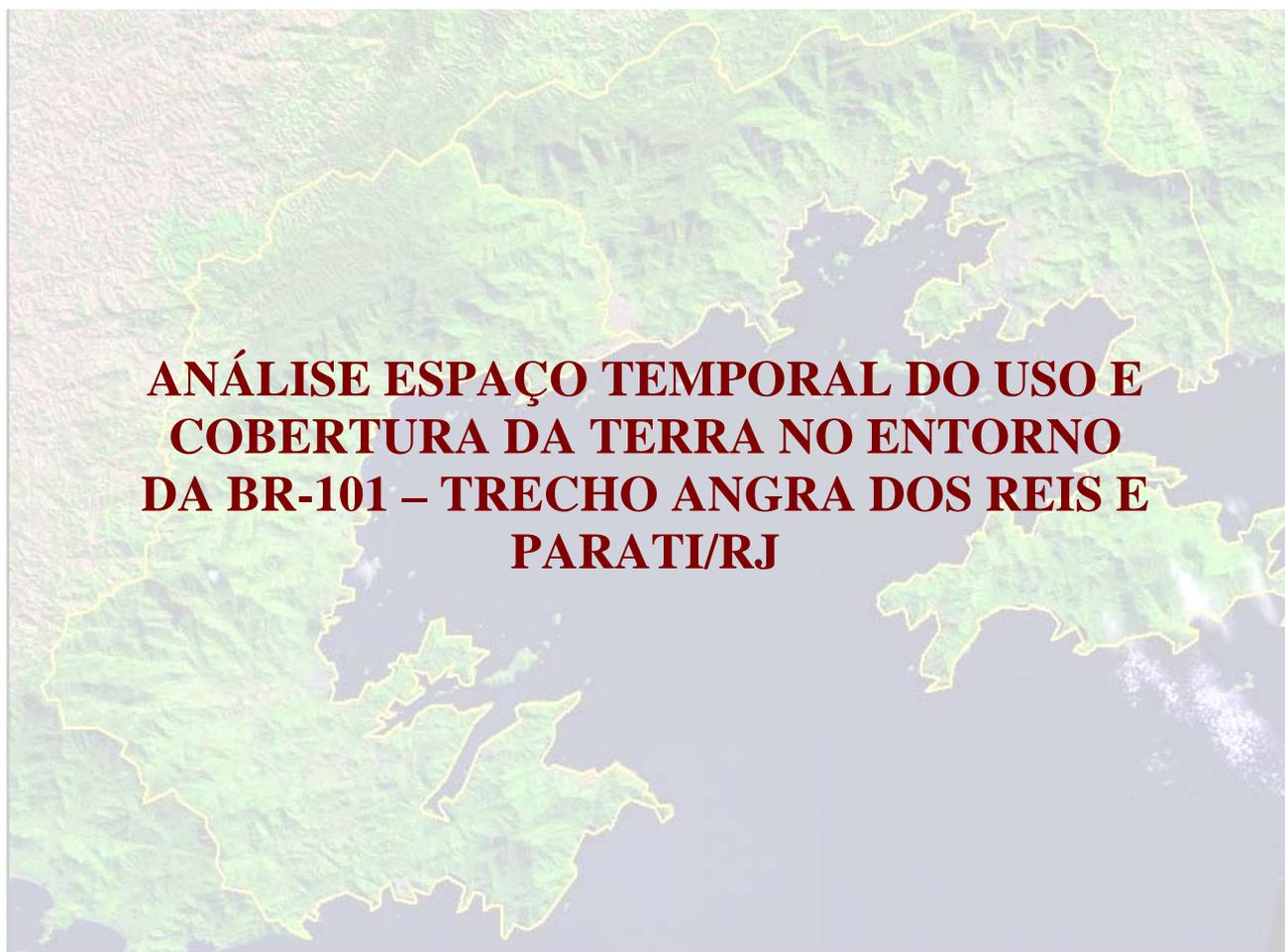




Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia



**ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DO USO E
COBERTURA DA TERRA NO ENTORNO
DA BR-101 – TRECHO ANGRA DOS REIS E
PARATI/RJ**

Stella Procópio da Rocha

Rio de Janeiro
Dezembro/2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Análise Espaço Temporal do Uso e Cobertura da Terra /
Stella Procópio da Rocha – Rio de Janeiro: UERJ, 2005.
94f. : il.

Orientador: Sônia Vidal Gomes da Gama.
Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado
do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de
Janeiro, 2005.
Bibliografia: f. 4

1. Sensoriamento Remoto.
2. Dinâmica - Ocupação.
3. SIG.

STELLA PROCÓPIO DA ROCHA

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO
ENTORNO DA BR-101 – TRECHO ANGRA DOS REIS E PARATI/RJ

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro
como requisito para obtenção do título de Mestre em
Geografia.

Orientador: Prof. Dra. Sônia Vidal Gomes da Gama

Rio de Janeiro
Dezembro 2005

Dedico aos meus pais Cely e Valdecy e à
Carla Madureira, grande amiga e
incentivadora.

“Há duas formas para viver a sua vida:
Uma é acreditar que não existe milagre.
A outra é acreditar que todas as coisas são
um milagre”.

Albert Einstein

**ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO
ENTORNO DA BR-101 – TRECHO ANGRA DOS REIS E PARATI/RJ**

Autor: Stella Procópio da Rocha

Dissertação de Mestrado Submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Como Parte dos Requisitos Necessários à Obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dra. Sônia Vidal Gomes da Gama

APROVADA POR:

Prof. Dra. Carla B. Madureira Cruz

Prof. Dra. Carla Maciel Salgado

Prof. Dra. Liane Maria Azevedo Dornelles

Rio de Janeiro

Dezembro/2005

AGRADECIMENTOS

A *priori*, quero agradecer a UERJ e o Programa de Pós-Graduação pela oportunidade concedida e a minha orientadora, Sônia Vidal, também pela oportunidade de cumprir esta importante tarefa na minha vida acadêmica. Obrigada!

Quero agradecer ao Laboratório Espaço da UFRJ pela infra-estrutura cedida através do uso dos softwares, equipamentos e apoio logístico no trabalho de campo e impressão do trabalho final. Muito Obrigada!

Ainda no Laboratório Espaço, quero agradecer a todos meus colegas de trabalho pela força nesses anos. Ao Rafão (pelas aulas), Claudinha, Tiagos, Dani, Marcelos, Roberta, Sandra, Louyze, Vania, Beth, Víni (e haja chopadas!) e Alex. Não posso esquecer do Léo, que deu uma força nos últimos detalhes deste projeto.

Em especial, vai um agradecimento ao Otto, pela força no campo (e na internet).

A amiga Carolina por ter gentilmente cedido as imagens Landsat.

Ao Raul pela oportunidade me concedida neste ano (e que não falte *mojitos!*).

Ao Rafinha, pelo carinho, paciência, pelas dicas, broncas, chaturas, reclamações, favores, por ter de ouvir minhas músicas, pelo companheirismo, pelas brincadeiras e, principalmente, pela maturidade profissional que muito me fez crescer desde que começamos a trabalhar juntos. Obrigada pela sua amizade!

Agradeço também ao Nilton pelo carinho e por ter transformado esses tenebrosos últimos dias até a defesa, em dias de festa...

Um agradecimento mais que especial para Monika Richter que deu vaaaaaarias sugestões para este trabalho, por ter se disposto a me acompanhar no campo (também, um campo não muito difícil de recusar), e de colaborar nas idéias finais, além de ter me ajudado a “segurar a onda” neste finzinho de projeto. Brigadão Amiga!

Ao meu amigo Alexandre (JG) pela força, principalmente na Gisplan, e a Daphne e Kátia por terem me liberado para a conclusão deste projeto.

Aos meus amigos Alexandre, Daniel e Roberta por me aturarem e pela força que me deram durante o Mestrado. Pensaram que eu me esqueceria de vocês?

Um carinho todo especial para a Dr. Carla Madureira. (Carlinha, to quase lá!) Obrigada pela amizade, atenção, preocupação e dedicação. Se eu cheguei até aqui, em grande parte, foi porque você esteve ao meu lado, não apenas me ensinando Sensoriamento Remoto, mas me dando dicas, conselhos, broncas, abrindo portas e sendo, acima de tudo, minha amiga. Brigada! Brigada! Brigada! (e que venha o Doutorado!) ...

Aos meus pais e minha Avó, muito obrigada! Tenho certeza que mesmo longe, o carinho e a preocupação estão presentes em suas orações. Brigada também por terem me criado assim, como eu sou...

RESUMO

A valorização e preservação do meio-ambiente tem sido bastante discutida, e cada vez mais tem sido parte integrante de projetos de diferentes grupos de interesse que buscam um desenvolvimento sustentável. Dentro deste contexto da busca pelo desenvolvimento sustentável e de políticas ambientais eficazes, surge outro termo que irá englobar uma série de ações preventivas e de gerenciamento do meio ambiente: o planejamento ambiental. Levantamentos ambientais, inerentes ao planejamento ambiental são realizados de diferentes maneiras, e neste contexto, inclui-se a utilização de novas tecnologias como o uso de produtos do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG), que têm auxiliado na otimização do processamento e da precisão de resultados devido à ampliação na velocidade de obtenção de dados e na capacidade de armazenamento de informações, bem como o uso de imagens de sensores orbitais que tem apresentado diversas utilidades no âmbito dos estudos da Terra, nos mais variados tipos de avaliação ambiental. A partir de tais considerações foi possível elaborar uma linha de atuação a partir da análise espaço-temporal com a utilização do sensoriamento remoto aplicado em uma porção do território que vem passando por transformações significativas nas últimas décadas. Dessa maneira, pensou-se em realizar a análise de uma área que apresenta uma grande potencialidade para a atividade turística e um crescimento industrial importante e que tem alterado sua paisagem nas duas últimas décadas. O trecho em questão é o que liga os municípios de Angra dos Reis e Parati, no litoral Sul do Estado do Rio de Janeiro. Nos dois casos têm-se como importante fonte de renda, o turismo ecológico, que têm atraído empreendimentos imobiliários de grande porte para a região, além do turismo cultural. O objetivo deste trabalho é analisar o grau de transformação do uso e cobertura da terra no entorno da Rodovia Rio-Santos neste trecho, nos últimos vinte anos, dando ênfase a três datas: 1984, 1994 e 2002. Parte-se da hipótese que tais transformações têm-se intensificado, estimulando maiores investimentos voltados ao turismo, pressionando os remanescentes de Mata Atlântica.. Através da análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra no período e sua estruturação em um banco de dados, obteremos um retrato atual da região que pode servir como ponto de partida para o planejamento de uso e ocupação da terra, avaliando a forma atual da ocupação, evitando assim que seus recursos naturais sejam usufruídos de forma errônea podendo promover a degradação ou mesmo a extinção dos mesmos.

ABSTRACT

The environmental valuation and preservation has been sufficiently discussed, and it has been part of projects of different groups of interest that search for a sustainable development. Inside of this context of searching for a sustainable development and for efficient environmental politics, another term appears that involves a series of actions and management of the environment: the environmental planning. Environmental surveys are realized in different ways, and in this context it is common the use of new technologies such as Remote Sensing products and Geographic Information Systems (SIG). These technologies, which allow digital image processing and produce results with better precision as well as the use of images from orbital sensors, have presented diverse utilities in the scope of land use studies, in varied types of environmental evaluations. From such consideration it was possible to elaborate a research that begun with a time-space analysis using remote sensing products in a portion of the territory that is passing through significant transformations in the last decades. In this way, one thought about carrying through the analysis of an area that presents a great potentiality for tourism activity and also important industrial growth and that it has modified its landscape in the two last decades. The issue stretch in question is what it binds to the cove cities Angra dos Reis and Parati, in the South coast of the state of Rio de Janeiro. In these two cases they are had as important source of income, the ecological tourism, that have attracted real estate enterprises of great transport for the region, beyond the cultural tourism. The objective of the present work was to analyze the dynamic of the landscape produced by human transformations in tree different buffers from the Rio-Santos highway in the last twenty years and in three different years: 1984, 1994 and 2002. The hypothesis was that such transformations have been intensified, stimulated by the tourism, threatening the Atlantic forest fragments remnants. Through a time-space analysis of land use it was possible to present the landscape dynamic between two decades as a starting point for an environmental planning of the land use, evaluating the current form of occupation, thus preventing that the local natural resources will be usufructed of error form being able to promote the same degradation or the extinguishing of the same ones.

Sumário

Agradecimentos _____	i
Resumo em Língua Portuguesa _____	ii
Resumo em Língua Estrangeira (<i>Abstract</i>) _____	iii
Lista de Figuras _____	v
Índice da Tabelas _____	vii
1. Introdução _____	1
2. Objetivos _____	7
3. Caracterização da Área de Estudo _____	8
3.1. O Município de Angra dos Reis _____	12
3.1.1. Ilha Grande _____	20
3.2. Parati _____	22
4. Revisão Bibliográfica _____	27
4.1. Sensoriamento Remoto _____	27
4.1.1. Princípios Físicos _____	30
4.1.2. Classificação de Imagens Digitais _____	36
4.2. Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra _____	42
4.2.1. Uso e Cobertura da Terra _____	44
4.3. Geoprocessamento _____	49
4.3.1. Banco de Dados _____	54
4.3.2. Análise Espacial Geográfica _____	56
4.3.3. Aplicações de SIGs em Estudos Ambientais _____	58
5. Materiais e Métodos _____	61
5.1. Aquisição da Base Cartográfica _____	61
5.2. Processamento Digital de Imagem (PDI) _____	62
5.3. Definição da Legenda _____	69
5.4. Construção do Índice de Transformação Antrópica _____	76

6.	Análise de Resultados _____	77
6.1.	Quantidade das Classes de Uso e Cobertura _____	77
6.2.	Índice Transformação Antrópica _____	81
7.	Conclusões e Recomendações _____	88
8.	Referências _____	91

Lista de Figuras

Figura 1	Localização da Área de Estudo _____	9
Figura 2	Praia de Piraquara, município de Angra dos Reis _____	12
Figura 3	Usina Nuclear de Angra I, 2004 _____	15
Figura 4	Bairro Japuibe na periferia de Angra dos Reis, 2005 _____	17
Figura 5	Trecho da Rodovia BR-101, 2005 _____	18
Figura 6	Ilha Grande _____	21
Figura 7	Praia de Paraty-Mirim _____	23
Figura 8	Centro Histórico de Parati _____	24
Figura 9	Praia de Trindade em Parati _____	25
Figura 10	Satélite Lansat-7 em processo de aquisição de imagens _____	28
Figura 11	O Espectro Eletromagnético _____	31
Figura 12	Esquema explicativo que mostra o pixel sendo associado a uma classe temática, gerando um mapa temático _____	37
Figura 13	Exemplo de uma imagem sem segmentação e uma segmentada, nesta ordem ____	39
Figura 14	Exemplo de Classificação quando ao Uso do Solo _____	40
Figura 15	Mapa da dinâmica do Uso da terra no Projeto de Assentamento de São Francisco (PA) – 1992 a 2000 _____	43
Figura 16	Índice de Transformação Antrópica aplicado à Bacia da Baía de Guanabara através de produtos do Sensoriamento Remoto_____	48
Figura 17	Estrutura geral de um SIG _____	50
Figura 18	Em que parte do processo a modelagem conceitual atua _____	56
Figura 19	Exemplo de Ampliação de Contraste aplicado a banda 3 do <i>Landsat-7</i> _____	63
Figura 20	Carta Imagem da Área de Estudo - 1984 _____	64
Figura 21	Carta Imagem da Área de Estudo - 1994 _____	65
Figura 22	Carta Imagem da Área de Estudo - 2002 _____	66
Figura 23	Exemplo de edição de áreas de confusão no mapeamento temático a partir de imagem <i>Landsat</i> _____	67
Figura 24	Exemplo dos pontos de controle adquiridos em campo _____	68

Figura 25	Exemplo de um Afloramento Rochoso na Rodovia BR-101, 2005_____	69
Figura 26	Exemplo de Floresta e sua correspondência na imagem Landsat_____	70
Figura 27	Exemplo de Área de Pastagem, 2005 _____	71
Figura 28	Exemplo de urbano baixo, Barra Grande – Parati, 2005 _____	71
Figura 29	Exemplo de urbano médio, Japuíba – Angra dos Reis, 2005 _____	72
Figura 30	Mapa de Uso e Cobertura da Área de Estudo – 1984 _____	73
Figura 31	Mapa de Uso e Cobertura da Área de Estudo – 1994 _____	74
Figura 32	Mapa de Uso e Cobertura da Área de Estudo – 2002 _____	75
Figura 33	Valores Percentuais das coberturas naturais em Angra dos Reis e Parati no período 1994-2002 _____	78
Figura 34	Exemplo do crescimento, em área, do Distrito de Mambucaba _____	80
Figura 35	Valores do ITA obtidos para as áreas de proximidade de 3km e 6km _____	82
Figura 36	Zonas de Proximidade de 3km e 6km_____	83
Figura 37	Exemplo do decréscimo da área de pastagem de 1994 para 2002 _____	84

Índice das Tabelas

Tabela 1	Bandas LANDSAT-5 e suas principais características _____	33
Tabela 2	Bandas LANDSAT-7 _____	34
Tabela 3	Conjunto taxonômico de uso – Área Urbanizada, exemplos de imagens de satélites, NOAA, <i>Landsat</i> e IKONOS _____	46
Tabela 4	Principais aplicações do produtos de Sensoriamento Remoto em três diferentes níveis de abrangência _____	47
Tabela 5	Formas dos dados espaciais _____	52
Tabela 6	Valores das classes de uso e cobertura da terra para o município de Parati ____	77
Tabela 7	Valores das classes de uso e cobertura da terra para o município de Angra dos Reis _____	77
Tabela 8	Peso atribuído as classes de uso e cobertura para o cálculo do ITA _____	82
Tabela 9	Valores correspondentes as classes de uso e cobertura na área de proximidade de 3km _____	85
Tabela 10	Valores correspondentes as classes de uso e cobertura na área de proximidade de 6km _____	85
Tabela 11	Valores do ITA obtidos para os municípios de Angra dos Reis e Parati _____	86

1 INTRODUÇÃO

A valorização e preservação do meio-ambiente tem sido bastante discutida atualmente e, cada vez mais tem sido parte integrante de projetos de diferentes grupos de interesse que buscam um desenvolvimento sustentável.

O termo desenvolvimento sustentável, segundo Leff (2001, p.59), nos remete a uma problemática ambiental que gerou mudanças globais em sistemas sócio-ambientais complexos que afetam as condições de sustentabilidade do planeta, propondo a necessidade de internalizar as bases ecológicas e os princípios jurídicos e sociais para a gestão democrática dos recursos naturais. Os processos produtivos a que foram submetidos os sistemas sócio-ambientais provocaram impactos sob os recursos naturais exigindo ações de planejamento e administração aplicados a esses recursos, de forma que a demanda por eles não se tornem maior que sua disponibilidade. Dentro deste contexto de busca pelo desenvolvimento sustentável e políticas ambientais eficazes, surge outro termo que irá englobar uma série de ações preventivas e de gerenciamento do meio ambiente¹: o planejamento ambiental.

Os estudos voltados ao planejamento ambiental apresentam como objetivo principal analisar as necessidades da sociedade e as características do meio ambiente através de um estudo prévio sobre estes e a melhor maneira de interagi-los. Não há uma definição precisa sobre o termo planejamento ambiental. Dentre as mais diversas encontradas, uma se destaca por citar a demanda e a oferta que envolvem o planejamento ambiental, ou seja, a demanda social e a oferta de recursos naturais exigindo procedimentos e métodos para o gerenciamento do planejamento ambiental:

¹ Entende-se por meio ambiente: “O conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.” (GUERRA & GUERRA, 1999, p. 152)

“planejamento ambiental consiste em um grupo de metodologias e procedimentos para avaliar as conseqüências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação (linha de demanda); ou um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre aptidões e usos dos territórios a serem planejados (linha de oferta).” (ALMEIDA *et al*, 1999, p.14)

Ainda sobre o planejamento, ALMEIDA *et al* (1999, p.14) sugerem “um conjunto de metodologias e procedimentos” de avaliações possíveis ao território. Essas metodologias irão variar conforme a demanda e a oferta que envolvem o planejamento. O primeiro passo para uma análise da demanda é um “inventário dos elementos do meio físico e seu arquivo, previamente codificados e referenciados geograficamente em um banco de dados” (ALMEIDA *et al*, 1999, p.14). Para o levantamento da oferta dos recursos, os autores sugerem (seja qual for a metodologia envolvida) a realização de mapeamentos do uso da terra e cobertura vegetal e demais características naturais e socioeconômicas. Os cruzamentos entre eles geram mapas de aptidão do terreno indicando “as zonas de concorrência e conflito de usos” (ALMEIDA *et al*, 1999, p.14).

Os levantamentos ambientais são realizados de diferentes maneiras, sendo responsáveis por coletar dados secundários e primários, através de operações bibliográficas, de campo, laboratório ou gabinete. Para Leff (2001, p.72), os procedimentos de levantamento ambiental tendem a gerar especialidades, metodologias de análise e diagnóstico, assim como novos instrumentos práticos para normatizar e planejar o processo de desenvolvimento econômico sobre bases ambientais. O que fará emergir uma interdisciplinaridade muito bem vinda a estes tipos de estudos. Neste contexto, inclui-se a utilização de novas tecnologias como o uso de produtos do Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG), que segundo Cruz (2000, p.) tem sido uma preponderante nos estudos ambientais. Estas tecnologias têm auxiliado na otimização de

processo e precisão de resultados devido à amplificação na velocidade de processamento de dados e na capacidade de armazenamento de informações.

O uso de imagens de sensores orbitais tem apresentado diversas utilidades no âmbito dos estudos da Terra, como atualização cartográfica, monitoramento de queimadas, previsão do tempo, previsão de colheitas, estudos climáticos, estudos de relevo, levantamento da qualidade d'água, mapeamento do uso do solo, levantamentos cadastrais, monitoramento (detalhado) da cobertura vegetal e os mais variados tipos de avaliação ambiental.

Por avaliação ambiental entende-se mensurar e comparar, ou seja, “o balizamento dos processos de gerenciamento e monitoramento ambientais (...) tendo como base de comparação o cenário-alvo pretendido, em todas as suas versões temporalmente atualizadas” (MACEDO, 1995, p.16). A análise temporal considerando dados pretéritos que contribuem em muito com a avaliação ambiental pode também ser feita através de produtos do Sensoriamento Remoto Orbital, através dos bancos de imagens, possibilitando assim a criação de um modelo que possibilite o delineamento de cenários futuros. Este tipo de análise espaço-temporal realizada a partir de dados pretéritos são capazes de evidenciar a transformação que a paisagem natural está sofrendo desde um determinado evento, natural ou antrópico. Em trabalho recente, Rocha & Cruz (2002) fizeram uma classificação e quantificação do uso e cobertura do solo nas APAs da Mantiqueira e Serrinha do Alambari, em Resende, no período de 1980 a 2000 através de cartas topográficas, produtos de Sensoriamento Remoto e técnicas de SIG, verificando que a floresta em diferentes estágios preservacionais, havia crescido 16% em vinte anos, ao contrário do que previam os órgãos municipais, que acreditavam em um crescimento muito acima do realmente encontrado. Através da metodologia adotada pôde-se alcançar os resultados desejados em menor tempo. Para estudos em escala regional, os produtos do Sensoriamento Remoto, mais

especificamente os do *Landsat*², são indicados por mapear áreas mais abrangentes em períodos de tempo mais ajustados à necessidade de variados problemas.

O ambiente SIG possui um grande potencial para criação, manuseio e manutenção de diferentes planos de informação que utilizados de forma conjunta em operações de consulta e análise em geral, possibilitam a identificação e quantificação de dados relativos a fenômenos, os mais distintos possíveis. No planejamento ambiental se faz necessária a estruturação e interação de bases temáticas, muitas vezes associadas a diferentes escalas, compondo uma combinação de análise espacial, processamento de imagens, geoestatística e modelagem numérica do terreno (MNT). Vieira e Bredariol (1997, p.100) comentam que os novos recursos analíticos como os ligados à inteligência artificial, além da análise e síntese de imagens, devem estar implicados no tratamento de problemas ambientais pela facilidade da gestão de dados e o desenvolvimento de novas possibilidades de modelização e de simulação.

A partir de tais considerações foi possível elaborar uma linha de atuação a partir da análise ambiental com a utilização do sensoriamento remoto aplicado em uma porção do território que vem passando por transformações significativas nas últimas décadas.

Dessa maneira, pensou-se em realizar uma análise de uma região que apresenta não só grande potencialidade para a atividade turística, mas também um crescimento industrial importante que tem alterado sua paisagem nas duas últimas décadas. Percebe-se que, após a construção do trecho da Rio-Santos (BR-101) que liga o estado do Rio de Janeiro a São Paulo, na década de 1970 houve um aumento significativo da população no seu entorno, por fazer parte de um dos principais eixos turísticos do sudeste, o que vem causando, por outro lado, grande pressão antrópica sobre os remanescentes florestais da Serra do Mar. Essa pressão só não é maior devido

² O exemplo citado foi apenas o do sistema Landsat por ser o produto utilizado nesta pesquisa.

ao relevo íngreme e de difícil acesso, o que dificulta a ocupação das encostas da Serra do Mar. Ainda assim, ao se percorrer a região é eminente o crescimento populacional (em todas as classes sociais), em grande parte, desordenado, o que causa impactos ambientais de diferentes proporções, reduzindo a qualidade de vida da população, como também a perda de uma das principais formas de renda dos municípios: o turismo.

O trecho em questão é o que liga os municípios de Angra dos Reis e Parati, no litoral Sul do Estado do Rio de Janeiro. Nos dois casos têm-se como importante fonte de renda, o turismo ecológico, que têm atraído empreendimentos imobiliários de grande porte para a região, além do e o turismo cultural, especialmente em Parati, que conserva, além de sua beleza cênica, o centro conservado desde sua fundação, considerado patrimônio histórico nacional e mundial (PARATI, 2005). Em Angra dos Reis encontra-se também a baía de Ilha Grande que reúne mais de trezentas praias que atraem turistas de todos os lugares, não apenas brasileiros. Outra importante fonte de renda local está relacionada às atividades econômicas como a energia nuclear (Usinas nucleares Angra I e II) e o petróleo (Pólo Petroquímico da Petrobrás), que se constituem a segunda maior fonte de renda da região. No local também são encontrados fragmentos da comunidade indígena dos Caiçaras³, que ocupam a região desde o período Colonial.

O objetivo deste trabalho é analisar o grau de transformação do uso e cobertura da terra no entorno da Rodovia Rio-Santos, trecho que engloba os municípios de Angra dos Reis e Parati, nos últimos vinte anos, dando ênfase aos três anos: 1984, 1994 e 2002. Parte-se da hipótese que tais transformações têm-se intensificado ou causado por maiores investimentos voltados ao turismo, apresentando desta forma, uma pressão menor sobre os remanescentes de Mata

³ “Entende-se por caiçaras aquelas comunidades formadas pela mescla da contribuição étnico, cultural dos indígenas, dos colonizadores portugueses e, em menor grau, dos escravos africanos” (DIEGUES, 2005).

Atlântica, normalmente restritos as áreas mais íngremes e maior sobre as áreas de planícies aluviais e manguezais, que constituem as áreas de baixadas.

Através da análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra nos dois períodos e sua estruturação em um banco de dados, obtemos um retrato atual da região que pode servir como ponto de partida para o planejamento de uso e ocupação da terra, avaliando a forma atual de ocupação, evitando assim que seus recursos naturais sejam usufruídos de forma errônea promovendo a degradação ou mesmo a extinção dos mesmos.

Além de apresentar uma análise espaço-temporal da região em questão, este trabalho se propõe a empregar uma metodologia já utilizada por alguns pesquisadores, a saber: WATRIN, (2003), que consiste no uso de produtos do Sensoriamento Remoto para a avaliação da dinâmica da paisagem no Assentamento Rural São Francisco (PA) como contribuição ao planejamento ambiental na região. Após a quantificação do uso e cobertura da terra o que se pretende é verificar a pressão antrópica sobre os recursos naturais e a construção de um mapa síntese no qual será possível observar a evolução da ocupação antrópica sob as áreas verdes. O esperado é que as classes relativas a antropização cresçam em direção a Serra do Mar, bem como o litoral e ilhas. A questão constitui-se na avaliação do quanto este crescimento está desordenado no que diz respeito aos recursos naturais como desmatamento, aterro de mangues, areais em beira de rios nestes vinte anos. Através de um levantamento bibliográfico sobre a região será possível apontar os agentes da sociedade que estão causando a pressão antrópica nestes vinte anos e quantificar a oferta de recursos naturais.

2 OBJETIVOS

Este trabalho propõe efetuar uma análise espaço-temporal das transformações antrópicas no entorno da BR-101 no trecho que engloba os municípios de Angra dos Reis e Parati, nos anos de 1984, 1994 e 2002. Os dados utilizados partem de produtos do Sensoriamento Remoto, neste caso imagens do satélite *Lansat 7*, sensor ETM+ (*Enhaced Thematic Mapper*) e bases cartográficas, estruturados em SIG (Sistema de Informação Geográfica) para quantificação e análise espacial.

Especificamente, os objetivos se constituem em:

- Análise comparativa do uso e cobertura da terra para o período de 1984 a 2002, obtida por classificação digital das imagens *Landsat 7ETM+*;
- Estruturar um Banco de Dados Geográfico em ambiente SIG, enfatizando os totais obtidos por das classes de uso e cobertura vegetal, em valores absolutos (m²) e relativos (%) para cada ano, considerando zonas de afastamento em relação a BR-101;
- Determinar o nível de transformação antrópica para a APA do como forma de mensuração das pressões exercidas sobre a paisagem natural através do Índice de Transformação Antrópica (ITA);
- Cruzar os diferentes mapas temáticos para gerar uma base que contribua para a análise espacial.
- Síntese da dinâmica espaço-temporal da ocupação e uso da terra através de gráficos, mapa-síntese e análise geral dos dados.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada ao sul do Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Parati, (Figura 1) conectados por um trecho da rodovia Rio-Santos (BR-101), definida pelo retângulo envolvente a partir das coordenadas 44° 89' e 23° 84' (CIE) e 44° 08' e 22° 84' (CSD) no fuso 23 Sul. Os municípios de Angra dos Reis e Parati fazem parte da Região de Planejamento Costa Verde. O nome Costa Verde já faz menção à vegetação encontrada na região. São municípios de exuberante floresta e enseadas que abrigam praias e ilhas paradisíacas que se no passado atraíram portos e contrabandistas (PARATI, 2005) por suas tranqüilas águas, atualmente atrai turistas de todas as partes do mundo em busca de um contato com áreas naturais. O relevo da região é outra atração turística. O relevo escarpado da Serra do Mar por um lado dificulta a expansão da ocupação urbana, por outro proporciona belas caminhadas e trilhas até seus pontos mais altos como por exemplo o Pico do Frade de 1578 metros de altitude.

A beleza cênica destes dois municípios tem acarretado uma crescente ocupação gerada principalmente pelo turismo e pela facilidade de acesso que a BR-101 trouxe no início dos anos 1980. Segundo a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis (PMAR) (2004), na época da construção da Rodovia os empreendimentos turísticos, incentivados pela facilidade de acesso, deram início a um processo de ocupação dos melhores terrenos do litoral obrigando a população a morar nas encostas que estão frequentemente sofrendo processo de erosão pluvial por todo ano. Bertonecello (1992, p.77) ao fazer um levantamento sobre o processo de ocupação em Angra dos Reis, chama atenção para a demora da legislação municipal na implementação dos empreendimentos imobiliários que a princípio ocuparam terras com baixas restrições.

(aqui vai uma carta imagem em A3 da localização da área)

A estrutura geológica da região, segundo Projeto RADAMBRASIL (1983, p.31), pertence à unidade denominada de Cinturão Móvel Atlântico, uma faixa litológica de entidades antigas e geradas no ciclo brasileiro que compreende o litoral sudeste, estando dispostas lado a lado, resultado de uma tectônica compressiva. No relevo há o Domínio das Faixas de Dobramentos Remobilizados na região geomorfológica das Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Ainda segundo o RADAMBRASIL (1983, p.335), a região resulta de dobramentos, reativação de falhas e remobilização de blocos, em que as formas de relevo apresentam um forte controle estrutural sob a paisagem local. As planícies fluviomarinhas e fluviolacustres também são parte integrante do relevo, sendo área de deposição dos sedimentos da Serra do Mar. Destaca-se como expressão topográfica a Região das Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Um bloco montanhoso, com altitudes em torno de 1.800m a NW e em torno de 1.000m na vertente litorânea. Ainda como domínio morfológico têm-se os depósitos sedimentares como domínio morfológico, que apesar de descontínuo, apresenta uma significativa expressão areal bordeando os trechos escarpadas. Tais domínios incluem aluviões integrados por areias, cascalhos, argilas inconsolidadas e sedimentos marinhos, constituídos por restingas, cordões litorâneos, planícies e terraços marinhos, flúvio-marinhos e fluviais. É nessas áreas que ocorrem deslizamentos de terra durante as chuvas de verão.

A região é constituída por pequenas bacias, devido ao contato direto da Serra do Mar com o oceano, sendo os rios Frade, Bracuí, Ariró e Mambucaba (que faz divisa com Parati), no município de Angra dos Reis, considerados os mais importantes devido suas grandes extensões. Os segmentos costeiros com maior expressão em área de planícies fluviais e cordões arenosos marinhos são: o baixo curso do rio Perequê-Açu, Graúna, Taquari, no município de Parati e o baixo curso do rio Mambucaba, Frade, Bracuí e Ariró, no município de Angra dos Reis. Estas áreas de planícies encontram-se isoladas por costões rochosos e, nos locais mais abrigados em

relação à ação das ondas, ocorrem expressivos manguezais, a maior parte já degradados ou aterrados (ELETRONUCLEAR,2003⁴).

A interceptação pela Serra do Mar das massas úmidas vindas do oceano proporcionam à região um clima litorâneo úmido com impactos de intensidade moderada sobre a temperatura no inverno. A temperatura média anual fica em torno de 23°C segundo o INMET⁵ (2004), chegando a 32°C no verão e 18°C no inverno. O verão na região é caracterizado por chuvas frequentes e grande probabilidade de eventos de precipitação. A média pluviométrica chega a 2300 mm anuais causando muitos deslizamentos de terra que acarretam acidentes nas estradas e problemas com moradias em áreas de risco.

O relevo acidentado da região ajuda a conservar boa parte da exuberante Floresta Ombrófila Densa que ainda conta com espécimes como jacarandá, cedro, canelas de diversos tipos, araribé e muitos outros (ANGRA DOS REIS, 1977, p.22). Segundo o RADAMBRASIL (1983, p. 581), a vegetação também pode ser classificada de acordo com a altitude. No caso da área de estudo dois grupos podem ser citados: a Floresta Submontana que caracteriza-se por agrupamentos de vegetação encontrados na faixa de altitude entre 50 e 500m sobre a litologia do Pré-Cambriano, quase sempre em relevo montanhoso, e a Floresta Montana que ocupa as altitudes de 500 a 1500m também sobre a litologia do Pré-Cambriano ou Cretácio.

A caça predatória, aterro de manguezais e abertura de mata para pastagem incentivou a criação de diversas áreas de proteção ambiental. Em Parati foi criado em 1971 o Parque Nacional da Serra da Bocaina com 134.000ha além da Área de Proteção Ambiental do Caiuru, a Reserva Ecológica da Joatinga que têm em sua área uma sobreposição com o Parque Estadual da Serra do

⁴ Eixo 3 – Geomorfologia e Solos.

⁵ Instituto Nacional de Meteorologia.

Mar, sendo considerada uma região estratégica em que dois parques chegam na orla marítima (PARATI, 2004). E ainda o Parque Estadual de Parati-Mirim.

3.1 O MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS

O município de Angra dos Reis possui um histórico de ocupação que remete ao período colonial, “tendo na função portuária e de nó de comunicações e seu eixo fundamental; os ‘ciclos’ do açúcar e do café propiciaram a ocupação das suas terras e seu povoamento” (BERTONCELLO, 1992, p. 45). Segundo relatos históricos do site da Prefeitura Municipal de Angra dos Reis (2004), o município era um importante entreposto comercial para as grandes rotas marítimas indo da Europa para São Paulo graças às suas enseadas (Figura 2). Além da posição estratégica dentro do próprio país, pois as antigas rotas terrestres que ligavam Minas Gerais a São Paulo e ao mar, passavam estrategicamente pela região. Os colonos que chegavam de Minas Gerais foram ocupando a região, apesar do pequeno espaço disponível nas planícies litorâneas.



Figura 2: Praia de Piraquara, município de Angra dos Reis (Fonte: ANGRA2000, 2004)

No período colonial a região da baía da Ilha Grande tem uma grande representação portuária, pois o escoamento do ouro trazido do centro do país é feito pelo porto de Parati, que até 1600 fez parte de Angra dos Reis. Além do ouro que passava pela região, a lavoura canavieira foi outro importante ciclo do qual a região fez parte. Bertoncello (1992, p. 48) descreve *apud* Lamego (1964) que em 1794 a região contava com quatorze engenhos de açúcar e noventa e um engenhocas de aguardente. O que fez com que a região, principalmente Parati, fosse conhecida até os dias atuais por suas cachaças artesanais, que também são atrativo turístico do município.

Em meados do século XIX a lavoura cafeeira trará para Angra dos Reis, que já passava por um período de declínio econômico, pois o principal porto era em Parati, uma restauração e Angra dos Reis “se tornou, com o Rio de Janeiro, um dos maiores portos do sul do Brasil” (MONTEIRO, 1954, p.16), beneficiando-se do melhor caminho para atravessar a serra vindo de Minas Gerais e vale do Rio Paraíba. Além do escoamento da produção o porto de Angra também era responsável por receber mão-de-obra escrava. Neste período, ANGRA DOS REIS (2004) nos relata que o município e suas “paróquias” vivem um momento áureo, como é o exemplo da Vila Histórica de Mambucaba, que alcançou grande prosperidade econômica por conta de um porto ali existente, chegando a possuir um teatro. Por volta de 1800 alguns fatores irão influenciar em um novo declínio de Angra dos Reis como o enfraquecimento da lavoura de café, a abolição da escravatura e a construção da estrada de ferro Pedro II (1864) que ligava São Paulo ao Rio de Janeiro diretamente pelo Vale do Paraíba permitindo o escoamento da produção, tirando dessa forma a função portuária de Angra dos Reis (BERTONCELLO, 1992 p.49).

Com a abolição da escravatura e declínio do café, muitos fazendeiros abandonaram suas terras deixando-as para os escravos alforriados que passa viver apenas da agricultura de subsistência. Esta fase, ficou conhecida como período da “decadência” e perdurou até as últimas

décadas até a valorização turística de Angra dos Reis. Segundo Monteiro (1954, p.18) a região ficou limitada a pequenos agrupamentos humanos pelas numerosas enseadas e ilhas, vivendo da pesca e da lavoura, sobretudo a da banana. Até a década de 1950 Angra dos Reis teve sua economia baseada no cultivo da banana e na indústria pesqueira, esta localizada basicamente em Ilha Grande. Em 1930 é inaugurada uma ferrovia ligando Minas Gerais, que nesta época já explorava minérios de ferro, ao porto de Angra. Este por sua vez, sofre um reaparelhamento e Angra recupera sua função portuária.

Além da ferrovia também foi construída a RJ-155 que também ligava Angra dos Reis à Minas Gerais passando por Barra Mansa e Volta Redonda. Mas a recuperação da função portuária ainda não foi suficiente para reverter a estagnação da região. As lavouras de subsistência ainda ocupam a maior parte do território, e só a produção de banana é comercializada. Além das relações de propriedade e os sistemas de exploração da terra continuarem sem modificações.

Porém, o cenário de estagnação em que se encontrava Angra dos Reis começaria a mudar, pois “com a política desenvolvimentista de Juscelino Kubitschek, a década de cinquenta assistirá a construção do Estaleiro Verolme, de capital holandês, no atual distrito de Jacuecanga” (ANGRA DOS REIS, 2004). Segundo Bertonecello (1992, p.58),

a escolha de Angra dos Reis para instalação responde a múltiplas razões. Sem dúvida as condições de sítio – área plana para instalações, com terreno firme e costa marítima considerável, com águas profundas e protegidas – tiveram um peso fundamental. Angra dos Reis oferecia também uma excelente posição, em função da proximidade da principal matéria-prima – o aço – proveniente da Companhia Siderúrgica Nacional de Volta Redonda, e das ligações rodo-ferroviárias existentes entre Angra dos Reis e Barra Mansa.

A construção do estaleiro além da instalação da Escola Naval trouxe um crescimento para a cidade, como a vinda de imigrantes e incremento do comércio. A região cresce e novos bairros, principalmente as vilas operárias incorporam-se à cidade. Neste período o setor industrial

emerge como a atividade econômica de maior peso no estado. Monteiro (1954, p.18) destaca ainda que a valorização de terras e investimentos vinculavam-se a áreas industriais, e esse foi o primeiro passo para tirar Angra dos Reis da estagnação. A instalação da indústria vinculada a atividade portuária e o sistema de circulação representaram a inserção local num projeto nacional que atraiu também a Usina Nuclear Angra I (1972-1980), o Terminal Petrolífero da Baía da Ilha Grande (1974-1979) além da Rodovia Federal Rio-Santos - BR-101 (1974).

O projeto de construção da Usina Nuclear Angra I (Figura 3) está inserido num contexto de modernização brasileira tendo um papel de estímulo para a ciência e tecnologia. Sua localização em Angra se dá pelo fato da proximidade do município ao Vale que Paraíba, no qual o governo fazia planos de que se tornasse um complexo científico-tecnológico (BERTONCELLO, 1992, p.87 *apud* LAGET, 1989). A proximidade dos grandes centros consumidores (Rio de Janeiro e São Paulo), a disponibilidade de água para refrigeração e segurança militar com a presença da Escola Naval também influenciaram nesta escolha.

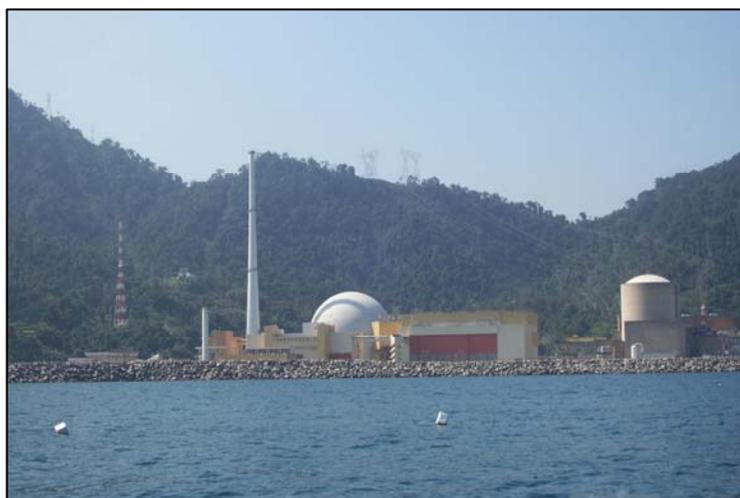


Figura 3: Usina Nuclear de Angra I, 2004 (Fonte: Arquivo pessoal)

Os impactos locais do projeto são inúmeros, como os enormes fluxos de mão-de-obra que ao final da construção não tinham mais onde se inserir no mercado de trabalho; as mudanças no meio ambiente como a ocupação descriteriosa de grandes superfícies e a dificuldade imposta as autoridades locais de suprir as necessidades locais, além do comércio que pouco lucrava com o empreendimento. A mão-de-obra desprendida para a realização do projeto foi basicamente emigrante e no término das obras nem todos foram incorporados ao projeto gerando desemprego e favelização (ocupação de encostas sujeitas a deslizamentos). Trouxe também preocupação para a população local, relativa à possíveis com acidentes nucleares e a poluição visual.

Outro projeto de grande porte que Angra dos Reis recebeu foi o Terminal Marítimo da Petrobrás (TEBIG⁶). Este projeto, concluído em 1977, tem como principal objetivo ser receptor do petróleo importado, descongestionando as instalações da Baía de Guanabara. Betoncello (1992, p.81) explica o porquê de Angra dos Reis relatando que:

“o local escolhido para a sua (TEBIG) localização fica no Km 81 da rodovia BR-101, ao lado do Verolme, e a 12 Km da cidade de Angra dos Reis. A escolha da Baía de Ilha Grande deve-se às condições de sítio, fundamentalmente, a profundidade das águas, e a posição concernente às refinarias de Duque de Caxias (RJ) e de Gabriel Passos (MG), com as quais o Terminal ligaria-se por oleodutos.”

O Terminal conta com uma vila residencial para os funcionários da Petrobrás com 272 casas e a maior preocupação que causa aos moradores da região da Baía de Ilha Grande é o risco com petroleiros que podem causar acidentes ambientais e grandes prejuízos ecológicos, prejudicando não apenas ao meio ambiente mas também aos pescadores locais.

Uma característica marcante destes grandes projetos foi o isolamento em relação à população local. Tanto Furnas quanto a Petrobrás construíram vilas residenciais autônomas e auto-suficientes para seus funcionários que tinham pouca relação com a comunidade local. Os

⁶ TERMINAL MARITIMO DA ILHA GRANDE.

trabalhadores que participaram das construções, que eram basicamente mão-de-obra imigrante, se instalaram na periferia de Angra do Reis em bairros como Japuibe (Figura 4), que atualmente sofre com a favelização e a violência. Neste período também crescem as vilas de Mambucaba e Frade, muito mais influenciadas pela implementação do turismo na região. Betoncello (1992, p.100) comenta em seu trabalho o desconforto e a revolta dos moradores locais causados pela não aceitação dos grandes projetos que de nada contribuíram para o bem estar da população local. A população local que antes era favorável aos projetos passou a culpar estes empreendimentos pelos transtornos sociais ocasionados por eles.

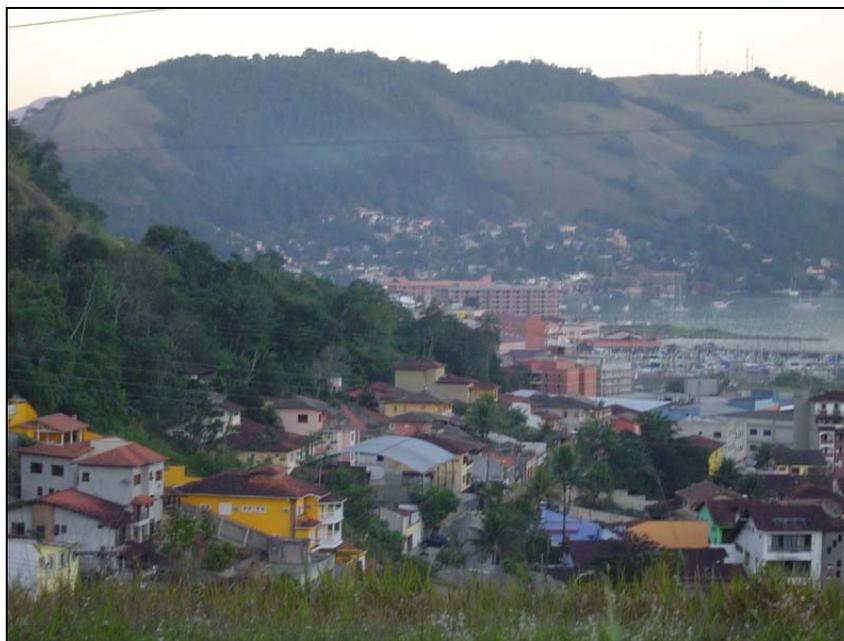


Figura 4: Bairro Japuibe na periferia de Angra dos Reis, 2005 (Fonte: Arquivo pessoal)

Em meio a todo impacto causado, surge a maior acessibilidade à área que proporciona uma mudança ainda maior à região, atrás da construção da BR-101 a Rio-Santos (Figura 5). É bem sabido que o projeto de integração do Governo Brasileiro é balizado na construção de rodovias. *A priori*, a principal justificativa para a construção da rodovia seria a ligação, pelo litoral, entre

os portos de Santos e Rio de Janeiro. Além da integração com o litoral norte do país e uma alternativa à rodovia Presidente Dutra na ligação Rio-São Paulo.

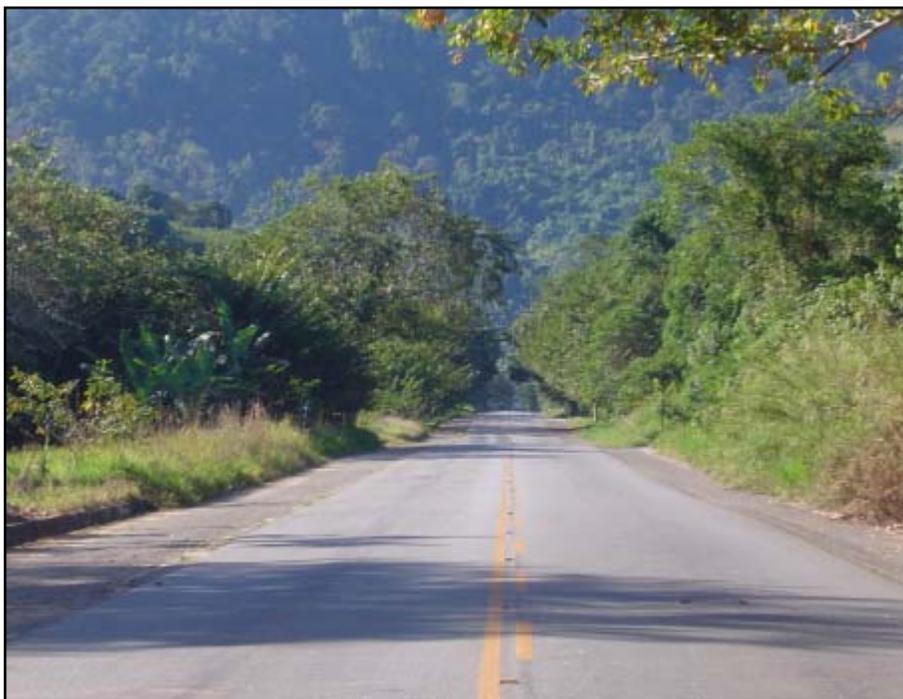


Figura 5: Trecho da Rodovia BR-101, 2005 (Fonte: Arquivo pessoal)

Para a população residente foi colocado que a rodovia modernizaria as estruturas arcaicas da área trazendo também as valorizações turísticas, que já era cogitada na época. A construção da rodovia nada tinha a ver com os interesses locais, mas sim do Governo e das empreiteiras interessadas na construção da rodovia. Porém, “as possibilidades de valorização das terras locais, do comércio, e as enormes possibilidades que o aproveitamento turístico pode trazer, mobilizam os interesses locais, gerando uma opinião amplamente favorável à implantação da rodovia” (BERTONCELLO, 1992 p.68).

A rodovia que trouxe a prometida “modernização” teve suas obras concluídas em 1974 pela COPAVEL (Consultoria em Engenharia LTDA) sob a responsabilidade do DNER

(Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) alterando totalmente o esquema de circulação que estava cristalizado desde os anos cinquentas. Foi responsável também pela alteração no equilíbrio ecológico da Serra do Mar que desde então está sempre sofrendo deslizamentos de terra nas áreas abertas pelo corte da estrada e na própria circulação da fauna. Porém, a maior alteração causada pela construção da rodovia foi a implementação do turismo na região.

A atividade de turismo e lazer veio com a abertura da Rio-Santos como um projeto de gestão da EMBRATUR (Empresa Brasileira de Turismo). Para a população local significaria a apropriação turística das terras e expulsão de moradores. A apropriação de terras era viabilizada através de loteamentos, em grande parte em sistemas de condomínios fechados, ao longo de todo o litoral, sendo apropriadas as terras melhor dotadas para a atividade turística.

O turismo na região foi incentivado não apenas pela facilidade de acesso que a construção da BR-101 provocou, mas também pela viabilidade na compra dos terrenos. Dados levantados na Secretaria de Obras e Cadastro da Prefeitura, mostram que dos 71 loteamentos feitos até 1989, 47 ocorreram depois de 1975. O Projeto Turis da EMBRATUR considera toda a faixa litorânea e ilhas como APPL (Áreas de Preservação Permanente e Lazer) e determina o tamanho mínimo dos lotes em 1200m², podendo-se ocupar apenas trinta por cento destes, o que favoreceria os usos recreativos de alto nível econômico (BERTOINCELLO, 1992, P.105). Conflitos registrados neste período mostram como as aquisições destes terrenos foram feitas de forma duvidosa, obrigando a população local “a deslocar-se para áreas menos valorizadas, como os morros do centro e periferias distantes. Além disso, trouxe uma diminuição da área agrícola e do número de agricultores; passaram a ser comuns os aterros e a destruição dos mangues, fazendo com que surgisse uma grande demanda por obras de infra-estrutura” (ANGRA DOS REIS, 2004).

O turismo trouxe para a região não menos problemas que os projetos industriais pois além de pouco envolver a população local, causou conflitos de terras, aumento da favelização e

problemas ambientais como contaminação de mananciais, desmatamento, deslizamentos por conta da ocupação das encostas, dragagem de canais, retificação de cursos de água para acesso das embarcações e aterro de manguezais que depois dos problemas sociais foram os problemas de maior impacto na região.

A partir de 1990 a administração local passa a implementar projetos que integrem a população local ao turismo, limitando as permissões de loteamento e aumentando as cargas fiscais para usos recreativos. A prefeitura passou também a fiscalizar obras de forma a proteger mananciais e manguezais buscando a “utilização sustentável dos recursos naturais principalmente da Ilha Grande e a valorização do patrimônio cultural, a consolidação da atividade turística como a principal fonte de recursos e geração de renda deverá ser o marco histórico que o final do milênio registrará para Angra dos Reis” (ANGRA DOS REIS, 2004).

3.1.1 ILHA GRANDE

A Ilha Grande (Figura 6) é um dos maiores pontos turísticos de Angra dos Reis com 160 praias nos seus 193km² (HANSEN & MELLO, 2004). A topografia montanhosa que proporciona belas cachoeiras, pequenas enseadas de águas límpidas e a exuberante Floresta Ombrófila Densa, em quase toda sua extensão preservada, proporcionam à Ilha um cenário repleto de opções turísticas.



Figura 6: Ilha Grande (Fonte: OMYGA, 2005)

A ilha tem uma história conturbada que envolve resistência indígena, por parte dos índios Tamoios e tráfico ilegal de escravos. Por volta de 1891 foram criados os dois primeiros distritos: Abraão e Sítio Forte, hoje Araçatiba. A primeira grande obra importante da ilha foi o Lazareto, uma clínica de repouso para doentes, principalmente de lepra e cólera. Para abastecê-lo o foi necessário desviar a água do Córrego do Abraão, construindo-se assim uma barragem e o Aqueduto, um dos monumentos de maior importância histórica da Ilha Grande (HANSEN & MELLO, 2004). Em 1893 o Lazareto foi desativado transformando-se em presídio. A partir de 1940 foi construído em Dois Rios o Instituto Penal Cândido Mendes, com capacidade para aproximadamente seiscentos presos de alta periculosidade e que mais tarde viria abrigar também presos políticos, e após algumas fugas espetaculares e a pressão por o presídio estar situado em local de grande capacidade turística, em 1994 ele foi demolido. Tanto o Lazareto quanto O Instituto Penal Cândido Mendes foram demolidos, este último abrigou diversos presos famosos e

palco de acontecimentos históricos como a criação do chamado Comando Vermelho (CV), facção criminosa que até os dias atuais tem atuado no Rio de Janeiro.

A agricultura seguida pela pesca já foram as grandes fontes de renda dos moradores da Ilha Grande. Atualmente o ilha vive do turismo que está tomando proporções gigantescas e até já ameaça a fauna e flora local. Na ilha há duas áreas de proteção ambiental o Parque Estadual da Ilha Grande (5.690 ha) e a Reserva Biológica da Praia do Sul (3.600 ha) além da proibição de acampamentos em algumas praias. A vila de Abraão já sofre com problemas de escoamento do lixo e abastecimento de água. Já se cogita a idéia de controlar o número de visitantes e a quantidade de dias que estes permaneceriam na ilha de forma a controlar o contingente presente na ilha.

3.2 PARATI

O município de Parati apresenta duas áreas bem distintas: a área montanhosa da Serra do Mar, na qual se destaca a Serra dos Três Picos, Serra da Barra Grande, Serra de São Roque e Serra de Parati, e as planícies litorâneas formadas pela sedimentação dos depósitos de aluvião vindos da serra e depósitos marinhos, nas quais se concentram os principais núcleos populacionais de Parati (PARATI, 1977). Essas planícies, em sua maioria, encontram-se escondidas em enseadas e formam belas praias que compõe o cartão postal de Parati (Figura 7).



Figura 7: Praia de Paraty-Mirim (Fonte: PARATI, 2005)

Os primeiros habitantes de Parati foram os índios guaianás que traçaram trilhas entre o litoral e o planalto, trilhas essas utilizadas posteriormente para ligar o Rio de Janeiro à São Vicente e, na época do ouro ligar o interior ao mar. Até 1667 Parati fazia parte da Vila de N. S. da Conceição de Angra dos Reis e foi a primeira cidade a se emancipar por voto popular elevando-se a condição de Vila de Nossa Senhora dos Remédios de Parati (PARATI, 2005).

A cidade teve seu crescimento associado à descoberta do ouro em Minas Gerais. A partir de então as antigas trilhas foram ampliadas para poder comportar animais que carregavam não somente o ouro proveniente de Minas Gerais, mas também inúmeros produtos para abastecer a população que lá vivia. O ouro vinha pelo célebre “Caminho dos Goianases” (MONTEIRO, 1954, p. 15) ou conhecido também como “Caminho do Ouro” rota turística muito freqüentada atualmente na região. Neste período Parati comportou uma casa de registro da corte portuguesa, um cais e presenciou a construção das igrejas de Santa Rita, da Conceição de Parati Mirim e do

Rosário (CARNEIRO, 2002 p.20). Mas devido às muitas investidas de piratas que se escondiam em praias como Trindade (uma enseada), a rota teve de ser abandonada, e o próprio declínio do ciclo do ouro.

Com o ciclo do café Parati volta ser um importante ponto de apoio por conta de seu porto marítimo para o escoamento da produção do Vale do Paraíba. Porém a construção da ferrovia que ligava Rio de Janeiro ao interior em 1870 deixa Parati isolada economicamente. Este isolamento contribuiu para que a cidade preservasse seus costumes e sua estrutura arquitetônica. Parati foi considerada Patrimônio Estadual em 1945, tombada pelo Patrimônio Histórico e Artístico Nacional em 1958 e em Monumento Nacional em 1966 (PARATI, 2005). No centro de Parati os atrativos são os casarões históricos (Figura 8), a Igreja da Matriz, a Igreja de Santa Rita que abriga obras sacras em seu museu.



Figura 8: Centro Histórico de Parati (Fonte: MAPAGE, 2005)

Parati saiu de seu isolamento econômico através da atividade turística principalmente após a construção da RJ-165, mais conhecida como Parati-Cunha em 1955. E em 1974 a construção da BR-101 que liga a cidade a São Paulo e ao nordeste do país veio consolidar a atividade turística na região.

Além do turismo, Parati tem como fonte de renda a pesca, a agricultura e a pecuária. Esta última, tem pouca representatividade dentro do município. Na agricultura, o destaque é para a cana-de-açúcar que é cultivada para fabricação artesanal de aguardente. A pesca, por sua vez é fonte de renda principal, sendo a atividade que mais absorve mão-de-obra por conta do grande potencial da baía da Ilha Grande.

A cidade conta com uma infra-estrutura turística com cerca de 64 estabelecimentos entre pousadas e hotéis, segundo o último censo demográfico. As inúmeras praias (Figura 9) podem ser visitadas a barco, carro particular ou carros fretados de agências de turismo locais. Além dos engenhos de cana-de-açúcar pois, após o declínio da lavoura açucareira, a região conservou alguns alambiques e é conhecida por suas cachaças artesanais.



Figura 9: Praia de Trindade em Parati (PARATI, 2005)

Há também um incentivo por parte da prefeitura na promoção de eventos culturais como, a Festa da Pinga em agosto, considerada a maior festa da cidade; a Festa Literária Internacional de Parati (FLIP), um evento cultural que a cada ano vem tomando maiores proporções; o Salão Nacional de Artes de Parati em abril; o Dia da Cultura Caiçara em agosto e o Teatro de Bonecos que se apresenta todos os sábados mais de 20 anos.

A atividade turística na região alterou não apenas o centro urbano de Parati que se equipou para o recebimento dos turistas, mas também o espaço rural. Segundo Carneiro (2002, p.39) os empreendimentos rurais passaram a funcionar como novos agentes produtivos dentro das atividades de lazer, transformando-se em pousadas ou hotéis, explorando o passado das fazendas ou o meio ambiente através da instalação de restaurantes e lojas de artesanato e da oferta de excursões por diferentes cachoeiras.

4 REVISÃO CONCEITUAL

4.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O Sensoriamento Remoto consiste na utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos sem que haja contato físico entre eles (NOVO, 1989, p.1). A aquisição de dados é feita a partir da interação energia-matéria, baseada no princípio de que toda matéria emite ou absorve energia a partir de uma fonte (que pode ser o sol ou o próprio lugar), em diferentes comprimentos de onda. Os sensores são equipamentos capazes de coletar a energia proveniente do objeto e convertê-la em um sinal passível de ser registrado, apresentando-o em uma forma adequada à extração de informações (normalmente os chamados níveis de cinza).

Os sistemas sensores são basicamente, fotográficos, de radar, laser, espectômetros e radiômetros. Esses sensores, dependendo do nível de aquisição, podem ser terrestres, aéreos ou orbitais. Os orbitais se dividem, basicamente, nos satélites meteorológicos, nos de aplicações hídricas e nos de recursos naturais. Dentre os de recursos naturais iremos nos ater ao *Landsat 5 e 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)*, cujas imagens serão processadas e analisadas neste trabalho.

O Sistema *Landsat* foi colocado em órbita em 1972 ainda com o antigo nome ERTS-1 (*Earth Resources Technological Satellite-1*) e mais tarde foi substituído por uma série de satélites até lançar o *Landsat-5 TM* (lançado em 1984) e *Landsat-7 ETM+* (lançado em 1999). As bandas espectrais 1,2,3,4,6,7 possuem resolução espacial de 30mx30m – exceto para a banda 6, termal, com 60x60m para o *Landsat-7* e 120x120m para o *Landsat-5*. O *Landsat* (Figura 10) é administrado pela NASA (*National Space and Space Administration*) e aqui no Brasil seu

representante legal é o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), responsável pela aquisição, pré-processamento e distribuição das imagens.

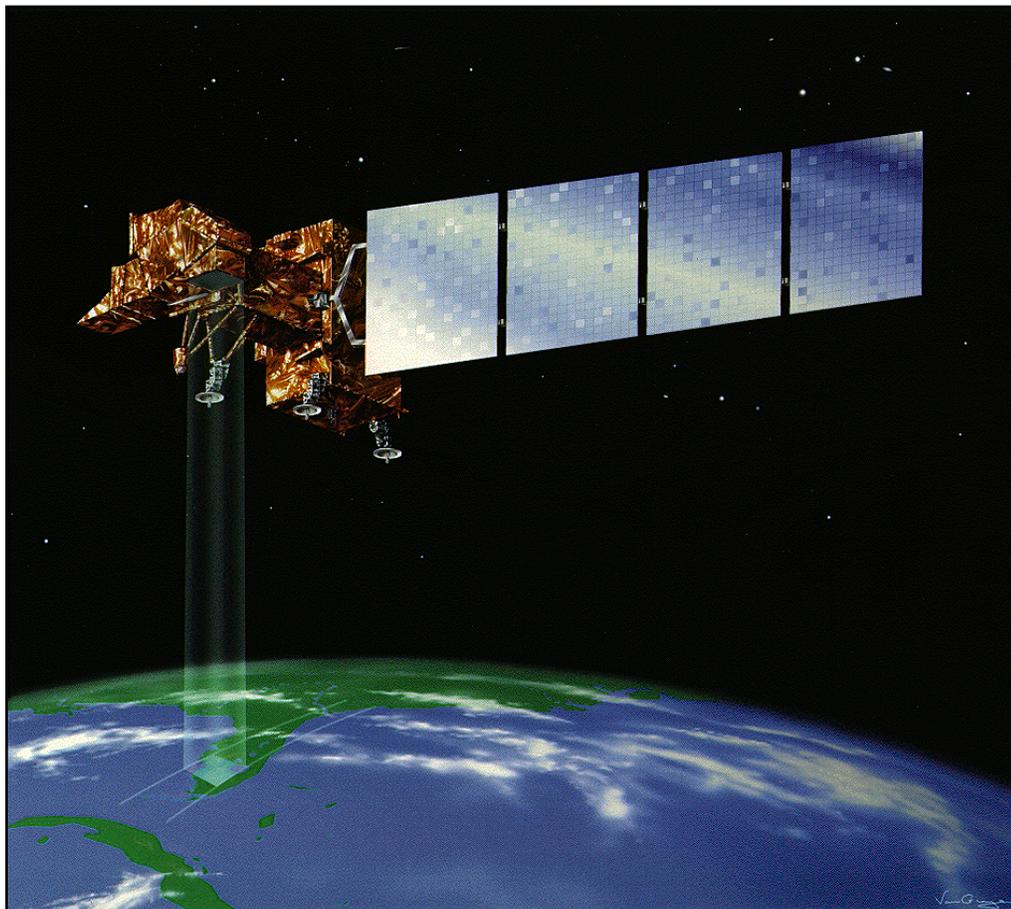


Figura 10: Satélite Landsat-7 em processo de aquisição de imagens (Fonte: NASA, 2002)

A evolução do Sensoriamento Remoto através de novas tecnologias de obtenção e processamento de imagens tomou grandes proporções não só no meio militar, onde sempre houve um maior interesse na difusão desta tecnologia pelo interesse em espionagens e conhecimento do território inimigo. Também no meio acadêmico, principalmente a partir da década de 1960 com o surgimento dos sensores orbitais, propagou-se os estudos de monitoramento ambiental (NOVO, 1989 p. 3).

Atualmente já se tem o registro de diversas contribuições do Sensoriamento Remoto nas aplicações de monitoramento de recursos naturais, tanto a nível internacional quanto nacional.

Segundo Crosta (1992, p.115):

A evolução do Sensoriamento Remoto através de sensores mais potentes, proporcionando imagens com resoluções cada vez melhores, associadas com técnicas de extração de informação oriundas do processamento de imagens, ampliou sua aplicabilidade a diversas áreas do conhecimento: Levantamento de Recursos Ambientais, Análise Ambiental, Geologia, Agricultura, Florestas, Estudos Urbanos, são algumas das áreas diretamente afetadas. Outro fator relevante é a periodicidade das imagens, as quais podem monitorar situações de desmatamento, desertificação, inclusive com possibilidade de prevenção de desastres naturais.

Atualmente, os sensores são carregados por satélites que podem apresentar grande periodicidade em suas passagens e/ou uma maior resolução espacial e espectral em suas imagens. A revisita do satélite a uma determinada região em períodos de tempo mais curto, proporciona um monitoramento mais aprimorado em vários aspectos, como por exemplo, em casos de áreas com grande cobertura de nuvens, haverá um número grande de imagens disponibilizadas que dentre as gerais pode-se escolher mais facilmente uma em melhor condições. No caso da resolução espacial, quanto maior esta for, maior o detalhamento entre os objetos imageados, ou seja quanto menor o objeto passível de ser visto, maior a resolução espacial (PINA *et al*, 2000, p.74) . Já, uma maior resolução espectral resulta em um maior poder de extração de informação pela quantidade de bandas que atuam em um espaço do espectro eletromagnético, quanto maior o número de bandas espectrais e menor largura do intervalo, maior sua resolução espectral (PINA *et al*, 2000, p.74). Esses conceitos e princípios serão discutidos mais detalhadamente neste trabalho.

4.1.1 PRINCÍPIOS FÍSICOS

Toda matéria com uma temperatura maior que zero graus *Kelvin* ($^{\circ}\text{k}$) emite um tipo de radiação, podendo ser considerada uma fonte de radiação (NOVO,1989, p.8). Para o Sensoriamento Remoto a radiação solar é a base para todos os princípios em que se fundamenta essa tecnologia (MOREIRA, 2003, p.15). Ao penetrar na atmosfera terrestre a radiação solar sofre atenuações causadas por espalhamento, absorção e reflexão. O espalhamento se dá por conta das partículas em suspensão na atmosfera e resultam na obstrução das ondas eletromagnéticas até a superfície; os gases e o vapor d'água são responsáveis pela absorção de 16% da radiação solar e apenas 47% da radiação que chega ao topo da atmosfera atinge a superfície da terra sendo por ela paralelamente refletida. A relação entre a matéria e a energia pode ou não ser prejudicada pelas condições atmosféricas. Esta radiação solar sofre vários processos de refração devido a concentração de gases que compõem a atmosfera em diferentes camadas. Além dos gases que fazem parte da composição atmosférica há também as partículas em suspensão e a presença de nuvens. Entender os processos que interagem na atmosfera é de suma importância para os estudos de Sensoriamento Remoto, visto que ela consiste em uma interferência natural “tanto na radiação incidente (irradiância) quanto da radiação que é refletida (radiância) pelos alvos da superfície, que eventualmente, será coletada pelos sistemas sensores” (MOREIRA, 2003, p. 28). Todos estes fatores influenciam na aquisição de imagens e podem comprometer as análises dos dados armazenados. Alguns *softwares* dispõem de funções para correção atmosférica, que para estudos específicos é de suma importância. As formas distintas que os objetos interagem com a radiação solar se dá pela constituição físico-química destes e a interação dos mesmos em diferentes comprimentos de onda. Esta interação varia, portanto, ao

longo do espectro eletromagnético para diferentes objetos. Na figura 11 podemos ver as principais faixas que caracterizam o espectro eletromagnético.

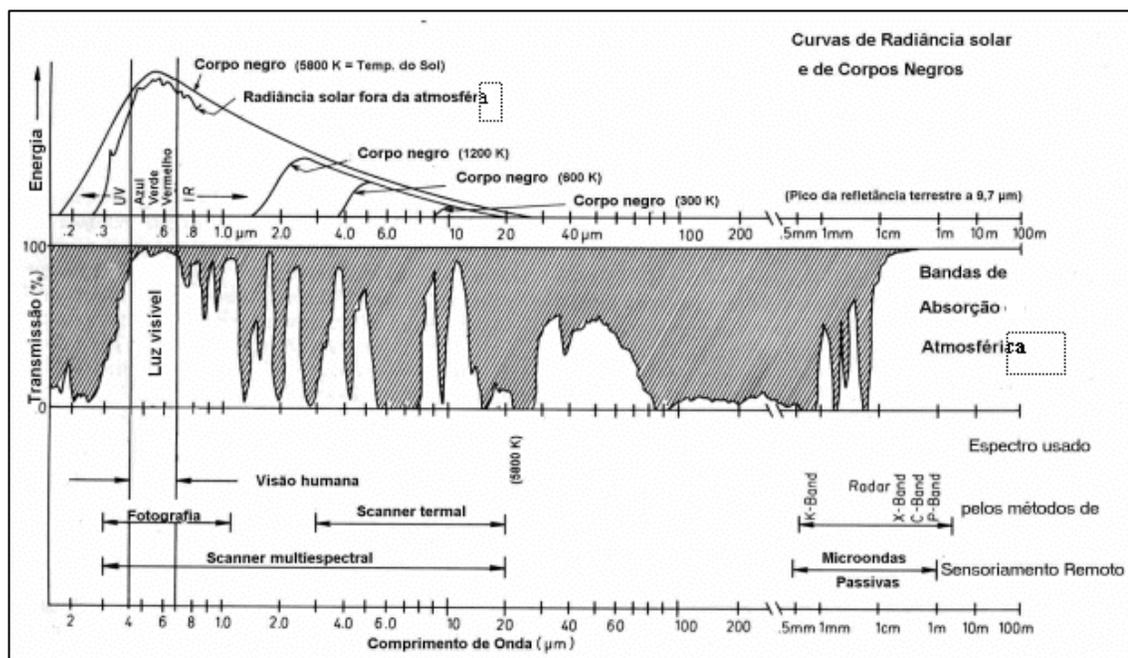


Figura 11: O Espectro Eletromagnético. (Fonte: ENVI, 2005)

Todas as faixas ou bandas do espectro correspondem a intervalos de onda, como se fossem janelas que apresentam respostas exclusivas para determinados tipos de objetos. Após a aquisição, os dados são transformados em arquivos passíveis de leitura na forma de matrizes digitais lidas como imagens.

O sistema de aquisição de dados é composto por fatores determinantes para a qualidade da imagem, como o tipo de sensor, a resolução do sensor, a calibração e a interferência atmosférica. A distância do sensor em relação ao objeto a ser imageado, que caracteriza o Sensoriamento Remoto, define o chamado nível de aquisição de dados. Este nível pode ser de laboratório ou campo, aéreo e orbital. Apesar deste afastamento variar muito, atualmente as escalas obtidas não

estão exclusivamente em função disto. Os trabalhos feitos em nível de laboratório ou campo são bem específicos e dizem respeito, em sua maioria, a estudos relacionados ao comportamento espectral de alvos de forma mais detalhada. A aquisição de dados em nível aéreo, muito usado no mapeamento básico cartográfico, é considerada extremamente precisa, mas cara. Os levantamentos aerofotogramétricos⁶ fazem parte da metodologia indicada para a construção de bases planialtimétricas. Por último tem-se o nível orbital⁷, que permite o incremento de extensas áreas de forma continuada, normalmente discriminando diferentes níveis espectrais (CROSTA, 1992, p.118). Os satélites que operam em nível orbital não recobrem todo planeta de uma só vez. A posição, altitude, rotação e periodicidade com que passam, ou ainda sua estacionaridade serão a peculiaridade de cada um, resultando na aplicabilidade dos sensores que carregam. Por exemplo, o *Landsat 7* encontra-se a uma altura de 705 km tendo uma órbita síncrona com o sol, uma resolução temporal de 16 dias e uma faixa terrestre de cobertura de 185 km, devido a sua angularidade e altitude, diferente por exemplo de um satélite meteorológico que é geoestacionário (estacionário em relação a Terra) e se encontra muito mais distante da Terra, recobrando uma área muito maior.

Para que se tenha um resultado satisfatório na aquisição dos dados uma atenção deve ser dada aos componentes atmosféricos que interferem neste processo, alterando os dados registrados. E, como cada alvo reage de modo diferente em cada banda espectral, é necessário que o usuário tenha conhecimento destas informações na análise das bandas espectrais a serem trabalhadas. Por exemplo, no caso da vegetação o recomendável é que se trabalhe nas faixas do visível e do infravermelho próximo e médio. A tabela 1 refere-se ao sistema *Landsat* e mostra a

⁶ Aquisição de dados por vôos em aeronaves por fotografias aéreas.

⁷ Aquisição de dados através de equipamentos sensores colocados a bordo de satélites artificiais.

relação de cada tipo de alvo em todas as bandas espectrais o que resume alguns aspectos sobre comportamento espectral de alvos.

Banda	Intervalo Espectral (μm)	Principais Características das bandas TM do satélite Landsat-5	Resolução Espacial
1	0,45 – 0,52	Apresenta grande penetração em corpos d'água com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos.	30x30
2	0,52 – 0,60	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão. Boa penetração em corpos d'água	30x30
3	0,63 – 0,69	Permite o mapeamento da drenagem através da visualização da mata galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos.	30x30
4	0,76 – 0,90	Os corpos d'água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo o mapeamento da rede de drenagem e o respectivo delineamento. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade a morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Serve para o mapeamento de queimadas.	30x30
5	1,55 – 1,75	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.	30x30
6	10,4 – 12,5	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.	120x120
7	2,08 – 2,35	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia.	30x30

Tabela 1: Bandas LANDSAT-5 e suas principais características (Adaptado: NOVO, 1989)

As modificações que foram feitas no sensor ETM+ em relação ao sensor TM dizem respeito a faixa espectral em que este sensor passou a operar. A tabela 2 apresenta essas alterações em relação à tabela 1.

Banda	Intervalo Espectral (μm)	Resolução Espacial (m)
1	0,45 – 0,52	30x30
2	0,53 – 0,61	30x30
3	0,63 – 0,69	30x30
4	0,76 – 0,90	30x30
5	1,55 – 1,75	30x30
6	10,4 – 12,5	60x60
7	2,08 – 2,35	30x30
8 (PAN)	0,52 – 0,90	15x15

Tabela 2: Bandas LANDSAT-7 (Adaptado: MOREIRA, 2003)

Os sistemas sensores, em geral, são classificados de várias formas. Quanto à fonte de energia, eles podem ser ativos – aqueles capazes de produzir sua própria radiação, ou passivos – aqueles que não emitem radiação, e são, portanto, dependentes de uma fonte externa, normalmente o Sol. Quanto ao tipo de transformação sofrida pela radiação detectada, temos os não-imageadores e os imageadores. Os não-imageadores são os que não produzem uma imagem do objeto observado e sim uma curva espectral que caracteriza a potência eletromagnética emitida, refletida ou transmitida pelo alvo.

Em geral os radiômetros, como são chamados esse sensores, operam entre 0,4 μm e 20,0 μm cobrindo toda faixa do visível e infravermelho com a principal função de medir valores absolutos de radiância do alvo quando estes se encontram calibrados em relação a fonte de energia. Os imageadores também são chamados de sensores de radar e fotográficos. Os sensores de radar iluminam a superfície realçando as variações de rugosidade e textura da superfície, não considerando as interferências atmosféricas. Enquanto isso, os fotográficos, ou eletro-ópticos

procuram reproduzir o objeto na íntegra, como nas fotografias, e precisam de uma fonte externa de radiação, o Sol, por exemplo. Os sensores passivos são limitados pelas condições do tempo, mas em contrapartida, geram uma imagem próxima do real, sendo de fácil interpretação (CROSTA, 1992, p.118-119).

Os sistemas sensores orbitais passivos também são conhecidos como satélites de recursos naturais. Para se obter imagens de sistemas de sensores, é preciso que se entre em contato com o representante legal destes produtos através de sites oficiais de seus fornecedores, como é o caso do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que é o representante do *Landsat* no Brasil.

No Brasil, o INPE vem desenvolvendo pesquisas no âmbito do Sensoriamento Remoto através do programa MECB (Missão Espacial Completa Brasileira) em busca de implantar um programa brasileiro de recursos naturais. Em 1988 firmou um acordo com a China denominado CBERS (*Chine-Brazil Earth Resources Satellite*) que lançou em 1999 o satélite CBERS-1 com três sensores a bordo, um deles de alta resolução (19,5m), é capaz de gerar fotografias coloridas com aplicações voltadas ao meio ambiente. O Brasil tem direitos iguais sob as imagens que são recepcionadas na China e aqui no Brasil, em Cuiabá. As imagens estão disponíveis na Internet no *site* www.cbbers.inpe.br gratuitamente para pesquisas ambientais.

4.1.2 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DIGITAIS

As imagens digitais provêm de sistemas de varredura multiespectral⁸, que permitem a saída de dados em fitas magnéticas que após serem transportadas para estações terrestres são transformadas em dos tipos de produtos: analógico e digital.

O analógico possui uma interpretação basicamente visual conhecida como fotointerpretação, que são técnicas de análise visual desenvolvidas para atender este tipo de produto. O produto digital é processado em computadores através de técnicas de classificação.

Segundo Crosta (1992, p.107):

A classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto diz respeito à associar cada *pixel* da imagem a um 'rótulo' descrevendo um objetivo real (vegetação, solo, etc). Dessa forma, os valores numéricos (DNs⁹) associados a cada *pixel*, definidos pela reflectância dos materiais que compõe esse *pixel*, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha, etc.), chamadas então de temas.

Logo, a classificação digital consiste em relacionar *pixels* ou regiões de *pixels* da imagem a uma determinada classe temática. Esta classe temática será a representação do terreno na imagem em uma determinada escala, extremamente dependente das resoluções espacial, radiométrica e espectral do sensor. Moreira (2003, p.278) explica a classificação digital de forma mais simples:

⁸ Nos Sistemas de varredura a imagem da cena é formada pela aquisição seqüencial de "imagens elementares" ou "elementos de resolução" ou pixels (NOVO, 1989, p.54).

⁹ DN é a versão em inglês de '*digital number*' ou 'nível de cinza', que consiste na "intensidade da energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho do pixel" (CROSTA, 1992, p. 23).

Durante a classificação de dados digitais, os alvos do universo real recebem a denominação genérica de classes temáticas. Em outras palavras, na classificação procura-se rotular cada *pixel* da imagem segundo a ocupação do solo, semelhante o que se faz na abordagem visual. Para tal, utilizam-se programas apropriados, também denominados algoritmos de classificação ou simplesmente classificadores. A categorização (rotulação) dos valores dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos (programas computacionais) de reconhecimento de padrões espectrais.

Na classificação automatizada o uso de métodos estatísticos é de suma importância para medir o valor de níveis de cinza (NC) da imagem e sua relação com a classe que se deseja atribuir a uma determinada região da imagem. O classificador associa o *pixel* ou regiões de similaridade de níveis de cinza (vizinhança de um determinado *pixel*) a determinada classe temática baseado na assinatura espectral de cada *pixel*, isso para todas as bandas (Figura 12).

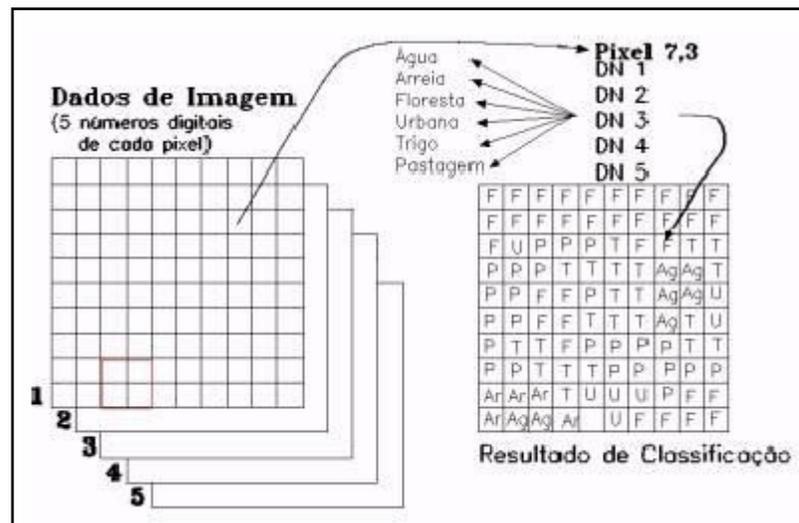


Figura 12: Esquema explicativo que mostra o pixel sendo associado a uma classe temática, gerando um mapa temático. (Fonte: ENVI, 2005)

Os classificadores podem ainda ser não-supervisionados ou supervisionados e ainda contextuais ou *pixel a pixel*. A classificação não-supervisionada é a técnica mais indicada quando o analista não tem um conhecimento prévio da área estudada e pretende fazer uma pré-

classificação. Neste processo é necessário informar o número de classes esperado ou sua ordem de grandeza; a distância mínima desejada entre os valores dos níveis digitais de duas classes e o número de interações realizadas ou quantas vezes o *pixel* deve ser testado. Esta técnica efetua apenas o agrupamento dos *pixels* em regiões homogêneas, sem a associação direta a classes temáticas ou um prévio treinamento, que é determinante na qualidade e definição da classificação. A definição das classes temáticas ocorrerá *a posteriori* a classificação.

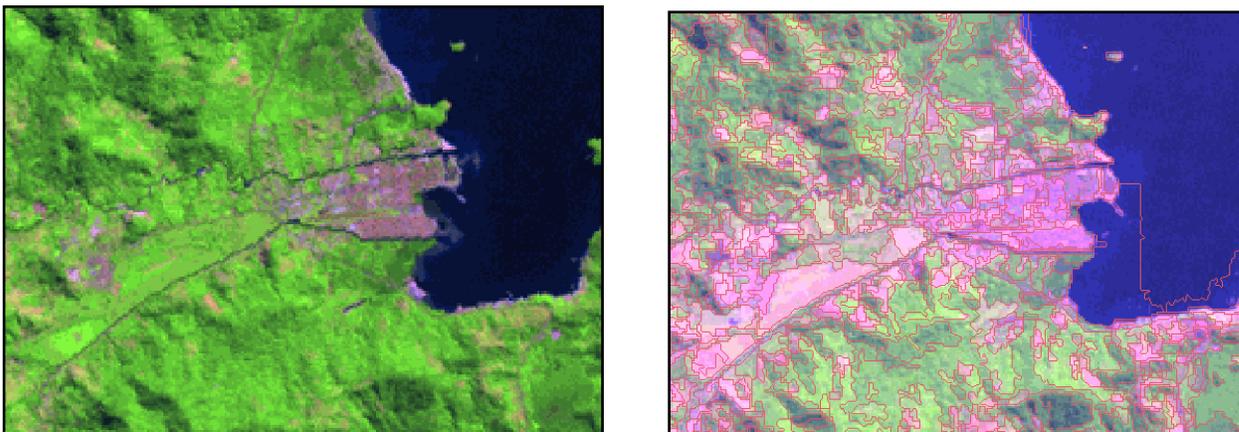
As classificações feitas a partir de amostras de áreas de treinamento recebem a nomeação de supervisionadas. Segundo Moreira (2001, p.279), este tipo de classificação depende do nível de conhecimento do analista, que estará o tempo todo interferindo através do reconhecimento de feições. O primeiro passo para a classificação supervisionada é a definição das classes nas quais a imagem vai ser dividida (água, floresta, agricultura, pasto, áreas urbanas) antes de se iniciar o processo (ENVI, 2005). Classes essas cujas propriedades são bem conhecidas e que tenham representação na imagem não apenas espectral, mas representação visual (CROSTA, 1992 p.111).

Após a definição das classes temáticas segue-se a classificação propriamente dita. E como já foi mencionado a classificação digital utiliza algoritmos estatísticos para a associação *pixel* (ou região) classe. Há vários algoritmos classificadores, dentre eles os mais utilizados atualmente são o Máxima Verossimilhança (MAXVER), no qual se divide em duas etapas que são a identificação por parte do analista das características de cada classe e a coleta de pontos. O classificador irá considerar a ponderação entre as distâncias das médias utilizando parâmetros estatísticos. Quanto mais áreas de treinamento forem coletadas pelo analista nos quais os *pixels* apresentarem uma maior “pureza”, maior a possibilidade do classificador ser mais preciso.

Outro algoritmo muito utilizado, e que será empregado neste trabalho, é o da Classificação por Regiões. Os classificadores por regiões utilizam a informação do *pixel* e a informação

especial que envolve a relação entre o *pixel* e seus vizinhos. A separação por regiões se dá pela informação de borda e as propriedades espaciais e espectrais da classe irão agrupar áreas com mesma textura (MOREIRA, 2003, p.286). A classificação por regiões segue a seqüência de quatro fases: segmentação, extração de regiões, treinamento e mapeamento.

A segmentação é um processo anterior ao treinamento, no qual a imagem é dividida em regiões espectralmente homogêneas, que são usadas para treinamento e posteriormente, a classificação (Figura 13). A segmentação é de grande valia por reduzir a ocorrência de ruídos na classificação, simplificando ainda a imagem em um número de objetos compatível com a escala desejada. Então, a segmentação considera níveis de similaridade definidos pelo especialista considerando as variações espectrais. Logo, somente as regiões espacialmente adjacentes são agrupadas, segundo algum critério de similaridade e área mínima pré-estabelecidos pelo analista. O limiar de similaridade é o quanto um *pixel* se aproxima da média de uma região, podendo ser ou não agregado a mesma, enquanto que a o limiar de área mínima define o número mínimo de pixels necessários para individualizar uma região. (MOREIRA, 2003, p.287).



**Figura 13: Exemplo de uma imagem sem segmentação e uma segmentada nesta ordem.
(Fonte: Arquivo Pessoal)**

A extração de regiões é um processo no qual o classificador irá extrair parâmetros estatísticos, como média, desvio, amplitude de cada região para cada banda espectral.

Na etapa de treinamento são recolhidas amostras pelo analista através da identificação de um conjunto de regiões pertencentes a uma classe. Segundo Crosta (1992, p.115), todos os *pixels* (ou região) associado a uma área de treinamento de determinada classe, constituem o conjunto de treinamento para aquela classe. Os parâmetros estatísticos, ou assinatura espectral de cada classe por banda são usados como referencia pelo algoritmo classificados no momento de decisão sobre a pertinência de uma dada região ou *pixel* a uma classe. A qualidade final da classificação depende da experiência do especialista, resoluções do sensor e conhecimento da área (Figura 14).

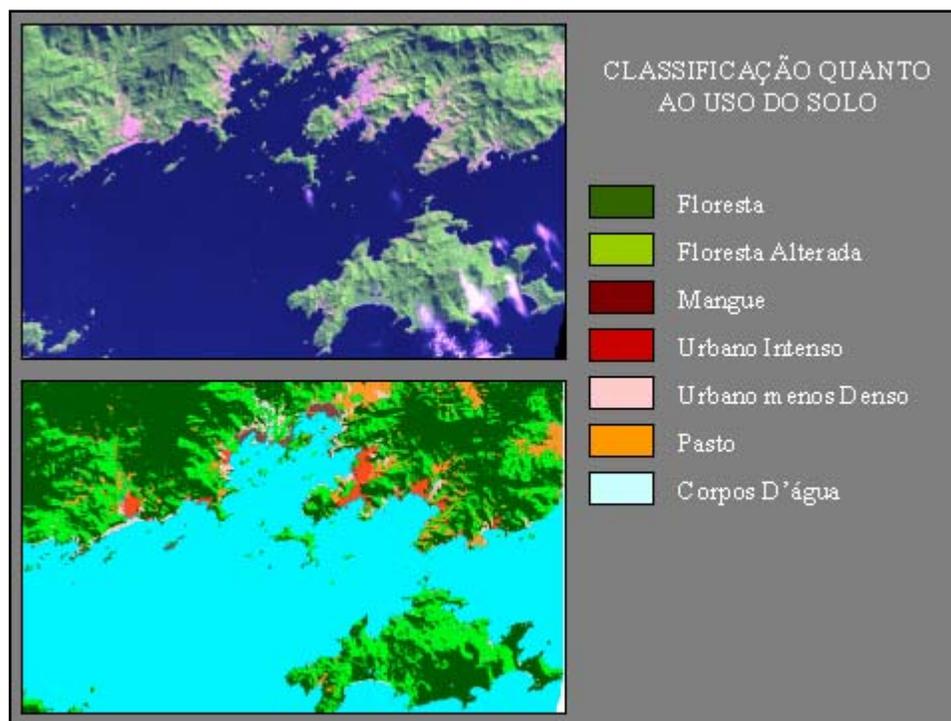


Figura 14: Exemplo de Classificação quando ao Uso do Solo. (Fonte: Arquivo Pessoal)

O método Battacharya, adotado neste trabalho, usa as amostras de treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para as classes apontadas no treinamento. Em seguida, avalia para cada região, a distância de Battacharya entre as classes. A classe que apresentar a menor distância será atribuída à região avaliada (MOREIRA, 2003, p. 288).

Após o processo de classificação o analista associa as classes definidas pelo algoritmo às classes criadas no banco de dados. A essa etapa chamamos de mapeamento. O mapeamento gera um mapa temático matricial que também pode ser transformado em arquivo vetorial. Também é necessário que se edite as áreas de confusão.

Em quaisquer dos métodos empregados na classificação digital se faz necessário a realização de etapas de campo para validação dos mapeamentos efetuados em gabinete, e posteriormente partir para a edição final (manual) para corrigir e ajustar áreas de confusão. Em campo, o analista pode obter pontos em GPS e incluí-los em uma tabela na qual constará a classe de uso e cobertura naquele ponto e uma foto de cada ponto de forma a não deixar nenhuma dúvida na classificação final.

4.2 DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA

Estudos da dinâmica do uso e cobertura da terra a partir de produtos do Sensoriamento Remoto são de grande valia pela quantidade de produtos disponíveis e a velocidade no processamento dos dados gerados a partir desses produtos. Estudos como estes, visam, por exemplo, a análise da expansão urbana, o monitoramento de focos de incêndio ou desmatamentos e expansão de áreas agrícolas (MOREIRA, 2003, p. 228). O acompanhamento da evolução do espaço físico permite monitorar e mensurar este espaço em busca de soluções presentes ou futuras para sua conservação.

Atualmente há uma grande variedade de produtos de Sensoriamento Remoto disponíveis nas mais variadas escalas de detalhe e/ou abrangência que possibilitam estudar diferentes tipos de monitoramento da cobertura da terra, do clima, da água, das feições geológicas e calotas polares. Os sistemas de satélites de recursos naturais, assim como os programas envolvidos no processamento de imagens digitais (PDI) estão se aprimorando a fim de tornar cada vez mais rápido e acessível o monitoramento ambiental.

Outra vantagem da dinâmica do uso e cobertura da terra a partir de produtos do Sensoriamento Remoto é a diminuição da ida ao campo já que o imageamento por satélite, por sua periodicidade diminui custos e otimiza o processo. No site do INPE, por exemplo, há dados diários sobre o monitoramento de focos de incêndio no Brasil. Esses dados são enviados pelo satélite NOAA¹⁰ (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) para a estação receptora (em Cuiabá) e enviados ao INPE, que monitora não apenas dados oceanográficos como também climatológicos.

Em casos de estudos com dados pretéritos, as imagens de uma determinada área estão armazenadas no banco de dados correspondente a determinado sensor. Essas imagens podem ser usadas para um mapeamento temático retroativo através de conhecimento prévio da área, ou mesmo através de dados levantados na bibliografia. O mapeamento também pode balizados por visitas a campo, mapeamentos atuais, ou pesquisa bibliográfica. No trabalho de WATRIN (2003, p.730), com o objetivo de avaliar a dinâmica do uso da terra e seus reflexos na cobertura vegetal no Projeto de Assentamento de São Francisco, sudeste do Pará, a partir do uso de imagens de sensoriamento remoto e geoprocessamento, foram realizados mapeamentos temáticos para os períodos de 1992, 1996 e 2000. A partir da quantificação de todas as classes de vegetação e uso da terra, as imagens temáticas foram cruzadas com base na distribuição espacial de suas informações temáticas, o que gerou, entre outras estatísticas ambientais, um mapa (Figura 15) da perda de área vegetada neste período para as áreas de pastagem.

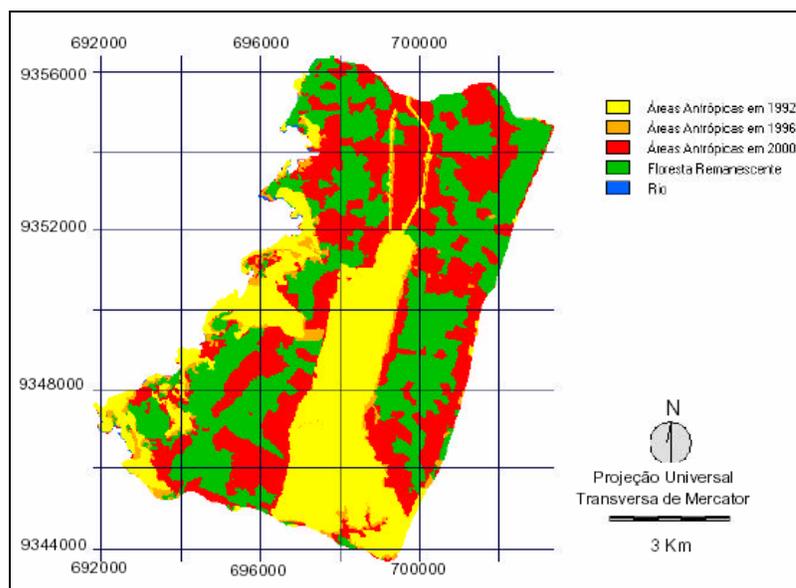


Figura 15: Mapa da dinâmica do Uso da terra no Projeto de Assentamento de São Francisco (PA) – 1992 a 2000. (Fonte: WATRIN, 2003, p.735)

¹⁰ O NOAA é considerado um satélite do tipo híbrido, pois foi projetado para trabalhar com dados climáticos e oceanográficos, entretanto por volta de 1981 passou a ser utilizado também para fins ambientais (MOREIRA, 2003, p.175).

Para estudos de monitoramento é importante salientar que a escala de detalhamento seja a mesma para todas as datas investigadas. No caso de trabalhos feitos a partir de imagens *Landsat*, a escala sempre varia em torno de 1:50.000 a 1:100.000, e portanto o nível de detalhamento abordado permanecerá o mesmo. Estudos de monitoramento feitos a partir de sensores de diferentes resoluções espaciais partem de escalas diferentes, portanto geram produtos com dificuldade de cruzamento.

Além da escala, o número de classes também deve ser levado em consideração pelo analista. A princípio, a alteração deste número vai depender da dinâmica do espaço mapeado. No caso do trabalho de Watrin (2003, p.730), por exemplo, o objetivo era analisar a dinâmica do uso e cobertura da terra em relação a cobertura vegetal.

De uma maneira geral, é preciso muito cuidado na escolha das classes e muita atenção por parte do analista na etapa de treinamento. A heterogeneidade dos alvos pode causar problemas na hora da criação de classes. O ideal é que se crie critérios como os aspectos funcionais da região e a diferenciação de áreas marcantes (FORESTI, 1995 p.143). A discussão sobre as classes temáticas que serão utilizadas deve estar bem explícita, de forma que a cada classe inserida em um mapeamento mais recente, o objetivo central do mapeamento não seja afetado.

4.2.1 USO E COBERTURA DA TERRA

Para se elaborar um mapa de uso da terra é importante uma discussão prévia sobre as classes que constarão neste mapa. Neste contexto vale ressaltar a escala de trabalho e o motivo da classificação. Então, em mapas temáticos que tem por objetivo chamar atenção para

problemas relacionados à ocupação da terra é interessante que se busque uma boa aparência visual e, principalmente, uma coerência nas classes a fim de que realmente esteja compatível com o estudo em questão.

Apesar de ser um tema bastante utilizado, o uso e cobertura da terra apresenta contradições em sua conceituação básica, devendo-se portanto considerar como relevante uma breve discussão sobre a diferença entre o uso e cobertura do solo ou da terra.

Segundo o Dicionário Geológico-Geomorfológico (GUERRA & GUERRA, 1997, p. 582), a palavra solo significa “Camada superficial da **terra** arável possuidora de vida microbiana. Algumas vezes o solo é espesso, outras vezes pode ser reduzido a uma delgada película ou mesmo deixar de existir.” O solo é uma camada da terra. Em locais em que o solo pode não existir são áreas de afloramento rochoso ou rocha em decomposição. A palavra terra é utilizada para indicar a parte superior do substrato, onde ocorre a ocupação. Vieira (2005, p.24) resume que:

a palavra **solo** está mais relacionada à composição dos materiais da crosta terrestre, o que vem a ser confirmado com a sua utilização pela área do conhecimento conhecida como “Solos” ou “Pedologia”. Por outro lado, verifica-se que a palavra **terra** é a mais adequada para compor o nome do tema “cobertura e uso”, ficando estabelecido que, conceitualmente, trata-se do tema “**cobertura e uso da terra**” e não “cobertura e uso do solo”, como especificado em algumas propostas existentes.

Além das terminologias supracitadas é preciso também explicitar os termos **cobertura** e **uso**. Baseado em Vieira (2005, p.26) o termo **cobertura** está relacionado ao revestimento da superfície terrestre representado pelos elementos relacionados aos meios bióticos (formação vegetal), abiótico (rocha, solo exposto, corpo d’água) ou antrópico (construções) e o termo **uso** a toda atividade empreendida pelo homem com propósito socioeconômico em algum tipo de cobertura podendo ou não alterá-la. Conclui-se, portanto, que o termo uso está embutido no

termo cobertura apenas complementando-o no que diz respeito a outras alterações antrópicas como é o caso da agricultura, reflorestamento, mineração ou até mesmo de áreas de preservação ambiental. Por este motivo este trabalho levará em consideração os dois termos.

Quanto a escolha das classes temáticas, com base no Sistema de Classificação de Cobertura e Uso da Terra (SCCUT) proposto por Vieira (2005, p.90), estas se distinguem entre os níveis de observação, que estão intimamente ligados à resolução espacial do sensor. Nesta proposta as classes são divididas em classes de cobertura e classes de uso além dos níveis de abrangência macro (<1: 250.000), meso (1:250.000 a 1:50.000) e micro (1:50.000). Fazendo uma analogia aos produtos do Sensoriamento Remoto seria: abrangência macro, uma imagem NOAA que abrange o Brasil inteiro (por exemplo); meso, uma imagem *Landsat* que abrange uma escala municipal e micro, uma imagem IKONOS que abrange uma escala cadastral. Na tabela abaixo segue um exemplo do nível de detalhamento do conjunto taxonômico de uso – Área Urbanizada.

MACRO (<1: 250.000) Cobertura Geral	MESO (1:250.000 a 1:50.000) Cobertura Detalhada	MICRO (> 1:50.000) Uso Geral
Área Urbanizada	Área Urbanizada Fragmentada	Zona Residencial
		Zona Comercial de Serviços
		Zona Industrial
		Zona de Infra-estrutura

Tabela 3: Conjunto taxonômico de uso – Área Urbanizada, exemplos de imagens de satélites, da direita para a esquerda, NOAA, *Landsat* e IKONOS. (Fonte: Adaptado VIEIRA, 2005, p.119)

Como se pode observar a Área Urbanizada é a mesma, mas o nível de detalhamento com que será classificada dependerá da escala adotada. A tabela 3 também pode ser representada de forma ilustrada, o que explicitaria mais ainda a relação existente entre a abrangência de mapeamento temático e construção das classes. A tabela 4 apresenta o que é possível se mapear

em cada nível de detalhamento e os diferentes tipos de estudo que esses mapeamentos podem gerar, não apenas na Geografia, mas também na Geologia, Meteorologia e programas de Planejamento Urbano desenvolvido por Universidades, assim como diferentes instâncias de governo.

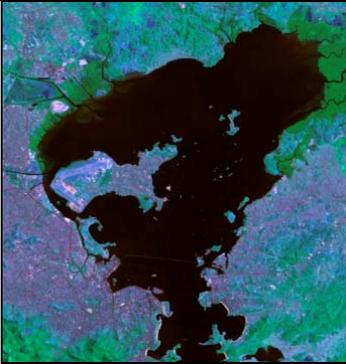
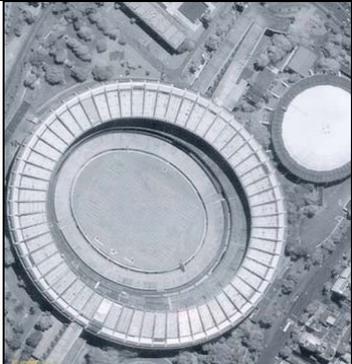
MACRO (<1: 250.000)	MESO (1:250.000 a 1:50.000)	MICRO (> 1:50.000)
		
<p>Monitoramento de dados Climáticos Mapeamento de Extensos Biomas</p>	<p>Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra Atualização Cartográfica Mapeamento de Áreas Vegetadas Qualidade de Áreas Vegetadas Reflorestamento Áreas Queimadas Áreas de Cultivo e Pastagem Delineamento de Corpos d'água Qualidade d'água Mapeamento Geomorfológico Mapeamento Geológico</p>	<p>Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra numa escala mais específica Previsão de Safras Atualização do Cadastro Urbano Qualidade de Áreas Vegetadas Urbanismo e Paisagismo Identificação de Áreas potenciais para o Turismo</p>

Tabela 4: Principais aplicações dos produtos de Sensoriamento Remoto em três diferentes níveis de abrangência. (Fonte: Arquivo Pessoal, informações de CROSTA, 1992, p.120-142)

Um exemplo de produto gerado a partir do mapeamento temático de cobertura e uso da terra pode ser encontrado em Cruz *et al* (1997, p.4_48p) que gerou Mapa de Sensibilidade Natural quanto à capacidade de renovação das águas da Baía de Guanabara. Foram usadas

técnicas de Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, aliadas ao Índice de Transformação Antrópica (ITA) de Lèmechev, modificado por Mateo (SANCHES, 1997 *apud* CRUZ *et al*, 1996, p.4_48p), para estudar o comportamento das principais sub-bacias hidrográficas da baía. Os resultados são então confrontados com a qualidade das águas da baía, obtida a partir da análise de parâmetros hidrobiológicos por Mayr. O mapeamento temático submetido a uma cota de peso nas classes (do maior ao menor teor de transformação antrópica) e o cruzamento dos resultados obtidos com a qualidade das águas da baía determinaram a carga antropogênica (Figura 16) e a sensibilidade a que se encontra submetida a Baía de Guanabara e suas águas.

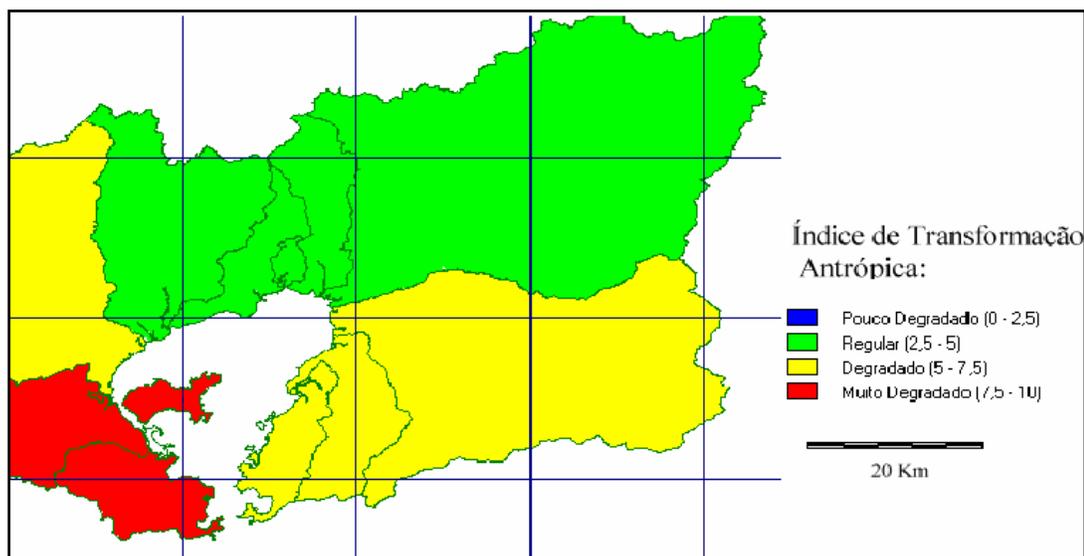


Figura 16: Índice de Transformação Antrópica aplicado à Bacia da Baía de Guanabara através de produtos do Sensoriamento Remoto. (Fonte: CRUZ *et al*, 1997, p.4_48p)

Em suma, além do mapeamento básico e temático, os produtos do Sensoriamento Remoto também podem gerar mapas temáticos através de técnicas de análise espacial disponíveis em softwares especializados em Geoprocessamento, ou mesmo gerar dados quantificados que podem

ser especializados e, por ultimo gerar modelos digitais de simulação de fenômenos, os mais variados possíveis.

4.3 GEOPROCESSAMENTO

O conceito de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi desenvolvido originalmente nos anos 60, como um meio de sobrepor e combinar diversos tipos de dados em um mesmo mapa. Ao invés de apenas automatizar a função de desenho como no sistema CAD (*Computer Aided Designer*), o SIG associa atributos gráficos e não-gráficos de recursos cartográficos. Os mapas resultantes mostram dados geográficos, ambientais ou demográficos, separadamente ou em combinação (PAREDES, 1994, p.19). Em interface com o SIG estão a aquisição de dados digitais, cartografia digital, uso de tecnologias como o GPS, processamento de produtos do Sensoriamento Remoto, banco de dados georreferenciados, Modelo Digital do Terreno e dados cadastrais e em redes.

Um conjunto de disciplinas é necessário para compor a interface SIG, dentre elas, destacam-se: o Sensoriamento Remoto, Geodésia, Fotogrametria, Cartografia, Pesquisas Operacionais, Ciência Computacional, Matemática, Engenharia Civil e Estatística. Além das tecnologias relacionadas ao SIG como Inteligência Artificial, Mapeamento Automatizado, Gerenciamento de Banco de Dados e Sistemas de Informação Cadastral. Tudo isso interligado a subsistemas de processamento e análise de dados bem como seu gerenciamento(Figura 17).

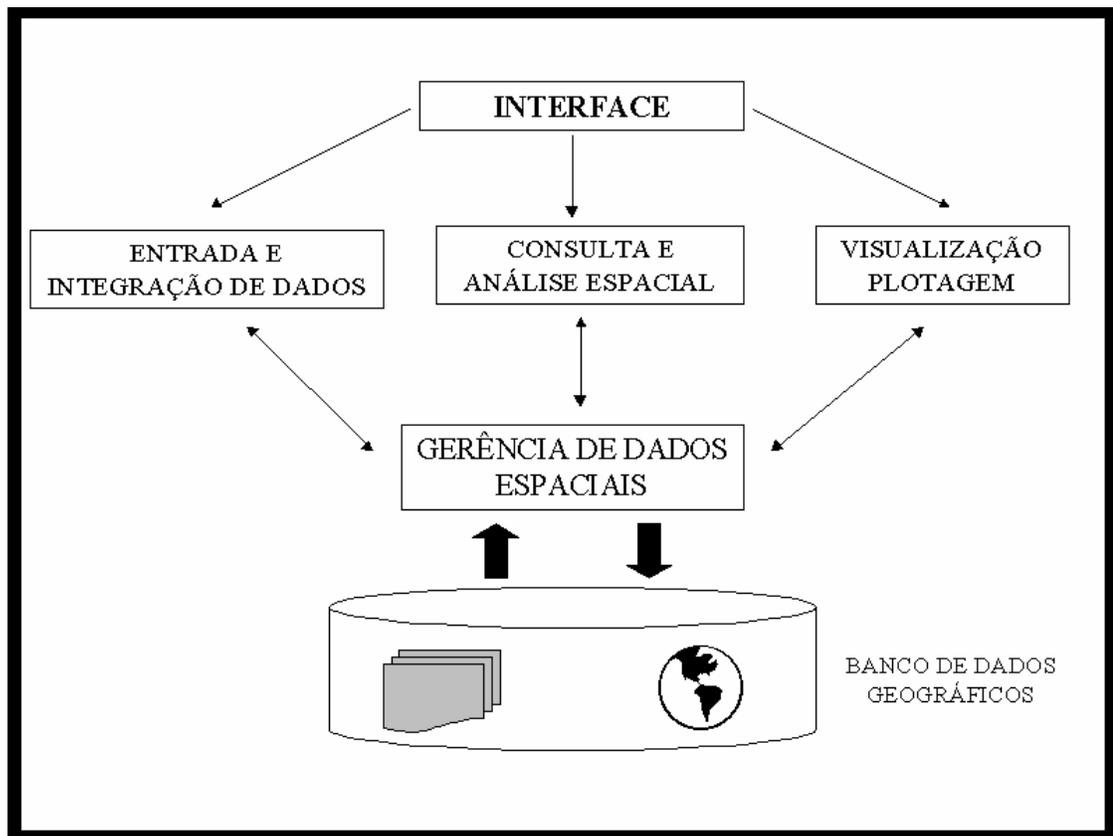


Figura 17: Estrutura geral de um SIG. (Fonte: Adaptado MOREIRA, 2003, p.287)

A função básica de um SIG é a aquisição, gerenciamento, análise e exibição de resultados (PAREDES, 1994, p.28). Os principais benefícios de um SIG são o melhor armazenamento e atualização dos dados; recuperação de informações de forma mais eficiente; produção de informações mais precisas; rapidez na análise de alternativas; e a vantagem de decisões mais acertadas (SANTOS *et al*, 2000 p.17).

No Brasil, o uso de geoprocessamento e SIG se deu na década de 1980 com pesquisas do INPE e UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) nos quais desenvolveram SIGs que são utilizados até hoje em projetos ambientais: o SAGA (UFRJ) – Sistema de Análise Geoambiental

e SPRING (INPE) – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, este disponibilizado gratuitamente no site do INPE. Com a evolução da microinformática os estudos para elaboração de novos SIGs tem crescido cada vez mais.

Para se realizar qualquer operação em um SIG é importante que se entenda a estrutura do SIG de maneira a armazenar os dados de forma mais precisa. É importante também que conheça um pouco sobre os principais conceitos que envolvem um SIG. O **dado**, por exemplo, é isento de interpretação e gera a informação geográfica (dados físicos, sociais, econômico etc) que é processada conforme o interesse final do manipulador, e do software que está gerando este dado.

A princípio, o dado pode ser gráfico – corresponde à base cartográfica, na qual as entidades como pontos linhas e polígonos representam os diversos aspectos existentes e possíveis de serem mapeados. Há também o dado não-gráfico (tabelas) que são os dados textuais ou numéricos, de caráter descritivo. As informações numéricas correspondem a especificações codificadas em números representando fatos do mundo real como dados climáticos ou de altimetria de um terreno (SILVA, 1999, p.109). Os dados gráficos encontram-se na estrutura vetorial ou raster e, em sua maioria, contêm informações associadas a sua forma. Quanto a forma, os dados espaciais podem ser pontos, linhas, polígonos e superfícies (PAREDES, 1994, p. 118-121). A tabela 5 apresenta exemplos das variações dos tipos de dados espaciais.

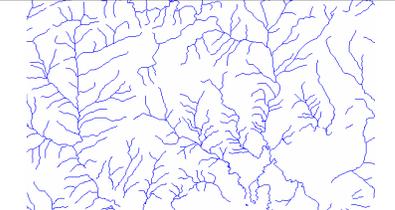
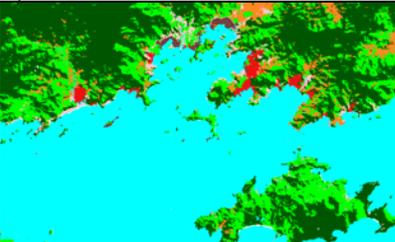
<p>PONTOS (Única Coordenada x, y)</p>		<p>Ponto descritivo de campo Acidente de trânsito Árvore Altitude</p>
<p>LINHAS (Cadeia de coordenadas x, y com ponto inicial e final)</p>		<p>Hidrografia Estradas Linhas de falhas Linhas de transmissão</p>
<p>POLÍGONOS (Cadeia de coordenadas com mesmo ponto inicial e final)</p>		<p>Municípios Distritos Solos Construções</p>
<p>SUPERFÍCIES (RASTER) (Três coordenadas x, y, z)</p>		<p>Mapa de Uso e Cobertura da terra Imagem de satélite Mapa de declividade</p>

Tabela 5: Formas dos dados espaciais. (Fonte: Adaptado (PAREDES, 1994, p.121))

O dado é todo elemento que será transformado em informação pelo sistema a ser empregado. A aquisição de dados requer cuidados especiais por parte do usuário pois é necessário que se tenha conhecimento da origem, da qualidade e do formato do dado utilizado. Xavier da Silva (2001) chama atenção quanto a criação de uma base de dados adequada e eficiente para a utilização em SIG, pois sua integridade pode comprometer todo trabalho. Na realidade, quando se realiza qualquer processo de aquisição de dados já está embutido um erro que é chamado de incerteza (SILVA, 1999, p.117). A incerteza é o conceito ou a condição de

dúvida sobre valores obtidos, o que no processo de transformação do meio real para o digital, dentro de uma escala compatível, é tolerável.

Os métodos mais comuns de aquisição de dados são os geodésicos, fotogramétricos, conversão de mapas e Sensoriamento Remoto. O método geodésico é o mais preciso para captura de dados utilizados para controle (PAREDES, 1994, p.175). Ele consiste, basicamente, em adquirir dados pontuais em campo com auxílio de aparelhos do sistema GPS. A tecnologia de posicionamento terrestre, essencial para se referenciar os dados espaciais, é baseada em satélites e operada pelo Departamento de Defesa dos EUA. Neste sistema, a posição precisa é determinada através da medição da distância entre o ponto em que se encontra posicionado o aparelho e, pelo menos, seis satélites eletronicamente visíveis. A distância do ponto ao satélite é estabelecida pela medida do tempo de viagem do sinal de rádio emitido para o satélite (PINA *et al*, 2000, p.68). Alguns aparelhos precisam de uma correção que pode ser em Tempo Real ou Diferencial Pós-Processada, nestes, a estação base calcula e transmite o erro no mesmo instante ou registra o erro para um pós-processamento. O sensoriamento remoto é exemplo de utilização de técnicas que necessitam de GPS. Eles são usados em correção geométrica de imagens e trabalhos de campo com a finalidade de validar classificações temáticas.

A fotogrametria é a obtenção de dados por fotografia aérea e todo processo que envolve a interpretação desses dados. Atualmente a fotogrametria já está disponível em meio digital gerando um produto de classificação já em meio digital. O método de Sensoriamento Remoto, como já foi discutido neste trabalho são manipulados em softwares de processamento de imagens também contribuindo para a elaboração de mapas temáticos entre outras aplicações em SIG.

A metodologia de conversão de mapas diz respeito a transformação de mapas em meio gráfico para o meio digital. Essa conversão pode ser feita através de digitalização manual, ou por meio de digitalização automática (*scanner*). Em processos de digitalização manual os mapas

são traçados sobre mesas digitalizadoras e na automática os mapas são varridos (*scanning*) produzindo dados digitais que devem ser convertidos em formatos vetoriais ou serem usados como formatos raster (matricial) (PAREDES, 1994, p.181).

4.3.1 BANCO DE DADOS

Os dados espaciais gráficos ou não, em geral, são complexos e para organizá-los de forma ordenada eles são armazenados em banco de dados geográficos. O banco de dados geográfico (BDG) integra o SIG e tem a função de armazenar dados passíveis de consulta, e recebe o termo Geográfico em função da manipulação de dados que necessitem de uma localização espacial.

Uma base de dados espacial é uma coleção de entidades referenciadas espacialmente que atuam como modelo da realidade. Ela deve representar um conjunto selecionado de fenômenos, que relacionados são aqueles que julgamos importantes para serem representados na forma digital. Um modelo de dados espacial mais conhecido é o mapa. Eles são modelos subjetivos da realidade (PAREDES, 1994, p.305).

A organização de um BDG se dá por a) categorias: classe das feições; b) objetos: individualização das feições; e c) feições: são as feições da categoria. As categorias podem ser cartográficas ou temáticas. Para a interrelacionar os dados de um banco de dados é necessário Sistema Gerenciados de Banco de Dados (SGDB). O SGBD corresponde a um conjunto de programas que serve para acessar os dados e proporcionar um ambiente conveniente e eficiente para retirar, armazenar e atualizar as informações contidas no BDG. Os principais desafios que os enfrentam são: redundância dos dados, inconsistência, dificuldade no acesso aos dados,

isolamento dos dados, múltiplos usuários, segurança e integridade dos dados (SILVA, 1999, p.150).

Os SGBD apresentam uma variedade de arquiteturas segundo o esquema de funcionamento interno de relacionamento entre os componentes. Dentre as arquiteturas existentes para este trabalho destaca-se a Arquitetura Dual. Nesta, os dados geográficos podem ser acessados através de uma interface gráfica (GUI – *Graphical User Interface*) ou através de uma linguagem simples de programação, sendo gerenciados segundo uma codificação em estruturas proprietárias. Os dados alfanuméricos também são codificados e armazenados numa estrutura tabular semelhante a dos outros SGBD, podendo ser tratados também em ambiente proprietário, totalmente integrado ao produto. Além de adotar um SGBD relacional (externo) complexo para gerenciar os dados alfanuméricos (VICENS, 2003, p.40). A arquitetura dual presente nos softwares como o Spring e o ArcView permite que os dados gráficos e não-gráficos sejam manipulados de forma separada, diferente dos softwares que possuem sistemas integrados, em contrapartida são mais “leves” e qualquer máquina pode ler.

Escolhida a estrutura a ser adotada, os dados devem ser modelados dentro de padrões estabelecidos e linhas de aplicações definidas (para entidades e atributos), sem duplicações e redundância de dados, aplicando o conceito de modelo conceitual. A modelagem conceitual (Figura 18) especifica o conteúdo de uma base de dados padronizando e integrando os dados, estabelecendo relacionamentos de mapas, entidades e atributos e otimiza a análise de dados (PAREDES, 1994, p.329).

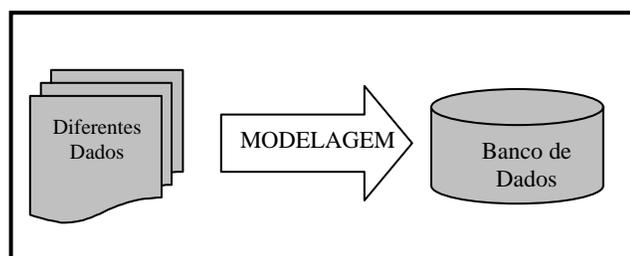


Figura 18: Em que parte do processo a modelagem conceitual atua. (Fonte: Arquivo pessoal)

Após a modelagem e implementação da base de dados são realizadas as consultas e análises espaciais em ambiente SIG. As “operações mais comuns são as pesquisas de dados e a busca de informações de acordo com algum critério de seleção (por exemplo, pela localização, proximidade, tamanho, valor, e análises espaciais que envolvem modelagem e análise de padrões espaciais e de relacionamento de dados” (SANTOS *et al*, 2000, p.17).

4.3.2 ANÁLISE ESPACIAL GEOGRÁFICA

O espaço geográfico é um sistema complexo de equilíbrio móvel regulado por causas múltiplas, interdependentes e interativas. A informação geográfica contida neste espaço é suscetível de registro e análise (PAREDES, 1994, p.403). Devido à variedade das informações geográficas disponíveis, torna-se importante perguntar-se: onde ocorre determinada informação? E, onde aparece cada uma delas?

As origens da análise espacial estão no desenvolvimento da geografia quantitativa e estatística dados. Na definição de Paredes (1994, p.329) a análise espacial permite a descrição

dos mapas individualmente, a comparação de dois ou mais e a identificação dos relacionamentos existentes. Ela oferece uma caixa de ferramentas que pode, a princípio, ser aplicada a todos os dados geográficos e executada em espaços uni, bi e tridimensionais.

Os principais processos relacionados a análise espacial são a modelagem, que diz respeito a estruturação dos dados, e a *query* (pergunta) que se dá através de relações topológicas. Segundo Silva (1999) elas podem ser: interseção, igualdade, cruzamento (*clip*), adjacência (vizinhança), contigência (*merge*), proximidade (*buffer*), reclassificação (função unária), a reclassificação por atributo, análise de contiguidade (Índice de *Moran* e Índice de *Geary*) e *krigagem* (geoestatística). Além do Modelo Digital do Terreno (MDT), das operações de superposição (imposição, máscara, colagem, comparação, associação e sincronização) e simultaneidade *booleana*.

Destas operações, se destacam algumas que serão desenvolvidas neste trabalho como a reclassificação por atributo, que utiliza métodos matemáticos para classificar imagens digitais gerando mapas temáticos. Destes mapas temáticos é possível gerar outros mapas em cruzamento com outros mapas temáticos como por exemplo mapas geológicos, ou mesmo quantificar as classes em valores absolutos ou percentuais para geração de mapas estatísticos. O ITA (Índice de Transformação Antrópica) é um exemplo de mapa gerado por quantificação de classes temáticas através de pesos dados a essas classes (TEIXEIRA, 2003, p.87).

A operação de proximidade delimita áreas de influencia (*zonas/buffers*) para uma entidade determinada pelo analista em relação a um ponto, linha ou polígono.

A lógica *booleana* baseia-se em estabelecer limites determinados a partir de informações consideradas falsas, atributo zero e verdadeiras, atributo 1. Para gerar um mapa de cruzamento de informações como o que se pretende gerar neste trabalho, a operação topológica utilizada será baseada na Simultaneidade *booleana*. Neste processo o operador utilizado é o **AND** no qual

áreas em comum representam o valor 1 e as que não apresentam a mesma posição geográfica 0. Assim, identifica-se áreas onde ainda há vegetação e onde esta classe já sofreu alteração. (CAMARA, 2001, p.2-9).

Além das operações supracitadas, uma outra que fará parte deste trabalho é a que utiliza o algoritmo “efeito de borda”. Este permite espacializar aleatoriamente as mudanças entre as diferentes classes temáticas e gera todas as bordas das classes e armazena os *pixels* que formam as mesmas, bem como aqueles *pixels* com os quais fazem contato (WATRIN, 2003, p.100).

4.3.3 APLICAÇÕES DE SIGs EM ESTUDOS AMBIENTAIS

A aplicabilidade do Banco de Dados Geográficos (BDG) em SIG já é conhecida em projetos de análise ambiental, e principalmente na análise da dinâmica da paisagem, remota aos primeiros usos destas técnicas. Atualmente é praticamente impossível se pensar em análise ambiental ou projetos de planejamento urbano que não utilize as técnicas de SIG.

Dentre as principais aplicações se destaca o levantamento de recursos naturais, mapeamentos temáticos, modelos de simulação de redes, monitoramento de habitat de vida selvagem, estudos de áreas agricultáveis, estudos de impactos ambientais, gerenciamento da qualidade de água, gerenciamento e planejamento de recursos naturais e monitoramento e avaliação ambiental.

Dentre os mais diversos trabalhos que utilizam o SIG e BDG em projetos ambientais dois foram escolhidos aqui para exemplificar o uso dessa tecnologia em planejamento urbano e

monitoramento ambiental a partir da manipulação de um banco de dados através de análises de mapas temáticos.

O primeiro trabalho é do INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais) e da UNESP (Universidade Estadual Paulista) e tem como objetivo traçar o melhor caminho para a construção de uma rodovia na Região Metropolitana de São Paulo utilizando produtos de Sensoriamento Remoto e técnicas de SIG.

Os dados que alimentaram o banco de dados foram um mapa de classificação de uso da terra elaborado a partir de imagem *Landsat-7*; mapas geomorfológico e de declividade e cartas topográficas. Após o tratamento de todos os dados, como digitalização das cartas e correção da imagem, “os dados temáticos foram analisados junto a uma equipe formada por especialistas da DERSA¹¹ e da EMPLASA¹², atribuindo-se conceitos às suas classes temáticas, considerando a aptidão física destas à implantação de uma rodovia. A manipulação dos PI's foi realizada sobre cada célula independentemente, num processamento "ponto-a-ponto"” (PENIDO *et al*, 1997). Após a confecção dos mapas foi feita uma integração dos mapas básicos (uso e cobertura da terra e declividade, geomorfologia), e todas as combinações possíveis entre suas classes temáticas foram relacionadas e descritas na forma de expressões lógicas, que foram implementadas em algoritmo executado pelo SPRING/INPE. Estas combinações resultaram em classes que foram conceituadas de modo a compor um mapa-síntese de aptidão física. Deste mapa foram coletadas informações para avaliar e comparar as alternativas do roteiro da rodovia. Neste mapa-síntese foi possível identificar áreas de mancha urbana, áreas florestadas, de várzea e relevo acidentado impróprios para a construção. O trabalho final apresentou um traçado sugerido para a construção da rodovia a partir de análises matemáticas e estatísticas utilizando ferramentas de SIG.

¹¹ DERSA (Desenvolvimento Rodoviário) é a empresa responsável pela construção da Rodovia.

¹² Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo.

O segundo trabalho refere-se a “Aplicação do Sistema de Informação Geográfica e Regional Ambiental (SIGRA) em Estudos de Impacto Ambiental e Riscos Ecológicos em Águas Correntes no Monitoramento da Brigada Militar e na Gestão Ambiental na Serra Gaúcha” (PEREIRA *et al*, 2003).

O trabalho foi executado através dos softwares SPRING/INPE e ARCVIEW/ESRI utilizando cartas topográficas, imagem *Landsat-7* e informações coletadas em campo. Os produtos gerados foram o BD que permite atualizações constantes sobre a região, como informações sobre o meio físico e biota, gerando índices ambientais; mapas temáticos sobre os estudos limnológicos da área de Caxias do Sul e Cambará do Sul e um mapa do Modelo Tridimensional do Terreno (TIN). Está previsto ainda, a confecção de um Atlas Ambiental para o município de Canela, RS utilizando a metodologia do SIGRA que disponibiliza os resultados dos seus projetos na Internet bem como sua metodologia empregada.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia se concentrou na geração das bases necessárias para a delimitação da área de estudo, classificação, quantificação das classes temáticas e aplicação do Índice de Transformação Antrópica (ITA), tudo isso em ambiente SIG.

O desenvolvimento das atividades se deu em quatro fases: a preparação da base cartográfica, o processamento digital de imagens (PDI), a definição da legenda e entrecruzamento e quantificação das classes de uso e cobertura.

Na fase da preparação da base cartográfica, foram escolhidas as feições mais adequadas ao estudo proposto, como os limites municipais e a Rodovia BR-101 a partir da qual foram gerados os *buffers* de 3km e 6km.

Através do PDI se chegou aos mapas temáticos dos três anos (1984, 1994 e 2002). O que permitiu a quantificação das classes temáticas, o cruzamento das bases e a implementação do ITA para a análise dos dados gerados.

5.1 GERAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA

Como apoio ao desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada:

- a) Limite Municipal de Angra dos Reis e Parati, SINCE, escala 1:25.000, Datum horizontal SAD69, 2000, *Projeção Universal Transversa de Mercator*;
- b) Vetor da BR-101, IBGE, escala 1:25.000, Datum horizontal SAD69, 2000, *Projeção Universal Transversa de Mercator*.

Apesar dos mapas finais deste trabalho serem gerados em escala 1:120.000 foi realizada uma adaptação do vetor da BR-101 através da atualização do seu traçado a partir da imagem *Landsat-7* de 2002. Este ajuste se deu através software ArcGis 8.

Posteriormente gerou-se *buffers* de 3km e 6km a partir da BR-101, no software ArcGis 8.3, adotados como zonas de afastamento, a serem usados nos cruzamentos das bases. A escolha das distâncias de 3km e 6km baseou-se na distância que é aparentemente mais fácil de ser ocupada naquela região devido ao relevo íngreme. A seleção destas distâncias (3km e 6km) deu-se pelo fato de que na época do primeiro mapeamento (1984) apenas esta faixa era ocupada, permitindo assim, uma análise mais detalhada por zonas de afastamento da Rodovia.

5.2 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS (PDI)

O PDI é dividido nos procedimentos de pré-processamento que preparam a imagem, permitindo a transformação dos dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente, e o processamento em si da imagem, sendo a ampliação de contraste e a classificação digital alguns exemplos.

Cabe destacar que todo o PDI foi realizado utilizando-se o sistema SPRING 4.1.1. As imagens utilizadas foram cedidas pelo INPE e se caracterizam por:

- a) Imagem Landsat-5 órbita/ponto 218_76 de julho de 1984;
- b) Imagem Landsat-5 órbita/ponto 218_76 de setembro de 1994; e
- c) Imagem Landsat-7 órbita/ponto 218_76 de agosto de 2002.

O preparo das imagens se iniciou com o recorte aproximado da área de estudo. Este recorte pode ser feito no IMPIMA, que é um módulo do SPRING para visualização de imagens no qual

pode-se recortar a imagem de maneira a diminuir o tamanho do arquivo, otimizando assim a realização das etapas seguintes.

Após o recorte da área de interesse é necessário se efetuar o georreferenciamento ou retificação geométrica que consiste em associar os *pixels* da imagem a um sistema cartográfico conhecido através de outra imagem já georreferenciada (MOREIRA, 2003, p.270). Neste trabalho o georreferenciamento foi realizado a partir da imagem de 2002, que já veio georreferenciada, pelo processo de aquisição dos pontos de controle na tela.

Com as imagens já georreferenciadas foi efetuada a ampliação de cada banda. A função da ampliação do contraste (Figura 19) é apresentar a mesma informação contida nos dados brutos, porém de uma forma mais visível ao intérprete (CROSTA, 1992, p.40).

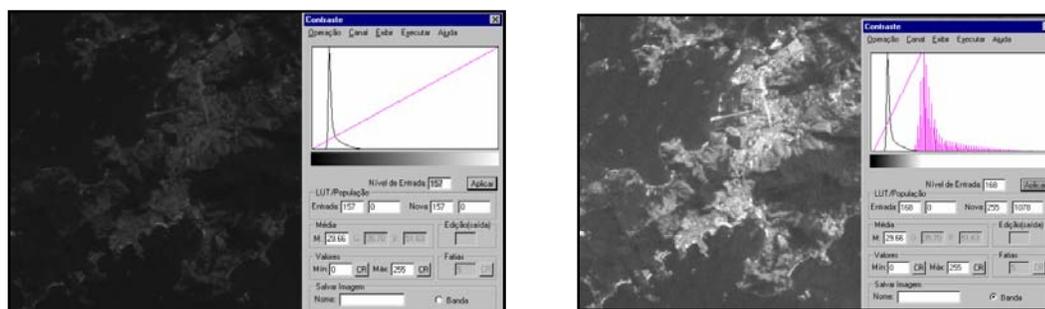


Figura 19: Exemplo de Ampliação de Contraste aplicado a banda 3 do Landsat-7 (Fonte: Arquivo Pessoal)

A ampliação de contraste possibilita o preparo de diferentes composições coloridas. O uso de composições coloridas, em geral, auxilia no processo de classificação (identificação visual das classes). Para este trabalho a composição colorida mais indicada é a falsa cor por contrastar bem o urbano (roxo) da vegetação (verde). Para esta composição é necessário se combinar os canais: azul (*blue*) na banda 3, verde (*green*) na banda 4 e vermelho (*red*) na banda 5. As figuras 20, 21 e 22 são cartas imagens na composição falsa cor sobrepostas à base cartográfica.

Figura 20:

Figura 21:

Figura 22:

As imagens foram corrigidas geométrica e radiometricamente e gerada a composição colorida até se chegar a carta-imagem. Para a geração de mapas temáticos fez-se necessário executar a classificação digital, que foi dividido em três etapas distintas a segmentação, classificação digital e edição de áreas de confusão.

Na etapa referente a segmentação, dois parâmetros são solicitados: limiar de similaridade e área mínima. Neste trabalho foram testadas algumas combinações, utilizando-se as bandas espectrais 1,2,3,4,5 e 7 na imagem (*Landsat-7*) de 2002, decidindo-se pela combinação de similaridade 18 e área mínima 15, por apresentar um resultado mais satisfatório para o nível de detalhamento desejado.

Após a aquisição em média de 200 amostras por imagem, efetuou-se a classificação propriamente dita, pelo método *Battacharya*. Porém, mesmo com um treinamento exaustivo, o grau de confusão entre algumas classes foi considerável (Figura 23), principalmente nas áreas de pastagem que se confundiam com áreas de urbano rarefeito. Nestas situações foi necessária a realização de edições manuais (vetoriais e matriciais), que são baseadas pela interpretação dos alvos.

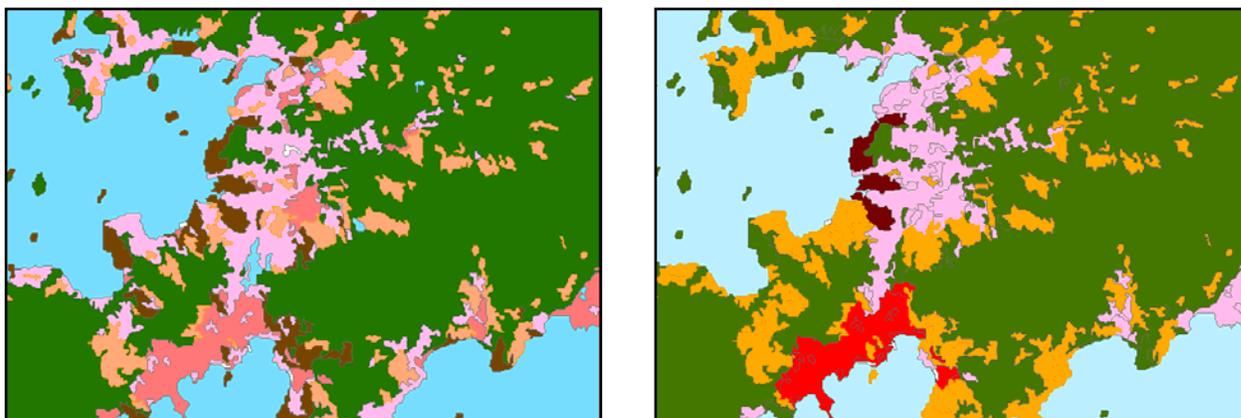


Figura 23: Exemplo de edição de áreas de confusão no mapeamento temático a partir de imagem *Landsat*. (Fonte: Arquivo Pessoal)

A identificação e acerto das confusões ocorridas são embasados por trabalhos de campo. O trabalho de campo foi realizado nos dias cinco e seis de julho de 2005, através do qual foram adquiridos 66 pontos amostrais (Figura 24) para a edição da classes.

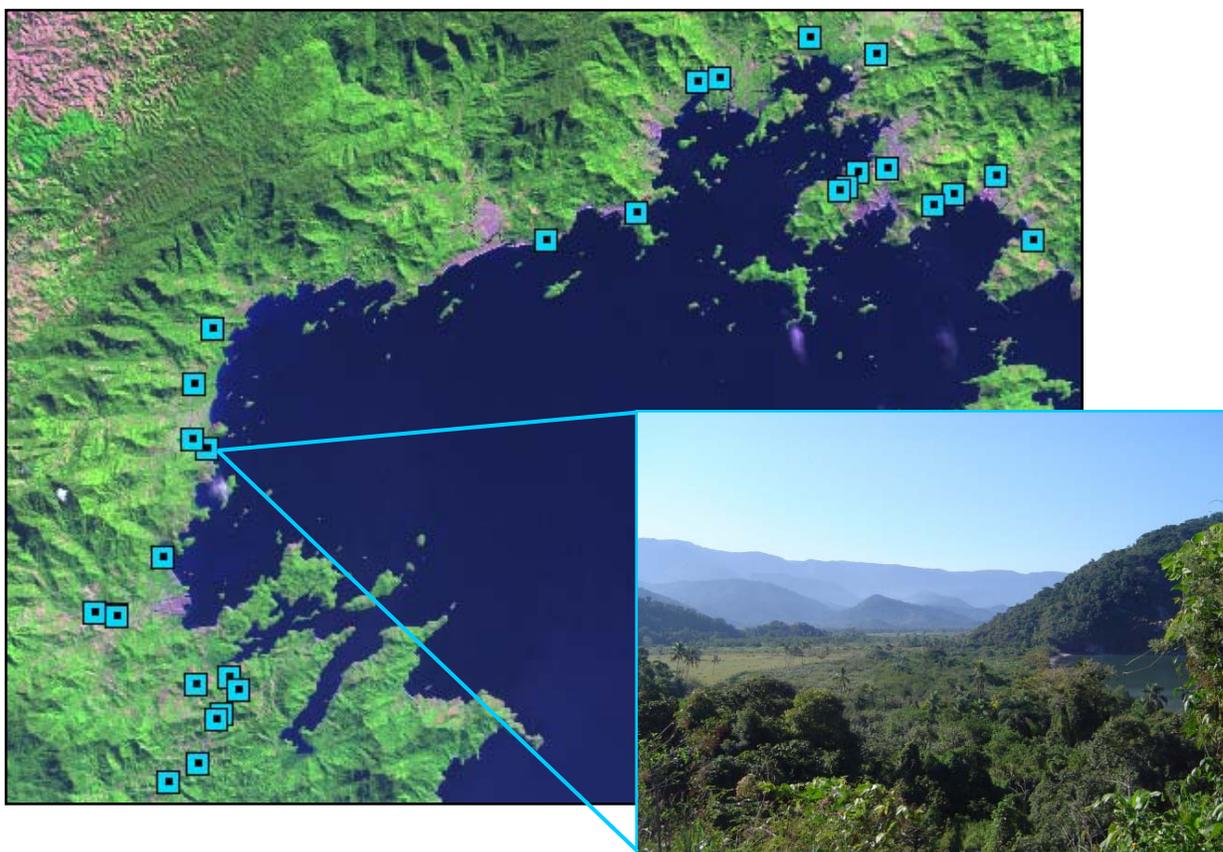


Figura 24: Exemplo dos pontos de controle adquiridos em campo. (Fonte: Arquivo Pessoal)

As classificações de 1984 e 1994 foram realizadas após o conhecimento adquirido com o exercício da classificação da imagem de 2002. Após os mapas temáticos estarem totalmente editados, calculou-se os valores da área de cada classe por município e por área de afastamento para as três datas, de forma a viabilizar a análise do processo de ocupação no período.

5.3 DEFINIÇÃO DA LEGENDA

O primeiro passo do processo de classificação foi a escolha das classes temáticas que comporiam a legenda final do mapeamento do uso e cobertura da terra. Um dos cuidados tomados foi a compatibilização das legendas nas diferentes datas.

A legenda compreende um total de 8 classes de uso do solo e cobertura da terra para os municípios de Angra dos Reis e Parati. Sendo que uma classe (urbano alto) foi acrescida ao mapeamento de 2002, totalizando 9 classes temáticas. Devido à limitação das resoluções das imagens *Landsat* e a necessidade de detalhamento estabelecida no objetivo deste trabalho, foi definida a seguinte legenda:

- a) **Corpos d'água:** composta por rios, lagoas e águas oceânicas.
- b) **Cordão Arenoso Litorâneo:** é a areia das praias.
- c) **Afloramento rochoso:** os afloramentos de rocha natural, e não os causados pelo homem como as pedreiras (Figura 25).



Figura 25: Exemplo de um Afloramento Rochoso na Rodovia BR-101, 2005. (Fonte Arquivo Pessoal)

d) **Floresta:** corresponde a toda região da Floresta Ombrófila Densa, inclusive as em estágio inicial/avançado de recuperação (Figura 26). Quanto a esta classe houve uma grande dúvida sobre dividi-la em Floresta Preservada e Alterada, mas chegou-se a conclusão de que devido a temática do trabalho seria mais interessante discriminar áreas antrópicas como áreas de pastagem ou urbanas.

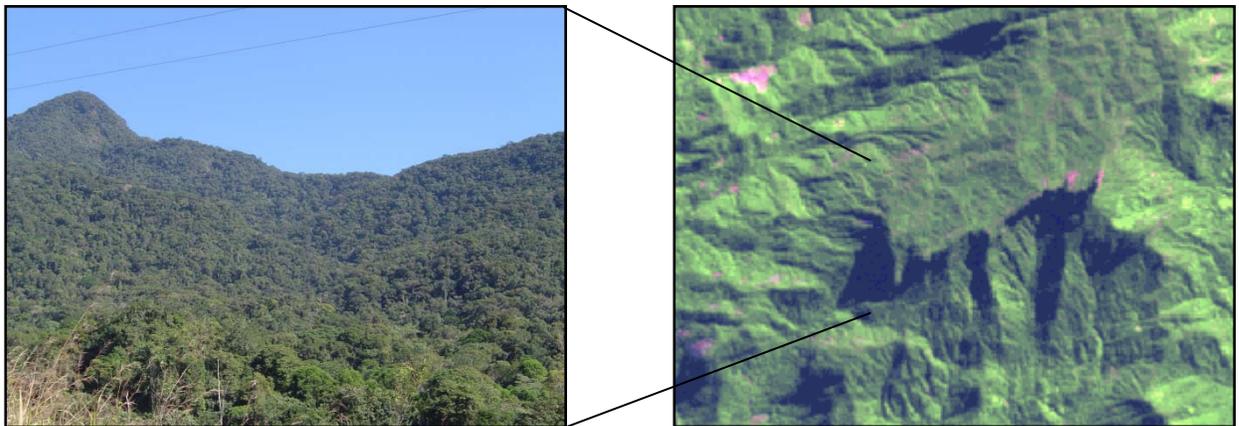


Figura 26: Exemplo de Floresta e sua correspondência na imagem Landsat.
(Fonte: Arquivo Pessoal)

- e) **Maguezal:** corresponde a áreas de manguezais preservados.
- f) **Áreas de Pastagem:** caracterizada por vegetação gramínea, são áreas nas quais a floresta foi retirada, servindo, atualmente, de pasto (Figura 27).



Figura 27: Exemplo de Área de Pastagem, 2005. (Fonte: Arquivo Pessoal)

- g) **Urbano Baixo:** corresponde a uma área de urbano rarefeito com poucas casa esparsas (Figura 28), porém já se formando uma pequena vila¹³.



**Figura 28: Exemplo de urbano baixo, Barra Grande – Parati, 2005
(Fonte: Arquivo Pessoal)**

- g) **Urbano Médio:** corresponde a áreas com ocupação de maior densidade populacional (Figura 29). Neste caso, temos os Distritos de Japuíba, Frade, Praia Brava, Mambucaba em Angra dos Reis e o condomínio de Laranjeiras em Parati.

¹³ “Povoação de importância intermediária entre a cidade e a aldeia.” (MAGALHÃES *et al*, 1976, p.517)



Figura 29: Exemplo de urbano médio, Japuiba – Angra dos Reis, 2005
(Fonte: Arquivo Pessoal)

- i) **Urbano Alto:** corresponde a áreas urbanizadas em estágio avançado para a região de estudo, áreas com construções mais densamente alocadas, com prédios de mais de dois andares em sua maior parcela da área urbana.

A partir desta legenda gerou-se mapas temáticos finais (Figuras 30, 31, e 32) que foram recortados em função dos planos de informação correspondentes aos limites dos municípios e *buffers*. Dessa forma, houve a formação de novos mapas temáticos apropriados para os cruzamentos e análises espaciais, bem como a construção do ITA.

O mapa temático gerado ultrapassa a área dos municípios de Angra dos Reis e Parati, por este motivo foi preciso recortá-los pelos planos de informação e então gerar mapas nos quais tem-se a área exata de cada município. O mesmo se dá para as áreas de afastamento. A partir desses valores é possível se calcular o valor percentual de cada classe temática em relação à área, o que facilita a análise dos dados.

Figura 30:

Figura 31:

Figura 32:

5.4 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA – ITA

O ITA foi desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997), Teixeira (2003) e Richter (2004) em estudos geoecológicos com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais. No caso deste trabalho, o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica Da Rodovia BR-101 sobre a Serra do Mar.

O ITA é calculado a partir do mapa de cobertura vegetal e uso da terra, através da fórmula:

$$ITA = \Sigma (\% \text{ USO} * \text{PESO})/100$$

Onde:

uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura,

peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica. Varia de 1 a 10; onde 10 indica as maiores pressões.

Conforme o trabalho de Mateo (1984), cada classe apresenta um peso atribuído em função do conhecimento que o autor tem sobre as mesmas em relação ao grau de antropização.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 QUANTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA

A partir dos mapas temáticos produzidos foi possível quantificar as classes temáticas nas três datas permitindo uma análise quantitativa (Tabela 6 e 7) da dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal nos municípios de Angra dos Reis e Parati.

Uso e Cobertura: Angra (%)	1984	1994	2002
Afloramento Rochoso	0,04	0,04	0,04
Corpos d'água	1,55	1,53	1,11
Cordão Arenoso	0,08	0,08	0,08
Floresta	91,03	87,31	88,54
Mangue	1,34	0,70	0,75
Áreas de Pastagem	3,71	7,52	6,45
Urbano Baixo	1,26	0,50	0,37
Urbano Médio	0,99	2,10	2,40
Urbano Alto	0,00	0,23	0,26
	100,00	100,00	100,00

Tabela 06: Valores (%) das Classes de uso e cobertura da terra para o município de Parati

Uso e Cobertura: Parati (%)	1984	1994	2002
Afloramento Rochoso	0,02	0,02	0,02
Corpos d'água	0,88	0,71	0,76
Cordão Arenoso	0,03	0,03	0,03
Floresta	92,27	87,58	90,66
Mangue	0,70	0,34	0,40
Áreas de Pastagem	5,52	10,35	7,07
Urbano Baixo	0,41	0,39	0,41
Urbano Médio	0,16	0,60	0,65
Urbano Alto	0,00	0,00	0,00
	100,00	100,00	100,00

Tabela 07: Valores (%) das Classes de uso e cobertura da terra para o município de Angra dos Reis

Os dados obtidos demonstram que apesar da pressão antrópica na região, as áreas naturais (floresta, magues afloramento rochoso e areia da praia) ainda representam o maior percentual de cobertura, em média 90% de toda área (Figura 33). O relevo pode ser considerado o principal fator a colaborar na preservação das formações florestais, nesta área, a distância entre o mar e a serra chega, no máximo, a 10km. Com a dificuldade de se estabelecer nas partes mais altas da Serra do Mar a pressão antrópica se restringe às partes planas. A intensificação da fiscalização e a maior conscientização com o meio ambiente também deve ser levado em consideração. O próprio fator da atração turística da região proporciona um controle maior por parte das autoridades locais na preservação do meio ambiente.

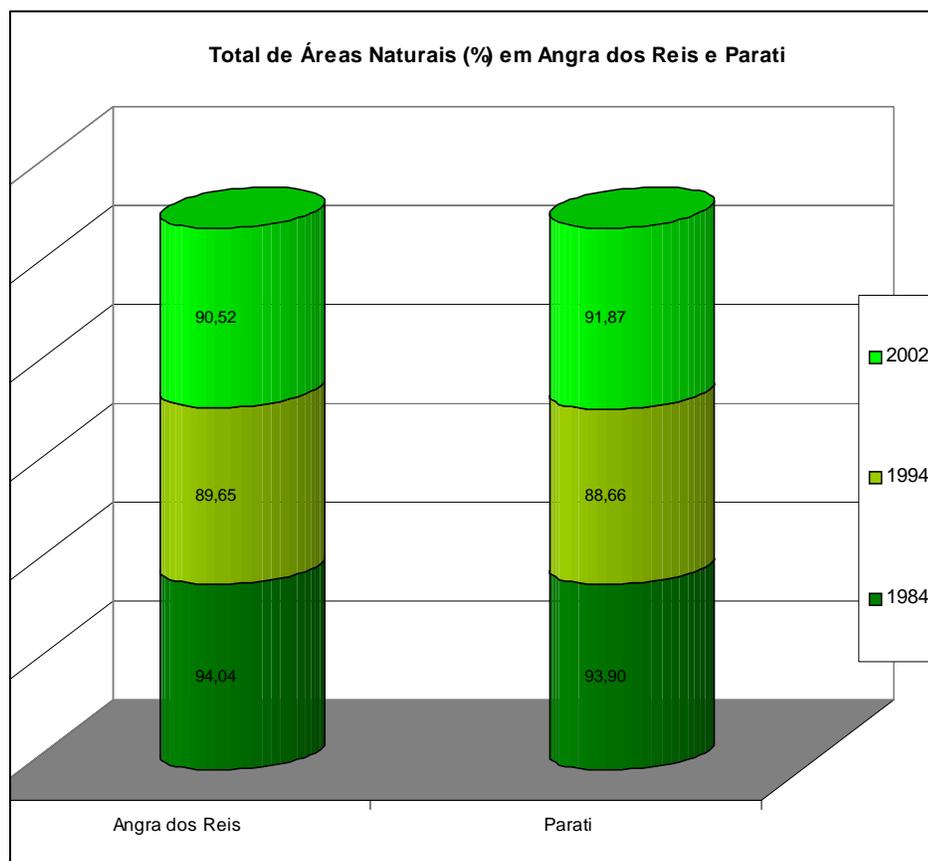


Figura 33: Valores percentuais das coberturas naturais em Angra dos Reis e Parati no período 1994-2002.

As áreas de mangue apresentam um pequeno, porém perceptível, decréscimo. Essa oscilação pode ser atribuída pelo fato de serem um ecossistema costeiro, se encontrando, portanto em áreas de alvo de especulação imobiliária. Em Parati, por exemplo, uma área de mangue está sendo retirada para se construir o condomínio Jabaquara, próximo ao centro da cidade. Em números absolutos, em 1984, Angra dos Reis possuía uma área de 6.900m² de mangue e em 2002, 3.900m², enquanto Parati 4.300m² em 1984 para 2.500m² em 2002. O que significa uma perda total em área, de quase 50% em Angra dos Reis e 70% em Parati.

Na imagem de 1994 os percentuais de área florestada caem, e isso é visto claramente na imagem, ou seja há muito mais áreas degradadas. Paralelamente, os valores que correspondem às áreas de pastagem estão mais altos que nos demais anos analisados. O que nos leva a crer que áreas abertas para pastagens podem ter sido abandonadas, voltando se recuperar. Um dos motivos pode ter sido a atividade turística que substituiu a pecuária e o cultivo na região além da construção civil, que tem atraído mão-de-obra nos empreendimentos imobiliários da região.

A construção civil também pode ser vista como uma das responsáveis pelas alterações nos valores do urbano baixo e urbano médio. Onde em 1994 havia pequenas vilas residenciais, atualmente há aglomerações populacionais consideradas de urbanização média por conta do crescimento da população. O principal motivo é que os trabalhadores que migram de regiões próximas para trabalhar na construção civil trazem suas famílias e estas, mais tarde, são incorporadas ao quadro de funcionários dos hotéis que ajudaram a construir. O único problema é que nem todos podem ser incorporados nesses trabalhos, o que tem causado um aumento da favelização e do desemprego na região. Outro bom exemplo é o distrito de Mambucaba em Angra dos Reis. Ele cresceu muito em função da construção da Usina Nuclear, porém a mão-de-obra utilizada não foi incorporada nos trabalhos da Usina. Esses trabalhadores foram morar em Mambucaba (Figura 34), que cresceu muito nesses vinte anos, porém sem nenhuma infra-

estrutura, enquanto os trabalhadores da Usina possuem uma vila residencial. Um problema que dever ser visto com cuidado pelos governantes dos dois municípios é a crescente favelização próxima a cada condomínio construído.

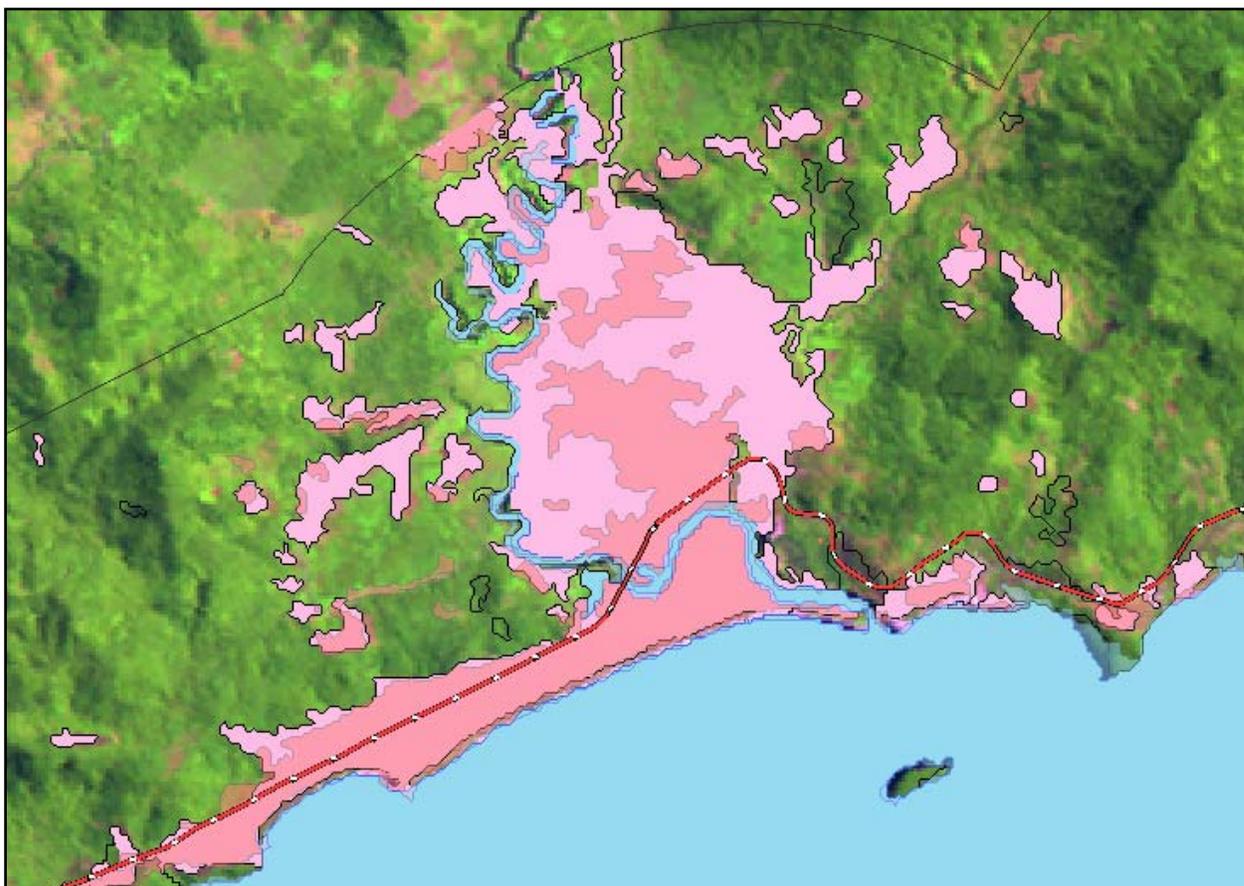


Figura 34: Exemplo do crescimento, em área, do distrito de Mambucaba. As áreas em rosa mais escuro representam a área ocupada em 1984, e em rosa mais claro, áreas ocupadas em 2002.

As áreas de urbanização de baixa intensidade em Angra dos Reis são alteradas para áreas de média intensidade, que cresce, assim como as de alta intensidade. Lembrando que para este estudo apenas a região do centro de Angra dos Reis foi considerada urbano alto, e até esta apresentou um leve aumento de 0.03 pontos percentuais. Em Parati, as áreas de urbanização de

baixa intensidade permanecem com valores parecidos, por se tratar de pequenas vilas, quase que isoladas como a comunidade de Patrimônio e Barra Grande, diferentemente das áreas adjacentes à cidade de Parati, como o bairro Pantanal, que apresentam um crescimento vinculados a proximidade com a cidade, fazendo com que o urbano médio crescesse 0.49 pontos percentuais. A princípio, tais valores podem parecer pouco, mas em uma área que não tem para onde crescer, subentende-se que áreas de pastagens estão sendo vinculadas a área urbana ou mesmo, mangues estão sendo aterrados.

6.2 ÍNDICE DE TRANSFORMAÇÃO ANTRÓPICA – ITA

O ITA tem como objetivo avaliar o quanto uma determinada área encontra-se modificada pela ação do homem. No caso deste trabalho o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica que a Rodovia BR-101 está causando sobre a Serra do Mar.

Para se discutir a relação dos impactos de cada uso no entorno da Rodovia sobre a Serra do Mar, 15 técnicos conhecedores de classificação e/ou da região, incluindo alguns da própria instituição, foram contatados no sentido de participarem na atribuição dos pesos com o intuito de quantificar o grau de antropização através do consenso. Os técnicos receberam uma matriz a ser preenchida e os pesos finais obtidos encontram-se na tabela 08. Os valores destes pesos variam de 1 a 10, no qual, o menor valor representa um baixo grau de antropização e valores maiores um alto grau de antropização associado à classe temática.

Classes de uso e cobertura da terra	Pesos
Afloramento Rochoso	1,2
Corpos d'água	1
Cordão Arenoso	1
Floresta	1
Mangue	1,2
Áreas de Pastagem	5,1
Urbano Baixo	5,4
Urbano Médio	7,5
Urbano Alto	8,9

Tabela 8: Peso atribuído as classes de uso e cobertura para o cálculo do ITA.

Com os pesos e as áreas em valores percentuais, os índices foram calculados para o entorno da Rodovia nas zonas de proximidade de 3km e 6km (figura 36) conforme a figura 35.

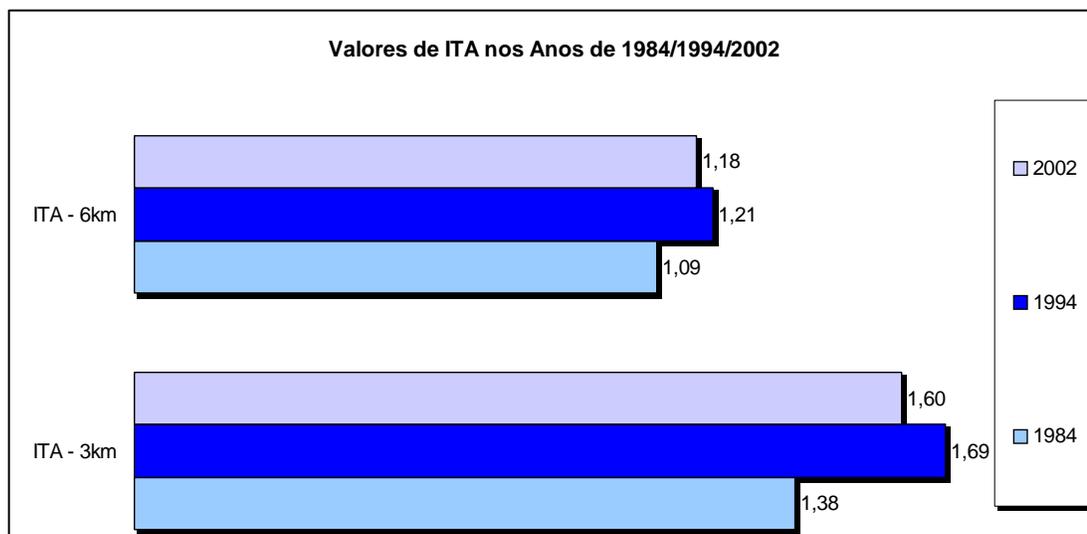


Figura 35: Valores do ITA obtidos para as áreas de proximidade de 3km e 6km da BR-101.

Figura 36:

Os resultados apresentam um ITA muito baixo, apesar da crescente antropização da área, em média, de 1 a 10 não chega nem a 2, ou seja menos da metade. O resultado é muito bom, mas apresenta um crescimento da áreas antrópicas nas proximidades da Rodovia e em direção a Serra do Mar.

Como já era esperado, o valor do ITA é maior na área de proximidade de 3km da Rodovia. O valor cresce em 1994 e decresce novamente em 2002, o que nos leva a associar as constantes fiscalizações na região e em função do turismo, pois é necessário que se mantenha a área preservada, pois é este o cartão-postal da região (Figura 37).

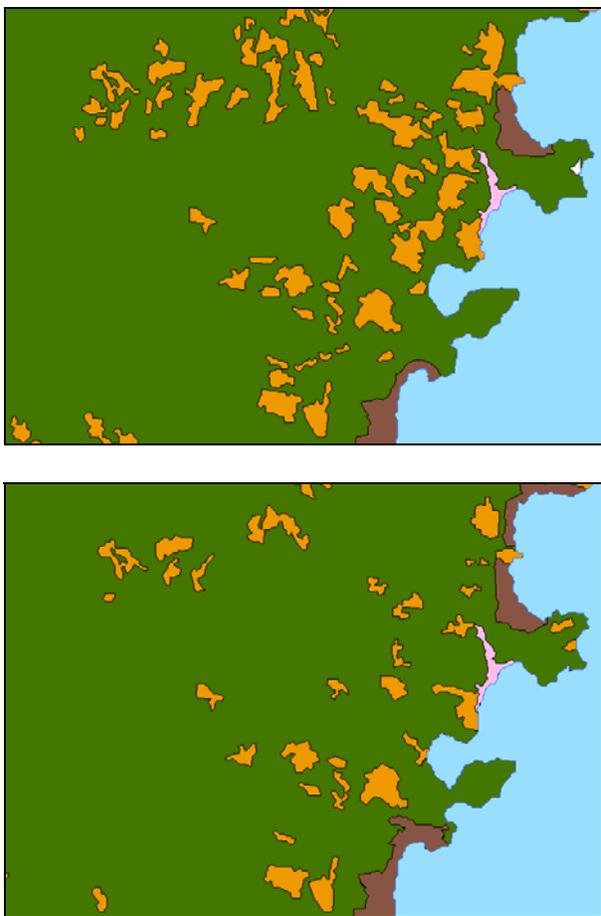


Figura 37: Exemplo do decréscimo da área de pastagem de 1994 (a primeira figura) para 2002 (a segunda figura). Essa região em destaque é próxima ao centro de Parati.

Outra evidência é que a Rodovia trouxe para a região um crescimento urbano que aumentou esse índice de 1,38 (1984) para 1,60 (2002). Pode-se observar também que para uma área tão próxima à rodovia ainda há bastante área florestada. Segundo a tabela 09, há na zona de afastamento de 3km, em média, 60% de área florestada. As áreas florestadas encontram-se, preferencialmente no topo das vertentes, enquanto as pastagens se limitam as áreas menos declivosas. Mesmo assim, as áreas de pastagem diminuíram razoavelmente em 2002, dando lugar a ocupação urbana, que apresenta maior aglomeração nessas planícies.

Uso e Cobertura: <i>Buffer</i> 3km (%)	1984	1994	2002
Afloramento Rochoso	0,04	0,04	0,04
Corpos d'água	29,00	28,51	28,75
Cordão Arenoso	0,05	0,05	0,05
Floresta	60,73	56,22	56,97
Mangue	1,88	1,13	1,36
Áreas de Pastagem	5,35	10,02	7,05
Urbano Baixo	1,66	0,38	0,30
Urbano Médio	1,28	1,30	2,48
Urbano Alto	0,00	2,34	3,01
	100,00	100,00	100,00

Tabela 09: Valores (%) correspondentes as classes de uso e cobertura na área de proximidade de 3km.

Na zona de afastamento de 6km, como não foi desprezada a área dos Corpos d'água, a área florestada representa 50% da área total do *buffer*. Na tabela 10 é possível ver os valores para a zona de proximidade de 6km.

Uso e Cobertura: <i>Buffer</i> 3km (%)	1984	1994	2002
Afloramento Rochoso	0,01	0,01	0,01
Corpos d'água	39,60	39,07	39,25
Cordão Arenoso	0,02	0,02	0,02
Floresta	57,71	55,85	56,30
Mangue	0,49	0,10	0,30

Áreas de Pastagem	2,09	4,61	3,78
Urbano Baixo	0,08	0,09	0,09
Urbano Médio	0,00	0,25	0,25
Urbano Alto	0,00	0,00	0,00
	100,00	100,00	100,00

Tabela 10: Valores (%) correspondentes as classes de uso e cobertura na área de proximidade de 6km.

É muito claro que o ITA apresentou valores mais baixos por causa das poucas áreas de pastagem e baixíssima área urbana, que são fatores marcantes na região, para identificação do grau de antropismo na zona de 3km. São essas mesmas áreas de pastagem que puxam o valor do ITA da zona de 6km para cima, de 1,09 em 1984 para 1,21 em 1994. O que não seria uma influência direta da BR-101, pois esta se dá pelas áreas urbanas, que têm crescido em função do setor terciário.

A área classificada como urbanizada de intensidade média que aparece na tabela, diz respeito ao Condomínio Residencial de Laranjeiras, em Parati, que em 1984 era apenas uma pequena mancha urbana e em 2002 apresenta-se como uma área de urbanização mais intensa, sendo caracterizada como urbano médio.

Fica claro que a atividade turística, principalmente após a implementação da BR-101, é a principal transformadora do ambiente natural, principalmente em Parati, pois o forte da economia é o turismo e atividades que o envolvam, como a pesca. Em Angra dos Reis a atividade industrial também tem ajudado na antropização de áreas naturais o que, em conjunto com a atividade turística dá a este município um ITA maior que o de Parati (Tabela 11).

Valores de ITA	1984	1994	2002
ITA – Angra dos Reis	1,27	1,49	1,44

ITA - Parati	1,26	1,48	1,34
---------------------	------	------	------

Tabela 11: Valores do ITA obtidos para os municípios de Angra dos Reis e Parati.

Fica claro também que a região apresentou um *boom* no período de 1984 a 1994, e no período seguinte, 1994 a 2002 houve uma recuperação perceptível. Porém os valores de ITA não se estabilizaram e estão em crescimento.

Os pequenos valores do ITA podem ser atribuídos a área de recorte escolhida . Por apresentar ocupações muito pontuais a região estudada apresentou valores de índice muito baixos, o que não significa que toda região não esteja passando por mudanças consideráveis na dinâmica da sua ocupação.

Graças ao relevo acidentado da região a tendência é que a zona de afastamento de três quilômetros nos dois municípios cresça sempre mais que a zona de seis quilômetros. De uma maneira geral, o que se observou é que áreas de pastagens em regiões mais íngremes estão se recuperando, enquanto que em áreas de planície estão se tornando áreas de urbanização de intensidade baixa. E áreas de urbanização de intensidade baixa estão se tornando de intensidade média.

2 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho realizou uma análise espaço-temporal das transformações antrópicas no entorno da BR-101 no trecho que engloba os municípios de Angra dos Reis e Parati, nos anos de 1984, 1994 e 2002.

Os dados utilizados do Sensoriamento Remoto mostraram-se eficazes para a quantificação e análise espacial dos dados. A análise comparativa do uso e cobertura da terra para o período de 1984 a 2002 foi obtida por classificação digital das imagens *Landsat* 7ETM+, em valores absolutos (m²) e relativos (%) para cada ano, considerando zonas de afastamento em relação a BR-101. A determinação do nível de transformação antrópica pelo ITA e o cruzamento dos diferentes mapas temáticos possibilitaram a geração de uma síntese da dinâmica espaço-temporal da ocupação e uso da terra através de gráficos, mapas-síntese e análise geral dos dados.

O ITA apresentou resultados em valores muito pequenos ao que se previa. A razão provável é que o recorte da área pode ter sido grande demais, levando-se em consideração que a região é salpicada por ocupações pontuais.

Através da análise geral foi visto que as classes que representam um antropismo nos municípios de Angra dos Reis e Parati, tiveram um acréscimo em 1994 e um decréscimo em 2002, embora representassem ainda um significativo aumento em relação a 1984. Isto indica que a região, apesar de ter passado por um período de crescimento na década de 1990 apresentou uma estabilidade na década seguinte. O que não significa estagnação, mas sim um crescimento menos abrupto.

Como já era esperado, os valores das classes antrópicas tiveram um acréscimo de 1984 para 2002. O inesperado foi o fato de 1994 ter tido valores de classes antrópicas mais

altos que 2002. A conclusão a que se chegou foi que em 1994 a região estava realmente mais degradada, principalmente nas áreas mais íngremes. Na imagem é nítido que áreas que se encontravam sem vegetação em 1994, em 2002 já estavam recuperadas.

Este decréscimo na antropização da região pode ser dado pela maior preocupação com a conservação do meio ambiente, principalmente por se tratar de uma região que está cada vez mais voltada ao turismo, como também pelo abandono das pastagens. Os empreendimentos imobiliários na região, por outro lado, tem aglomerado mais as áreas classificadas como de urbanização baixa transformando-as em urbanização média. Tudo em função da mão-de-obra utilizada na construção civil que depois se instala na região.

Em relação aos empreendimentos industriais, os impactos causados no período em estudo está relacionado novamente ao fato de que a mão-de-obra utilizada na construção civil não tenha sido absorvida no empreendimento. Os funcionários destes empreendimentos moram em vilas residenciais, que de uma maneira geral, não crescem e também não mantêm uma relação direta com os distritos a que pertencem. Permanecendo assim, de forma (um pouco) estática no cenário da região.

A partir dos resultados encontrados recomendamos que:

a) para complementação da análise seria interessante usar a hipsografia e fazer uma associação das classes temáticas com os valores de altitude, o que daria um resultado mais claro sobre a ocupação e o relevo da região, e efetuar um levantamento prognóstico de até onde (em altitude) determinadas classes poderiam chegar;

b) se efetue uma análise por distrito, na qual seria possível chegar a uma tabela de valores mais específicos, levando a uma análise mais detalhada, porém mais demorada da região;

c) seja efetuada uma análise, em SIG, de qual classe foi incorporada a qual classe nas diferentes datas em valores absolutos, pois o mapa elaborado neste trabalho mostrou apenas as classes que mudaram no espaço físico e não qual classe deixou de ser, naquele espaço para se tornar outra.

De uma forma geral, o trabalho alcançou seus objetivos aplicando uma metodologia em ambiente SIG para projetos ambientais. E, mostrando que é possível se fazer uma análise espaço-temporal que analise a dinâmica da paisagem e que dê subsídios ao planejamento ambiental. Como a geração de um programa de recuperação de mangues ou análises de áreas propícias a se tornarem APAs por já se encontrarem em região de especulação imobiliária, entre outros. Além de ter apresentado um cenário gradativo da ocupação no entorno da BR-101, mostrando a força de um empreendimento governamental na região.

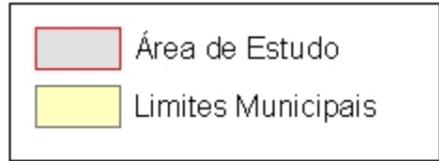
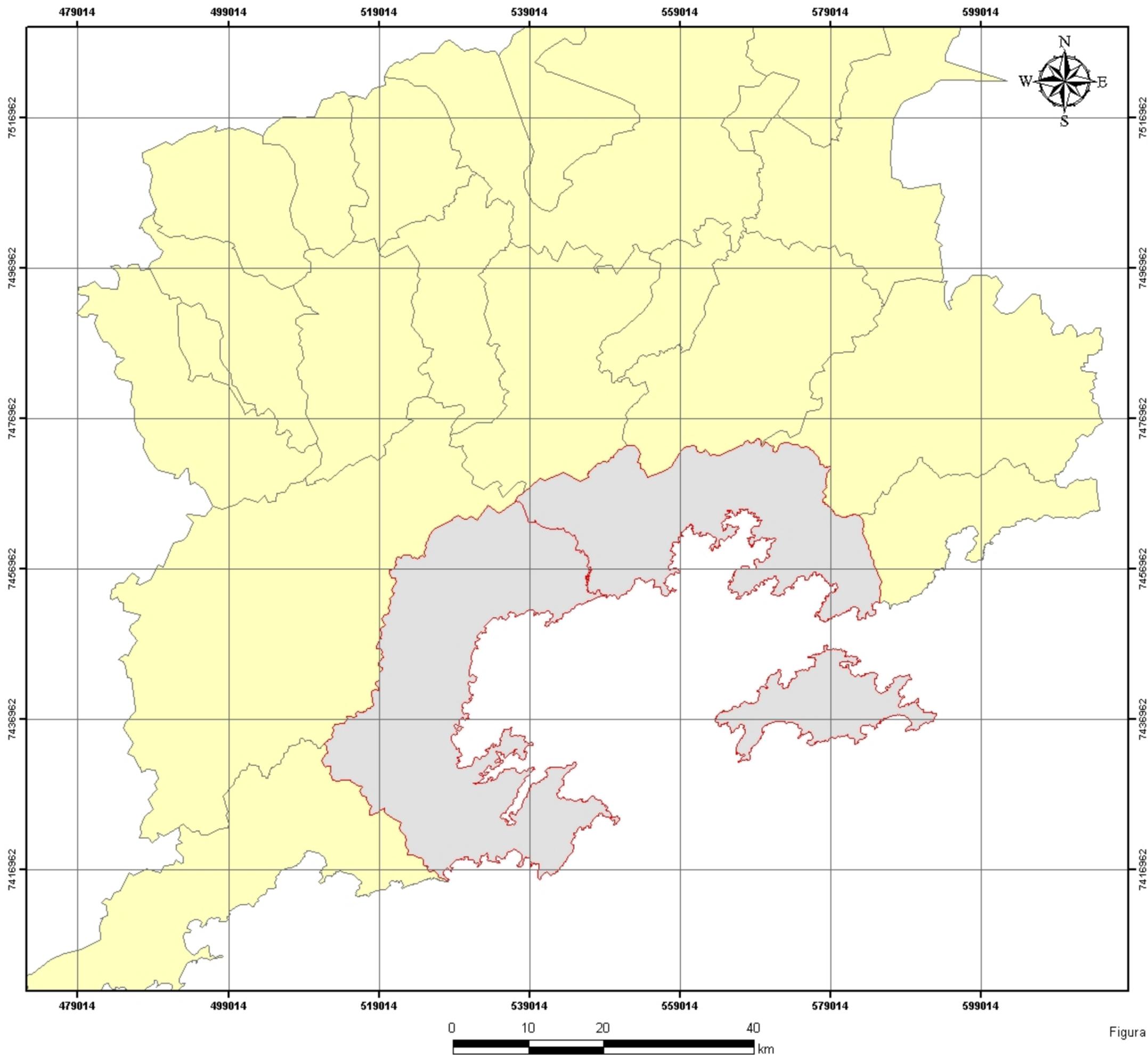
8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. Ribeiro *et.al.*. **Planejamento Ambiental: Caminho para participação popular e gestão ambiental para nosso futuro comum – uma necessidade, um desafio.** Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.
- ANGRA DOS REIS, Estudos para o planejamento municipal: **Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: FIDERJ, 1977.
- ANGRA DOS REIS, Prefeitura Municipal de **Angra dos Reis – 500 anos de história.** www.angra2000.com.br, Acesso em 2004.
- BERTONCELLO, Rodolfo V. **Processo de modernização e espaço local: O caso do município de Angra dos Reis (RJ).** 1992 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.
- CÂMARA, Gilberto *et al* “Álgebra de Mapas”. In: **Análise espacial de dados geográficos.** INPE, 2001. Disponível em www.dpi.inpe.br.
- CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas: Ed. IG/UNICAMP, 1992.
- CRUZ, Carla B. Madureira **As bases operacionais para a modelagem e implementação de um banco de dados geográficos em apoio à gestão ambiental – um exemplo aplicado à Bacia de Campos.** 2000 Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- CRUZ, Carla B. Madureira *et al* Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 09,1997, Santos, 1997. Pesquisa e Aplicações de Sensoriamento Remoto em Geoprocessamento,** Santos, 1997 p. 4_48p.
- DIEGUES, Antônio C. As populações tradicionais indígenas da Mata Atlântica. In SIMÕES, L. & LINO, C.F. (Orgs) **Reserva da Biofesa da Mata Atlântica: As populações tradicionais da MT e o extrativismo.** Disponível em: http://www.rbma.org.br/anuario/mata_05_populacao.asp Acesso em: Agosto/2005.
- ELETRONUCLEAR, Eixo 3 – Geomorfologia e Solos **Levantamento e diagnóstico ambiental da área de influência da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – Meio físico.** Rio de Janeiro, 2003.
- ENVI **Guia do Envi.** <http://www.envi.com.br> Acesso: março, 2005.

- FORESTI, Celina e HAMBURGER, Diana S. Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo do uso solo urbano In: TAUK, S.M (org) **Análise Ambiental: Uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora UNESP, 1995.
- GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário geológico-geomorfológico** Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1997.
- HANSEN, Carl Egbert, MELLO, Vieira **Apontamentos para a história do Rio de Janeiro, Angra dos Reis e Ilha Grande**. Site www.ilhagrande.org , Acesso em 2004.
- INMET, **Site do Instituto Nacional de Meteorologia**. www.inmet.com.br, Acesso em 2004.
- LEFF, Enrique **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.
- MACEDO, Ricardo K. de “A importância da avaliação ambiental” In TAUK-TORNISIELO, Sâmia Maria, *et.al.* (org.) **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Ed. da Universidade Estadual Paulista, 1995.
- MAGALHÃES, E. D’Almeida *et al* **Dicionário de Geografia do Brasil com terminologia geográfica**. Brasil: Edições Melhoramentos, 1976.
- MAPAGE, **Site ch_mapage.noss.fr**, Acesso em 2005.
- MATEO, J. **Apuntes de Geografia de Los Paisajes**. La Habana: Ed. Universitaria, 1984.
- MONTEIRO, Luis C. A. F. **Guia da excursão a Angra dos Reis** Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Geografia/IBGE, 1954.
- MOREIRA, Mauricio Alves **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. São José dos Campos: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2003.
- NASA, **Landsat in The Classroom**. <http://www.landsat.gsfc.nasa.gov/main/education>
Acesso em 2002.
- NOVO, Evelyn M.L. de Moraes **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1989.
- OMYGA, **Site www.omyga.com/retreat/brazil/** , Acesso em 2005.
- PARATI, Estudos para o planejamento municipal: **Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FIDERJ, 1977.
- PARATI, Prefeitura Municipal de **História de Parati**. www.parati.com.br, Acesso em 2005.
- PAREDES, Evaristo A. **Sistema de Informação Geográfica** São Paulo: Ed. Érica Ltda, 1994.

- PENIDO, Luciano R., KUX, Hermann J. H., MATTOS, Juécio T. de “Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano e São Paulo, Brasil”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 09,1997, Santos, 1997. **Pesquisa e Aplicações de Sensoriamento Remoto em Geoprocessamento**, Santos, 1997 7_159p.
- PEREIRA, Renata, VIERO, Cláudia C. e SCHAFER, Alois E. “Uso de Banco de Dados Relacionado como Sistema de Informação Geográfica Regional Ambiental (SIGRA) Para Diagnóstico e Manejo Ambiental”. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. Belo Horizonte, 2003. **Monitoramento e Modelagem Ambiental**, Belo Horizonte, 2003 12_196.
- PINA, M. de F., CRUZ, C. B. M., MOREIRA, R. I., “Aquisição de dados Digitais” In: CARVALHO, M.S., PINA, M. de F. e SANTOS S. M. dos **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à Saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 2000.
- RADAMBRASIL, **Projeto Folhas SF.23.24 Rio de Janeiro/Vitoria; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Divisão de Publicação, 1983.
- ROCHA, Stella P. da e CRUZ, Carla B. Madureira Monitoramento da cobertura vegetal nas APAs da Mantiqueira e Serrinha do Alambari no Município de Resende com auxílio do Sensoriamento Remoto In: XIII Encontro Nacional de Geógrafos – Por uma Geografia Nova na Construção do Brasil, 18, 2002, João Pessoa. **Geotecnologias**. João Pessoa: AGB, 2002 p. 357.
- RICHTER, Monika **Geotecnologias no suporte ao planejamento e gestão de Unidades de Conservação. Estudo de caso: Parque Nacional do Itatiaia** 162 f. 2004 Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- SANTOS, S. M. dos, PINA, M. de F., CARVALHO, M. S. “Os Sistemas de Informações Geográficas” In: CARVALHO, M.S., PINA, M. de F. e SANTOS S. M. dos **Conceitos Básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à Saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 2000.
- SILVA, Ardemirio de Barros **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Coleção Livro-Texto São Paulo: Ed. Da Unicamp, 1999.
- TEIXEIRA, Alexandre J. A. **Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – O caso da Baía de Guanabara**. 2003 156 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- VICENS, Raul Sanches **Abordagem Geocológica aplicada as bacias fluviais de tabuleiros costeiros no norte de Espírito Santo: Uma avaliação e gestão de recursos hídricos**. 2003 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

- VIEIRA, A. M. B. **Sistema de classificação de cobertura e uso da terra: uma abordagem em múltiplos níveis.** 2005 Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- WATRIN, O. dos Santos, **Dinâmica da paisagem em projetos de assentamentos rurais no sudeste paraense utilizando geotecnologias.** 2003 209 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.
- WATRIN, O. dos Santos, SHIMABUKURO, Y. E, CRUZ, C.B.M. e SOUZA I. de M. Bandas sintéticas derivadas de modelo de mistura espectral na avaliação da dinâmica da paisagem em assentamento rural na fronteira agrícola amazônica In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte. **Dinâmica e Análise da Paisagem. Belo Horizonte, 2003.**
- XAVIER DA SILVA, Jorge **Geoprocessamento para análise ambiental.** Rio de Janeiro: J. Xavier da Silva, 2001.



Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: Córrego Alegre
 Elaboração: ROCHA, Stella P.
 Fonte: IBGE, 2000

Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo.

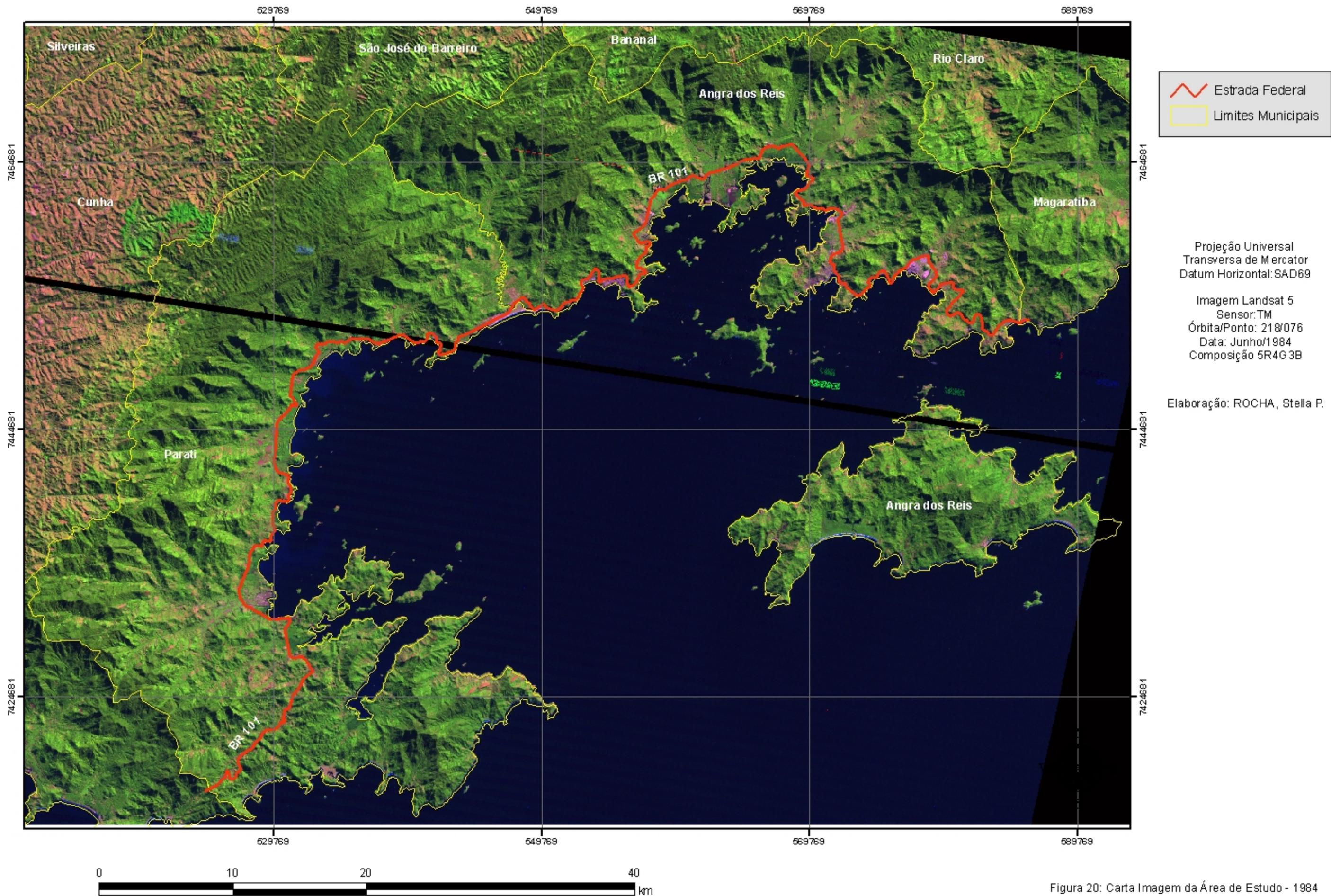


Figura 20: Carta Imagem da Área de Estudo - 1984

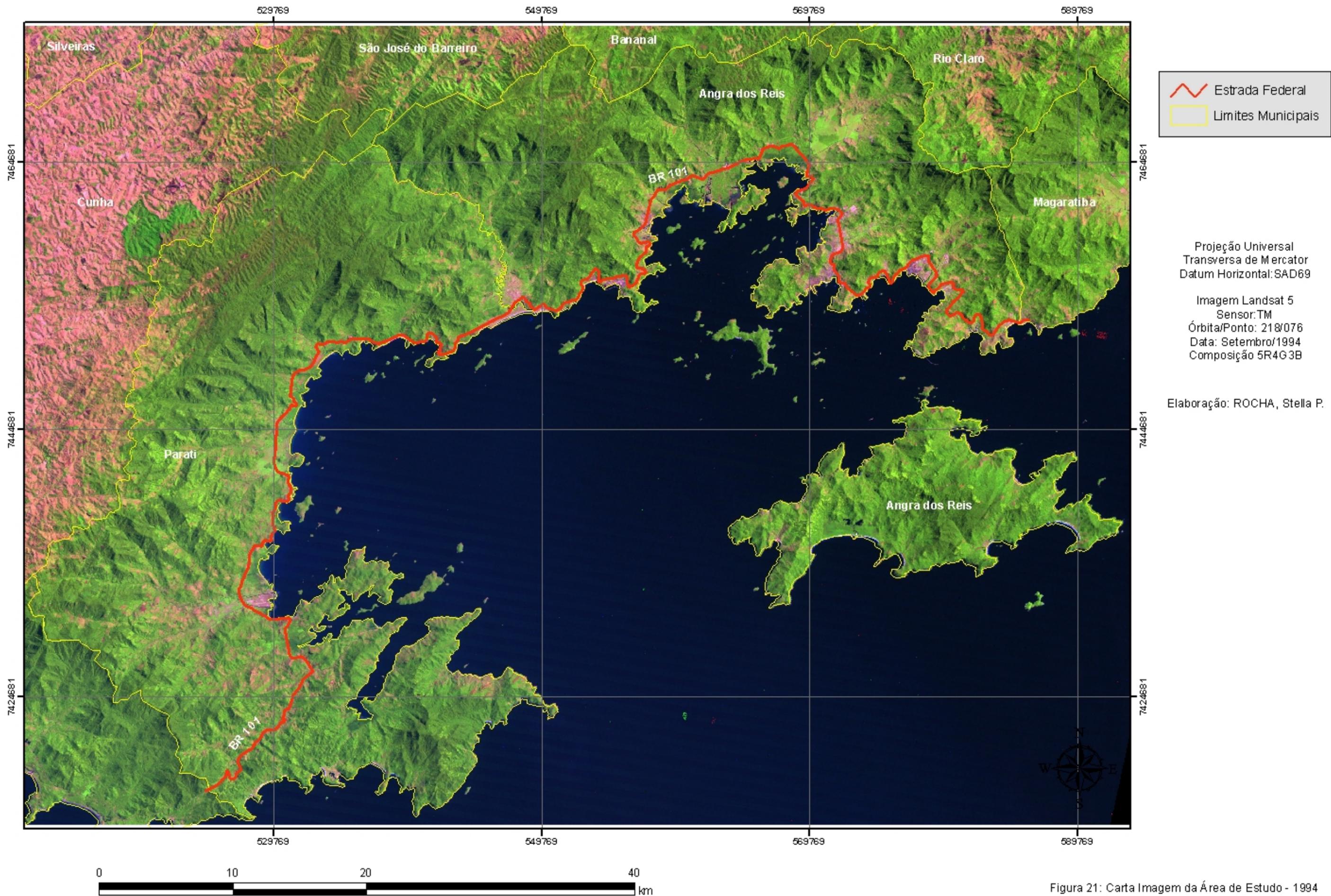


Figura 21: Carta Imagem da Área de Estudo - 1994

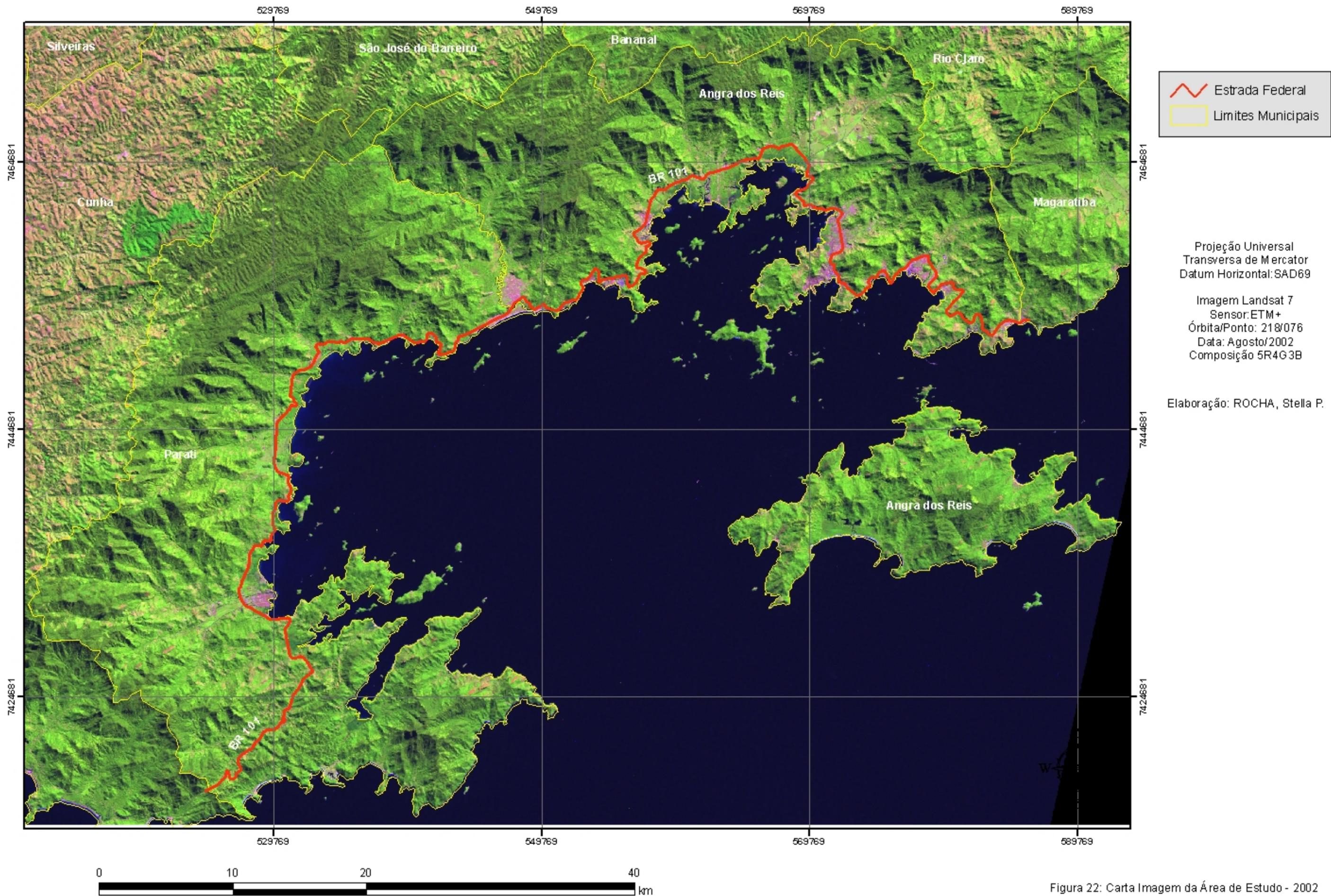


Figura 22: Carta Imagem da Área de Estudo - 2002

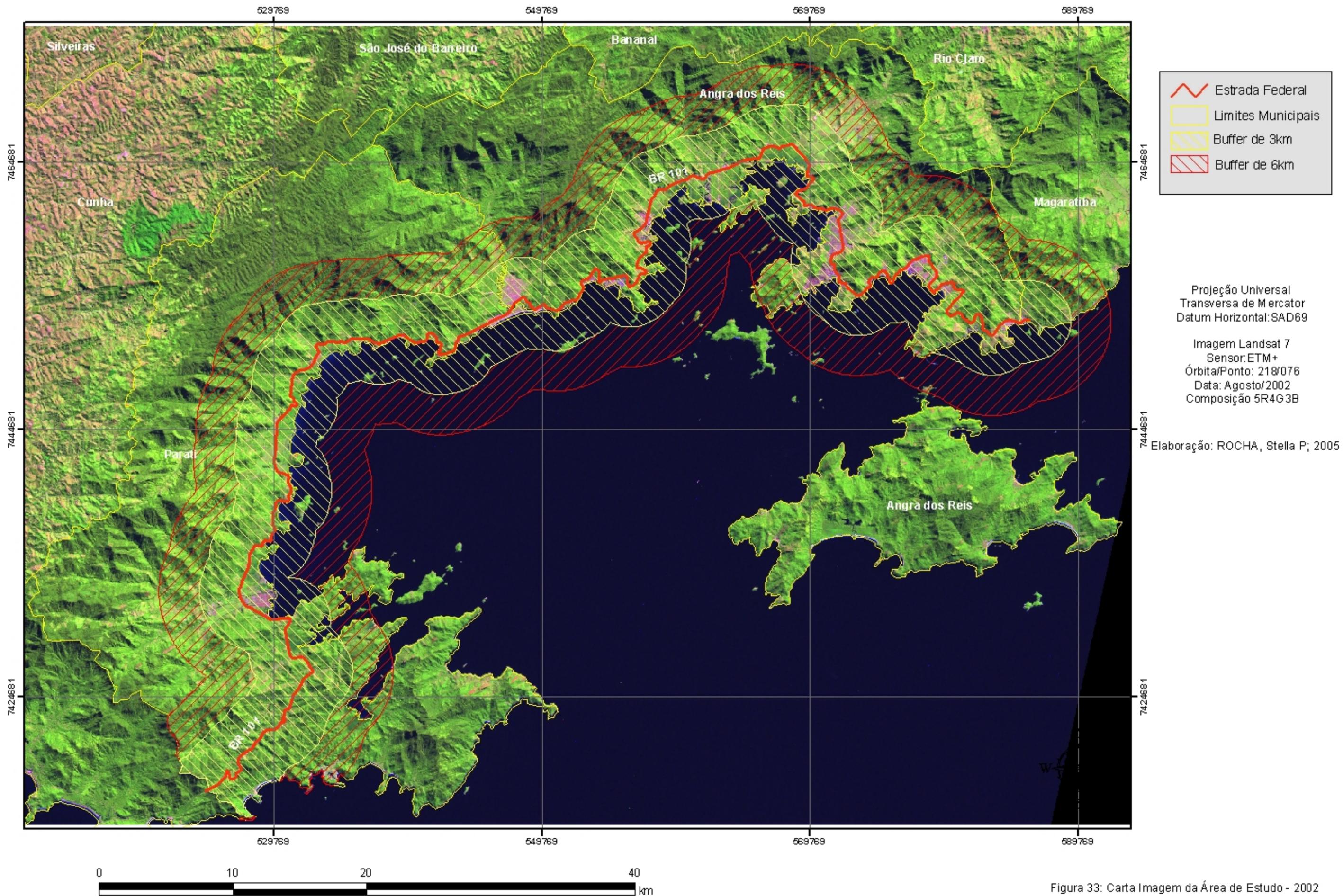


Figura 33: Carta Imagem da Área de Estudo - 2002

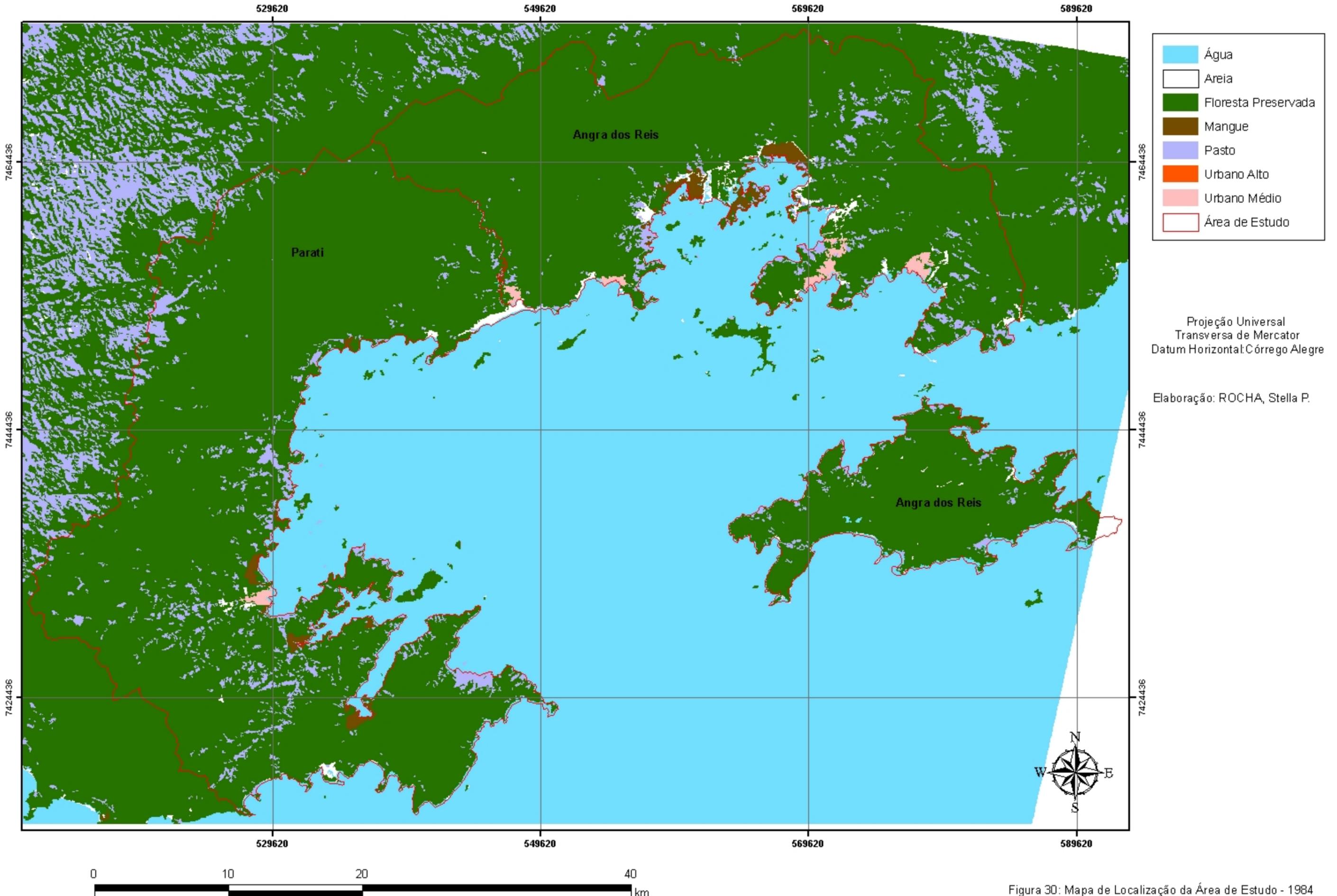


Figura 30: Mapa de Localização da Área de Estudo - 1984

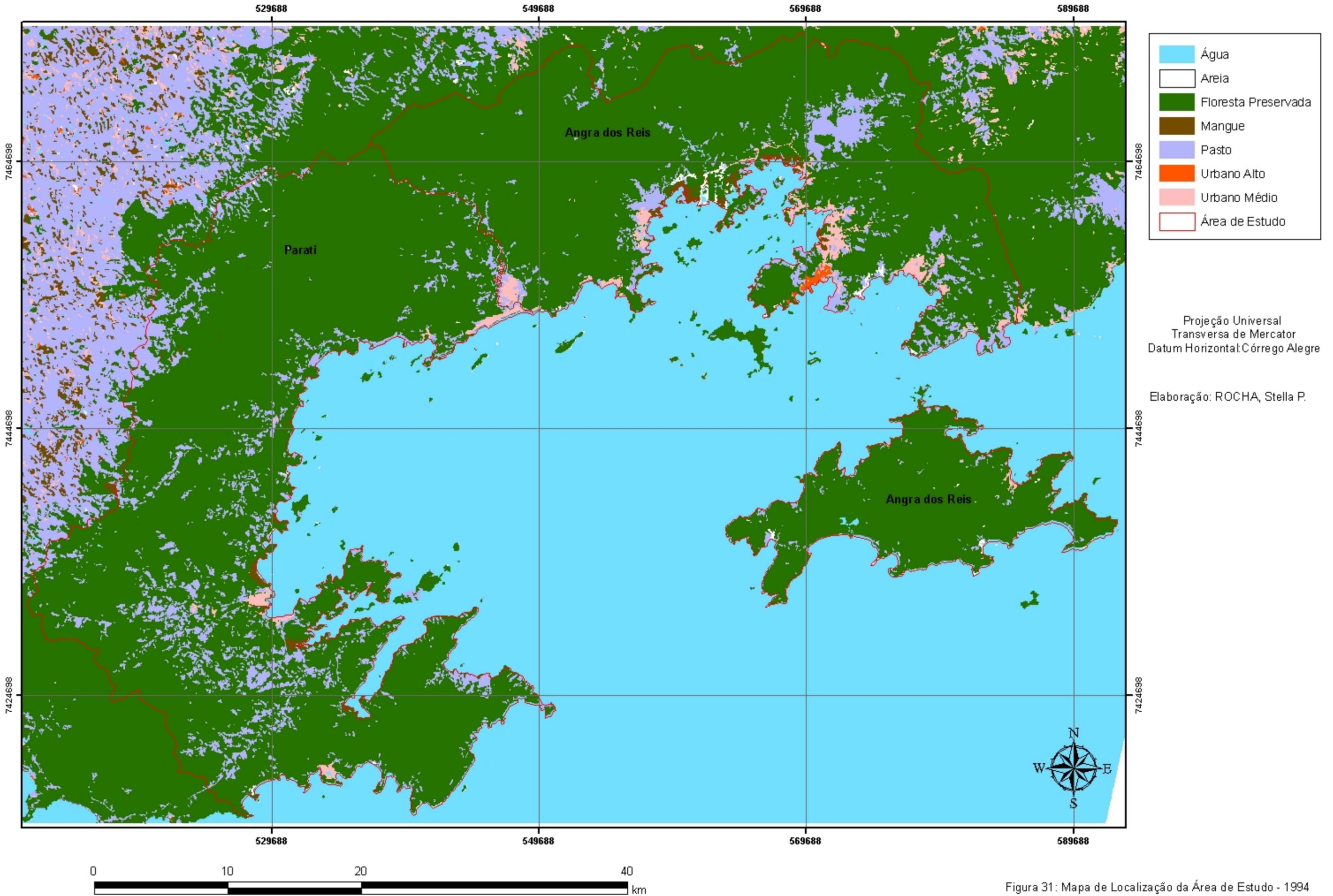


Figura 31: Mapa de Localização da Área de Estudo - 1994

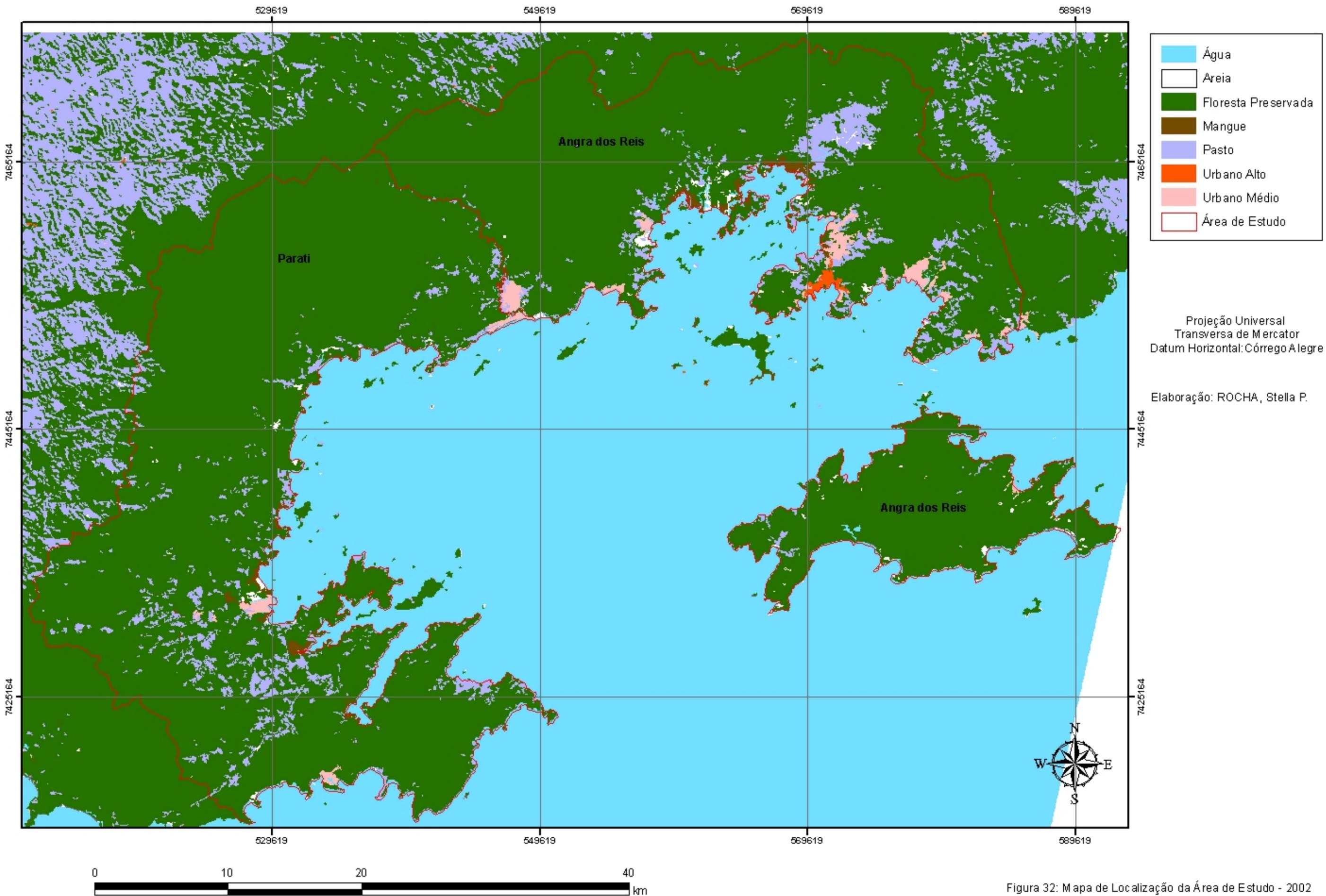


Figura 32: Mapa de Localização da Área de Estudo - 2002

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)