostas digitais obtidas através do tratamento da imagem do sistema CBERS 2.

Os mapeamentos temáticos foram obtidos segundo os critérios apresentados no item 4.4 deste projeto (Processamento Digital).

A legenda básica foi confeccionada tendo como base o sistema de classificação proposto por Pires (1992) para atender a uma macro escala de detalhamento (1:50.000), representativa do uso da terra da área correspondente a APA de Guapimirim, que é a seguir apresentada (tabela 4.4), juntamente com o mapa temático (figura 4.20).

TABELA 4.4 - Sistema de classificação vinculado a macro escala –
1:50.000

NÍVEL I	NÍVEL II
1 - MANGUE	1.1-Preservado
	1.2-Regenerado
2 – MANGUE ALTERADO	2.1.-Alterado com invasoras
	2.2 Alterado com gramíneas
	2.3 – Alterado com solo exposto
3 – SOLO EXPOSTO	
4 - PASTO	
5 - CULTURA	
6 – ÁREA URBANA	

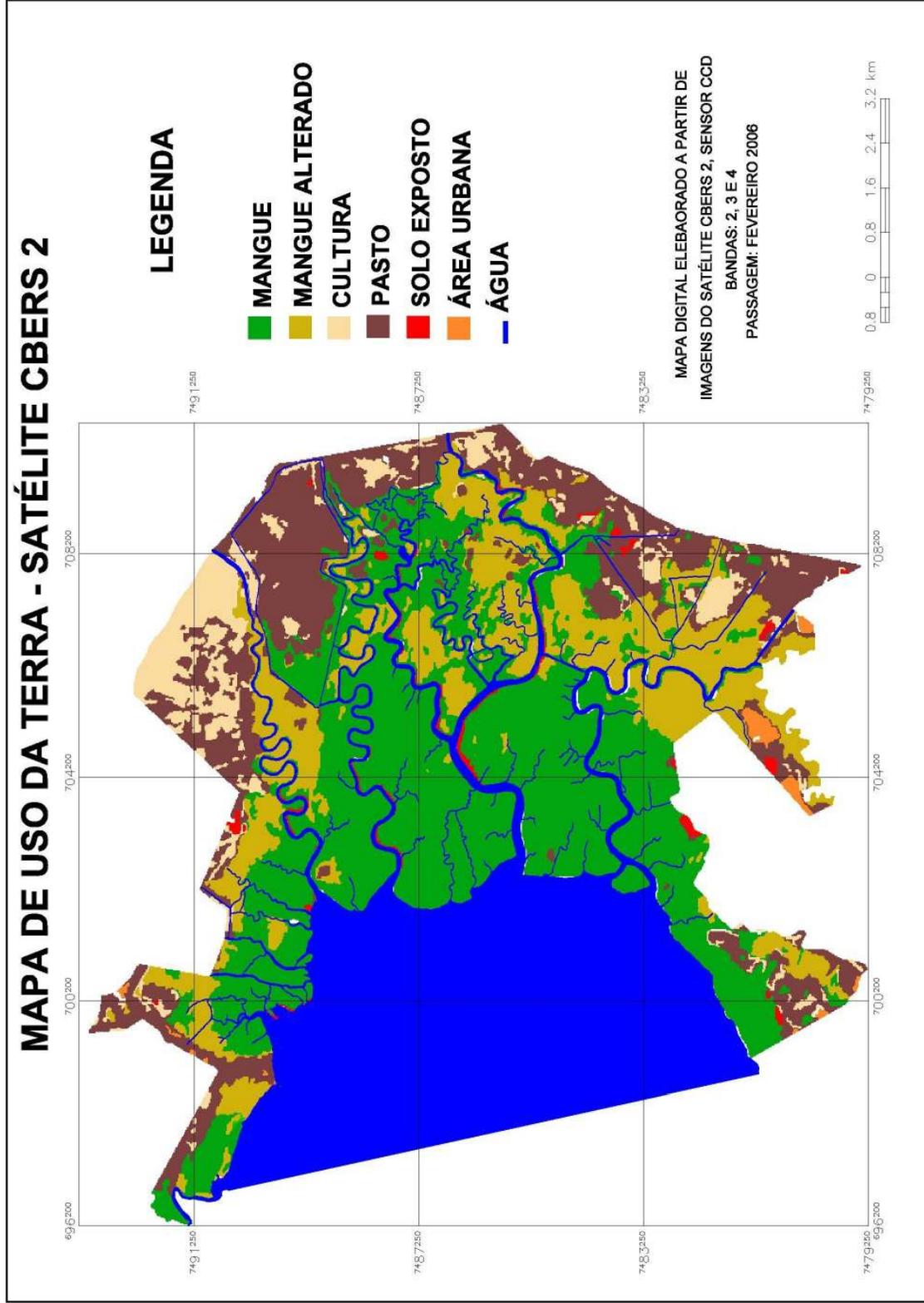


Figura 4.20 – Mapeamento do Uso da Terra, obtido por classificação digital, utilizando as imagens do

4.6.2 - Mapeamentos ao nível meso

O mesmo critério foi estabelecido, levando-se em conta as imagens orbitais correspondentes ao sistema Aster.

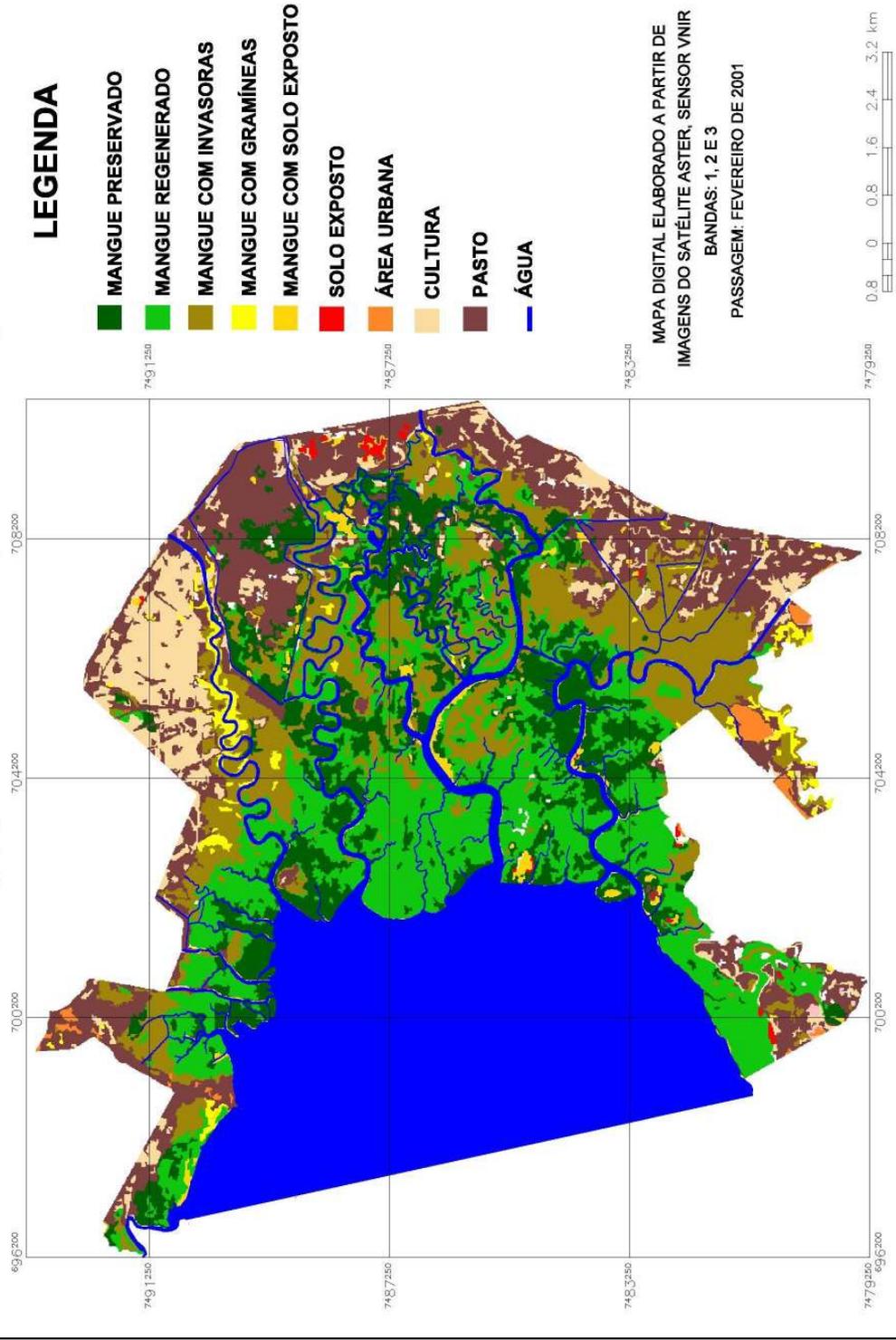
A legenda básica, atendendo a uma meso escala de detalhamento (1:25.000), representativa do uso da terra para a área correspondente a APA de Guapimirim, é a seguir apresentada (tabela 4.5), juntamente com o mapa temático (figura 4.21).

TABELA 4.5 - Sistema de classificação vinculado a meso escala – 1:25.000

NÍVEL II	NÍVEL III
1.1 – MANGUE PRESERVADO	1.1.1 - Identifica as árvores de mangue de maior porte, constituídas de Rizóforas, Lagunculária e Avicênias, além de bosques isolados de Avicênia, disseminados por todo o manguezal e que se destacam das feições em seu entorno como se fossem testemunhos, com árvores que chegam a alcançar altura entre 8 e 15 metros.
1.2 - MANGUE REGENERADO	1.2.1 - É constituída pelas três espécies arbóreas, sem qualquer zonação entre, estas, e caracterizada pela alta densidade, dossel mais ou menos regular, e pouco solo exposto Essa classe ocupa áreas anteriormente desmatadas, apresentando altura média entre 5,5 e 7,0m,

2.1.- MANGUE ALTERADO COM INVASORAS	2.1.1 - Representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora, como os Hibiscus pernambucensi (algodoeiro da praia), Acrostichum aureum (samambaia do brejo) e variações de gramíneas.
2.2 - MANGUE ALTERADO COM GRAMÍNEAS	2.2.1 - Corresponde às grandes seções de mangue desmatado e ocupado por gramíneas, sem vestígio de solo exposto e água, e tem a fisionomia de pastagem.
2.3 - MANGUE ALTERADO COM SOLO EXPOSTO	2.3.1 - Corresponde às seções de mangue desmatado ocupados por vegetação de mangue em regeneração, por recuperação (Lagunculária e Avicênia), que rebrota a partir de troncos cortados, solo exposto e água.
3 - SOLO EXPOSTO	3.1 - Seções sem vestígio de cobertura vegetal. Correspondem aos Apicuns e áreas recentemente desmatadas.
4 - PASTO	4.1 - Áreas de transição, ocupadas anteriormente pela cultura temporária e seções de pastagens.
5 - CULTURA	5.1 - Seções ocupadas por culturas temporárias.
6 - ÁREA URBANA	6.1 - Áreas recentemente ocupadas, normalmente correspondendo à expansão da área urbana.

MAPA DE USO DA TERRA - SATÉLITE ASTER



4.21 – Mapeamento do Uso da Terra, obtido por classificação digital, utilizando as imagens do Satélite ASTER

4.6.3 - Mapeamentos ao nível micro

O critério estabelecido para confecção do mapa temático a partir da imagem do satélite IKONOS difere das técnicas desenvolvidas entre os Satélites CBERS 2 e ASTER.

Como já foi descrito no item 4.4.4, devido às características espaciais e radiométricas do satélite IKONOS serem bastante diferentes do CBERS 2 e do ASTER, foi necessário determinar um padrão de segmentação (25 para similaridade e 60 para área de pixel) e definir um trecho representativo da imagem para a confecção do mapa temático.

A legenda definida e apresentada na tabela 4.6 atende a uma micro escala de detalhamento (1:10.000), representativa do uso da terra para a área correspondente a APA de Guapimirim, e a seguir é apresentado o mapa temático do trecho APA, conforme relatado (figura 4.22).

Tabela 4.6 - Sistema de classificação vinculado a micro escala – 1:10.000

NÍVEL III	NÍVEL IV
1.1.1 MANGUE PRESERVADO - Identifica as árvores de mangue de maior porte, constituídas de Rizóforas, Lagunculária e Avicênias, além de bosques isolados de Avicênia, disseminados por todo o manguezal e que se destacam das feições em seu entorno como se fossem testemunhos, com árvores que chegam a alcançar altura entre 8 e 15 metros.	1.1.1.1 Mangue Preservado com copa baixa (Mangue Preservado 1) - Árvores de mangue de maior porte, constituídas pelas 3 espécies arbóreas, disseminadas por todo o manguezal e que se destacam das feições em seu entorno como se fossem testemunhos, apresentando árvores que chegam a alcançar altura entre 8 e 11 metros.
	1.1.1.2 Mangue Preservado com copa alta (Mangue Preservado 2) - Árvores de mangue de maior porte, constituídas pelas 3 espécies arbóreas, disseminadas por todo o manguezal e que se destacam das feições em seu entorno como se fossem testemunhos, apresentando árvores que chegam a alcançar altura entre 12 e 15 metros.

<p>1.2.1 MANGUE REGENERADO - Constituído pelas três espécies arbóreas sem qualquer zonação entre estas, é caracterizado pela alta densidade, dossel mais ou menos regular, e pouco solo exposto. Essa classe ocupa áreas anteriormente desmatadas, apresentando altura média entre 4 e 7 m.</p>	<p>1.2.1.1 Mangue Regenerado com copa baixa (Mangue Regenerado 1) - Constituído pelas três espécies arbóreas sem qualquer zonação entre estas, apresenta altura média entre 4 e 5 m.</p>
<p>2.1.1 MANGUE ALTERADO COM INVASORAS - Representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora como os Hibiscus pernambucensi (algodoeiro da praia), Acrostichum aureum (samambaia do brejo) e variações de gramíneas. Essas alterações no substrato foram provocadas, principalmente, por trabalhos de engenharia na drenagem e retificação de canais</p>	<p>1.2.1.2 Mangue Regenerado com copa alta (Mangue Regenerado 2) - Constituído pelas três espécies arbóreas sem qualquer zonação entre estas, apresenta altura média entre 6 e 7 m.</p>
<p>2.1.1 MANGUE ALTERADO COM INVASORAS - Representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora como os Hibiscus pernambucensi (algodoeiro da praia), Acrostichum aureum (samambaia do brejo) e variações de gramíneas. Essas alterações no substrato foram provocadas, principalmente, por trabalhos de engenharia na drenagem e retificação de canais</p>	<p>2.1.1.1 Mangue Alterado com copa baixa (Mangue Alterado 1) - Representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora, com Hibiscus pernambucensi (algodoeiro da praia), Acrostichum aureum (samambaia do brejo) e variações de gramíneas.</p>
<p>2.2.1 MANGUE ALTERADO COM GRAMÍNEAS - Corresponde às grandes seções de mangue desmatado e ocupado por gramíneas, sem vestígio de solo exposto e água, e tem a fisionomia de pastagem.</p>	<p>2.1.1.2 Mangue Alterado com copa alta (Mangue Alterado 2) - Representa as seções do manguezal desmatado e que tiveram alterações no substrato, ficando por longo período fora do alcance das marés, o que proporcionou sua recuperação pela vegetação invasora, com Hibiscus pernambucensi.</p>
	<p>2.2.1.1 Mangue Alterado com Gramíneas - Seções totalmente ocupadas por gramíneas, somente alcançadas por grandes marés.</p>

<p>2.3.1 MANGUE ALTERADO COM SOLO EXPOSTO - Corresponde às seções de mangue desmatados e ocupados por vegetação de mangue em regeneração, por recuperação (Lagunculária e Avicênia), que rebrota a partir de troncos cortados, solo exposto e água.</p>	<p>2.3.1.1. Mangue Alterado com solo Exposto - Feições arbustivas esparsas, gramíneas, água e solo exposto evidente.</p>
<p>3.1 SOLO EXPOSTO - Seções sem vestígio de cobertura vegetal, que correspondem aos Apicuns e áreas recentemente desmatadas.</p>	<p>3.1.1 Solo Exposto - Seções sem vestígio de cobertura vegetal, que correspondem aos Apicuns, áreas recentemente desmatadas e encontradas também em alguns pontos na área urbana.</p>
<p>4.1 PASTAGEM - Áreas de transição ocupadas anteriormente pela cultura temporária e seções de pastagens.</p>	<p>4.1.1 Pastagem úmida – área de pastagem constantemente alagada, com presença de taboas.</p>
	<p>4.1.2 – Pastagem Seca – Corresponde à área limítrofe entre o manguezal e a terra firme.</p>
<p>5.1 - Seções ocupadas por culturas temporárias</p>	<p>5.1.1 Culturas – Esta classe pode ser encontrada próxima à margem direita do rio Guapi. e nas proximidades da rodovia BR 439, que acompanha o limite da APA.</p>
<p>6.1 ÁREA URBANA - Áreas recentemente ocupadas, normalmente correspondendo à expansão da área urbana.</p>	<p>6.1.1 Área Urbana – Encontrada nos Municípios de São Gonçalo e Magé, Em Magé a área urbana se alonga do porto da Piedade até a rodovia BR 439.</p>

MAPA DE USO DA TERRA - SATÉLITE IKONOS

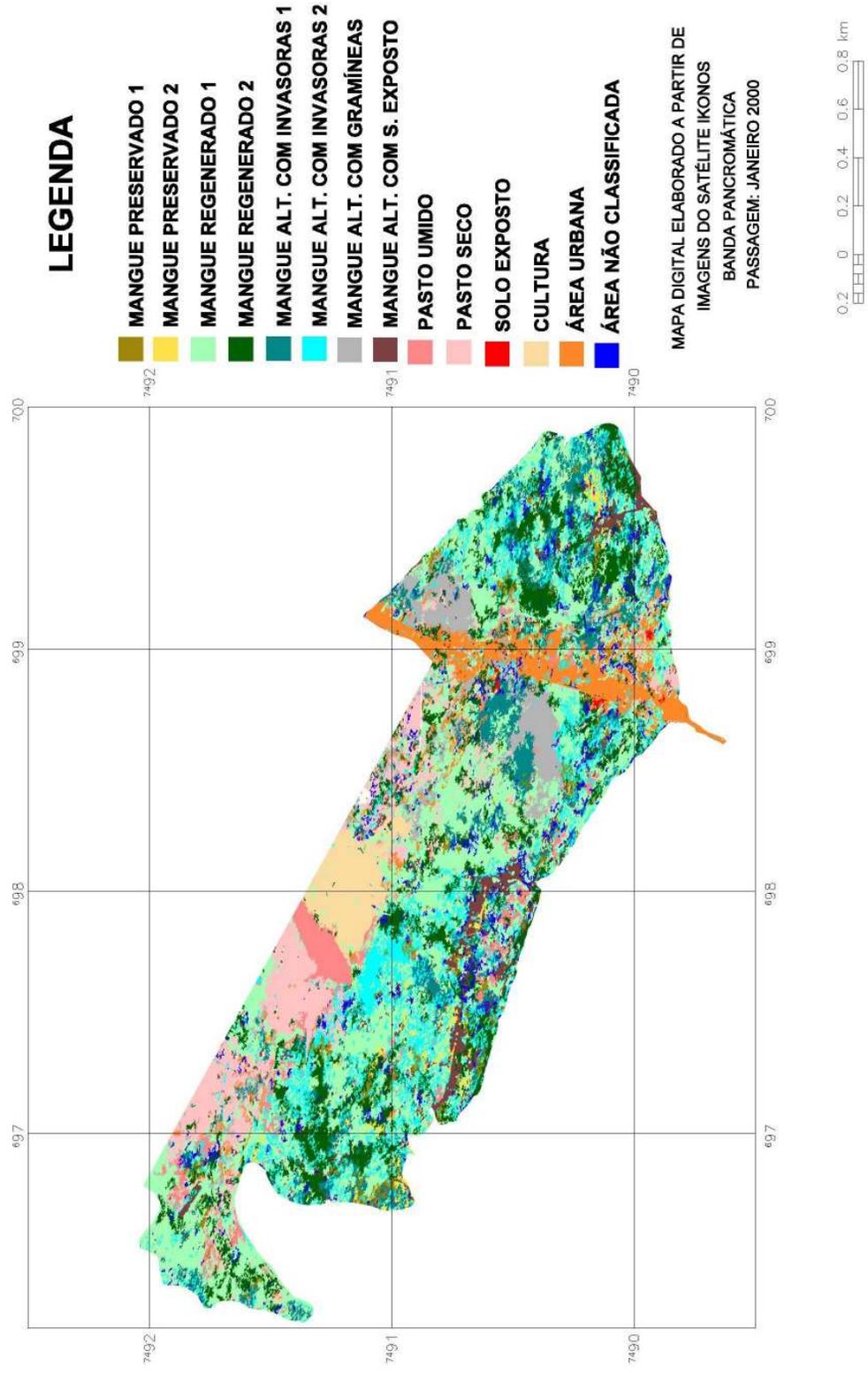


Figura 4.22 – Mapeamento do Uso da Terra obtido por classificação digital, utilizando as imagens do Satélite IKONOS

4.7 Trabalho de campo (verdade terrestre)

Os trabalhos de campo foram realizados para avaliar o tipo e o estado da cobertura da terra e correlacioná-los aos resultados obtidos na classificação digital. Além disso, foram verificadas as características físicas do solo (textura, estrutura e cor) e as feições morfológicas da região em estudo.

Para tal fim foram efetuados três trabalhos de campo, realizados em épocas climáticas distintas, ao longo do desenvolvimento da presente pesquisa.

5 – RESULTADOS OBTIDOS

Levando-se em conta a premissa básica de que diferentes escalas fornecem diferentes respostas, a presente tese centrou os seus objetivos no sentido de associar diferentes sistemas operacionais às diferentes respostas obtidas para uma mesma área de estudo. Assim sendo, os primeiros produtos obtidos referem-se ao Uso da Terra da APA de Guapimirm considerando uma primeira escala de tratamento como sendo a Macro Escala (1:50.000), tendo como base metodológica os produtos obtidos a partir do processamento digital da Imagem CBERS 2.

Num segundo momento, obteve-se um produto associado à segunda escala de tratamento, considerando a mesma metodologia, sendo que, nesta fase, foram consideradas diferentes legendas associadas ao processamento digital da imagem ASTER a Macro Escala (1:25.000).

Por fim, uma terceira escala de tratamento foi utilizada atendendo a uma legenda mais específica, tendo como base o tratamento digital da imagem IKONOS a Micro Escala (1:10.000). Estes produtos constam das figuras 4.17, 4.18 e 4.19.

Com a finalidade de se obter um confronto temático do Uso da Terra da APA de Guapimirm, foram feitos recortes de uma parte localizada na porção noroeste da imagem, que representa uma imagem que contempla exemplos espaciais associados às diferentes escalas de tratamento acima referidas.

A seguir são apresentadas as figuras 5.1, 5.2 e 5.2 que serviram de base para os cálculos das estatísticas ambientais.

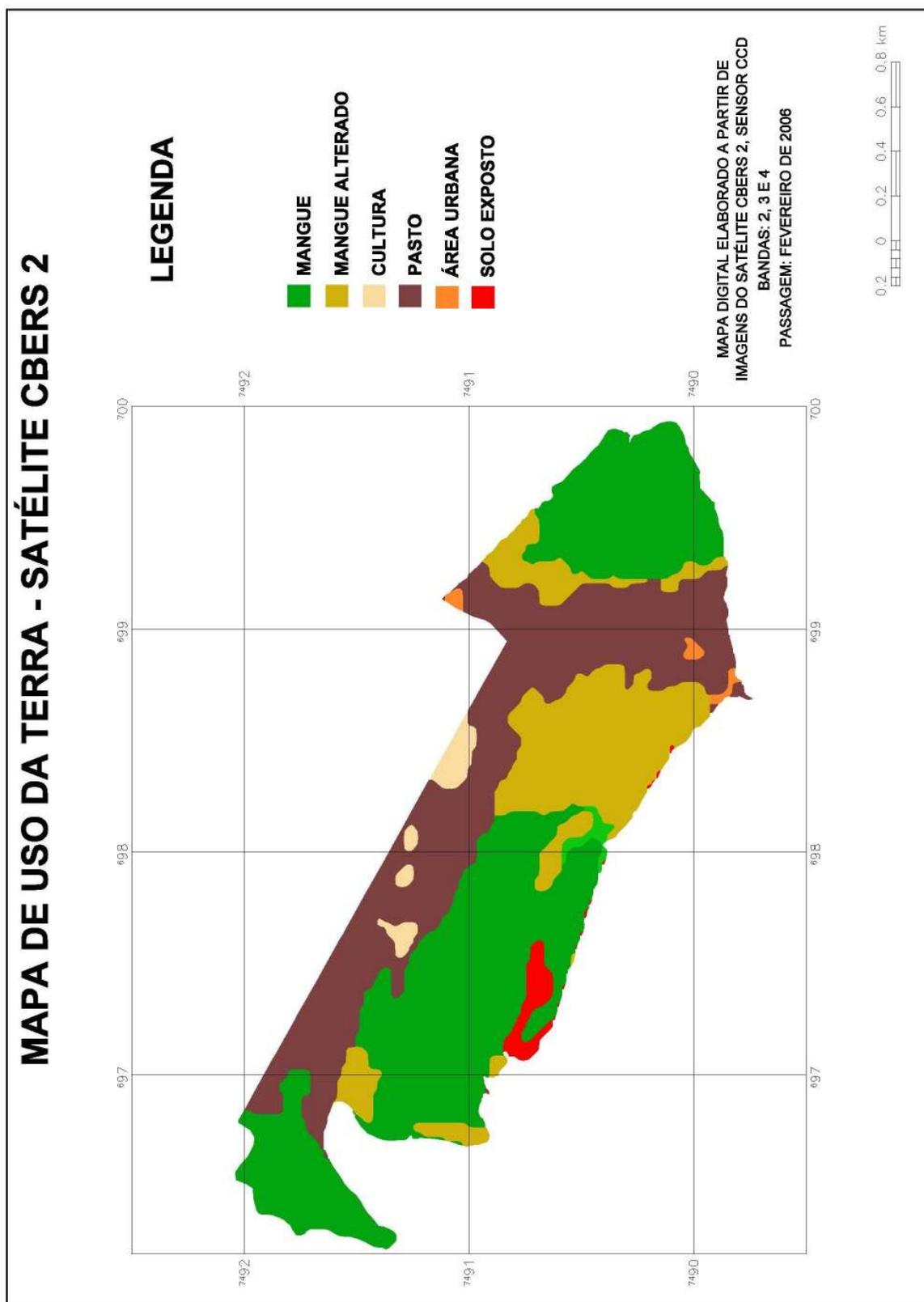


Figura 5.1 – Corte do mapa temático de uso do uso da terra obtido pelo sensor CBERS 2 para avaliação

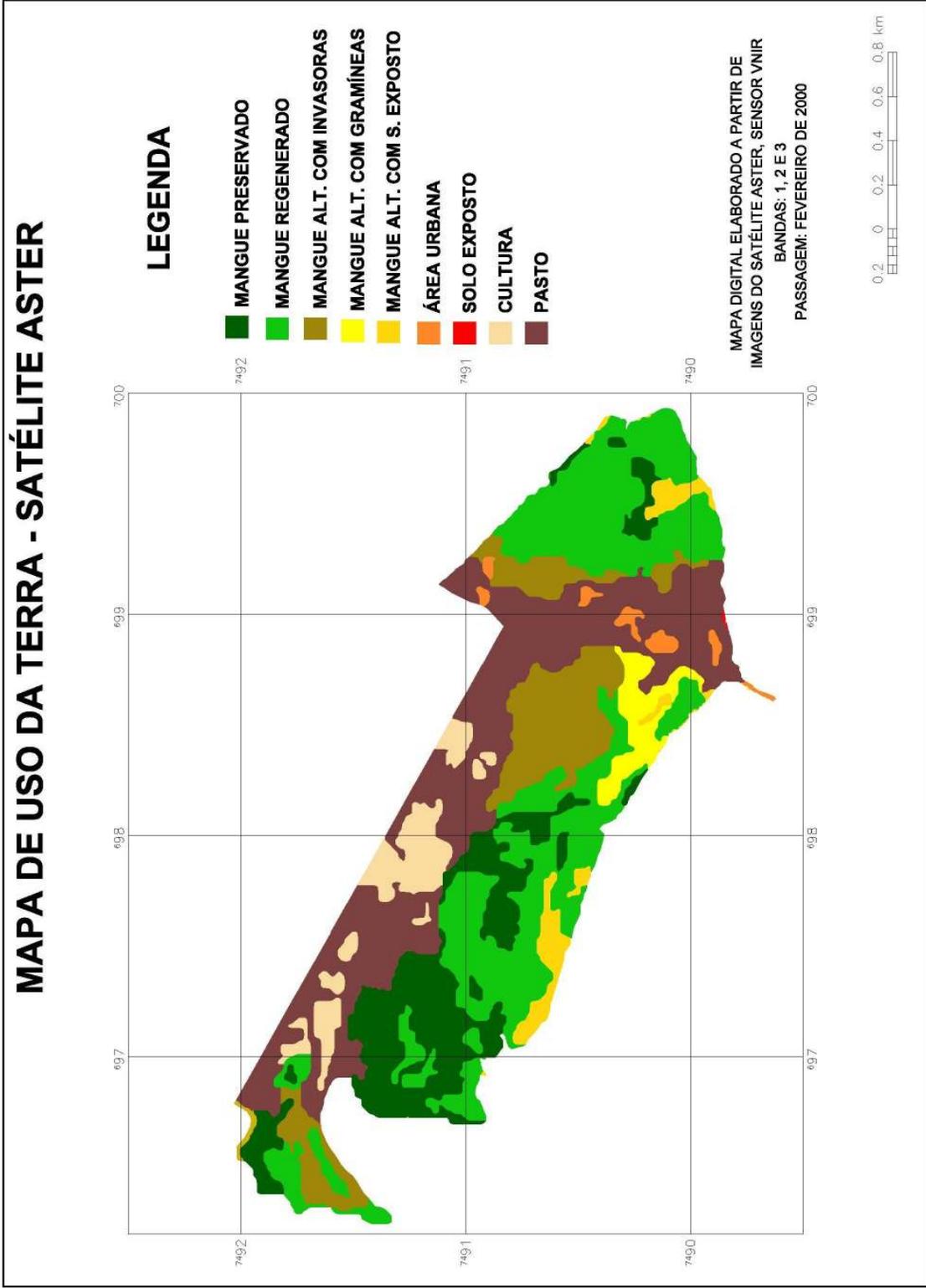


Figura 5.2 – Corte do mapa temático de uso do uso da terra obtido pelo sensor ASTER para avaliação

MAPA DE USO DA TERRA - SATÉLITE IKONOS

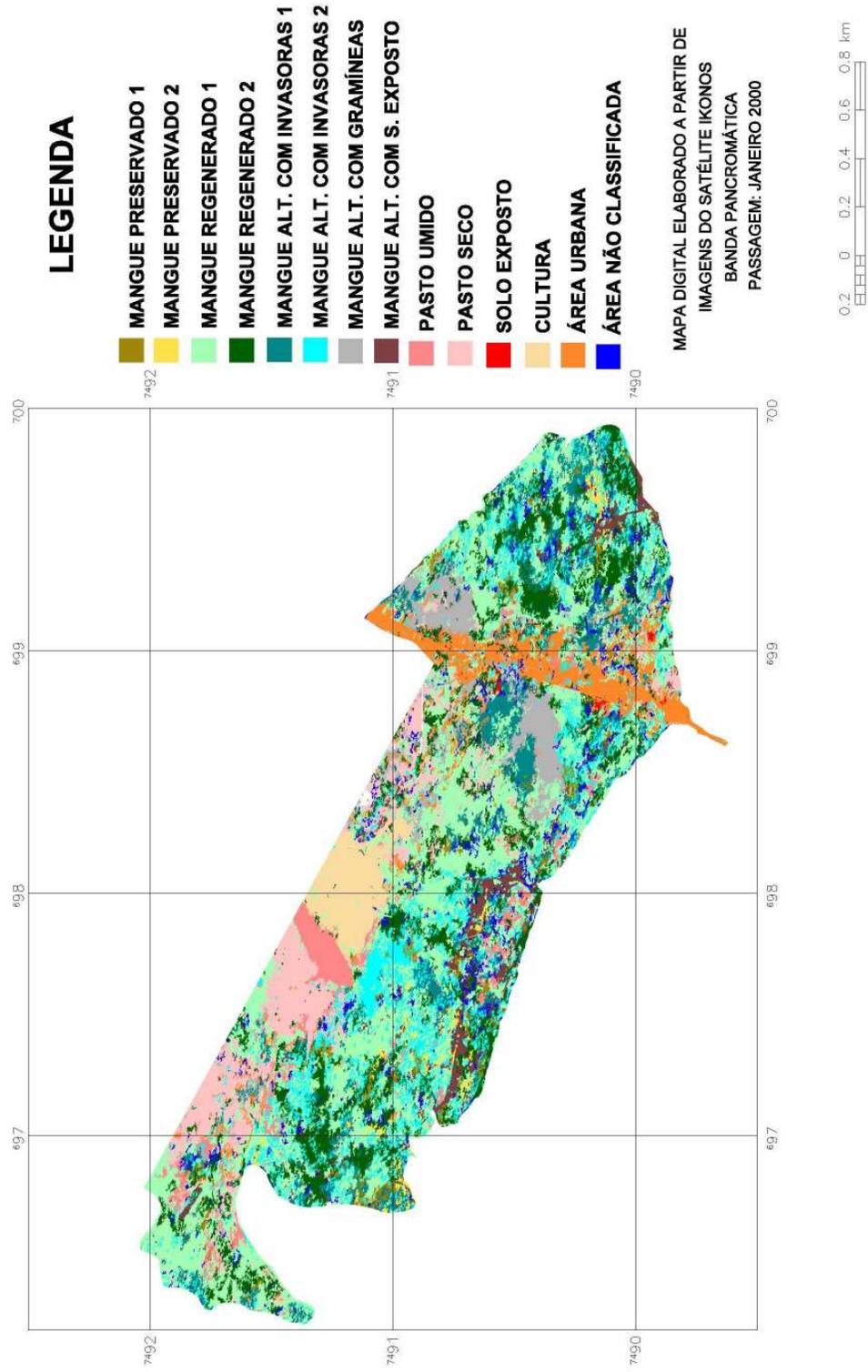


Figura 5.3 – Mapa temático de uso do uso da terra obtido pelo sensor IKONOS para avaliação estatística do cenário ambiental

5.1– Estabelecimento da estatística ambiental

A partir do estabelecimento dos mapas temáticos associados à cada uma das diferentes escalas de tratamento, foi possível obter a área correspondente à cada classe da legenda do Uso da Terra, com suporte do “software” SPRING 4.2

5.1.1 – Estatística Ambiental em macro Escala de detalhamento (Base CBERS 2)

Os seguintes resultados foram obtidos para o diagnóstico ambiental da APA-Guapimirim, considerando a legenda associada à Macro escala de detalhamento, sendo apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite CBERS 2

CLASSES DE USO	ÁREA (KM ²)	PERCENTUAL (%)
MANGUE	1,50	45
MANGUE ALTERADO	0,65	19,5
CULTURA	0,06	1,8
PASTO	1,06	31,6
SOLO EXPOSTO	0,05	1,5
ÁREA URBANA	0,02	0,6
TOTAL CLASSIFICADO	3,34	100

Pelo exposto, pode-se inferir que a maior classe deste produto de classificação é a de Mangue, com 45% do total de toda área mapeada, seguida pelas classes de pasto com 31,6% e de Mangue Alterado, com 19,5. As três classes somam 96,1 de toda área mapeada pelo sensor CCD do satélite CBERS 2. As classes de Cultura, Solo Exposto e Área Urbana representam apenas 3,9% do total da área classificado.

Apesar de não estar inserida na tabela 5.1, a área não classificada foi reconhecida neste produto temático, porém numa porcentagem muito baixa, cerca de 0.000013%. Os motivos da baixa porcentagem devem estar associados ao número relativamente baixo de classes definidas para o padrão de macro escala, pois as probabilidades de erro entre classes são bem menores, com isso, o limiar de aceitação entre as classes é muito alto.

5.1.2 Estatística Ambiental em meso Escala de detalhamento (Base ASTER)

Os seguintes resultados foram obtidos para o diagnóstico ambiental da APA de Guapimirim, considerando a legenda associada à Meso escala de detalhamento, sendo apresentados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite ASTER

CLASSES DE USO	ÁREA (KM ²)	PERCENTUAL (%)
MANGUE PRESERVADO	0,50	15
MANGUE REGENERADO	1,02	31
MANGUE ALT. COM INVASORES	0,4	12
MANGUE ALT. COM GRAMÍNEAS	0,11	3
MANGUE ALT. COM S. EXPOSTO	0,12	3.5
SOLO EXPOSTO	0,04	1,2
ÁREA URBANA	0,05	1,3
CULTURA	0,2	6
PASTO	0,90	27
TOTAL CLASSIFICADO	3,34	100

A partir da tabela 5.2 apresentada, pode-se observar um desmembramento das áreas ocupadas pelo manguezal. A classe de Mangue definida na macro escala é subdividida em duas classes na meso escala: Mangue Preservado (15%) e Mangue Regenerado (31%). As duas classes representam 46% do total da área mapeada, porcentagem muito próxima ao obtido na classe de Mangue que congrega as duas descritas na macro escala (45%).

Outro desmembramento de classes do Manguezal da macro para meso escala é a classe de Mangue Alterado, sendo subdividida em 3 classes: Mangue Alterado com Invasora (12%), Mangue Alterado com Gramíneas (3%) e Mangue Alterado com solo Exposto (3,5%). Nesta subdivisão de classes pode ser observado também que não há muita diferença entre o percentual de área classificada: 19,5 para meso escala e 18,5 para macro escala.

A classe Pasto, para o sistema de classificação a nível meso, continua sendo a segunda classe em área (27%), porém, pode ser observado que esta classe teve uma queda significativa em relação ao sistema de classificação para a meso escala (31,60)

As classes de Cultura e Área Urbana aumentaram significativamente o seu percentual de área: de 1,8% para 6% e 0,6% para 1,3% respectivamente, porém a classe de solo exposto não teve mudanças significativas: de 1,5% para 1,3%.

Para este sistema de classificação a área não classificada não sofreu alteração significativa (0,000025%). Isto caracteriza a coerência da classificação em relação à mudança da escala taxonômica, considerando a subdivisão das classes de manguezais. Além disso, o aumento da área de classes como cultura e a redução das classes de Pasto podem estar também relacionadas ao aumento da resolução espacial (figuras 5.4A e 5.4B), pois ambas as classes possuem respostas espectrais muito parecidas.

TRECHO DA IMAGEM DO SATÉLITE CBERS

CARTA IMAGEM - SATÉLITE CBERS 2

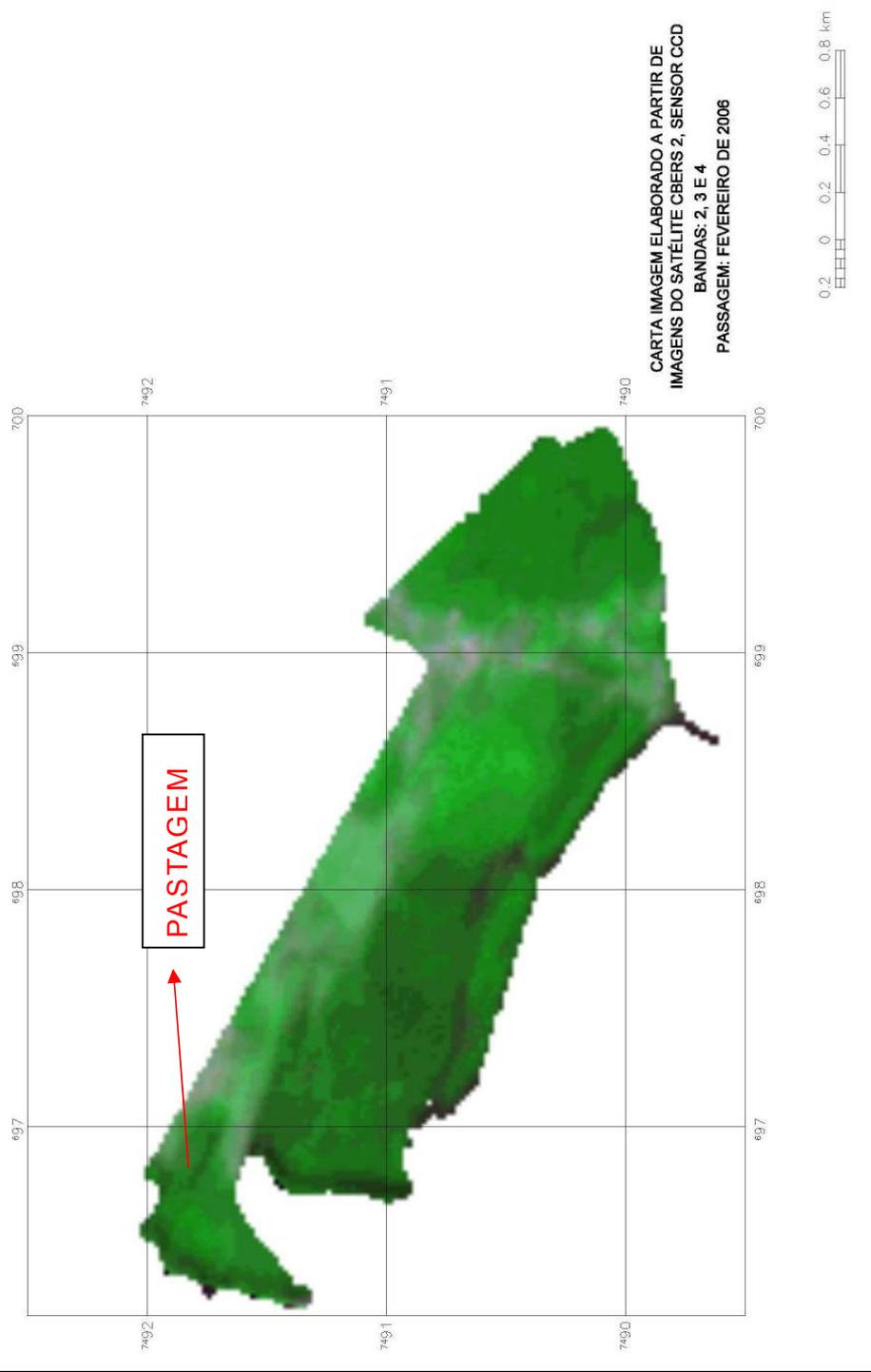
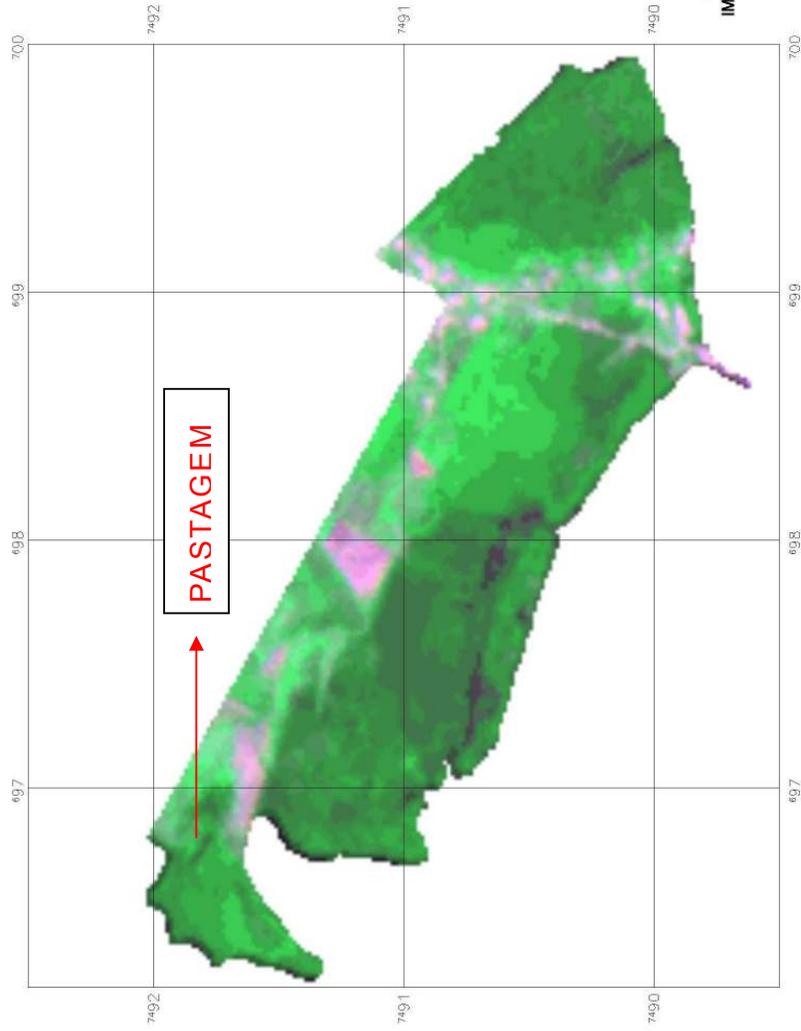


Figura 5.4A – Diferença na resolução espacial e espectral entre as imagens geradas dos satélites CBERS 2 e ASTER

TRECHO DA IMAGEM DO SATÉLITE ASTER

CARTA IMAGEM - SATÉLITE ASTER



CARTA IMAGEM ELABORADO A PARTIR DE
IMAGENS DO SATÉLITE ASTER, SENSOR VNIR
BANDAS: 1, 2 E 3
PASSAGEM: FEVEREIRO DE 2000



Figura 5.4B – Diferença na resolução espacial e espectral entre as imagens geradas dos satélites CBERS 2 e ASTER

5.1.3 – Estatística Ambiental em micro Escala de detalhamento (Base e IKONOS)

Os seguintes resultados foram obtidos para o diagnóstico ambiental da APA-Guapimirim, considerando a legenda associada à Micro escala de detalhamento apresentada na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Determinação da área de cada classe obtida pelo Satélite IKONOS

CLASSES DE USO	ÁREA (KM ²)	PERCENTUAL (%)
MANGUE PRESERVADO 1	0.06	1,8
MANGUE PRESERVADO 2	0.04	1,2
MANGUE REGENERADO 1	1.01	30
MANGUE REGENERADO 2	0.42	12,6
MANGUE ALT. COM INVASORAS 1	0.38	11,3
MANGUE ALT. COM INVASORAS 2	0.23	7
MANGUE ALT. COM S. EXPOSTO	0.14	4,2
MANGUE ALT. COM GRAMÍNEAS	0.19	5,7
PASTO ÚMIDO	0.12	3,6
PASTO SECO	0.29	8,8
SOLO EXPOSTO	0.02	0,6
CULTURA	0.12	3,6
ÁREA URBANA	0.21	6,3
ÁREA NÃO CLASSIFICADA	0.11	3,3
TOTAL CLASSIFICADO	3,34	100

Pelo exposto, observa-se um desmembramento das áreas ocupadas por manguezais que foram subdivididas em 8 classes, sendo 2 de Mangue Preservado, 2 de Mangue Regenerado, 2 de Mangue Alterado com Invasoras, 1 de Mangue Alterado com Solo Exposto e 1 de Mangue Alterado com Gramíneas.

Além das subdivisões obtidas para as classes de Manguezal, pode-se também observar que a classe de Pasto foi subdividida em 2 classes: Pasto Úmido e Pasto Seco.

As classes de Solo Exposto, Cultura e Área Urbana se mantiveram como classe única desde a macro escala. A novidade neste critério taxonômico de classificação foi a inclusão da classe de área não classificada com um valor de porcentagem de área bastante significativo (3,3%) em relação aos sistemas de classificação ao nível macro e meso.

Comparando as classes de Mangue Preservado (meso escala) e Mangue Preservado 1 e 2 (micro escala), pode-se observar que houve uma diferença significativa em área, 15% para 3%. Porém, a classe de Mangue Regenerado (meso escala) e Mangue Regenerado 1 e 2 (micro escala) eleva-se de 31% para 42,6.

Mas, ao compararmos o total de área em porcentagem da classe de Mangue da macro escala e todas as classes de Mangue Preservado e Regenerado da micro escala, a variação é muito pequena: de 45% para 45,6%

Esta variação entre Mangue Preservado 1 e 2 e Mangue Regenerado 1 e 2 pode estar associada à resolução espectral, espacial e radiométrica da imagem utilizada do sensor IKONOS, pois é uma imagem pancromática (monocromática), com resolução espacial de 1 metro e radiométrica de 2048 níveis (11 bits).

A classe de Mangue Alterado com Invasoras foi subdividida em duas classes, a saber: Mangue alterado 1 e 2. As classes de Mangue Alterado com Gramíneas e com Solo Exposto mantiveram-se como classe única. O destaque das classes de Mangue Alterado foi o aumento significativo do percentual em área na micro escala para todas as classes (Mangue Alterado com Gramíneas, de 3% na meso escala para 5,7% na micro escala e Mangue Alterado com solo Exposto, de 3,5 na meso escala para 4,2% na micro escala) , especialmente, para as Classes de Mangue Alterado com Invasoras, de 12% na meso escala para 18,3 na micro escala, somando-se as duas classes de Mangue Alterado.

Mais uma vez os aumentos de percentual dessas classes podem estar associados ao aumento espacial da imagem IKONOS, como pode ser exemplificado na figura 5.5A e 5.5B a seguir, quando vemos, com bastante detalhe em alguns trechos da imagem, as classes de Mangue Alterado com Solo Exposto.

A classe de Pasto também foi desmembrada em 2 classes: Pasto Seco e Pasto Úmido. Outra observação para esta classe é a porcentagem de área que diminuiu significativamente: para o sistema de classificação, em macro escala, a área de pasto era de 31,6%; em meso, 27% e, em micro, somando as duas classes de pasto, 12,4%. A diminuição progressiva em área desta classe está relacionada diretamente à resolução espacial, pois na micro escala foi possível distinguir principalmente as classes de Pasto com Mangue Alterado com Gramíneas, Mangue Regenerado 1 e 2 e Área Urbana, principalmente na linha de contato entre estas classes (figuras 5.6A e 5.6B).

Outra classe que também teve um aumento significativo em área foi a classe de Área Urbana, que na macro possuía apenas 0,6% do total da APA e passou para 1,3% na meso e 6,3 na micro escala. Para a micro escala, o trecho mais significativo desta classe está ao longo da estrada que vai da BR 493 ao porto da Piedade, no município de Magé. Este trecho apresenta um núcleo urbano de ocupação de pequeno a moderado (figuras 5.7A e 5.7B). Devido à baixa resolução espacial, tanto na macro quanto na meso escala, não foi possível identificar esta classe com mais detalhe. A classe de área urbana só teve maior dimensão na micro escala devido à resolução espacial da imagem IKONOS de 1 metro.

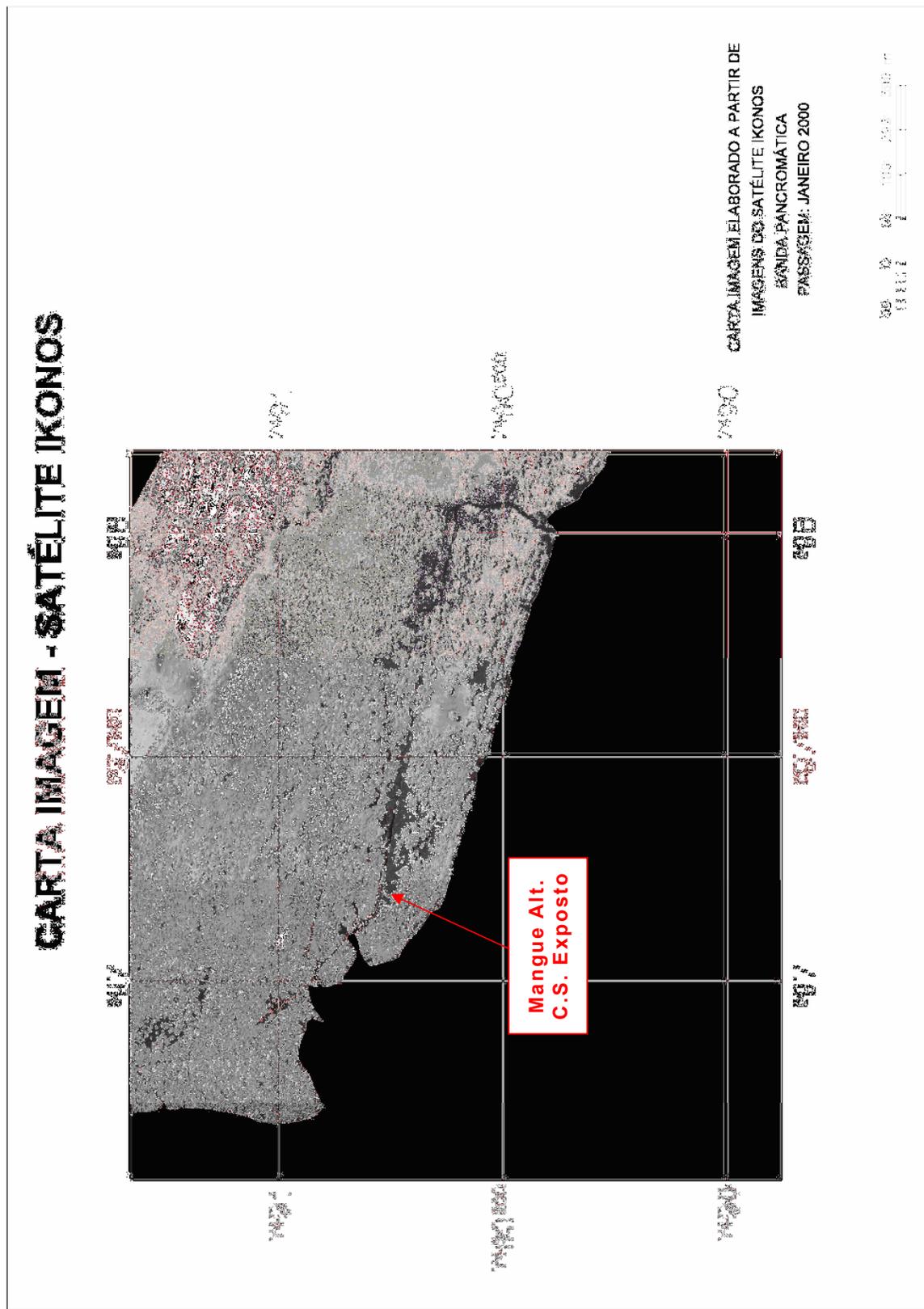


Figura 5.5A - Identificação da classe Mangue Alterado com Solo Exposto na imagem IKONOS

TRECHO DO MAPEAMENTO DO USO DA TERRA A PARTIR DO SATÉLITE IKONOS

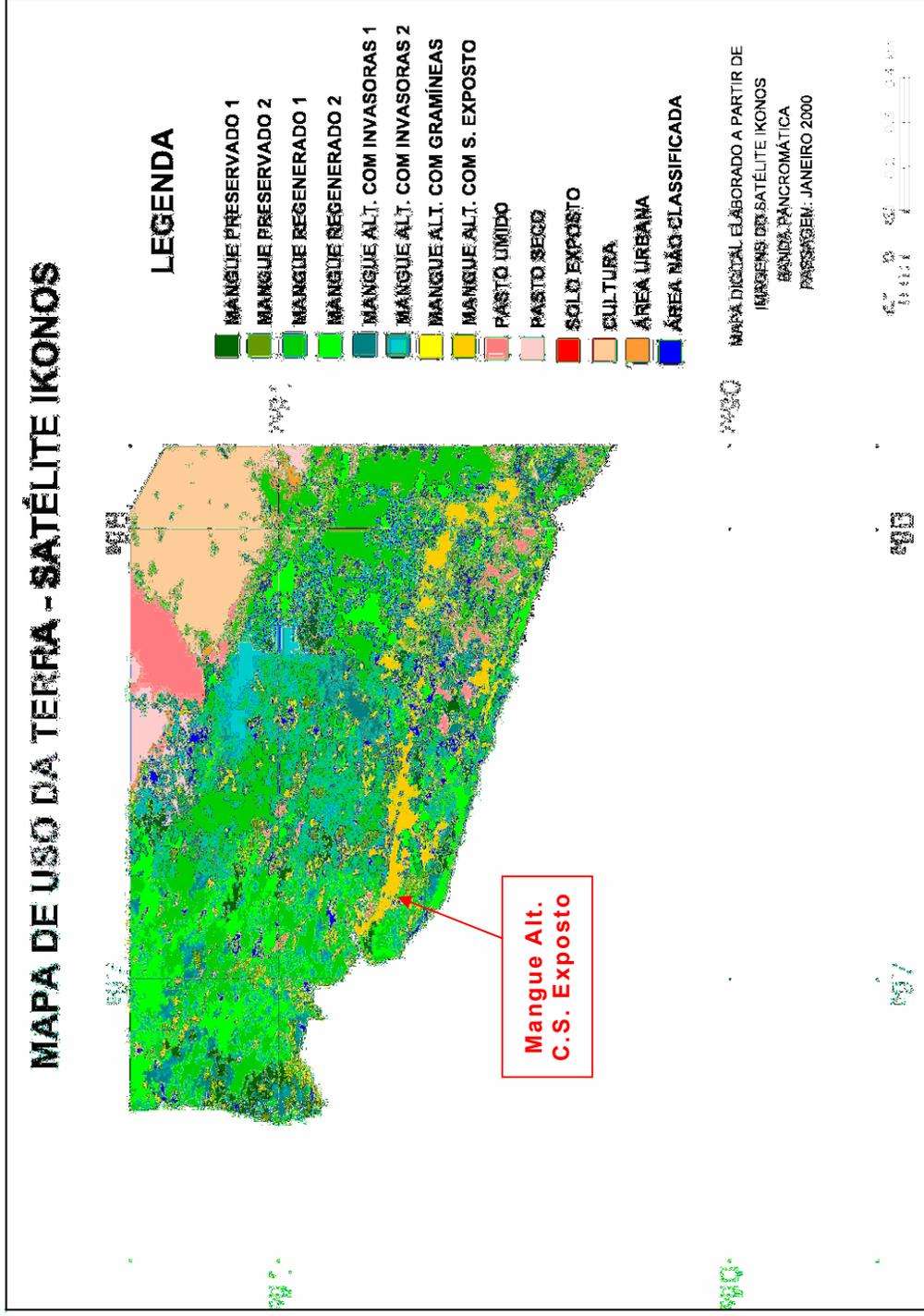


Figura 5.5B – Identificação da classe Mangue Alterado com Solo Exposto na classificação da imagem IKONOS

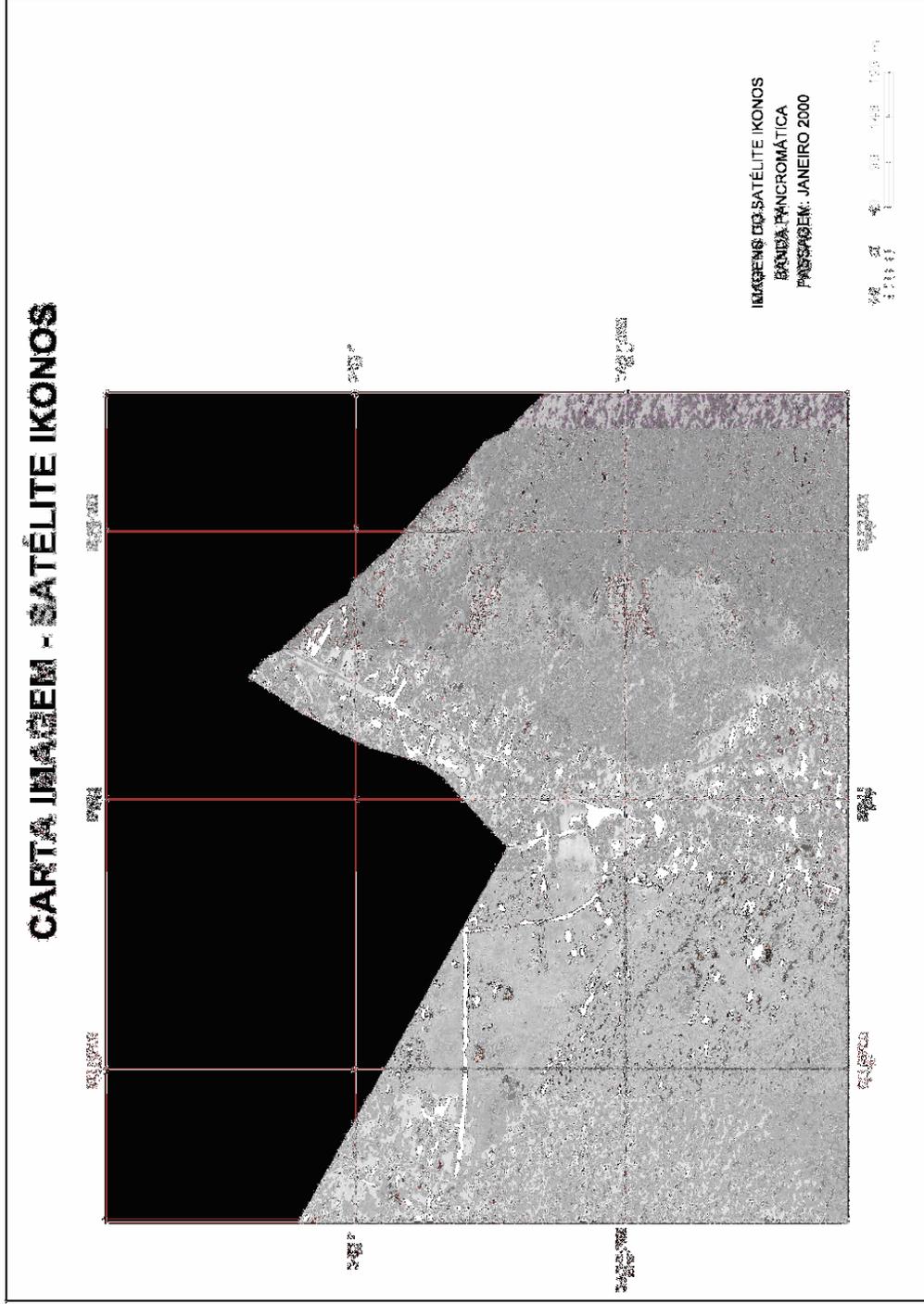


Figura 5.6A – Trecho da imagem IKONOS considerada como área de contato entre várias classes da APA Gapimirim

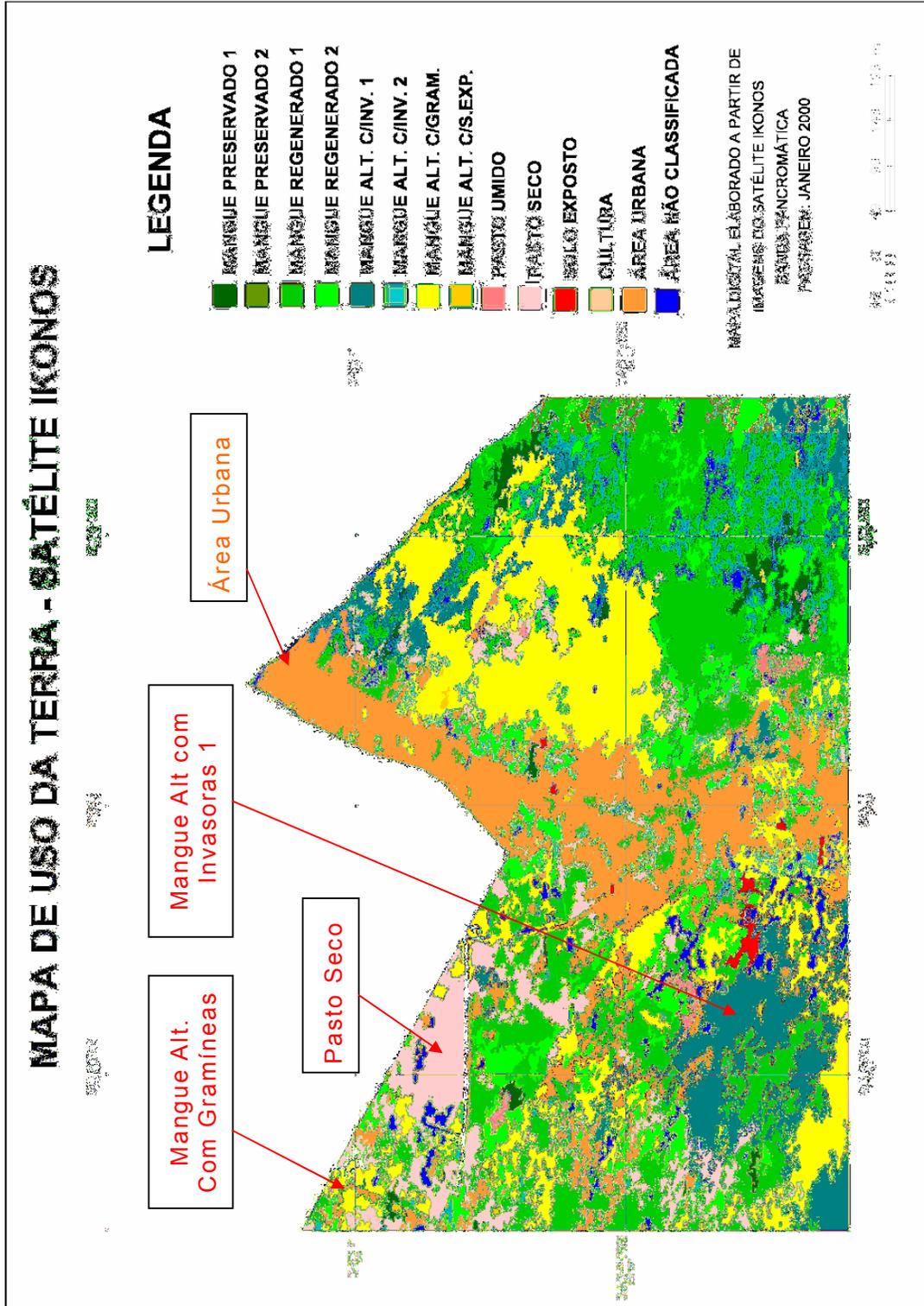


Figura 5.6B – Trecho do Mapa de Uso da Terra confeccionado a partir da imagem IKONOS, considerada como área de contato entre várias classes da APA Gapimirim.

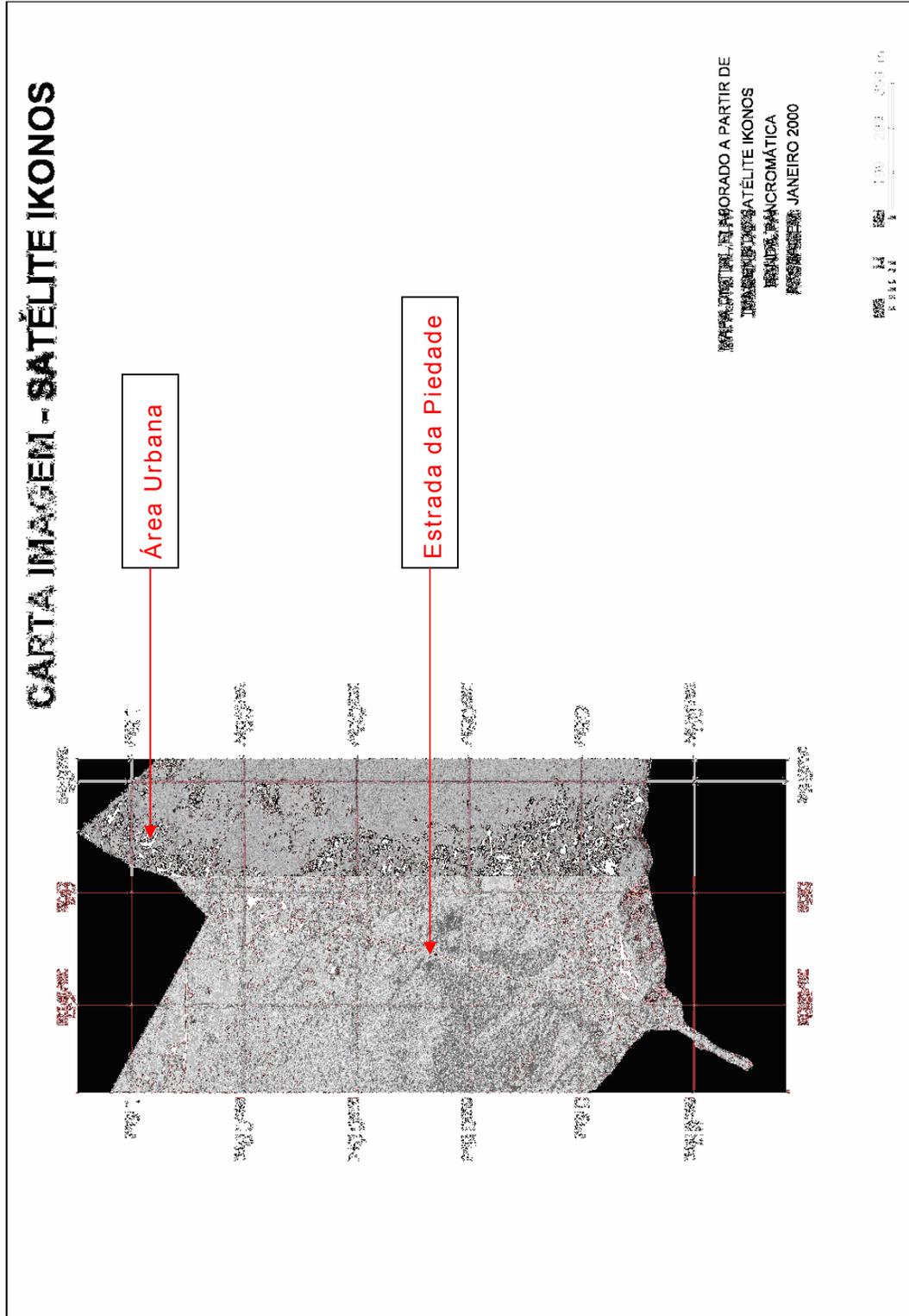


Figura 5.7A – Apresentação de parte da imagem IKONOS, na qual é apresentado o pequeno trecho urbano ao longo da Estrada da Piedade.

5.2- Consistência estatística em relação aos sistemas orbitais e as respectivas escalas cartográficas e taxonômicas

A partir da contabilidade dos valores estatísticos associados à cada escala de detalhamento foi possível verificar a consistência estatística entre os três sistemas orbitais, apresentado na tabela 5.4, em que se observa o percentual de ocorrência relacionando a cada escala taxonômica .

A tabela 5.4 mostra que, em termos de classificação associada, a variável Mangue em nível macro, meso e micro que apresentaram percentuais de 45%. 46% e 45.6 respectivamente. Isto documenta a existência de uma similaridade entre as três classificações, comprovando o grau de eficiência entre os resultados parciais obtidos.

Com relação à classificação associada aos Mangues Alterados, a mesma se comportou de forma semelhante, sendo obtidos os percentuais em nível da a macro, meso e micro que apresentaram percentuais de 19.5%, 18.5% e 18.2% respectivamente.

No caso da classificação associada ao Pasto apenas os níveis de macro e meso escala apresentaram uma significativa similitude com um grau de confiança correspondente a 11,10% de desvio padrão, já que, ao se considerar em conjunto as classificações correspondentes aos 3 níveis (macro,meso e micro,) houve uma diferença com 42.36 % de variação.

Com relação ao solo exposto, ao se considerar os 3 níveis, houve uma variação de 41,66% entre as áreas classificadas, sendo que, no caso do confronto entre os níveis macro e meso, essa variação apresentou um valor de apenas 15,71, o que leva a garantir um grau de similitude de 84,29 %.

Em termos da variável cultura, ao serem considerados os três níveis, houve uma variação de 55.45%, o que permite inferir um baixo grau de similitude correspondente a 44.55%. No entanto, ao se considerar o confronto entre os níveis meso e macro, este grau de similitude aumenta para 74.64% tendo em vista o coeficiente de variação ter sido de 35.36%

Ao se considerar a classificação associada à área urbana, ficou constatado que foi a variável que se apresentou com maior grau de variação, tanto em relação aos três níveis quanto aos confrontos entre eles.

Desta forma, ao se considerar os 3 níveis, houve uma variação de 117.73 %, o que demonstra uma total incoerência entre as áreas classificadas como sendo urbanas na APA. O mesmo grau residual pode ser considerado quanto ao confronto entre os níveis meso e micro, onde foi detectada uma variação de 93,04%, sendo que apenas o confronto entre os valores areais, entre os níveis macro e meso que se apresentou com um percentual de variação mais baixo, correspondente a 52,10% o que corresponde um grau de similitude muito reduzido, cerca de 47.90%.

Tabela 5.4 – Cruzamento entre as classes de uso da APA Guapimirim obtidas pelos satélites CBERS, ASTER e IKONOS

CLASSES DE USO CBERS	AREA (KM ²)	PERC (%)	CLASSES DE USO ASTER	AREA (KM ²)	PERC (%)	CLASSES DE USO IKONOS	AREA (KM ²)	PERC (%)
MANGUE			MANGUE PRESERVADO	0,50	15	MANGUE PRESERVADO 1	006	1,8
						MANGUE PRESERVADO 2	004	1,2
MANGUE ALTERADO	1,50	45	MANGUE REGENERADO	1,02	31	MANGUE REGENERADO 1	101	30
						MANGUE REGENERADO 2	042	12,6
PASTO	1,06	31,6	MANGUE ALT. C. INVASORAS	0,4	12	MANGUE ALT. C. INVASORAS 1	038	11,3
						MANGUE ALT. C. INVASORAS 2	023	7
SOLO EXPOSTO	0,65	19,5	MANGUE ALT. C. S. EXPOSTO	0,12	3,5	MANGUE ALT. C. S. EXPOSTO	014	4,2
						MANGUE ALT. C. GRAMINEAS	019	5,7
CULTURA	0,06	1,8	PASTO	0,9	27	PASTO ÚMIDO	012	3,6
						PASTO SECO	029	8,8
ÁREA URBANA	0,02	0,6	SOLO EXPOSTO	0,04	1,2	SOLO EXPOSTO	002	0,6
						CULTURA	012	3,6
			ÁREA URBANA	0,05	1,3	ÁREA URBANA	021	6,3
			ÁREA NÃO CLASSIFICADA			ÁREA NÃO CLASSIFICADA	011	3,3

Com o objetivo de validação do exposto, foi estabelecida a tabela 5.5, considerando os valores associados à média aritmética, o desvio padrão e o coeficiente de variação, conforme abaixo apresentada.

Tabela 5.5 – Variação estatística entre as classes obtidas na APA Guapimirim

Classe	Macro (%)	Meso (%)	Micro (%)	Média (%)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)	Classificação
Mangue	45	46	45.6	45.5	0.50	1.09	(1)
Mangue alterado	19.5	18.5	28.2	22.06	5,33	24.16	(1)
Pasto	31.6	27	12.4	23.67	10.02	42.36	(2)
	↔			2.30	3.25	11.10	(1)
Solo Exposto	1.5	1.2	0.60	1.10	0.46	41.66	(2)
	↔			1.35	0.21	15.17	(1)
Cultura	1.80	6.0	3.60	3.80	2.11	55.45	(3)
	↔			3.90	2.97	76.15	(4)
		↔		4.80	1.70	35.36	(2)
Área Urbana	0.60	1.30	6.3	2.73	3.11	113.73	(5)
	↔			0.95	0.10	52.10	(3)
		↔		3.80	3.54	93.04	(3)

Como pode ser visto na tabela 5.5, algumas classes como pasto, solo exposto, cultura e área urbana apresentam cálculo de média e desvio padrão diferenciados, pois, como já foi relatado anteriormente, algumas classes possuem valores percentuais diferenciados ocasionados pela mudança do sistema de classificação. As setas indicam os percentuais utilizados para a obtenção da média e desvio padrão.

O Coeficiente de Variação foi estabelecido para verificar o grau de confiabilidade da média entre as classes definidas na macro, meso e micro escala. Para a obtenção deste coeficiente é aplicada a seguinte fórmula aritmética:

$$\text{Coeficiente de Variação} = (\text{Desvio Padrão} \div \text{Média}) \times 100$$

Para integralizar estes resultados obtidos no coeficiente de variação, foi estabelecida uma classificação associada às características das seguintes classes:

Classificação

Classe (1) < 25%	<ul style="list-style-type: none"> Mangues (macro, meso e micro) Mangue alterado (macro, meso e micro) Pasto (macro e meso) Solo Exposto (macro e meso)
Classe (2) 25 a 50%	<ul style="list-style-type: none"> Pasto (macro, meso e micro) Solo Exposto (macro, meso e micro) Cultura (meso e micro)
Classe (3) < 50 a 75%	<ul style="list-style-type: none"> Cultura (macro, meso e micro) Área Urbano (macro e meso)
Classe (4) < 75ª 100%	<ul style="list-style-type: none"> Área Urbana (meso, micro) Cultura (macro, meso)
Classe (5) < > 100%	<ul style="list-style-type: none"> Área Urbana (macro, meso, micro)

Pelo exposto, ficou caracterizado o nível de classificação 1 como sendo aquele que fornece maior garantia do valor correspondente à média, pois o coeficiente de variação ficou com um valor inferior a 25%. Este fato permite inferir que nos 3 sistemas orbitais analisados (CBERS, ASTER e IKONOS), os valores médios correspondentes às áreas definidas como de mangues e mangue alterado são semelhantes, ou seja, que para qualquer dos sistemas analisados o comportamento espectral é semelhante.

Desta forma, os valores das médias entre as classes e subclasses de mangue pode estar relacionado a uma boa discriminação de intervalo de níveis de cinza entre as classes, mesmo utilizando sensores orbitais diferentes e com resolução espacial e radimétrica diferentes, pois, apesar de haver variações percentuais entre as subclasses, o somatório entre elas é bem próximo à classe generalizada na macro escala, tanto em percentual quanto em área. Isto pode ser verificado com mais detalhe nas tabelas 5.6.

Tabela 5.6 – Cruzamento de dados entre as Classes de Mangue

MESO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC. (%)
MANGUE	1,50	45
MACRO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC(%)
MANGUE PRESERVADO	0,50	15
MANGUE REGENERADO	1,02	31
TOTAL	1.52	45
MICRO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC. (%)
MANGUE PRESERVADO 1	0.06	1,8
MANGUE PRESERVADO 2	0.04	1,2
MANGUE REGENERADO 1	1.01	30
MANGUE REGENERADO 2	0.42	12,6
TOTAL	1.53	45.6

Embora estando na mesma classe onde o coeficiente de variação é inferior a 25%, especificamente, para a classe e subclasses de classes de mangue e mangue alterado, este coeficiente apresenta valores distintos mostrando serem os dados da média das áreas detectadas pelo sistema

CEBER mais homogêneos (1,09%), enquanto o coeficiente de variação para a classe de mangue alterado se apresenta como um coeficiente de variação correspondente a cerca de 24%, conforme explicitado na tabela 5.7 a seguir apresentada.

Tabela 5.7 – Cruzamento de dados entre a classe de Mangue Alterado

MESO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC. (%)
MANGUE ALTERADO	0,65	19,5
MACRO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC. (%)
MANGUE ALT. C. INVASORAS	0,4	12
MANGUE ALT. C. S. EXPOSTO	0,12	3,5
MANGUE ALT C. GRAMÍNEAS	0,11	3
TOTAL	0.63	18.5
MICRO ESCALA	ÁREA (KM2)	PERC. (%)
MANGUE ALT. C. INVASORAS 1	0.38	11,3
MANGUE ALT. C. INVASORAS 2	0.23	7
MANGUE ALT. C. S. EXPOSTO	0.14	4,2
MANGUE ALT. C. GRAMÍNEAS	0.19	5,7
TOTAL	0.94	28.2

As variações entre as escalas podem estar relacionadas, principalmente, à resolução radiométrica, pois apesar do software utilizado (SPRING 4.2) converter a resolução radiométrica do Ikonos em 256 níveis de cinza, é possível averiguar, na imagem deste sensor, variância de textura, principalmente para as subclasses de Mangue alterado com invasoras, porque a diferença entre o mangue alterado com invasoras 1 e 2 é a altura das copas das espécies arbóreas e esta característica se reflete na variação de níveis de cinza. A figura 5.8, a seguir, exemplifica as variações de níveis de cinza através da textura, com duas amostras de leitura de pixel realizado no SPRING 4.2.

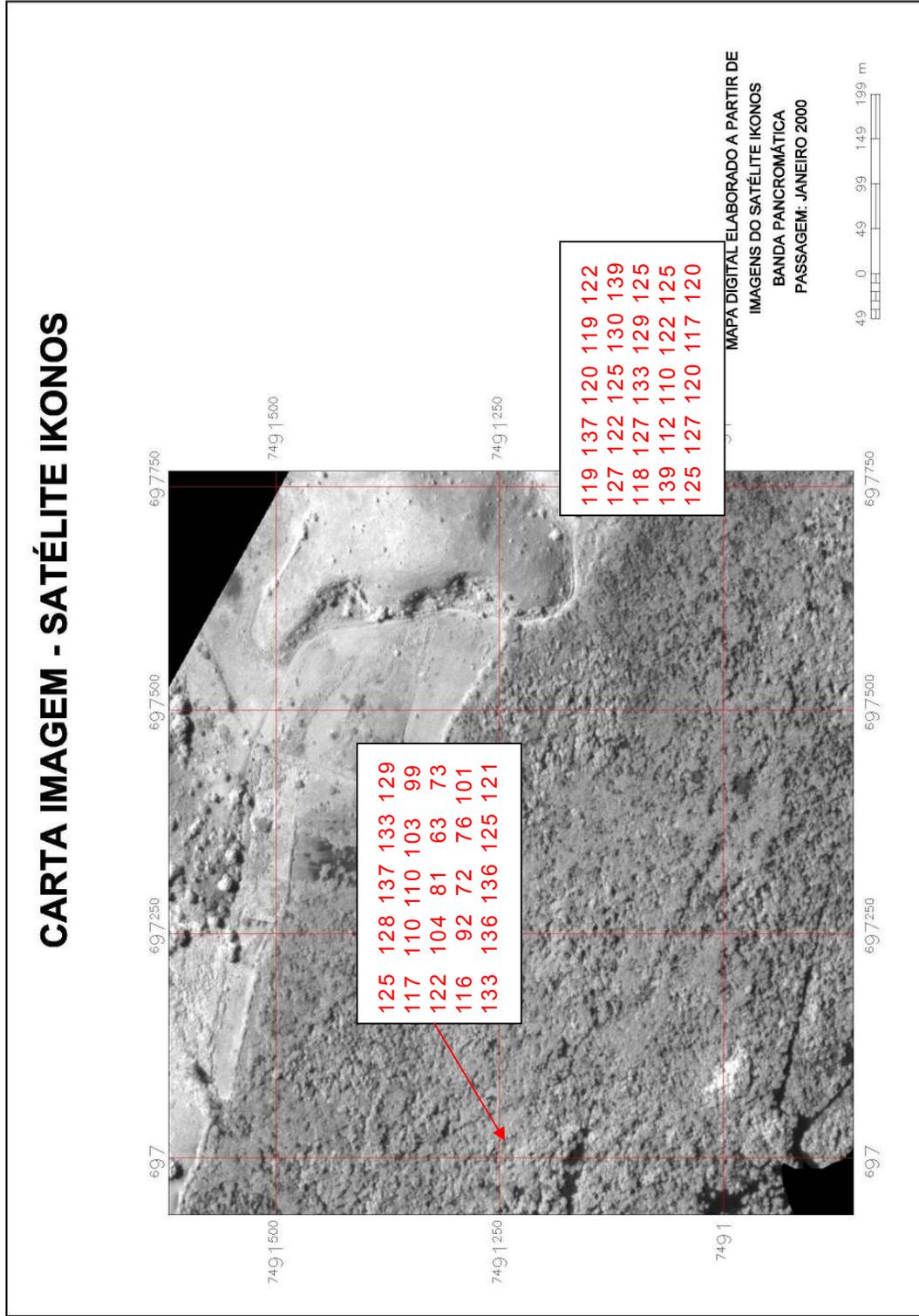


Figura 5.8 – Variação de níveis de cinza através da textura

Para as classes de pasto e solo exposto, embora estivessem na mesma classe 1 com coeficiente de variação inferior a 25%, houve diferenças de nível de classificação de acordo com a escala trabalhada, pois se apresentaram semelhantes apenas entre os sistemas CBERS e ASTER

. Mas uma vez esta diferença deve estar associada à resolução espacial e radiométrica da imagem do satélite Ikonos, pois estas classes são confundidas com cultura e área urbana em resolução espacial maior.

Em contraposição, as classes que tiveram um coeficiente de variação superior a 75% foram aquelas associadas às de cultura e às de área urbana, que demonstram as menores similitudes em termos dos valores médios das áreas detectadas, considerando os 3 níveis escalar (CBERS, ASTER e IKONO),

A classe de cultura possui oscilação relativamente grande entre os sistemas associados à macro escala (CBERS), meso escala (ASTER) e micro escala (IKONOS). Esta discrepância pode estar associada às confusões com as respostas espectrais de outras classes com as mesmas características físicas, como a classe de pasto.

As áreas urbanas têm um aumento progressivo em percentual de variação dos valores médios das áreas detectadas pelos sistemas, mostrando que à medida que aumenta a resolução espacial dos sistemas orbitais utilizados, aumenta o erro de variação entre os valores médios das áreas. Isto pode estar relacionado ao aumento da escala, ou seja, quanto maior a escala, maior a discriminação da classe e menor a confusão com classes de pasto e solo exposto. Ficou demonstrado, assim, o potencial da utilização do sistema considerado como sendo o de micro escala (IKONOS) para o mapeamento das áreas urbanas com vistas ao seu monitoramento em termos de expansão urbana em áreas de manguezais.

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As seguintes conclusões e recomendações são abaixo apresentadas associadas à utilização da tecnologia do Sensoriamento Remoto voltada para o Planejamento e Gestão Ambiental em áreas de Manguezal.

6.1 - Quanto à coleta de dados primários associados aos manguezais da APA-Guapimirim

Os manguezais da APA-Guapimirim, assim como todos os manguezais da costa brasileira, são caracterizados pelos tipos de solos litorâneos e pela dinâmica das águas que age sobre o ambiente costeiro. Sua principal importância está na redução do assoreamento de extensas áreas litorâneas, além de berçário de várias espécies da ictofauna local. Porém, o desmatamento em área de manguezais é a prática mais antiga utilizada no Brasil, pois as grandes cidades do nosso país cresceram ao longo dos manguezais.

No entanto, a luta da preservação desse ecossistema é bem recente. No Brasil, apesar de existir uma legislação para a proteção dos manguezais, poucos trabalhos científicos foram direcionados para este ecossistema. A direção da APA-Guapimirim está aberta para que os pesquisadores a tenham como área de referência de estudos de manguezais no Brasil.

A dificuldade de estudo em áreas como esta, e especialmente na APA-Guapimirim, está no difícil acesso a determinados pontos localizados no manguezal.

Em terra firme tem-se muita dificuldade em chegar a pontos da Cidade de São Gonçalo, pois as áreas mais pobres e as mais problemáticas em segurança no Município estão justamente no entorno da APA e, por isso, torna-se praticamente impossível obter dados fotográficos devido à violência no local com maior problema de impactos ambientais da área estudada. Nesta área, existem 2 conjuntos habitacionais, o lixão da cidade está a 100 metros do limite da APA e a maior parte do esgotamento sanitário é levado pela principal bacia que corta a cidade, a bacia do rio

Guaxindiba. Até mesmo a direção a APA-Guapimirim tem dificuldade em executar qualquer tipo de trabalho na recuperação do ecossistema.

Quanto aos dados cartográficos, alguns deles estão desatualizados como é caso das cartas topográficas na escala de 1:50.000 do IBGE. Outros produtos cartográficos se perderam pelos órgãos públicos (como o caso das cartas cadastrais da extinta FUDREM). Só foi possível encontrar cópias do que compreende parte da APA-Guapimirim na Biblioteca do Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense; o restante estaria arquivado na Biblioteca Nacional, mas a instituição nos informou que as cartas nunca estiveram em sua guarda.

Outras dificuldades encontradas surgiram na obtenção de dados Geográficos, Históricos e aspectos sociais. Na maioria das vezes as bibliografias compreendem as décadas de 80 a 90, não havendo trabalhos na região mais atualizados.

Todas estas problemáticas contribuíram para dificultar os trabalhos de campo e a caracterização da área de estudo, principalmente associada ao confronto com a verdade terrestre, no momento da ratificação dos dados obtidos a partir do processamento digital.

6.2 - Quanto a utilização dos diferentes sistemas orbitais

Existem hoje dezenas de sistemas orbitais com o objetivo de estudar as condições ambientais do planeta. Cada sensor apresenta resoluções espaciais, espectrais e radiométricas diferentes para atender as mais variadas formas de análise da superfície terrestre. A partir desta prerrogativa, este trabalho analisou o potencial do uso dos sensores CBERS 2, ASTER e IKONOS no mapeamento da APA-Guapimirim para gestão e planejamento ambiental em ecossistemas de manguezais em áreas de grande impacto ambiental.

A escolha de 3 sensores distintos teve como meta principal atender a uma variação de escala cartográfica que pudesse fornecer uma informação mais detalhada sobre as condições ambientais em áreas de manguezais, já

que todos os trabalhos realizados em manguezais em áreas como esta visava apenas o mapeamento da cobertura vegetal, tendo em vista que até o final da década de 90 o principal sensor utilizado no Brasil, o Landsat 6, possuía uma limitação em resolução espectral e, com isso, a maior escala cartográfica que poderia ser alcançada era 1:50.000, apesar de haver outro sistema em órbita, o Spot, com uma resolução espacial melhor, o alto custo dos seus produtos dificultava o uso freqüente deste sensor.

Os motivos que devem nortear a escolha estes sensores são os seguintes:

- CBERS 2: A configuração deste sensor se assemelha ao sistema SPOT com resolução espacial, espectral muito parecido e, atualmente, o INPE disponibilizou as imagens gratuitamente para o usuário, o que aumentou bastante o seu uso.
- ASTER: Os intervalos das bandas do subsistema VNIR se assemelham ao sistema Landsat 7, porém com resolução espacial de 15 metros. O custo dos seus produtos se aproxima dos preços dos produtos Landsat, e algumas empresas que comercializam imagens no Brasil já indicam o uso do sistema ASTER como alternativa para a série Landsat.
- IKONOS: A escolha deste sensor está relacionada à alta resolução espacial e radiométrica, com a nova característica deste sensor, muda a forma de usar as imagens de satélites, pois anteriormente o pixel tinha vários objetos e agora, o objeto é composto de vários pixels. Com isso os classificadores digitais devem passar por mudanças, além disso, e possível utilizar as antigas técnicas de interpretação visual, muito utilizada nas interpretações das fotografias aéreas.

Existe uma dificuldade operacional que consiste na obtenção das imagens dos diferentes sistemas orbitais na mesma data da passagem pela área de estudo. Neste sentido, para a realização desta pesquisa foram feitas parcerias no sentido de conseguir imagens dos satélites ÁSTER e IKONOS

nas empresas ENGESAT e PETROBRÁS, respectivamente, condição esta que se tornou relevante para a execução deste projeto. O fato de haver defasagem entre elas não invalida os resultados da pesquisa, já que todas as passagens dos satélites ocorreram na mesma estação do ano (verão).

Após o processamento de imagens iniciais (realce e composição de cores) para as imagens dos sensores CBERS 2 e ASTER, foi possível perceber que a qualidade da imagem do satélite CBERS 2, apesar do sistema ser bem parecido com o sistema SPOT, ainda está muito aquém da qualidade dos produtos oferecidos pelo sistema francês. Não foi possível identificar se esta deficiência está na resolução espacial ou espectral, porém, no que tange à proposta de se obter uma classificação em macro escala da APA-Guapimirm (1:50.000) utilizando a classificação digital, o sensor atendeu bem às nossas expectativas. Entretanto, não se torna aconselhável a utilização deste sistema para uso de classificações digitais visando escala cartográfica superior a 1:50.000.

Pode-se também concluir que, apesar da baixa qualidade da imagem do sensor CBERS 2 e do fato dos seus produtos estarem disponíveis gratuitamente na Internet e atenderem bem a produtos abrangentes à classificação em escalas cartográficas inferiores a 1:50.000 (meso e micro escala de detalhamento), estas imagens poderão ser utilizadas nas análises preliminares dos impactos ambientais em ecossistemas de manguezais como os da Baía de Guanabara.

O sistema ASTER atendeu muito bem às expectativas para a classificação em meso escala (1:25.000), pois foi possível ampliar o número de classes no sistema de classificação associado ao uso da terra, sem aumentar significativamente a confusão entre as classes com intervalos espectrais parecidos. Esta qualidade na classificação pode estar associada aos intervalos entre bandas muito próximas ao que ocorre no espectro eletromagnético, além da boa resolução espacial de 15 metros.

Com relação à qualidade espectral e espacial do satélite ASTER, foi possível obter informações mais detalhadas da cobertura vegetal do manguezal, discriminando melhor as classes de pasto e cultura e as áreas urbanas. Além disso, apresentou um custo de imagens muito próximo ao do

sistema LANDSAT confirmando-se, por conseguinte, o sistema ASTER como sendo a futura alternativa de substituição do sistema LANDSAT.

A oferta de imagens de alta resolução, como as do IKONOS, está mudando completamente as metodologias empregadas no processamento e na classificação das imagens orbitais, pois, com o aumento da resolução espacial, a quantidade de pixel para compor a imagem torna-se muito elevada e a variação de níveis de cinza para cada alvo na superfície terrestre pode variar bastante e, em consequência disto, o uso dos classificadores digitais tradicionais, como o Battacharya e Maximaverossimilhança, requer um cuidado especial para a elaboração do sistema de classificação, pois a possibilidade de confusão torna-se muito maior.

Na pesquisa desenvolvida, a primeira dificuldade encontrada foi relacionada à criação da imagem segmentada. Para as imagens CBERS 2 e ASTER, foram usados os mesmos parâmetros de similaridade e área de pixel. Isso foi um fator significativo na metodologia empregada para a geração das classificações, tanto para a meso como para a macro escala.

No entanto, ao usar os mesmos parâmetros de segmentação para toda imagem IKONOS, o programa de tratamento utilizado no sistema Spring Versão 4.2 sempre acusava um erro de memória, mesmo que o computador utilizado para o desenvolvimento da pesquisa tivesse uma memória Ram de 1024 megabytes.

A solução encontrada na presente pesquisa foi reduzir a área de representação da imagem para que a segmentação fosse realizada, porém a imagem segmentada gerada com os mesmo valores atribuídos apresentou uma quantidade muito grande de polígonos para um único alvo, consequência da característica da própria imagem de alta resolução. A maneira encontrada para reduzir estes polígonos foi aumentar o parâmetro de similaridade e área de pixel.

Outro problema encontrado foi no processo de classificação digital onde o índice de confusão entre as classes de cobertura vegetal dos manguezais foi o maior entre os três sensores utilizados.

As confusões podem estar relacionadas ao número de classes atribuídas, pois na meso escala o número de classes para o manguezal passa

de 5 para 8, considerando a micro escala de detalhamento. Visualmente, a diferença entre classes pode ser determinada a partir da textura, pois devido à alta resolução espacial do sensor (no pancromático a resolução espacial do IKONOS é de 1 metro) torna-se possível discriminar as classes de manguezais, porém, ao se fazer uma análise digital da imagem o intervalo de níveis de cinza entre as classes de manguezais é muito pequeno, o que dificulta muito a escolha das amostras para a classificação digital. Provavelmente se fossem utilizadas 3 bandas do sensor IKONOS, ao invés da banda pancromática, esta confusão poderia ser menor.

No entanto as classes que não estão associadas ao manguezal foram bem definidas, com destaque para classes de áreas urbanas, pastos, culturas e solos expostos. Nas classes de resolução espacial mais baixa, os níveis de confusão entre elas se apresentaram menores, sendo, neste caso possível dividir a classe de pastos em duas categorias.

Pode-se ainda concluir que o uso de sensores de alta resolução espacial tem um grande potencial para o mapeamento de manguezais com grande ação antrópica como os manguezais da APA-Guapimirim, porém se deve ter um conhecimento muito grande da área a ser mapeada, pois os classificadores que têm como fator de determinação de classes os níveis de cinza não são adequados para imagens como as do IKONOS.

6.3 - Quanto ao uso das geotecnologias

O uso das geotecnologias é de fundamental importância para a gestão de planejamento e impactos ambientais, pois o seu uso auxilia o entendimento da organização do espaço, assim como estabelece bases para ações e estudos futuros da área estudada.

Por esta razão, o uso desta ferramenta auxiliou na criação da taxonomia do sistema de classificação para macro, meso e micro escala, no cruzamento dos dados cartográficos e na confecção dos mapas temáticos.

Além disso, é possível encontrar no mercado uma infinidade de “softwares” de processamento de imagens e sistema de informações

geográficas que atendam a todos os tipos de necessidade do usuário. Entretanto, os preços destes produtos também podem variar bastante.

Como no mercado não existe um único programa que atenda a todas as necessidades do usuário, na presente pesquisa foi utilizado o “software” desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo fato de ser gratuito e por estar no mercado há mais de 10 anos já possuindo um número muito grande de usuários.

Nesta pesquisa não se teve nenhum problema com o processamento de imagens, cruzamento de dados e geração dos mapas temáticos, o que leva a concluir que o SPRING versão 4.2 é apropriado para a execução de trabalhos de pesquisa associadas às áreas de manguezais.

O único problema encontrado no uso deste sistema foi no processo de classificação digital na imagem do sensor IKONOS, mas isto está relacionado à não adequação do SPRING para o processamento de imagens de alta resolução, o que não ocorreu com as imagens dos sensores CBERS 2 e ASTER.

6.4 - Quanto à base cartográfica

A base cartográfica desta pesquisa foi determinada na escala de 1:50.000 por ser o único produto de precisão geodésica da APA de Guapimirim e de seu entorno de fácil acesso coberto pelas cartas topográficas do IBGE, com as folhas Petrópolis, Itaboraí, Maricá e da Divisão de Cartografia do Exército (DSG) folha Baía de Guanabara.

A base cartográfica da FUNDREM com escala 1:10.000 não pode ser utilizada como produto cartográfico padrão, pois só foi possível obter algumas folhas que cobriam a área da APA de Guapimirim.

6.5 - Quanto ao mecanismo de monitoramento

O monitoramento ambiental da APA-Guapimirim consiste no processo de observação e medições repetidas nesse ecossistema de acordo com a metodologia utilizada no mecanismo e diagnóstico, considerando os produtos associados ao tempo e ao espaço relacionados ao impacto das ações do homem sobre o meio ambiente.

Para o monitoramento ambiental da APA-Guapimirim, esta pesquisa procurou estabelecer o uso de escalas e taxonomia de classes distintas em termos de detalhamento cartográfico para obter diferentes análises do impacto ambiental em áreas de manguezal muito próximas ao núcleo urbano.

Para a meso escala procurou estabelecer uma taxonomia na qual é possível identificar a área a ser monitorada e os principais impactos existentes na área estudada.

Já na meso escala a taxonomia criada permitiu detalhar os pontos mais impactantes da cobertura vegetal do manguezal da APA-Guapimirim e as principais atividades econômicas exercidas no entorno da APA.

Porém, na micro escala, foi possível identificar detalhes das ações antrópicas do homem, principalmente a real situação da expansão urbana sobre a APA-Guapimirim.

Pode-se concluir que tanto as escalas quanto a taxonomia empregadas para as classes do manguezal e da área do entorno foram plenamente atendidas para a fase inicial do monitoramento ambiental, sugerindo-se que esta mesma técnica seja utilizada daqui há 5 anos, com o objetivo de averiguar as possíveis mudanças espaço-temporais ocorridas na APA em questão.

6.6 - Quanto aos produtos obtidos

O “software” utilizado para a confecção dos mapas temáticos é um subprograma do SPRING 4.2 (SCARTA) e o mesmo atendeu muito bem à expectativa no que tange ao produto final, porém a sua manipulação requer um bom conhecimento de cartografia básica, caso contrário o usuário terá certa dificuldade em usá-lo.

Outro cuidado importante na confecção desse tipo de mapa temático é um número muito grande de classes para a caracterização ambiental desse ecossistema, por isso deve-se ter cuidado na escolha das cores empregadas para o mapeamento: o ideal é que se escolha um degradê de cores para as subclasses determinadas na taxonomia da meso, macro e micro escala. Além disso, este degradê de cores tem que ser bem caracterizado, pois as impressoras utilizadas para a reprodução dos mapas não possuem a mesma resolução gráfica daquelas obtidas no vídeo..

Sugere-se também que, dentro das possibilidades, os mapas temáticos sejam reproduzidos de acordo com a escala proposta nesta pesquisa porque, ao manter a escala proposta na reprodução, as classes de menor expressão serão facilmente identificadas, aumentando ainda mais o detalhe do mapeamento.

6.7 - Quanto aos subsídios para o planejamento e a gestão ambiental

Para a implantação do planejamento e a gestão ambiental em um ecossistema torna-se necessário que haja uma análise dos diferentes componentes do ambiente que está sendo motivo de estudo, desde o meio físico-biótico à ocupação humana e seu inter-relacionamento.

Pode-se, ainda, apontar pelo menos quatro grandes segmentos ligados ao planejamento e a gestão ambiental, onde atualmente os usos das geotecnologias se tornam extremamente necessários: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação e Controle de Impacto Ambiental e Ordenamento Territorial.

O mapeamento temático tem como principal objetivo a caracterização e o entendimento da organização espacial e a criação de base para ações futuras.

O diagnóstico ambiental objetiva estabelecer métodos de estudos específicos sobre a região estudada.

A avaliação e controle de impacto ambiental é caracterizada pelo diagnóstico e o respectivo monitoramento da intervenção humana sobre o ambiente.

Já o ordenamento territorial tem como objetivo a normatização da ocupação do espaço, buscando racionalizar a gestão do território, com vistas a um processo de desenvolvimento sustentável.

A partir desta premissa, a metodologia proposta nesta pesquisa voltada para a análise dos manguezais da APA-Guapimirim atendeu à primeira e à segunda etapa do planejamento e gestão ambiental. Cabe agora avaliar os principais impactos ambientais e definir futuro uso da área estudada.

Para tanto, a presente pesquisa será entregue e analisada pela direção da APA-Guapimirim para definir de que forma esta metodologia poderá ser empregada na região.

6.8 - Quanto às recomendações

Para se ter um resultado confiável na aplicação desta metodologia deve-se atentar para as seguintes recomendações:

Ao se utilizar qualquer sistema de classificação digital e imagens orbitais para fins de análise espaço-temporal em regiões de manguezais, recomenda-se um conhecimento prévio das condições da maré da área de estudo e um passagem de imagens que sejam sempre da mesma estação do ano, pois a água em alguns casos pode interferir nas respostas espectrais dos alvos e ocasionar confusões entre classes.

Caso não seja possível utilizar todos os sistemas orbitais utilizados nesta pesquisa, procurar outros que mais se adequem ao sistema de classificação proposto.

Recomenda-se, também, o uso desta metodologia para manguezais com as mesmas características antrópicas para verificar se é possível aplicar a taxonomia definida nesta pesquisa em outras áreas de manguezais.

Este trabalho constitui-se em uma base para futuros estudos desta região e de outras com os mesmos problemas ambientais, entre as quais constam a definição de áreas mais propícias ao replantio do mangue e ao fornecimento de subsídios ao monitoramento de áreas típicas como as aqui caracterizadas e, assim, podendo, inclusive, contribuir de forma mais efetiva na preservação de ecossistemas semelhantes..

7 - REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDON, M.M. Processamento de dados digitais de satélites para estudo de manguezais. In: Workshop Ecolab, 3., Belém, 1995. **Anais**. Belém, Laboratório de Estudos

ABNT. **Manguezal, metodologia para estudo do ecossistema: padronização**. Rio de Janeiro, 1988.

AMADOR, E.S. Praias fósseis do recôncavo da Baía de Guanabara. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 46(2): 253-262, jun. 1974.

AMADOR, E.S. Unidades sedimentares cenozóicas do recôncavo da Baía de Guanabara. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 52(4): 756-761, dez. 1980.

AMADOR, E.S **Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. Rio de Janeiro, Edição do autor, 1997.

AMADOR, E.S. E PONZI, V.R.A. Evolução geomorfológica da Baía de Guanabara. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 46(3\4): 693, ago\dez. 1974.

AMADOR, E.S. E VILELA, R.A Assoreamento da Baía de Guanabara - Taxa de sedimentação. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 50(1): 124-125, mar. 1978.

ARAÚJO, D.S.D.; MACIEL, N.C. **Os manguezais do recôncavo da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro, FEEMA, 1979.

ARONOFF, R. **Geographic Information Systems**. Canada: WDL Publications, 1989.

BENTANCURT, J.J.V. **Processamento de dados multiespectrais obtidos por plataformas orbitais da série Landsat para estudos da qualidade de água na Baía de Guanabara.** (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) -Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1981. (INPE - 2181 - TDL/1058).

BARBIÉRE, E, COE NETO, R. Spatial and Temporal Variation of Rainfall of the East Fluminense Coast and Atlantic Serra do Mar, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: **Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems.** Eds. Knoppers, B.; Bidone, E. D. & Abrão, J.J. Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil. Série Geoquímica Ambiental, 6: 47-56, 1999.

BLASCO, J.F. Climatic factors and the biology of mangrove plants In: Unesco **The mangroves ecosystem.** Paris, 1984.

BRITO, D.D.; ZANINETTI, L. Étude géobotanique comparative de trois mangroves du littoral Brésilien: Acupe (Bahia), Guaratiba (Rio de Janeiro) et Iguape (São Paulo). **Notes du Laboratoire de Paleontologie de L'université de Génève,** v.6, n.4, p 57-64, 1979.

CAMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados.** São Jose dos Campos: INPE, 2000.

CAMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. e MEDEIROS, J.S. **Representações Computacionais do Espaço: Um diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.

CINTRON, G.; SCHAEFER-NOVELLI, Y. **Introducion a la ecologia del manglar.** 1 ed. Montivideo, Unesco, 1983. 108 p.

CRÓSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Ed.Unicamp, Campinas, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro, 1999, 412p

DANSEREAU, P. **Distribuição de zonas e sucessão na restinga do Rio de Janeiro**. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, v. 5, n. 60, p. 1431-1443, 1948.

DRUMMOND, J.A. **Devastação e Preservação Ambiental no Estado do Rio de Janeiro**. Niterói, Rio de Janeiro, Eduff, 1997.

GONZALES, R.C.; WINTS, P. **Processamento digital de imagens**. ed. Edgard Blücher, São Paulo, 2000.

HERZ, R. Estrutura física dos manguezais da costa do estado de São Paulo. **Anais do Simpósio Sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste**, 54(2): 117-126, 1987.

IBAMA **Área de Proteção Ambiental Guapimirim – RJ: Informações técnicas**. Brasília, SEMA, 1987.

IBGE. **Censo Demográfico 2000**; Disponível na Internet em: <<http://www.ibge.org/geocientifica/territ/perfil>>. Acesso em: dezembro 2005

IBGE **Manuais técnicos em Geociências: Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 1999.

IBGE **Manuais técnicos em Geociências: Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro, 1999.

LACORTE, M.H. E ANDRADE, F.M. O Rio e o recôncavo da Guanabara: Roteiro das Excursões, XX Congresso. Brasil. Geografia, AGB, 1988.

LAMEGO, A.R. **O homem e a Guanabara**. 2 ed. Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Geografia, 1964, 408 p.

LOPES, S.S. et al. **GIS Introdução**. São José dos Campos: INPE, 2000.

MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M. and RHID, D. (editors) **Geographical Information Systems** – volume I and II –. John Wiley and Sons, 2^a edition, 1993.

MAHONEY, R. GIS and Utilities. In: MAGUIRE, D.; GOODCHILD M. and RHIND, D. (Org.) **Geographical Information Systems**. volume II John Wiley and Sons, 2^a edition, 1993.

MARQUES , N.S.S.; CARVALHO, E.A.; MELLO, C.F. Estudo preliminar da zonation florística no manguezal do rio Curupé, município de Curuçá - PA In: Workshop Ecolab, 3., Belém, 1995. **Anais**. Belém, Laboratório de Estudos de Sistema Costeiros, 1995, V.1, p. 106-107.

MARTINELLI, M. **Cartografia Temática: Cadernos de mapas**. EDUSP, São Paulo, 2003

MEDEIROS, J.S. e CAMARA, G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**, 2^a edição, INPE, São José dos Campos, 1998.

MENESES, P.R. Fundamentos de Radiometria Óptica Espectral. In: MENESES, P.R. e NETTO, J.M.S. (Org.). **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. EMBRAPA e UnB, Brasília, 2001.

MOCHEL F.R. **Caracterização espectral e mapeamento dos manguezais por sensoriamento remoto na Baía de Turiaçu, Maranhão, Brasil** (tese de doutorado em Geoquímica) – Universidade Federal Fluminense, 2000.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação.** 2ª edição. Minas Gerais, Editora da UFV, 2003, 307 p.

NOGUEIRA NETO, P. et. al. **Direito Ambiental das Áreas Protegidas.** 1ª ed. Forense Universitária: Rio de Janeiro, 2001, P. 363/371;

NOVO, E.M.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** 2ª edição. 4ª impressão. São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 2002, 308 p.

PIRES, I.O **Monitoramento de manguezais através de correlação de índice da densidade foliar e de radiância TM/Landsat.** (tese de doutorado em geografia física) - Universidade de São Paulo, 1991.

PLANIDRO. **Ampliação do sistema de abastecimento de águas de Niterói e São Gonçalo. Estudo hidrológico e inquérito sanitário.** Rio de Janeiro, 1970.

PANNIER, F.; PANNIER, R.F. Interpretacion fisiológica de la distribución de manglar em las costas del continente sulamericano. **Interciências**, 2(3): 153-161, mai/jun. 1987.

OLIVEIRA, C. **Dicionário Cartográfico.** Rio de Janeiro: IBGE, 4ª ed, 1993

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar,** 2ª edição, Ed. do autor, Juiz de Fora, 2002.

REIS, C. H. **“Relação entre O terraceamento Geomorfológico e a Fisiografia Características de Manguezais na Região do Recôncavo da Baía de Guanabara, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas.”** (dissertação de mestrado em sensoriamento remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1997.

REIS, C.H. e SANTIAGO, R.B. A informação em questão: Os novos instrumentos para pensar e a representação do espaço geográfico. In: DOS SANTOS, C.A; BARROS, J.D. e FALCI, M.B. (org). **Especialidades: Espaço e cultura na História**. Universidade Severino Sombra, Vassouras, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 4ª edição, Edufu, Uberlândia, 2001.

RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da Baía de Guanabara e das regiões vizinhas. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, 6(4):445-505, abr./jun., 1944.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre ecossistema manguezal. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo**. USP. 1989.

SEGADAS, S.M.T. A integração do recôncavo da Guanabara na área metropolitana do Grande Rio de Janeiro. In: **Rio de Janeiro Cidade e Região**. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal de Cultura, 1987

SHAEFFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G. **Guia para estudo de área de manguezal: estrutura, função e flora**. 1 ed. São Paulo. Caribbean Ecological Reseach, 1983.

TEIXEIRA e CHRISTOFOLETTI **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 2000.

THOM, B.G. Coastal landforms and geomorphic processes. In: Snedaker, S.C.; Snedaker, J.G. ed. **The mangrove ecosystem: Research Method**. Paris, Unesco, 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

Amostras do solo da APA de Guapimirim

Amostra 1

Coordenadas Planimétricas: E – 708254, N – 7490580

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 15 cm	siltoso ligeiramente plástica e pegajoso, mais de 6% de mica muscovita, raízes finas abundantes.	2,5 Y 5/2 + 20% 5 YR 4/6	Gramíneas
15 - 45 cm	siltoso, por entre planos de penetração das raízes, ferro férrico	2,5 YR 4/4	
45 - 55 cm	siltoso, 6 % de mica muscovita	2,5 Y 4/0 com 15% de manchas 2,5 YR 4/4	
55 - 65 cm	silo-argiloso, arenoso + 6% de mica muscovita	5 Y 5/1	
65 - 95 cm	silo-argiloso arenoso cascalhamento, mica muscovita grande e média em abundância	N 5/0	
baixo de 95 cm	siltoso tixotrópico e resto de plantas Tiers - presença de matéria orgânica com restos de plantas	2,5 Y 3/2	



Figura .1 – Local de obtenção da amostra 1

Amostra 2

Coordenadas Planimétricas: E – 706683, N – 7489890

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 10 cm	siltoso matéria orgânica abundante, 50% de raízes finas	N 4/0	Medida feita em um canal com presença de Avicênia e junto ao leito do rio Guapi a presença de gramíneas
10 - 15 cm	argilo-siltoso	2,5 Y 2/0	
15 - 35 cm	siltoso	10 Yr 3/3	
35 - 65 cm	siltoso	10 YR 3/3 + 2/1	
65 cm - 1 m	matéria orgânica oxidada, tixotrópica	7,5 YR 3/2	
abaixo de 1 m	Argilo-siltoso muito plástico e pegajoso	7,5 YR 4/0	



Figura 2 – Local de obtenção da amostra 2

Amostra 3

Coordenadas Planimétricas: E – 702037, N – 7489137

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 30 cm	argiloso muito plástico e pegajoso	2,5 Y 2/0	Foz do rio Guapi presença de Rizófora seguida de Avicênia
abaixo de 1 m	argiloso, com mica muscovita abundante	2,5 Y 2/0	



Figura 3 – Local de obtenção da amostra 3

Amostra 4

Coordenadas Planimétricas: E – 702508, N – 7489231

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 30 cm	associadas as raízes finas, talos cilíndricos e talos triangulares	5 YR 4/1 manchas de cor 5 Y 5/8	Leito do rio Guapi, prox. a foz, presença de <i>Espartina</i> seguida de <i>Lagunculária</i>
abaixo de 1 m	mais de 20% <i>sfragnum</i> (fibris)	2,5 Y 3/2	

OBS: Turfa pouco alterada



Figura 4 – Local de obtenção da amostra 4

Amostra 5

Coordenadas Planimétricas: E – 703827, N – 7489827

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 10 cm	silto-argiloso 6% de mica muscovita fina	2,5 Y 2/0 40% de manchas 10 YR 4/6	Presença de invasoras
10 - 30 cm	argilo-siltoso com mais de 10% de mica muscovita, raízes de 40 cm	10 Y 4/1 30% de manchas 10 YR 4/6	
30 cm - 1 m	siltoso raízes finas abundantes e sfragnum presente	2,5 Y 4/2 20% de manchas 2,5 Y 6/8	
abaixo 1 m	siltoso com acumulação de sfragnum	2,5 Y 4/2 + 2/0 sfragnum fibris	



Figura 5 – Local de obtenção da amostra 5

Amostra 6

Coordenadas Planimétricas: E – 705491, N – 7489984

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 20 cm	siltoso raízes finas abundantes, matéria orgânica do tipo sáprico	2,5 Y 3/2	Avicênia
20 - 50 cm	siltoso, matéria orgânica do tipo sáprico	5Y 4/1	
50 cm - 70 cm	siltoso, plástico e pegajoso mais 5% de mica muscovita e mais 3 a 5% de vermiculita e presença de conchas	5Y 4/1	
70 cm - 1,50 m	siltoso, cascalhento com acumulação de sfragnum	5Y 4/1 com manchas 10 YR 8/3	



Figura 6 – Local de obtenção da amostra 6

Amostra 7

Coordenadas Planimétricas: E – 698929, N – 7489952

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 20 cm	siltoso, sáprico, sofrendo oxidação contínua com 2% de mica muscovita	2,5 Y 3/0	Avicênia
20 - 50 cm	silto-argiloso com pouca presença de mica muscovita	5Y 4/1	
50 cm - 70 cm	argilo-arenoso com 30 % de mica	5Y 5/1	
70 cm - 1 m	argilo-arenoso grosso	5Y 4/1	
abaixo de 1 m	silto-argiloso com 2% de conchas	5Y 4/1	



Figura 7 – Local de obtenção da amostra 7

Amostra 8

Coordenadas Planimétricas: E – 698369, N – 7489206

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
1,20 - 1,30 m	argilo-arenoso grosso características recente Hb enterrado, com menos de 1% de mica muscovita	5G 4/1	Taboa, Avicênia e Lagunculária
1,30 - 1,40 m	silto-argiloso com depósitos de conchas	5 BG 5/1	



Figura 8 – Local de obtenção da amostra 8

Amostra 9

Coordenadas Planimétricas: E – 706056, N – 7492274

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 20 cm	Argilo-siltoso, plástico muito pegajoso estrutura granular média, com restos de argilas de manguezal.	2,5 YR 5/4	Várias espécies de gramíneas
20 - 60 cm	argiloso	10 YR 5/1 manchas: 10 YR 7,5/8 5 YR 4/4	
60 cm - 80 cm	argiloso	2,5Y 4/0 manchas 7,5 YR 5/8	
80 cm - 1 m	silto-argiloso, com matéria orgânica de manguezal	N4/0 migrando N5/0 manchas 10 YR 5/4 10 R 4/4	
abaixo de 1 m	silto-argiloso com restos de conchas e presença de mica muscovita	N4/0	

OBS: Lençol freático encontrado a 70 cm



Figura 9 - Local da obtenção da amostra 9

Amostra 10

Coordenadas Planimétricas: E – 703105, N – 7482235

HORIZONTE E PROFUNDIDADE	TEXTURA	COR	VEGETAÇÃO PREDOMINANTE
0 - 10 cm	granular orgânico com raízes finas	7,5 YR 2/0	
10 - 20 cm	argilo-arenoso, muito grosso, plástico pegajoso	7,5 YR 3/2	
20 - 40 cm	argiloso cascalhento	7,5 YR 5/0 manchas 2,5 YR 4/4	Lagunculária e Avicênia
40 - 70 cm	argilo-arenoso muito grosso	10 Y 6/1	
70 cm - 1,10 m	argiloso	5 B 5/1 manchas 5 Y 7/1 2,5 Y 4/0	
1,10 - 1,30 m	argiloso	2,4 Y 6/0	
1,30 - 1,50 m	argiloso	2,5 Y 6/0 manchas 2,5 Y 5/6 2,5 Y 8/0	



Figura 2.20 - Local da obtenção da amostra 10