UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MARCELO BUENO DE ABREU

ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DA COBERTURA E USO DA TERRA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO DE 1994 ATÉ 2007

RIO DE JANEIRO

JULHO DE 2010

MARCELO BUENO DE ABREU

ANÁLISE ESPAÇOTEMPORAL DA COBERTURA E USO DA TERRA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO DE 1994 ATÉ 2007

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

Orientadores:

Carla B. Madureira Cruz (Profª. Drª., UFRJ)

Paulo M. Leal de Menezes (Prof. Dr., UFRJ)

RIO DE JANEIRO

2010

MARCELO BUENO DE ABREU

Análise espaçotemporal da cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

Data da aprovação: __/__/____

Aprovado por:

_____

Profª. Carla Bernadete Cruz; Drª. Sc.(Orientadora UFRJ)

_____

Prof. Paulo Marcio Leal de Menezes; Dr. Sc. (Coorientador UFRJ)

_____

Prof. Evaristo Castro Jr; Dr. Sc. (UFRJ)

_____

Engª. Elaine Cristina Cardoso Fidalgo; Drª. Sc (EMBRAPA)

Rio de Janeiro

Julho de 2010

FICHA CATALOGRÁFICA:

Abreu, Marcelo Bueno de

Análise Espaçotemporal da Cobertura e Uso da Terra no Rio de Janeiro de 1994 até 2007./ Marcelo Bueno de Abreu—Rio de Janeiro: UFRJ / Geografia, 2010.

XV, 119p.

Orientadores: Carla Bernadete Madureira Cruz e Paulo Márcio Leal de Menezes

Dissertação (mestrado)– UFRJ, Geografia, PPGG, 2010.

Referências bibliográficas: 112-114p.

1. Cobertura e Uso da Terra 2. Análise espaçotemporal 3. Sensoriamento Remoto 4. Rio de Janeiro 5. Floresta

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, à minha família por estar sempre presente dando suporte e incentivo a tudo que faço. A meus pais, Beba e Rita, pessoas maravilhosas que me ensinaram a ser feliz, se não fosse por vocês eu não seria ninguém. A meus irmãos, Teo e Clarice, meus melhores amigos e companheiros de toda a vida, que sempre estiveram ao meu lado.

À minha orientadora e amiga Carla Madureira, que me ensinou muita coisa ao longo desses dois anos e meio sempre com um sorriso no rosto e boa vontade no coração, mesmo nos momentos difíceis. Você é uma pessoa especial.

À Evaristo Castro Jr. e Elaine Fidalgo por me iniciarem no mundo da pesquisa e de aceitarem o convite de fazer parte da banca avaliadora. Fico muito feliz por vocês estarem fazendo parte da conclusão de mais um ciclo na minha formação. Sou muito grato a vocês por tudo que fizeram por mim.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFRJ e ao CNPQ por proverem a bolsa de pesquisa.

À toda a equipe do laboratório Espaço, que estiveram junto comigo durante estes dois anos e meio de pesquisa: Vinicius, Rafael, Valente, Rocky, Gustavo, Gabriel, Paloma, Suzana, Kurt, Rafão, Gregor, Elton, e principalmente a Luana, Paula, Julia e Daniel, que ralaram junto comigo nos mapeamentos de cobertura e uso da terra do Rio de Janeiro, só vocês sabem o quanto a gente suou para conseguir finalizar isso, mas valeu a pena.

À Paulo Menezes, Manoel Fernandes e Raul Vicens pelas sugestões dadas no exame de qualificação.

À minha namorada Patricia Nick por ter me dado força desde antes do processo de seleção do mestrado até os momentos finais de formatação do volume. Sempre levantando meu astral nos momentos difíceis, muito obrigado.

RESUMO

Uma das formas que auxiliam o planejamento e gestão do território é a análise da cobertura e uso da terra, onde se pode obter o conhecimento das condições do ambiente e, assim, ter base para planejar ações futuras. O Rio de Janeiro é um estado que já passou por muitas modificações no que se refere à cobertura e uso da terra. Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral fazer uma análise espaçotemporal da cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1994 e 2007 de forma regionalizada. Pretende-se ainda, fazer uma análise espacial dos totais e das mudanças ocorridas nos fragmentos florestais, por regiões de estado, considerando as áreas protegidas. Para isso, foram elaborados dois mapas de cobertura e uso da terra referentes aos anos de 1994 e 2007 utilizando um método de classificação orientada a objetos. Através do cruzamento entre esses mapas foi possível identificar as mudanças ocorridas na paisagem do estado do Rio de Janeiro. As regiões Urbano-Industrial e Petróleo e Gás Natural apresentaram as mudanças mais expressivas no estado, principalmente nas áreas urbanas e na Pastagem. Já em relação às áreas de floresta as maiores alterações ocorreram na região Turístico-Cultural do Médio Paraíba, com a maior taxa de desmatamento, e na região Agropecuária dos Rios Pomba, Muriaé e Itabapoana com a maior taxa de regeneração.

ABSTRACT

One of the ways that assist the planning and management of the territory is the analysis of land cover and use, when you can get the knowledge of environmental conditions and thus have a basis for future activities. Rio de Janeiro is a state that has experienced many changes in land cover and use. Thus, this study aims to make an analysis of the changes in land cover and use in the state of Rio de Janeiro between 1994 and 2007 by region. Another objective is to make a spatial analysis of the changes of forest fragments, by regions of the state, considering the protected areas. For this, were produced two maps of land cover and use for the years of 1994 and 2007 using a object-based analysis method. By crossing these maps were able to identify changes in the landscape of Rio de Janeiro. The regions of Urbano-Industrial and Petróleo e Gás Natural had the most significant changes in the state, mostly in urban areas and pasture. As for the forest areas, the major changes occurred in the region of Turístico-Cultural do Médio Paraíba, with the highest rate of deforestation, and the region of Agropecuária dos Rios Pomba, Muriaé e Itabapoana with the highest rate of regeneration.

SUMÁRIO:

FICHA CATALOGRÁFICA: IV

AGRADECIMENTOS V

RESUMO VI

ABSTRACT VII

LISTA DE FIGURAS : XI

LISTA DE TABELAS : XIII

LISTA DE GRÁFICOS : XV

CAPÍTULO 1 1

1.1- INTRODUÇÃO 1
1.2- JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS 2
1.3- ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 3

CAPÍTULO 2 4

2.1- REVISÃO CONCEITUAL 4
2.1.2- Cobertura e uso e da terra 6
2.1.3- Análise espaçotemporal da cobertura e do uso da terra 10
2.1.4- Sensoriamento remoto 13
2.1.5- Classificação orientada a objeto 16
2.2- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA 19

CAPÍTULO 3 24

3.1- MATERIAIS E MÉTODOS 24
3.1.1- Imagens 24
3.1.2- Correção geométrica e mosaico 26
3.1.3- Legenda 27
3.1.4- Classificação de cobertura e uso da terra 36

CAPÍTULO 4 41

DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA DO RIO DE JANEIRO .. 41

4.1- INTRODUÇÃO 41
4.2- CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA DE 1994 41
4.3- CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA E USO DA TERRA DE 2007 44
4.4- COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS DE 1994 E 2007 47
4.5- TABULAÇÃO CRUZADA ENTRE AS CLASSES DE COBERTURA E USO DA TERRA 49
4.6- AS MUDANÇAS DE COBERTURA E USO DA TERRA NAS REGIÕES DO RIO DE JANEIRO 56
4.6.1- Região Urbano-Industrial 57
4.6.2- Região Turística dos Lagos 58
4.6.3- Região do Petróleo e Gás Natural 60
4.6.4- Região Turística da Costa Verde 62
4.6.5- Região Industrial do Médio Paraíba 64
4.6.6- Região Turístico-Cultural do Médio Paraíba 66
4.6.7-Região Serrana de Economia Diversificada 68
4.6.8- Região Serrana de Economia Agropecuária 70

4.6.9- Região Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana *72*
4.7- COMPARAÇÃO ENTRE AS REGIÕES 74

CAPÍTULO 5 ..... **77**

5.1- INTRODUÇÃO 77
5.2- AS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 78
5.3- CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS FLORESTADAS EM 1994 84
5.4- CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS FLORESTADAS EM 2007 88
5.5- DETECÇÃO DE MUDANÇAS NAS ÁREAS FLORESTADAS ENTRE 1994 E 2007 91
5.6- A VARIAÇÃO NAS FLORESTAS PROTEGIDAS 99
5.7- CONCLUSÃO 104

CAPÍTULO 6 ..... **108**

6.1- INTRODUÇÃO 108
6.2- QUANTO À METODOLOGIA 108
6.3- QUANTO AOS PRODUTOS E RESULTADOS ALCANÇADOS 109
6.4- QUANTO À CONTINUIDADE DA PESQUISA 110

BIBLIOGRAFIA **112**

ANEXOS **115**

“Você deve ser a própria mudança que deseja ver no mundo.”

(Mahatma Gandhi)

LISTA DE FIGURAS :

Figura 1. Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre_ 9
Figura 2. Espectro eletromagnético _____ 14
Figura 3. Estrutura matricial da imagem _____ 15
Figura 4. Exemplo de dois padrões de segmentação _____ 16
Figura 5. Exemplo de legenda estruturada de forma hierárquica _____ 18
Figura 6. Localização da área de estudo _____ 19
Figura 7. Regiões do estado do Rio de Janeiro _____ 21
Figura 8. Cenas utilizadas do Landsat 5 _____ 25
Figura 9. Estrutura teórica da legenda utilizada. _____ 27
Figura 10. Exemplos de afloramento rochoso no campo e na imagem Landsat _____ 28
Figura 11. Exemplos de agricultura no campo e na imagem Landsat _____ 28
Figura 12. Exemplo de água continental no campo e na imagem Landsat _____ 29
Figura 13. Exemplo de água costeira no campo e na imagem Landsat _____ 29
Figura 14. Exemplo de áreas alagadas no campo e na imagem Landsat _____ 30
Figura 15. Exemplo de campo de altitude no campo e na imagem Landsat _____ 30
Figura 16. Exemplo de cordão arenoso no campo e na imagem Landsat _____ 30
Figura 17. Exemplo de floresta no campo e na imagem Landsat _____ 31
Figura 18. Exemplo de mangue no campo e na imagem Landsat _____ 31
Figura 19. Exemplo de ocupação urbana de alta densidade no campo e na imagem Landsat _____ 32
Figura 20. Exemplo de ocupação urbana de media densidade no campo e na imagem Landsat _____ 32
Figura 21. Exemplo de ocupação urbana de baixa densidade em uma imagem de alta resolução e no Landsat _____ 33
Figura 22. Exemplo de pastagem no campo e na imagem Landsat _____ 33
Figura 23. Exemplo de eucalipto no campo e na imagem Landsat _____ 34
Figura 24. Exemplo de restinga no campo e na imagem Landsat _____ 34
Figura 25. Exemplo de salinas no campo e na imagem Landsat _____ 34
Figura 26. Exemplo de solo exposto no campo e na imagem Landsat _____ 35
Figura 27. Exemplo de várzea no campo e na imagem Landsat _____ 35
Figura 28. Exemplo de vegetação em estágio inicial no campo e na imagem Landsat 36

Figura 29. Fluxograma da classificação de 2007 _____ 38
Figura 30. Fluxograma da classificação 1994 _____ 39
Figura 31. Mapa de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro de 1994. __ 42
Figura 32. Mapa de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro de 2007. __ 45
Figura 33. Cobertura e uso da terra na região Urbano-industrial em 2007 _____ 57
Figura 34. Cobertura e uso da terra na região Turística dos Lagos em 2007 _____ 59
Figura 35. Cobertura e uso da terra na região do Petróleo e Gás em 2007 _____ 61
Figura 36. Cobertura e uso da terra na região da Costa Verde em 2007 _____ 63
Figura 37. Cobertura e uso da terra na região Industrial do Médio Paraíba em 2007 _ 65
Figura 38. Cobertura e uso da terra na região Turístico-Cultural do Médio Paraíba em 2007_____ 67
Figura 39. Cobertura e uso da terra na região Serrana de Economia Diversificada em 2007_____ 69
Figura 40. Cobertura e uso da terra na região Serrana de Economia Agropecuária em 2007_____ 71
Figura 41. Cobertura e uso da terra na região Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana em 2007 _____ 73
Figura 42. Mapa com as unidades de conservação no Rio de Janeiro em 2007_____ 81
Figura 43. Mapa com as unidades de conservação no Rio de Janeiro em 1994_____ 83
Figura 44. Mapa dos fragmentos florestais regiões do estado do Rio de Janeiro em 1994 _____ 85
Figura 45. Mapa dos fragmentos florestais e regiões do estado do Rio de Janeiro em 2007_____ 90
Figura 46. Exemplo de floresta desmatada na região Serrana de Economia Agropecuária. _____ 92
Figura 47. Exemplo de floresta regenerada na região Serrana de Economia Agropecuária _____ 94
Figura 48. Mapa com as florestas inalteradas, desmatadas e regeneradas. _____ 96
Figura 49. Mapa com os tipos de comportamento das áreas florestadas entre 1994 e 2007_____ 98

LISTA DE TABELAS :

Tabela 1. Descritores usados na modelagem do conhecimento. _____ 37
Tabela 2. Cobertura e uso de 1994 com áreas em valores absolutos e percentuais.___ 44
Tabela 3. Valores absolutos e percentuais das áreas das classes de 2007. _____ 46
Tabela 4. Diferença de área entre 1994 e 2007. _____ 47
Tabela 5: Principais mudanças de cobertura e uso da terra entre 1994 e 2007 (km²) _ 50
Tabela 6. Dinamismo das classes segundo a porcentagem. _____ 53
Tabela 7. Percentual de mudanças das classes e suas significâncias (%). _____ 54
Tabela 8. Percentual de mudança em relação ao estado do Rio de Janeiro (%)_____ 55
Tabela 9. Mudanças totais e percentuais relativas à região Urbano-Industrial. _____ 58
Tabela 10. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turística dos Lagos ____ 60
Tabela 11. Mudanças totais e percentuais relativas à região do Petróleo e Gás Natural 62
Tabela 12. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turística da Costa Verde 64
Tabela 13. Mudanças totais e percentuais relativas à região Industrial do Médio Paraíba _____ 66
Tabela 14. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turístico-Cultural do Médio Paraíba _____ 68
Tabela 15. Mudanças totais e percentuais relativas à região Serrana de Economia Diversificada _____ 70
Tabela 16. Mudanças totais e percentuais relativas à região Serrana de Economia Agropecuária _____ 72
Tabela 17. Mudanças totais e percentuais relativas à região Agropecuária do Pomba. Muriaé e Itabapoana _____ 74
Tabela 18. Comparação das mudanças ocorridas em cada região. (km²)_____ 75
Tabela 19. Categorias de unidades de conservação segundo SNUC _____ 78
Tabela 20. Área e percentual de área protegida por região em 2007. _____ 80
Tabela 21. Área e percentual das unidades de conservação em 1994 por região. ____ 82
Tabela 22. Área e Percentual de floresta por região em 1994._____ 86
Tabela 23. Área de floresta protegida por região em 1994 (km²). _____ 87
Tabela 24. Área e Percentual de floresta por região em 2007;_____ 88
Tabela 25. Área de floresta protegida por região em 2007 (km²)_____ 89

Tabela 26. Desmatamento florestal por região. _____ 92
Tabela 27. Regeneração florestal por região. _____ 93
Tabela 28. Diferença entre a área florestada de 2007 e 1994 por região _____ 97

LISTA DE GRÁFICOS :

Gráfico 1: Áreas das classes de cobertura e uso de 1994 e 2007 _____ 49
Gráfico 2. Percentual de floresta protegida e não protegida em 1994 e 2007. _____ 99
Gráfico 3. Área de floresta protegida por região nos anos de 1994 e 2007._____ 99
Gráfico 4. Alteração da floresta em áreas protegidas de 1994, por região (km²). ___ 101
Gráfico 5. Percentual de alteração da floresta em áreas protegidas relativo as áreas das regiões (%) _____ 102
Gráfico 6. Percentual de alteração de floresta relativo à área de proteção integral por região_____ 103
Gráfico 7. Percentual de alteração de floresta relativo à área de uso sustentável por região_____ 104

Capítulo 1

1.1- Introdução

Recentemente houve um aumento expressivo na produção de mapas de cobertura e uso da terra em todo o mundo. Isso se deu, principalmente, pelo advento de técnicas de sensoriamento remoto que possibilitaram uma maior variedade de imagens disponíveis, primeiramente em nível aéreo e depois em nível orbital. Hoje em dia, o fácil acesso a esses tipos de dados, às vezes até de forma gratuita, ajuda a popularizar cada vez mais essas técnicas de mapeamento. Ao considerarmos a diversidade de alvos a serem detectados em um mapeamento desta natureza, passa-se a ser dependente de todas as resoluções associadas aos sensores orbitais: espacial, que auxilia na identificação de alvos de diferentes tamanhos e formas; espectral, que permite a diferenciação de superfícies pela sua assinatura espectral; radiométrica, que possibilita a percepção de variações nos totais de reflectância e ou emitância dos alvos; e a temporal, que caracteriza o comportamento sazonal dos alvos. Atualmente a diversidade de produtos gerados a partir do sensoriamento remoto tem permitido que diferentes estudos sejam realizados e contribuições metodológicas sejam avaliadas.

O Rio de Janeiro é um estado que já passou por muitas modificações no que se refere à cobertura e uso da terra. Sua história mostra que os diferentes empreendimentos econômicos, políticos e sociais tiveram impactos significativos no seu espaço geográfico. O principal deles foi a remoção da cobertura vegetal original para a colonização do território, construindo cidades, implementando agricultura e explorando seus recursos. Experiências passadas provaram que há a necessidade de se controlar os impactos da interferência humana sobre seu ambiente. A exemplo disso pode-se citar as intervenções ocorridas ao longo do vale do Rio Paraíba do Sul, onde os diferentes ciclos econômicos pelos quais passou essa região acarretaram em danos inesperados. De lá pra cá muita coisa mudou na forma como essas intervenções são pensadas e às vezes realizadas. Recentemente a questão ambiental tornou-se um tema que vem sendo bastante discutido, tendo-se uma preocupação maior com a sustentabilidade das atividades.

Uma das formas que auxiliam o planejamento e gestão do território é a análise da cobertura e uso da terra, onde se pode obter o conhecimento das condições do ambiente e, assim, ter base para planejar ações futuras. Consagradamente, o mapa de uso e cobertura é um elemento de alta relevância para a maioria dos estudos, diagnósticos, prognósticos e, principalmente, monitoramento.

Considerando a diversidade de superfícies encontradas no Brasil e a falta de padrão para se estabelecer legendas associadas a diferentes escalas, o mapeamento de uso e cobertura da terra torna-se uma tarefa difícil que requer tempo e experiência considerável. Há, portanto, a necessidade de se investigar novos métodos de mapeamento que possibilitem uma maior agilidade do processo de sua elaboração, garantindo ainda a precisão dos resultados alcançados.

1.2- Justificativa e Objetivos

Apesar de termos um bom conhecimento das condições atuais da cobertura e do uso da terra do estado Rio de Janeiro, há uma carência de estudos que se propõem a compreender as condições pretéritas e as mudanças que resultaram na configuração atual. A falta de padronização metodológica dificulta a comparação entre produtos gerados por diferentes fontes, tornando difícil a compreensão da evolução da cobertura e uso da terra no estado. Estes estudos são importantes para auxiliar o processo de planejamento territorial, pois indicam as áreas que sofreram maiores mudanças, além de qualificar essas mudanças.

A elaboração de um mapa de cobertura e uso da terra é um processo de alto custo e tempo que requer fontes de dados adequadas (imagens orbitais, fotografias aéreas etc.), técnicas apropriadas, trabalho de campo em diferentes momentos e pessoal qualificado. A necessidade de uma maior especialização e atualização das pessoas envolvidas em sua elaboração é extremamente importante para que as contribuições metodológicas sejam relevantes e possam vir a facilitar todo processo de mapeamento, diminuindo incertezas e custos.

Diante disso, este trabalho tem como objetivo geral fazer uma análise espaço-temporal da cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1994 e 2007, tentando entender as mudanças na paisagem através da configuração espacial

deste tema e das alterações diagnosticadas no período. O intervalo de tempo escolhido se dá pelo interesse em diagnosticar mudanças em um período que permitisse a percepção das diferenças regionais (áreas mais estagnadas e mais dinâmicas) e, principalmente, considerando as mais recentes alterações.

Especificamente, objetiva-se:

- Gerar dois mapas de cobertura e uso da terra abrangendo todo o estado do Rio de Janeiro, na escala 1:100.000, referentes aos anos de 1994 e 2007, utilizando uma abordagem metodológica única de classificação orientada a objetos.

- Localizar e quantificar as mudanças ocorridas entre os diferentes tipos de cobertura e uso da terra durante o período proposto, buscando compreendê-las de forma regionalizada.

- Fazer uma análise espacial dos totais e das mudanças ocorridas nos fragmentos florestais, por regiões de estado, considerando as áreas protegidas.

1.3- Estrutura da dissertação

Este trabalho será dividido em seis capítulos. O primeiro, finalizado aqui, condensa a introdução, justificativa e objetivos desta dissertação. O segundo apresenta uma revisão conceitual dos temas associados à temática de interesse, além de uma caracterização da área de estudo. O terceiro descreve a metodologia e os materiais utilizados para desenvolvimento da pesquisa. O quarto mostrará a caracterização e comparação dos mapas de cobertura e o uso da terra relativo aos anos de 1994 e 2007. No quinto capítulo pretende-se fazer uma análise espacial dos fragmentos florestais considerando suas mudanças e relacionando as mesmas com as áreas protegidas por diferentes tipos de Unidades de Conservação. O sexto e último capítulo trará considerações finais com o intuito de integrar os resultados e apresentar sugestões de continuidade.

Capítulo 2

2.1- Revisão conceitual

Através de mapas de cobertura e uso da terra este trabalho buscará compreender alguns aspectos relacionados às transformações espaciais ocorridas no Rio de Janeiro. Entendendo este tipo de mapa como uma representação do espaço geográfico e suas diferentes paisagens, cabe aqui explicar o que se entende por tais conceitos e sua relação com a cobertura e o uso, assim como a técnica e o método utilizado para sua elaboração.

2.1.1 Espaço Geográfico e Paisagem

No âmbito da Geografia os conceitos de Espaço e Paisagem têm posição central no que se refere ao objeto de estudo desta disciplina. Na história do pensamento geográfico há um intenso debate em como a Geografia deveria se apropriar de tais conceitos. A noção de espaço geográfico variou ao longo das diferentes correntes do pensamento geográfico como é apontado por Corrêa (1995). Ele já foi entendido como um "receptáculo que contém as coisas" (Hartshorne apud Corrêa), como "planície isotrópica", como algo totalmente subjetivo, simbólico onde o ponto de vista do sujeito e seus sentimentos fossem determinantes para a significação do Espaço.

Para a Paisagem, diferentes acepções também aparecem. Humboldt via a paisagem como porções amplas do espaço, com características físicas e culturais suficientemente homogêneas para assumirem uma individualidade, enquanto Sauer dizia que a paisagem seria a união das qualidades físicas da área significativa para o homem, e das formas como a área era utilizada (Holzer, 1972). Tuan (1980) interpretou a paisagem como uma imagem, uma construção mental, unindo a perspectiva funcional e moral-estética. Com isso, fica perceptível a amplitude de interpretações desses conceitos ao longo do tempo. O intuito desse trabalho não é debater as diferentes perspectivas desses conceitos, mas é importante esclarecer qual acepção será adotada para que não haja confusões conceituais.

A ideia de Espaço e Paisagem utilizada por Milton Santos (1996) em seu livro "A natureza do espaço" norteará o presente estudo. Para o autor o Espaço Geográfico se apresenta como um híbrido de sistemas de objetos e sistemas de ações, onde estes dois interagem continuamente trazendo uma noção de totalidade e complexidade. Os

sistemas de objetos estariam relacionados a todos os elementos físicos da superfície terrestre, sejam naturais ou não. Enquanto que os sistemas de ação estariam associados a aspectos humanos, a atos carregados de propósito, onde o homem age de acordo com suas necessidades e circunstâncias. Em última instância os sistemas de ação representam a intencionalidade, a valoração, a vida, aspectos esses que só existem através do ser humano. O Espaço é sempre o presente, uma situação única onde os sistemas de objetos e ação se apresentam como um só.

A Paisagem é vista como "um conjunto de formas que, em um dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza" (Santos, 1996). Ela se apresenta como um conjunto de objetos reais/concretos, do passado e do presente. Enquanto o Espaço resulta da intrusão da sociedade nessas formas-objeto, a Paisagem aparece como algo simplesmente material. Para o autor, é a sociedade que atribui valores aos objetos da paisagem criando novas formas e alterando formas antigas. Na paisagem só é possível perceber os sistemas de objetos, as formas presentes no ambiente. A ideia de paisagem está bastante vinculada a algo pictórico, estagnada em um determinado instante e a partir de algum ponto de vista. Por isso, imagens, pinturas e fotografias são formas de se representar a paisagem. A paisagem possui marcas de diferentes momentos, o que faz dela um interessante instrumento de trabalho, pois "permite rever as etapas do passado numa perspectiva de conjunto" (Santos 1996). Através dela é possível fazer inferências sobre o estado pretérito do espaço. Obviamente, para uma reconstituição do passado se faz necessário recorrer a outros meios além da paisagem. Mas mesmo assim, a análise da paisagem ainda é uma ferramenta valiosa para a compreensão do Espaço.

Este estudo partirá da observação da Paisagem para tentar compreender alguns aspectos do Espaço Geográfico. A partir da ideia do Espaço como um híbrido de sistemas de objetos e ação, tentará relacioná-lo com os conceitos de Cobertura e Uso, que são o foco principal dessa pesquisa.

2.1.2- Cobertura e uso e da terra

Os termos Cobertura e Uso da terra são cada vez mais encontrados em pesquisas e trabalhos de diversas áreas. Instituições públicas e privadas se utilizam dessas informações para seu gerenciamento e planejamento. Para Egler (2003):

> "... a leitura do território em sua expressão mais visível - isto é, do uso e da cobertura da terra, é uma tarefa fundamental para o conhecimento atual das dimensões da questão ambiental e para contribuir na busca de soluções para superá-la".

Visto a importância deste tipo de informação nas questões atuais e sua utilização em diversas áreas de pesquisa, se faz necessário explicar o que se entende pelos conceitos de Cobertura, Uso e Terra de modo a deixar claro o que estará sendo feito neste trabalho.

Muitas vezes esses conceitos são utilizados de forma confusa, chegando a serem apresentados como uma coisa só. Por isso, a distinção entre cobertura e uso é fundamental para melhor compreensão do que se quer dizer. Conceitualmente, a diferença entre estas duas categorias parece ser bem simples, porém, na prática, ainda é muito comum o uso inapropriado destes termos.

A cobertura da terra está relacionada ao revestimento da superfície terrestre, incluindo aspectos bióticos e abióticos (Viera 2005), podendo ser vegetação, agriculturas, construções humanas, rochas, água etc. Ela é facilmente percebida, sendo a materialização das interações entre o meio e o homem. Também é ela que terá interações físicas com as diferentes faixas de energia, apresentando padrões específicos nas imagens de sensoriamento remoto.

Já o termo uso envolve um valor atribuído pelo homem a uma determinada área ou a uma atividade econômica, sua noção é mais subjetiva e não é tão "materializável" como a cobertura. Ele está relacionado à cultura humana, em como um indivíduo ou um grupo se apropria da terra e a utiliza. Para Skole, o uso da terra é o modo que o homem emprega alguma atividade em um tipo de cobertura, e este modo é determinado por fatores sociais complexos (Skole,1994 apud Briassoulis, 2000). Algumas vezes, de forma indireta, é possível identificar padrões em imagens que podem ser associados a

determinados usos, mas o mais eficiente é a efetuação de exaustivos trabalhos de campo.

Estas duas categorias, apesar de distintas, estão sobrepostas espacialmente, isto é, um determinado local sempre possuirá um tipo de cobertura e um tipo de uso. Porém, esta sobreposição não é fixa, um tipo de cobertura pode ter diferentes usos, assim como um determinado uso pode estar associado a mais de uma cobertura. Por exemplo, uma cobertura de floresta pode ter diferentes tipos de uso: área protegida, área recreativa, uma propriedade particular etc. Assim como em uma área protegida pode ter variados tipos de cobertura como floresta, afloramentos rochosos, vegetação herbácea etc.

É muito comum encontrarmos na literatura os termos uso e cobertura *do solo e* uso e cobertura *da terra*. O uso dos termos solo ou terra, em um primeiro momento, pode parecer ambíguo, porém, ao analisarmos mais atentamente seus significados, percebe-se que o termo *solo* possui um caráter mais restritivo, limitando-se a aspectos físicos e químicos relacionados à pedologia. Enquanto que o termo *terra* parece estar relacionado à ideia de superfície terrestre, mostrando ser mais adequado quando tratamos de uso e cobertura. Por isso, neste trabalho, será utilizado o termo cobertura e uso *da terra*. Para a organização das Nações Unidas para agricultura e alimentação (FAO), o termo terra é compreendido como uma área da superfície terrestre cujas características envolvem todos os atributos da biosfera verticalmente acima e abaixo dessa área, incluindo a atmosfera; solo e a geologia subjacente; a hidrologia; a população de plantas e animais; e os resultados das atividades humanas passadas e presentes, na medida em que esses atributos exercem influencia significativa no uso da terra presente ou futuro.

Trazendo de volta o que já foi discutido sobre Espaço e Paisagem, pretende-se relacionar Cobertura com os sistemas de objetos e Uso com os sistemas de ação. Isto porque a ideia de Uso está atrelada à ação humana, à alguma atividade que implica intenção, propósito. Enquanto que a Cobertura é algo estritamente físico, concreto. Por isso a Cobertura é percebida através da Paisagem, pois é ela que apresenta as formas, os objetos. Já para se perceber o Uso se faz necessário a busca por informações que nem sempre estão na paisagem.

Partindo do princípio que a paisagem pode ser percebida sob diferentes perspectivas e representada de diferentes maneiras, entende-se que existem variados

métodos de se estudar a paisagem. Este trabalho pretende perceber a Paisagem considerando o ponto de vista do topo, de cima. Ou seja, a partir de uma visão do alto, neste caso obtida através imagens de satélite, pretende-se perceber e caracterizar a paisagem. Através das formas, cores e aspectos de contexto presentes nestes meios de representação, extrairemos tipos de cobertura da terra e inferiremos alguns usos.

Ao pensarmos nas formas de representação da cobertura e do uso da terra, o mapa se apresenta como o meio mais eficiente, pois a espacialização dessas informações permite uma análise topológica dos diferentes objetos, ajudando a perceber as relações de contiguidade dos elementos representados. Outros exemplos de representação da cobertura e uso seriam as tabelas, textos e croquis, que também são úteis e complementam o próprio mapa.

Porém, para a representação da cobertura e do uso da terra na forma de mapas, se faz necessário estabelecer classes na qual irão se enquadrar os diferentes tipos de cobertura e uso. Estes conjuntos de rótulos, conceitos e relacionamentos, criados para organizar um domínio de investigação são chamados de sistemas de classificação (Viera, 2005). Jansen e Gregório (2002) ressaltam que a classificação é uma abstração que busca representar a realidade. Existem variados tipos de sistemas de classificação voltados para a cobertura e uso da terra, que se configuram em propostas que buscam criar modelos de representação, que ofereçam terminologia compatibilizada para as classes desse domínio, de forma a atender a diferentes pretextos e áreas de estudo. Existem vários exemplos de sistemas de classificação de cobertura e uso da terra, sendo os dois mais conhecidos: o CORINE (*Co-ordination of Information on the Environment*), que é voltado para áreas da União Europeia; e o *Anderson Classification*, criado pelo *United States Geological Survey* (USGS), que procura atender às necessidades de instituições norte-americanas.

No Brasil existe o sistema brasileiro de classificação para uso e cobertura da terra proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que visa atender todo território nacional. Este sistema se divide em três níveis de análise onde o primeiro indica as principais categorias da cobertura terrestre, o segundo apresenta classes de cobertura e uso em escala mais regional, e o terceiro explicita o uso propriamente dito (figura 1). A nomenclatura do uso e cobertura da terra foi concebida

partindo do esquema teórico da cobertura terrestre, que abrange os dois níveis hierárquicos propostos (IBGE,2006).

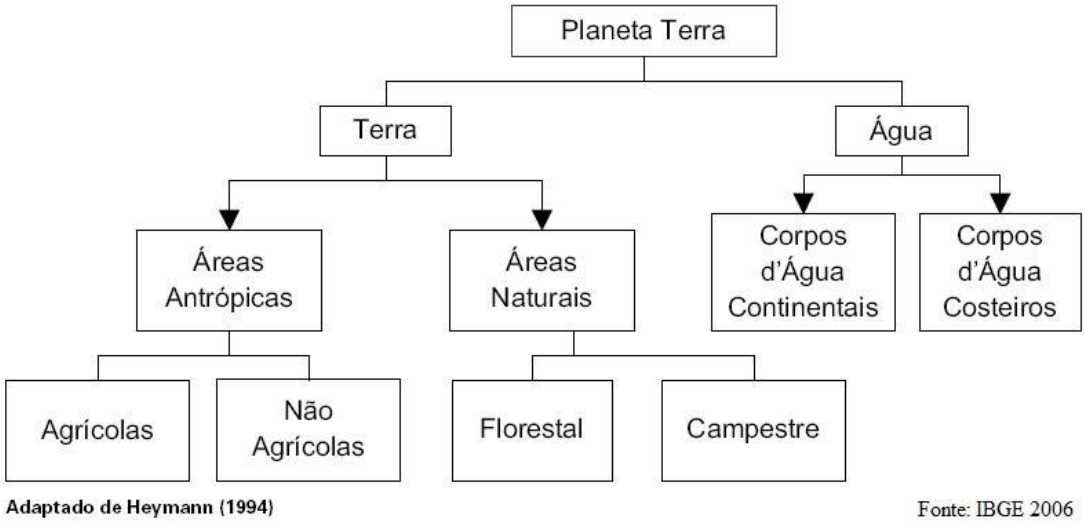


Figura 1. Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre

Vieira (op.cit) ressalta que há dificuldade em encontrar sistemas de classificação com abrangência suficiente para abordar diferentes níveis de análise, pois os modelos existentes são frutos de esforços individualizados de um determinado projeto.

A questão da escala também está vinculada aos sistemas de classificação. Por isso, é importante deixar claro as diferentes acepções de escala. Cartograficamente, a escala é uma relação de medidas entre a realidade e sua representação. Ela é matematicamente definida e está relacionada à geometria dos objetos. Na escala geográfica ela é a medida que dá visibilidade ao fenômeno (Castro, 2006), estando relacionada à dimensão de ocorrência do fenômeno. Tem-se, portanto, duas abordagens distintas do conceito de escala. Temos ainda a escala temporal, que está associada a dimensão temporal de ocorrência de um fenômeno. Para os sistemas de classificação, a escala geográfica irá determinar quais objetos e fenômenos serão percebidos e a partir daí será escolhida uma escala cartográfica ideal para representá-los. Em uma determinada escala um objeto aparece vinculado a uma classe, mas ao mudarmos de escala este mesmo objeto pode deixar de ser percebido e se enquadrar em outra classe.

Isto é um aspecto que dificulta a criação de um sistema de classificação único e aplicável para qualquer situação.

A sobreposição espacial de cobertura e uso é um aspecto que dificulta a representação de ambas em um mesmo mapa, pois pode deixá-lo sobrecarregado de informação. Para Lillesand (2008), o ideal é representá-los em mapas separados, mas na prática acaba sendo mais eficiente misturar as duas categorias quando dados de sensoriamento remoto são usados para mapear estas atividades. Para colocá-los juntos, geralmente, alguns aspectos do uso são restringidos para uma melhor visualização ou vice-versa.

Para o mapeamento da cobertura da terra a utilização do sensoriamento remoto tem sido de fundamental importância para conseguir cobrir grandes áreas. Esta ferramenta permite uma "visão" da superfície muito boa e é imprescindível para a elaboração desse tipo de mapa. Já para classificar o uso da terra esta ferramenta se mostra limitada, sendo possível apenas inferir alguns tipos de uso através de padrões da cobertura. Jansen e Gregório (2004) ressaltam que mesmo isso não sendo sempre possível, a informação de cobertura obtida através de sensoriamento remoto tem uma contribuição considerável para análise do uso. Pesquisas de campo e em outras fontes de dados como censos demográficos, agropecuários e órgãos gestores do território, se fazem necessárias para um mapeamento de uso da terra preciso.

Seja como fonte de dado principal, onde o fenômeno estudado está diretamente relacionado com o uso e cobertura, seja como fonte de dado secundário, servindo como suporte contextual e auxiliando a investigação do fenômeno ou objeto, a informação sobre a cobertura e o uso da terra tem se mostrado valiosa. Porém, para ter este valor, um mapa de uso e cobertura tem que estar adequado às necessidades do estudo, o que envolve questões como escala e padronização de legenda.

2.1.3- Análise espaçotemporal da cobertura e do uso da terra

A cobertura e o uso da terra não são estáticos, eles variam ao longo do tempo. As ações humanas são as principais determinantes neste processo, fatores naturais também influenciam as mudanças de cobertura e uso, mas atuam em uma escala de tempo maior. Por isso, este tipo de mapeamento sempre está ancorado a uma

determinada data, estando sempre sujeito a desatualizações com o passar do tempo. Dependendo do fenômeno a mudança pode ser mais rápida ou lenta.

O estudo do comportamento da cobertura e do uso da terra pode acontecer em diferentes escalas, temporais e espaciais. Por isso, a magnitude das mudanças de uso e cobertura varia de acordo com o período de tempo analisado e sua área geográfica. É possível analisar a cobertura e o uso em diferentes recortes temporais. Uma forma simples é comparando dois momentos distintos, geralmente referentes ao estado presente e outro momento pretérito, podendo perceber assim, as mudanças ocorridas ao longo deste intervalo de tempo (são os estudos conhecidos como change detection). Quando se tem uma série histórica, com pelo menos mais de dois momentos, faz-se uma análise da dinâmica das mudanças de cobertura e uso, reconstituindo a evolução das transformações ocorridas na paisagem. E há uma terceira maneira, que está ligada ao âmbito do monitoramento. Neste caso, a partir de uma série histórica ou não, é feita uma atualização constante, a partir de intervalos determinados, do estado da cobertura e do uso da terra. É um procedimento que visa acompanhar as mudanças em andamento, através de sucessivos mapeamentos. Em cada tipo de análise serão encontrados resultados correspondentes ao nível temporal de observação, sendo definida de acordo com o que se propõe a estudar.

Para Briassoulis (2000), a abordagem adotada para a análise da mudança de uso e cobertura é determinada pelos objetivos do pesquisador, sendo enquadrada basicamente em seis formas: descrição, explanação, predição, avaliação de impactos, prescrição e avaliação.

Uma análise descritiva se resume a mostrar as mudanças ocorridas dentro de um recorte temporal, esta abordagem não se preocupa em explicar essas mudanças, esta questão está mais ligada à explanação que busca o “por que” dessas mudanças.

A abordagem explanatória busca descobrir os fatores e forças que levaram a estas mudanças, direta ou indiretamente, a longo ou curto prazo.

A predição tem como objetivo principal prever as mudanças que ocorrerão no futuro através de modelos. Estas previsões podem ser baseadas considerando a evolução das mudanças passadas, extrapolando essas tendências, ou podem ser projetadas a partir da simulação de condições e cenários.

O estudo da mudança de uso e cobertura voltado para a avaliação de impactos busca compreender como mudanças de uso podem se transformar em impactos negativos ou positivos no contexto ambiental ou socioeconômico, muitas vezes alterando a cobertura.

A forma prescritiva tem como questão principal o "que deveria ser", esta abordagem busca recomendar uma configuração de cobertura e uso que garante o alcance de determinadas metas.

E, por fim, a análise de mudanças de cobertura e uso da terra pode ser feita com o intuito de avaliar, segundo critérios pré-determinados, as mudanças passadas, presentes ou futuras de padrões de uso. O resultado dessas avaliações pode ser utilizado para sugerir alternativas de uso da terra.

Quando falamos em mudança de uso e cobertura é necessário frisar a relação entre as mudanças na cobertura e no uso da terra. Na maioria das vezes, o uso da terra condiciona a mudança na cobertura. A cobertura também pode ser modificada por ações naturais, como terremotos, deslizamentos e incêndios. Para Meyer e Turner (1996), o uso altera a cobertura de três maneiras: convertendo-a em outro tipo de cobertura, modificando algumas características sem convertê-la completamente e mantendo suas condições como estão. Estes mesmos padrões também se aplicam ao uso da terra. A ligação entre uso e cobertura e suas mudanças também estão conectadas ao nível de análise, uma mudança de uso em uma escala local pode não influenciar uma mudança de cobertura nesta mesma escala, porém se ela ocorrer localmente em diversos lugares isolados pode-se perceber uma mudança de cobertura em uma escala mais regional.

Diferente de outros tipos de mapeamentos, como de solo ou geológico, não existe um especialista na elaboração de mapas de uso e cobertura. Tais profissionais são formados nas mais diferentes áreas de atuação, como geografia, biologia, engenharia, urbanismo etc.

A multidisciplinaridade que envolve este tema tem potencialidades e limitações. Ela tem o potencial de gerar uma visão integrada do assunto, tentado relacionar diferentes aspectos em um mesmo contexto, buscando uma abordagem holística, tão falada nos dias de hoje. A limitação está no fato da dificuldade de se obter um consenso teórico e metodológico em relação aos critérios utilizados ao trabalhar com este tipo de

informação. A diversidade de disciplinas atuando nesta área contribui para isso. Cada uma possui suas peculiaridades e demandas que vão privilegiar diferentes aspectos do mapeamento e da análise da cobertura e uso. O trabalho interdisciplinar é fundamental nos dias de hoje, mas há uma dificuldade muito grande em "sintonizar" as diferentes perspectivas. Para Rindfuss et al. (2008), o desafio do trabalho interdisciplinar está em considerar a variedade de interações potenciais entre agentes e desenvolver estratégias para escolher quais enfatizar.

2.1.4- Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto pode ser entendido como um conjunto de técnicas e aplicações que permitem a aquisição de informação sobre objetos ou fenômenos, através do uso de sensores, sem que haja contato direto entre os mesmos (Novo, 1992). Esta tecnologia é muito útil para se estudar recursos naturais, monitoramento ambiental, levantamentos geológicos, estudos cartográficos, estudos urbanos, dentre outros, em função da ampla visão que se tem a partir do ponto de vista de cima, ajudando a compreender diversos fenômenos em diferentes escala.

Existem, basicamente, três níveis de coleta de dados por sensoriamento remoto, genericamente chamados de: laboratório ou terrestre, aéreo e orbital; definindo-se para cada um, uma faixa de escala de detalhamento específica, que influi diretamente na resolução espacial do dado obtido (Novo, 1992). Nesse estudo usaremos como fonte de dados imagens obtidas a partir de sensores acoplados a satélites.

As imagens orbitais possuem características que valem a pena serem lembradas. Diferente de imagens fotográficas convencionais, as imagens orbitais captam várias faixas do espectro eletromagnético, enquanto as fotografias comuns absorvem somente a faixa espectral do visível, igual a que os olhos humanos enxergam (Figura 2).

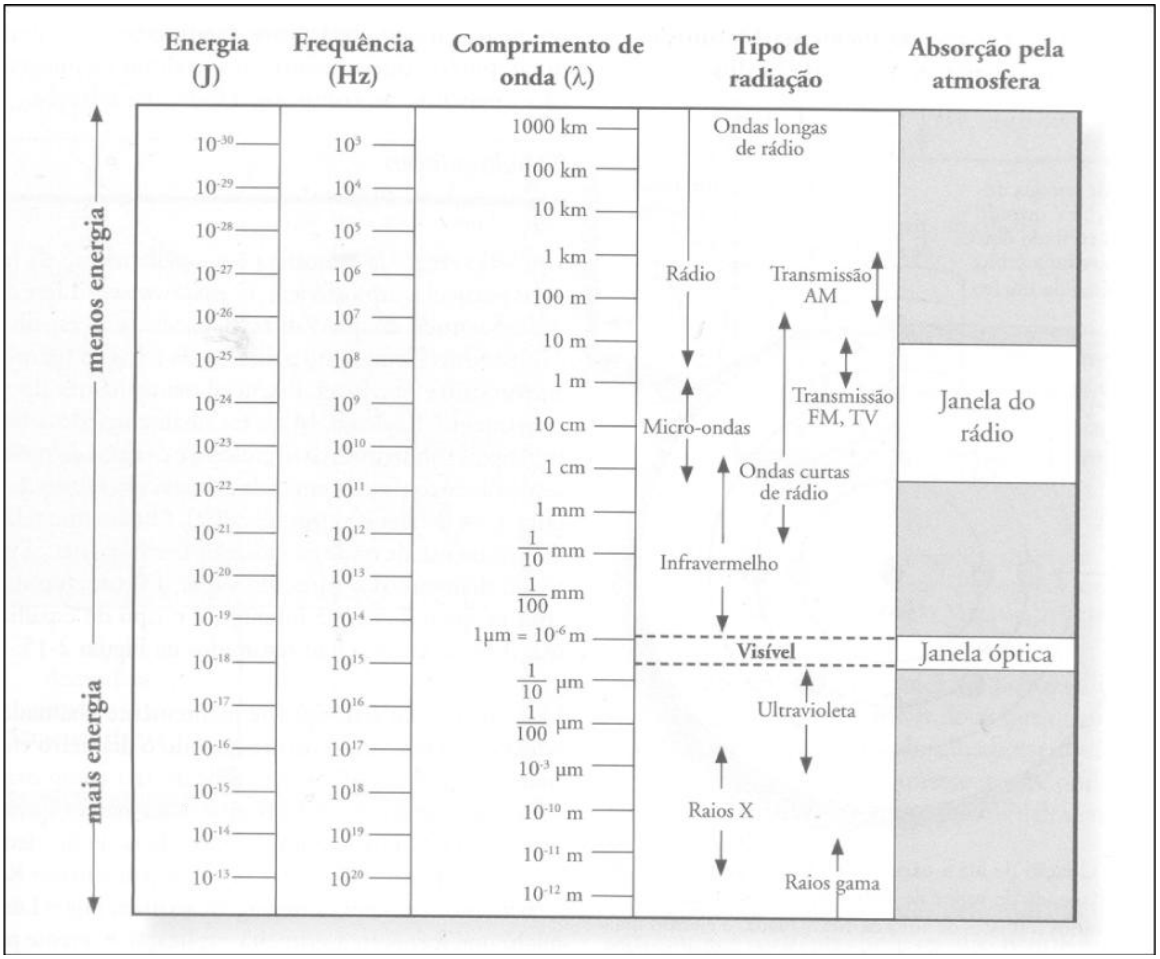


Figura 2. Espectro eletromagnético (Fonte: Jensen, 2007)

Na verdade, quando falamos de imagem de satélite, na maioria das vezes, estamos nos referindo a um conjunto de imagens, onde cada uma corresponde a uma determinada faixa do espectro ou banda. A área da imagem (ou cena) é a mesma para todo o conjunto, o que muda é o tipo de resposta dos alvos em cada faixa espectral. A imagem orbital tem estrutura matricial, onde a menor unidade é o pixel e eles são distribuídos em linhas e colunas (Figura 3).

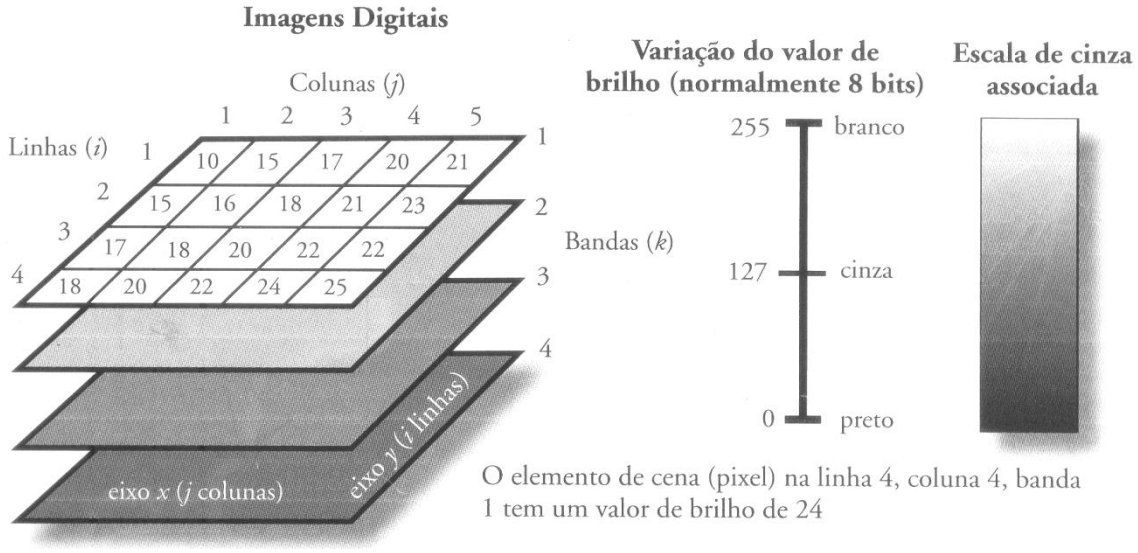


Figura 3. Estrutura matricial da imagem (Fonte: Adaptado de Jensen, 2007)

Cada pixel armazena um valor que corresponde ao nível de refletância do alvo. Estes valores são representados em níveis de cinza. Quanto maior o valor, mais claro é o tom de cinza e maior é a refletância do objeto, e quanto menor o valor, mais escuro passa a ser o nível de cinza e menor é a refletância do objeto. Apesar das imagens serem em tons de cinza, é possível vê-las coloridas, através da elaboração de composições. Ao invés de atribuir níveis de cinza aos valores dos pixels de uma imagem utilizam-se tons de cores do vermelho, verde ou azul para cada banda da imagem. Com três bandas sobrepostas, sendo cada uma associada a um dos três canais matrizes de cores (RGB), é possível fazer diversas composições coloridas, realçando diferentes aspectos da imagem dependendo das características das bandas utilizadas. Um tipo de composição colorida muito comum é a que se assemelha a uma fotografia convencional, que são usadas em interpretações visuais pelo homem. Este tipo de interpretação é muito comum e vai ser determinada pela experiência e subjetividade do interpretador. A partir daí, é possível perceber tipos de paisagem, identificar formas e objetos e contextualizá-los a partir do conhecimento prévio de quem analisa.

Para o auxílio da interpretação visual das imagens é possível fazer uma série de processamentos computacionais que facilitam e agilizam o processo de extração de informações. Para esses processamentos não é necessário atribuir nenhuma cor às bandas, pois a linguagem computacional utiliza os valores numéricos do pixel e os

manipulam estatisticamente. Com isso, a máquina consegue trabalhar com todas as bandas ao mesmo tempo, aproveitando assim, o máximo dos dados disponíveis, o que seria humanamente impossível.

Uma das principais informações que se costuma extrair de dados de sensoriamento remoto é a cobertura e, em parte, o uso da terra. A partir dessa informação é possível caracterizar a paisagem de diferentes maneiras.

2.1.5- Classificação orientada a objeto

Atualmente, encontramos uma variedade de métodos, analógicos e digitais, que se aplicam à elaboração de mapas de cobertura e uso da terra. O avanço tecnológico relacionado ao processamento digital de imagens permitiu um aprimoramento das formas de classificação digital, tornado-as parcialmente automáticas, diminuindo assim, o esforço necessário para a produção de um mapa. Um exemplo disso é o processo de segmentação da imagem. Este procedimento consiste em agrupar os pixels da imagem de acordo com características similares. Isso faz com que os contornos de objetos da imagem sejam pré-delimitados, com maior ou menor suavidade (Figura 4). Com isso, a unidade mínima a se trabalhar passa a ser o segmento gerado e não mais o pixel. Dessa forma, a pessoa que está classificando a imagem não precisa delimitar os contornos das diferentes coberturas manualmente, ela vai apenas refinar o que já foi previamente separado pela segmentação. Vale lembrar que os critérios de similaridade/escala dos pixels são estabelecidos pelo usuário e, dependendo do grau de exigência, podem gerar uma segmentação mais grosseira ou fina.

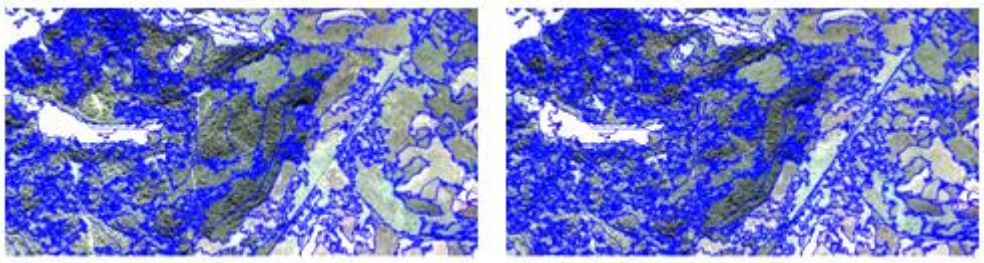


Figura 4. Exemplo de dois padrões de segmentação

Existem basicamente dois tipos de classificação digital: supervisionada e não supervisionada. A não supervisionada é feita de forma totalmente automática, onde, a partir de um determinado algoritmo são feitas agregações de áreas homogêneas com comportamento parecido em classes indeterminadas. No processo supervisionado o usuário define a legenda, a priori, e escolhe amostras para todas as classes (treinamento), que servirão de base para elaboração de assinaturas espectrais, que por sua vez são adotadas como critérios para classificação.

A técnica adotada neste trabalho é denominada Classificação Orientada a Objeto, que é considerada uma classificação supervisionada embasada, obrigatoriamente, no processo de segmentação que define a estrutura de objetos. A ideia central desta abordagem é fazer uma classificação baseada em divisões e agrupamentos de padrões, se estruturando de maneira hierárquica. Esta hierarquia pode estar relacionada tanto a diferentes níveis de segmentação quanto a níveis de classificação (ou uma rede semântica). Ou seja, é possível trabalhar com mais de uma segmentação em uma mesma classificação, onde a segmentação de nível superior possuirá segmentos maiores e mais generalistas (superobjetos) e conforme for descendo o nível de segmentação esses segmentos maiores vão se dividindo cada vez mais (subobjetos). Todos estes níveis de segmentação mantêm uma relação hierárquica, o que garante a herança entre objetos de diferentes níveis. O sentido em que estes níveis são criados estabelece qual a abordagem adotada, que pode ser *top-down* (do macro para o micro) ou *bottom-up* (do micro para o macro).

Por outro lado, a legenda neste tipo de classificação é estruturada de forma hierárquica, como uma rede semântica. Também neste caso as relações são obedecidas e a herança entre classes é respeitada. Os diferentes níveis da hierarquia de classes vão estabelecendo diferentes detalhamentos para o mapeamento, como pode ser observado na figura 5.

Figura 5. Exemplo de legenda estruturada de forma hierárquica

Segundo Cruz, a classificação orientada a objetos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para a identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como, cor, textura, métrica, contexto (Cruz et al. 2007). Diferente das classificações digitais convencionais, este método permite utilizar outras informações além da resposta espectral, o que amplia as possibilidades de interação e manipulação. Com isso, o objeto considerado não se restringe aos segmentos provenientes da segmentação, mas também a todas as outras informações que complementam a classificação.

Outro aspecto interessante neste tipo de classificação é a possibilidade de se criar modelos de classificação a partir das amostras. Estes modelos podem ser booleanos ou fuzzy, onde os primeiros têm um caráter mais discreto, estabelecendo um limite claro e determinístico entre o que está dentro e fora do modelo; e o segundo trabalha com graus de incerteza, definindo o que está dentro ou fora do modelo através de graus de pertinência. Dessa forma, é possível obter diferentes resultados de classificação a partir das mesmas amostras, pois este ambiente interativo de modelagem dá ao usuário uma flexibilidade de manipulação dos modelos de acordo com suas necessidades.

2.2- Caracterização da área

O estado do Rio de Janeiro está localizado na região sudeste do Brasil, entre as latitudes aproximadas de -20° 45’ e -23° 23’, e longitudes -40° 56’ e -44° 54. Com uma área de cerca de 43 700 km², faz fronteira com os estados do Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, como mostra a figura 6. Apesar de ser um dos menores estados da Federação, seu litoral é o terceiro mais extenso com 636 km e sua posição geográfica permite comércios marítimos, pesca e acesso a riquezas da plataforma continental (CIDE, 2009). O Rio de Janeiro é o estado com a segunda maior população do país e possui também a segunda maior cidade, sua área representa 0,5% do território brasileiro, o que faz com que sua densidade demográfica seja muito alta.

O crescimento populacional teve seu impulso a partir do início do século XX, período de mudança de uma economia agrária para urbano-industrial. Segundo o censo demográfico de 2000 (IBGE), havia aproximadamente 12.000.000 de habitantes no estado do Rio de Janeiro, onde 96% se encontravam em áreas urbanas, sendo a maior parte concentrada na região metropolitana, e 4% em áreas rurais dispersas por todo o território. Para Santos et al. (2009) “a organização econômica e social do estado é marcada por elevada concentração espacial da população, dos recursos e das atividades produtivas, delineadas ao longo de seu processo de ocupação e desenvolvimento”.

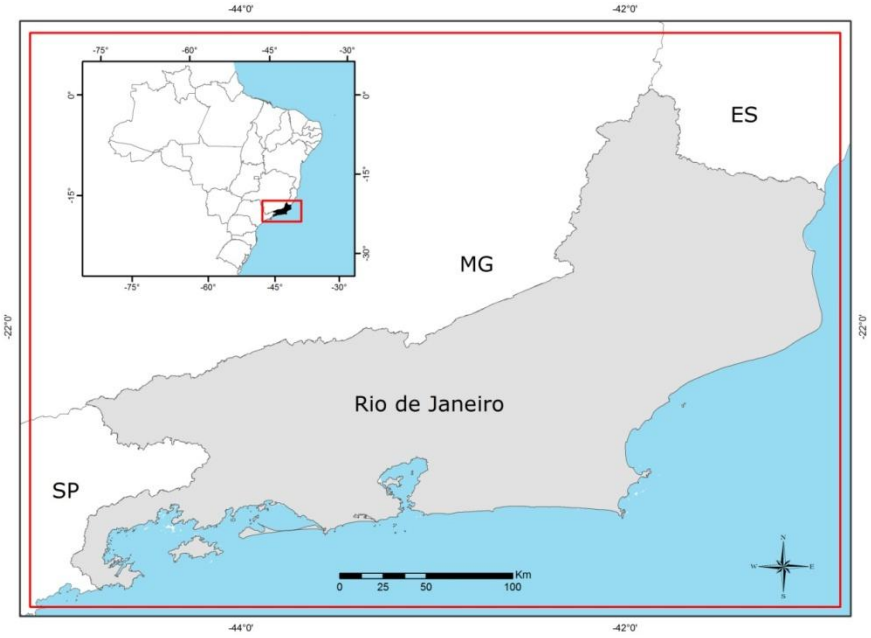


Figura 6. Localização da área de estudo

Geologicamente, a maior parte do estado compõe o escudo cristalino pré-cambriano, apresentando rochas ígneas e metamórficas. Encontram-se também depósitos do quaternário e terciário. Com uma geomorfologia bem variada, apresenta de modo geral, baixadas, serras escarpadas e colinas. A serra do Mar "corta" o estado no sentido oeste-leste, dividindo-o em dois grandes domínios: terras altas e baixadas. Existe uma geodiversidade grande, pois é possível encontrar inúmeras combinações de diferentes condições físicas, o que acarreta um maior índice de biodiversidade e endemismo de espécies.

Junto com o Espírito Santo são os dois únicos estados que estão completamente inseridos no bioma da Mata Atlântica. A presença de fragmentos florestais com tamanho expressivo e com uma boa conectividade mostra a importância deste estado para a manutenção da integridade deste bioma. A maioria dos remanescentes florestais está localizada na serra do Mar, formando um corredor que liga a região central e sul da Mata Atlântica. A variedade de ambientes que este estado oferece proporciona um alto grau de endemismo que é encontrado em várias regiões do estado.

Seu processo de formação territorial se iniciou com a colonização portuguesa no século XVI. A cidade do Rio de Janeiro, o que hoje corresponderia ao município do Rio de Janeiro, foi capital do império português durante o período colonial, e distrito federal após a proclamação da república. Este *status* terminou em 1960, quando a capital foi transferida para Brasília e a cidade do Rio de janeiro foi transformada em estado da Guanabara. Esta configuração se manteve somente até 1975 quando o estado da Guanabara se fundiu ao Rio de Janeiro, estabelecendo o limite estadual que conhecemos hoje. Durante o período em que esteve em posição política e econômica central, o Rio de Janeiro sofreu um intenso processo de ocupação e transformação da Paisagem. O número de habitantes cresceu rapidamente e as atividades econômicas foram se diversificando cada vez mais. Durante os anos 90 ocorreram algumas emancipações municipais que fragmentaram o território. Atualmente existem noventa e dois municípios no estado do Rio de Janeiro que podem ser agrupados em regiões de acordo com suas características sócio-econômicas.

As atuais regiões de governo foram estabelecidas em 1987 e, segundo Saraça (2007), não retratam mais a realidade do estado, pois as recentes mudanças na estrutura produtiva acarretaram em uma reordenação espacial que impôs a necessidade de se

formular uma nova regionalização. Dessa forma, a fundação CIDE propôs uma nova regionalização para o estado que levam em consideração as diferenças e particularidades do cenário atual. Ela é baseada nas regiões de governo de 1987, porém apresenta algumas modificações na forma de agrupamento dos municípios. Essa regionalização possui nove regiões e podem ser observadas na figura 7.

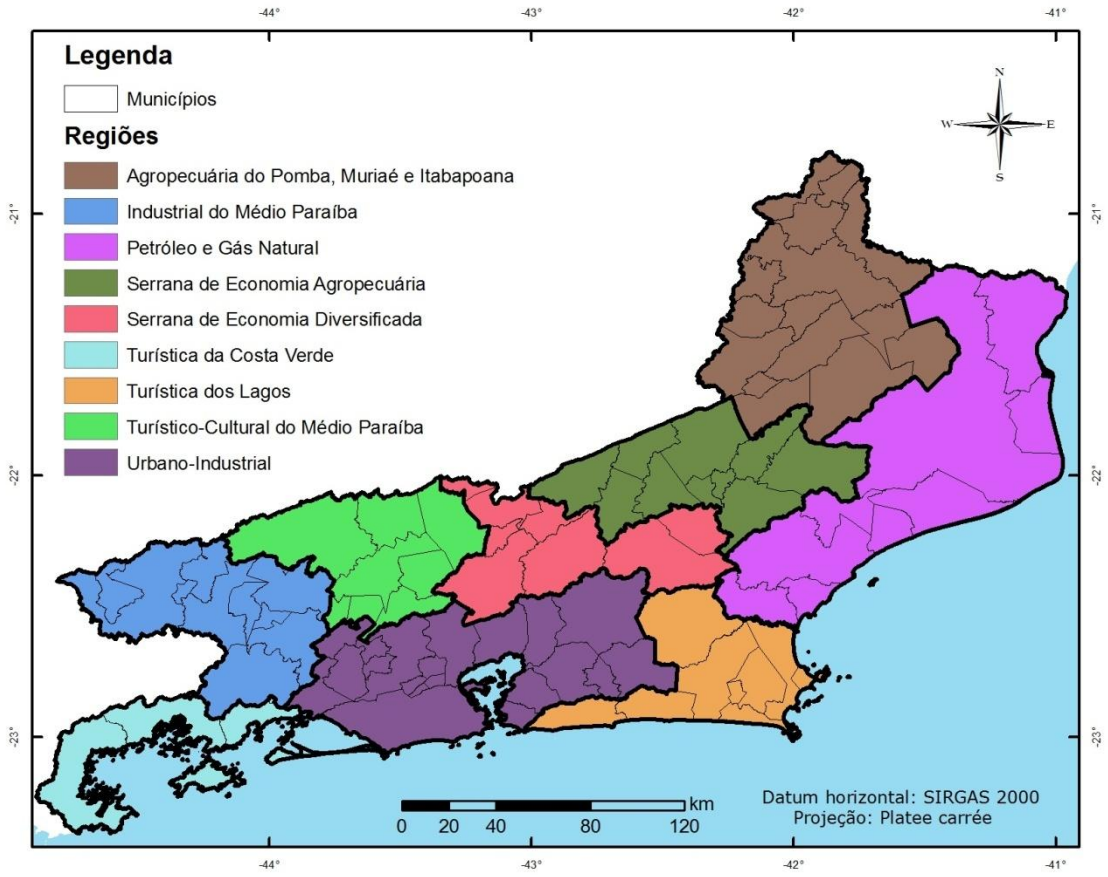


Figura 7. Regiões do estado do Rio de Janeiro

A região do Petróleo e Gás é composta pelos seguintes municípios: Campos dos Goytacazes, Carapebus, Conceição de Macabu, Casimiro de Abreu, Macaé, Quissamã, Rio das Ostras, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra. Antigamente essa região tinha um perfil agropecuário com a produção da cana-de-açúcar e pecuária leiteira, porém essas atividades encontram-se em declínio. Hoje ela é caracterizada pelo crescimento da atividade petrolífera que vem causando forte impacto nos municípios dessa região.

A região Turística dos lagos abrange os municípios de Araruama, Armação de Búzios, Arraial do Cabo, Iguaba Grande, Cabo Frio, Saquarema, Maricá, São Pedro da

Aldeia e Silva Jardim. A principal atividade econômica dessa região é o turismo de veraneio e recentemente tem sofrido influência da indústria do petróleo que se instalou em sua região vizinha.

A região Agropecuária dos Rios Pomba, Muriaé e Itabapoana é composta pelos seguintes municípios: Aperibé, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Cardoso Moreira, Italva, Laje do Muriaé, Miracema, Natividade, Itaperuna, Itaocara, Porciúncula, Santo Antonio de Pádua, São Fidélis, São José de Ubá e Varre-sai. Considerada a região mais pobre do estado, sua economia tem características agropecuárias estagnadas. Recentemente o município de Santo Antonio de Pádua se transformou em um núcleo especializado de extração de rochas ornamentais.

A região Serrana de Economia Agropecuária apresenta os municípios de: Cantagalo, Carmo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Santa Maria Madalena, São Sebastião do Alto, Sapucaia, Sumidouro e Trajano de Morais. Sua economia é baseada em atividades primárias de baixa produtividade como a oleicultura e produção de cimento. Recentemente alguns municípios passaram a expandir no setor imobiliário de segunda residência em função da influência das atividades petrolíferas da região do Petróleo e Gás.

A região de Serrana de Economia Diversificada é composta pelos municípios de Bom Jardim, Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Três Rios e Comendador Levy Gasparian. Esta região apresentou nos últimos anos um crescimento no setor têxtil e de vestuário no município de Nova Friburgo, assim como a indústria alimentícia e mobiliária nos outros municípios. Como seu nome diz, sua economia é bem diversificada, atuando em vários setores.

A região Urbano-Industrial abrange os seguintes municípios: Rio de Janeiro, Niterói, Belford Roxo, Cachoeiras de Macacu, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Mesquita, Nilópolis, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, Rio Bonito, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá. Esta pode ser considerada a região mais importante do estado do Rio de Janeiro, sendo o centro político desta unidade da federação. Nos últimos anos o setor industrial e de alguns serviços tem migrado da capital para municípios do interior metropolitano como Duque de Caxias e Nova Iguaçu. Nos municípios da porção leste e norte da baía de Guanabara

estão localizadas áreas mais rurais que se encontram em pleno processo de expansão urbana e industrial, principalmente do setor petroquímico e naval.

A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba é formada pelos municípios de: Vassouras, Valença, Rio das Flores, Paty dos Alferes, Paraíba do Sul, Miguel Pereira, Mendes e Engenheiro Paulo de Frontin. Esses municípios possuem uma economia voltada para agropecuária e turismo rural não muito expressivo no estado. Há a presença de dois polos universitários em Valença e Vassouras.

Os municípios que compõem a região Industrial do Médio Paraíba são: Barra do Piraí, Volta Redonda, Itatiaia, Barra Mansa, Piraí, Pinheiral, Porto Real, Resende, Quatis e Rio Claro. Esta região tem como característica a economia voltada para o setor secundário, com indústrias ligadas ao setor siderúrgico e metalomecânico. Existe a presença de turismo nas partes mais altas da serra da Mantiqueira com belas cachoeiras e trilhas. Ultimamente tem apresentado crescimento na área de comércio e serviço.

A região da Costa Verde é composta pelos municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati. Esta região tem sua atividade econômica voltada quase que exclusivamente para o turismo, com belas praias e muitas áreas verdes. Existe a presença de indústria naval e do petróleo e de uma usina nuclear que gera energia para boa parte do estado do Rio de Janeiro.

Capítulo 3

3.1- Materiais e Métodos

3.1.1- Imagens

Nos dois mapeamentos de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro (1994 e 2007) foram usadas cenas do sensor TM do satélite Landsat 5, referentes ao período seco. Estas imagens são obtidas em sete bandas que abrangem as seguintes faixas do espectro eletromagnético:

-Banda 1- Azul (0,45 – 0,52µm)

-Banda 2- Verde (0,52 – 0,60µm)

-Banda 3- Vermelho (0,63 – 0,69 µm)

-Banda 4- Infravermelho próximo (0,76 – 0,90 µm)

-Banda 5- Infravermelho médio (1,55 – 1,75 µm)

-Banda 6- Termal (10,4 – 12,5 µm)

-Banda 7- Infravermelho médio-distante (2,08 – 2,35 µm)

Todas as bandas possuem resolução espacial de 30 metros com exceção da banda 6 que tem 120 metros e não foi usada neste estudo. A cena do Landsat 5 corresponde a uma área de 185 x 185 km articulada conforme uma estrutura de órbita-ponto. Para cobrir toda a área de estudo foram necessárias sete cenas para cada data, como mostra a figura 8.

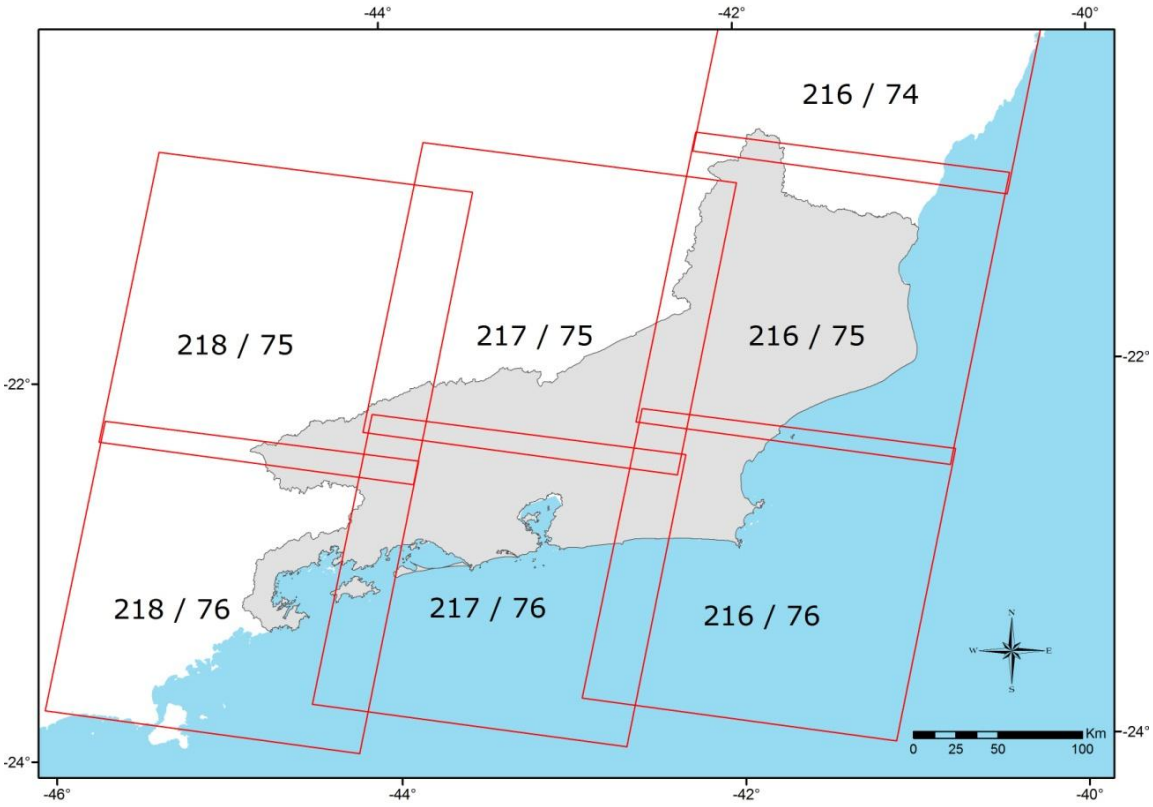


Figura 8. Cenas utilizadas do Landsat 5

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) disponibiliza gratuitamente toda a série histórica desse sensor em seu *site*. O Landsat 5 foi lançado em 1984 e desde então vem imageando a superfície de modo contínuo em ciclos de 16 dias. Para o mapa de 2007 foram utilizadas as cenas associadas às seguintes datas:

Órbita 216: 76; 75; 74 – *27 de Agosto de 2007*

Órbita 217: 76; 75 – *2 de Agosto de 2007*

Órbita 218: 76; 75 – *25 de Agosto de 2007*

Para o mapa de 1994 foram utilizadas as cenas com as seguintes datas:

Órbita 216: 76; 75; 74 – *10 de outubro de 1994*

Órbita 217: 76; 75 – *29 de julho de 1994*

Órbita 218: 76; 75 – *22 de Setembro de 1994*

Felizmente todas as imagens de 2007 são de datas muito próximas (menos de um mês de variação) e com pouquíssimas nuvens, o que é muito difícil de conseguir. Para 1994 se buscou imagens da mesma época do ano parar gerar os dois mapas no período seco e assim não comprometer a comparação entre eles. Partiu-se de uma proposta de análise de um período de 15 anos, aproximadamente, e a escolha final das datas, equivalente ao intervalo de 13 anos, foi em função dos melhores imageamentos obtidos.

3.1.2- Correção geométrica e mosaico

Com relação ao processo de georreferenciamento das imagens procurou-se atender aos Parâmetros de Exatidão Cartográfica (PEC), nível C, indicado para mapeamento temático. Definiu-se para a escala 1:100.000 que 90% dos pontos observados deveriam atender a um erro máximo de 100 metros em relação a base utilizada. Inicialmente, foi testado como base de referência o produto *Geocover*, disponibilizado gratuitamente pela *Global Land Cover Facilities* (GLCF), que são imagens Landsat, já ortorretificadas, de todo o mundo. Porém, o georreferenciamento pelo Geocover não atendeu aos parâmetros determinados inicialmente, não apresentando homogeneidade de precisão para todo estado. Como não existe uma base cartográfica oficial para o estado do Rio de Janeiro na escala de estudo, cogitou-se utilizar a base do IBGE 1:50 000 existente. Porém, como esta base está separada em muitas folhas e em diferentes datuns, tornando difícil sua manipulação; e considerando ainda o fato de estarem muito desatualizadas, em média trinta e quarenta anos, conclui-se que sua utilização tornaria o processo de correção improdutivo. Com isso, optou-se por georreferenciar as imagens de 2007 a partir de pontos de controle obtidos em campo através do uso de GPS de navegação, com observação de médias, garantindo assim o atendimento às tolerâncias para a escala. Os trabalhos de campo também permitiram o levantamento de amostras georreferenciadas de cobertura da terra que possibilitaram a modelagem e, posteriormente, a validação do mapeamento. Todo caminhamento efetuado, ou *trackings,* ajudou a testar a qualidade da correção geométrica das imagens.

Todo o processo de correção geométrica das imagens foi efetuado no *software* SPRING 5.0 fornecido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Aplicou-se a técnica de ajuste polinomial de segunda ordem a partir das coordenadas dos pontos obtidos em campo. O erro máximo obtido para as 7 cenas foi de 60m (testado através dos caminhamentos, pontos de teste e bases existentes). As imagens dos anos de 1994

foram georreferenciadas a partir das cenas de 2007 corrigidas, dessa forma garantiu-se um melhor ajuste entre os dois anos.

Com todas as cenas de 2007 corrigidas, o passo seguinte foi elaborar três mosaicos, respeitando as órbitas de imageamento 216, 217 e 218. Assim, as diferenças radiométricas entre as faixas são minimizadas, pois como as datas são iguais para cada órbita optou-se por trabalhar cada faixa separadamente. Este procedimento foi executado utilizando o *software* ERDAS Imagine versão 8.5.

3.1.3- Legenda

A legenda usada nesta pesquisa foi estabelecida buscando extrair o máximo de informação sobre a cobertura da terra dentro das limitações de resolução das imagens e escala definida. A legenda utilizada foi inspirada na classificação proposta pelo manual técnico de uso da terra do IBGE, utilizando o nível I e em parte o nível II e III. Deu-se prioridade as classes de cobertura, pois como a área de estudo é grande e será mapeada em uma escala regional, determinar classes de uso necessitaria um esforço intenso, com muitos trabalhos de campo (reambulação) e pesquisas em diversas fontes. A figura 9 demonstra a estrutura teórica da legenda usada no mapeamento de cobertura e uso da terra.

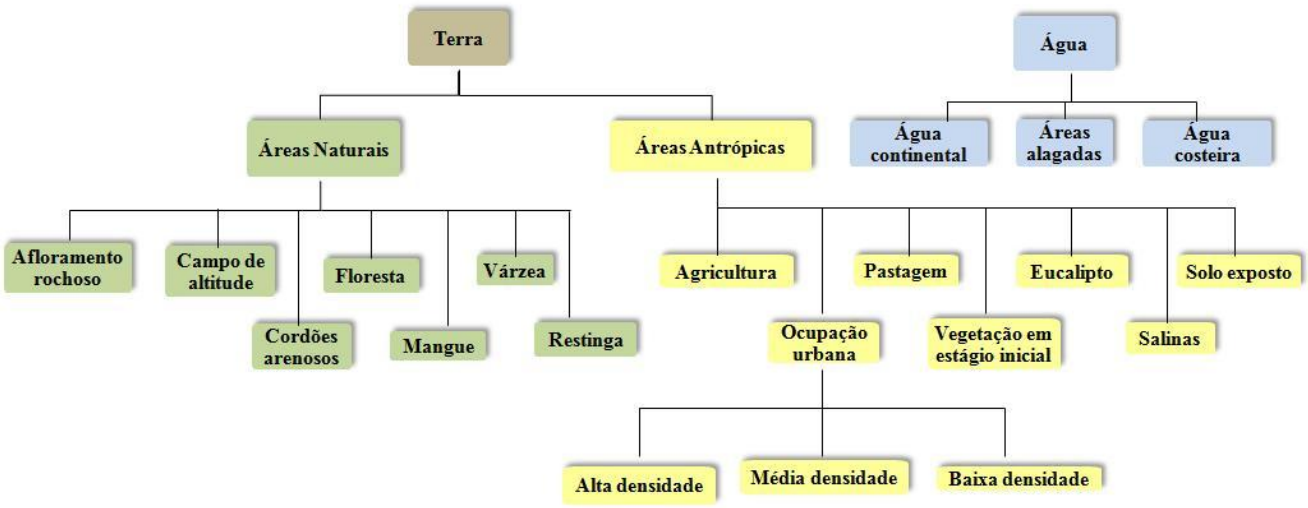


Figura 9. Estrutura teórica da legenda utilizada.

Sendo assim, as dezoitos classes estabelecidas foram caracterizadas da seguinte forma:

- **Afloramento rochoso**

Esta classe representa todos os tipos de rochas que estão expostas na superfície terrestre, devido a comportamentos geológicos e geomorfológicos. Tem um padrão de ocorrência pontual, com baixa expressão em área.

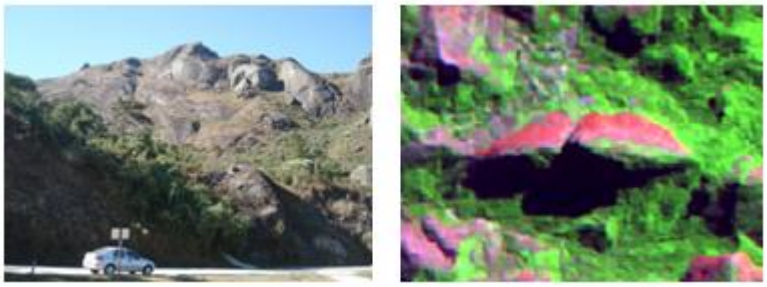


Figura 10. Exemplos de afloramento rochoso no campo e na imagem Landsat

- **Agricultura**

São áreas com culturas temporárias ou permanentes dos mais diversos tipos: cana de açúcar, cítricos, hortaliças, coco etc. Inclui áreas de descanso, que são identificadas pelo seu contexto espacial. Para a escala adotada esta classe ficou representada, quase que exclusivamente, pela cana. Nesta classe está excluído o cultivo de eucalipto.

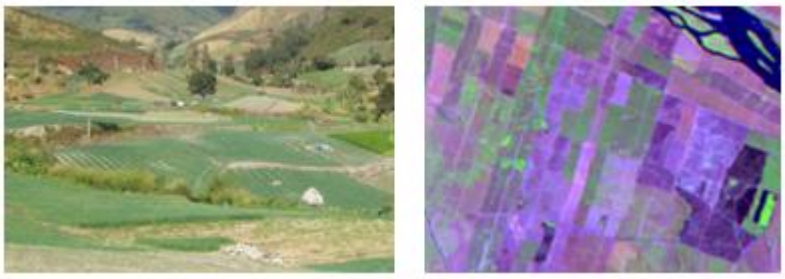


Figura 11. Exemplos de agricultura no campo e na imagem Landsat

- **Água**

Continental: referem-se aos corpos de águas naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc (IBGE, 2006).

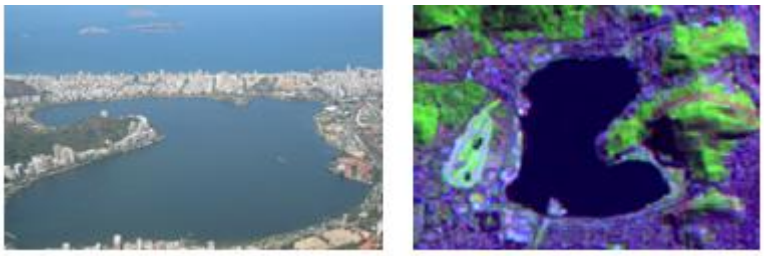


Figura 12. Exemplo de água continental no campo e na imagem Landsat

Costeira: são corpos de água salgada e salobras que recobrem os locais junto à costa, englobando a faixa costeira de praias e as águas abrigadas, como estuários, baías, enseadas, lagunas, lagoas litorâneas, canais. A delimitação entre costeiro e continental deve ser definida caso a caso, considerando-se sempre o limite entre água de mistura (salobra) e água continental, ou seja, deve-se considerar até onde ocorrerá influência marinha (IBGE, 2006).

Figura 13. Exemplo de água costeira no campo e na imagem Landsat

- **Áreas alagadas**

São áreas que ficam inundadas em diferentes períodos do ano devido suas características geomorfológicas. Geralmente ocorrem de forma natural, podendo também acontecer com a influência do homem.

Figura 14. Exemplo de áreas alagadas no campo e na imagem Landsat

- Campo de altitude

Esta classe foi definida exclusivamente a partir de critérios de altitude. Todas as áreas acima da cota de 1800 metros foram classificadas como campo de altitude.

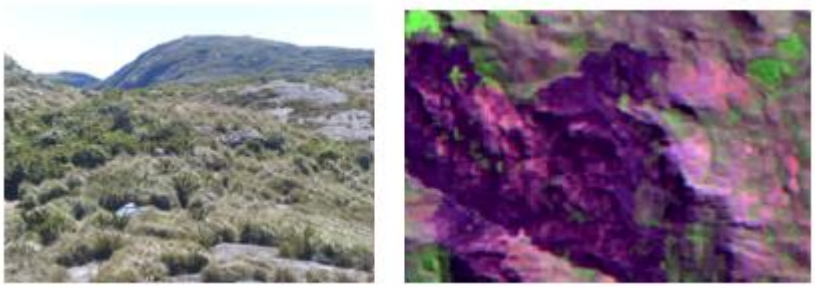


Figura 15. Exemplo de campo de altitude no campo e na imagem Landsat

- Cordões arenosos

São classificados como cordões arenosos quartzos intemperizados localizados nas costas dos continentes. Também conhecido como areia de praia.

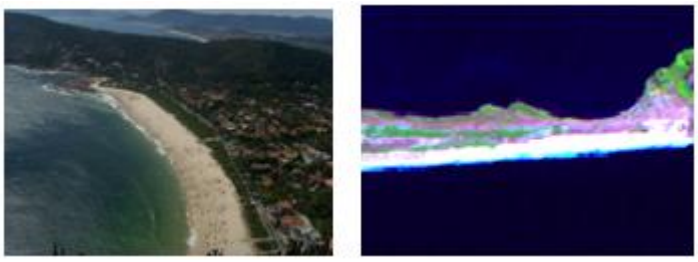


Figura 16. Exemplo de cordão arenoso no campo e na imagem Landsat

- Floresta

É considerado como floresta as formações arbóreas, incluindo as áreas de Floresta Densa (estrutura florestal com cobertura superior contínua), de Floresta Aberta (estrutura florestal com diferentes graus de descontinuidade da cobertura superior, conforme seu tipo – com cipó, bambu, palmeira ou sororoca), de Floresta Estacional (estrutura florestal com perda das folhas dos estratos superiores durante a estação desfavorável – seca e frio) além da Floresta Ombrófila Mista (IBGE, 2006).

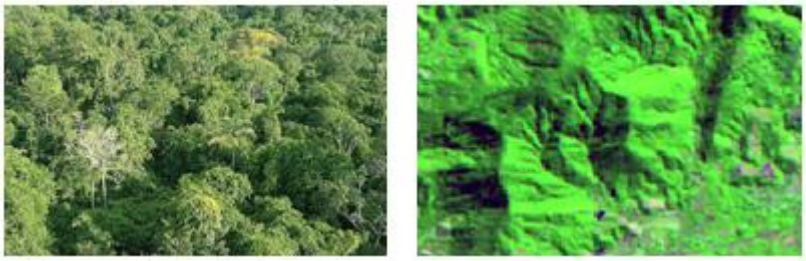


Figura 17. Exemplo de floresta no campo e na imagem Landsat

- Mangue

Vegetação pioneira de áreas estuárias influenciadas pela dinâmica fluviomarinha. Tem como característica a localização em desembocaduras de rios e uma estrutura bem definida.

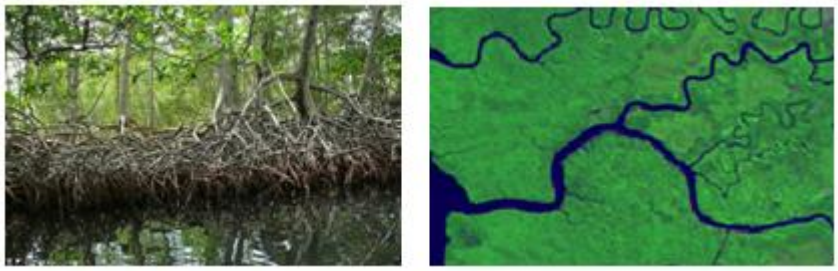


Figura 18. Exemplo de mangue no campo e na imagem Landsat

- Ocupação Urbana

É caracterizada por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas. Estão incluídos nesta categoria as metrópoles, cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados,

áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições que podem em alguns casos encontrar-se isolados das áreas urbanas (IBGE, 2006). Neste trabalho dividimos as áreas urbanas em três classes de acordo com suas respostas espectrais.

Alta Densidade: são áreas com alto índice de ocupação e construção percebidas facilmente pelas imagens devido a enorme quantidade de concreto. Normalmente associadas à construções mais verticalizadas. Quando residenciais, possuem grandes concentrações de população.

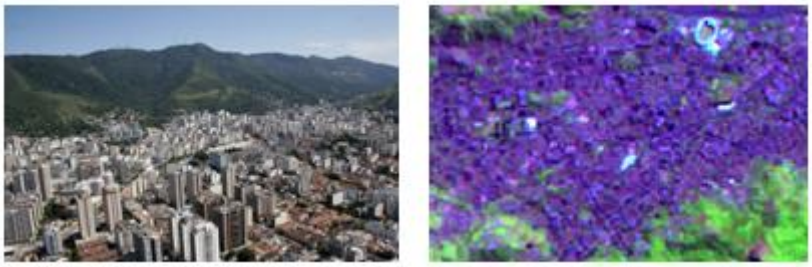


Figura 19. Exemplo de ocupação urbana de alta densidade no campo e na imagem Landsat

Média Densidade: apresentam características semelhantes aos de alta densidade, porém com menor intensidade. É uma classe com ampla representatividade, abrangendo a maioria das áreas urbanas.

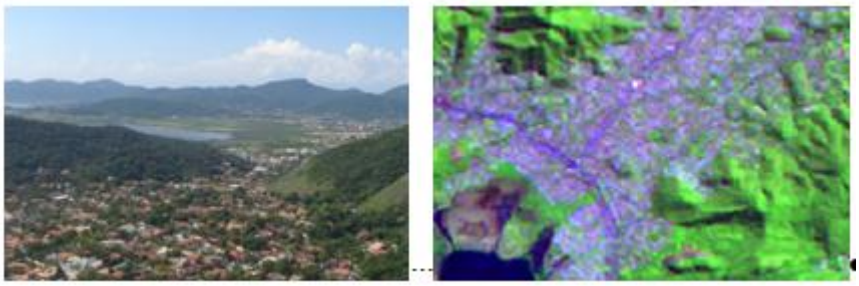


Figura 20. Exemplo de ocupação urbana de media densidade no campo e na imagem Landsat

Baixa Densidade: normalmente associadas a áreas construídas com baixo índice de intensidade, sua resposta espectral se mistura com as da pastagem. Geralmente são áreas de expansão urbana com a presença de loteamentos e abertura de estradas.

Figura 21. Exemplo de ocupação urbana de baixa densidade em uma imagem de alta resolução e no Landsat

- Pastagem

Neste caso, foi considerado como Pastagem áreas de gramíneas e herbáceas que, apesar de poderem possuir usos diferenciados, foram agrupadas de acordo com sua resposta espectral. Podem ser natural ou plantada, embora para o Rio de Janeiro pertençam ao segundo tipo.

Figura 22. Exemplo de pastagem no campo e na imagem Landsat

- Eucalipto

Representam áreas com a monocultura do eucalipto de diferentes espécies. A partir de um determinado tamanho de área plantada se diferencia espectralmente podendo ser agrupada como uma classe.

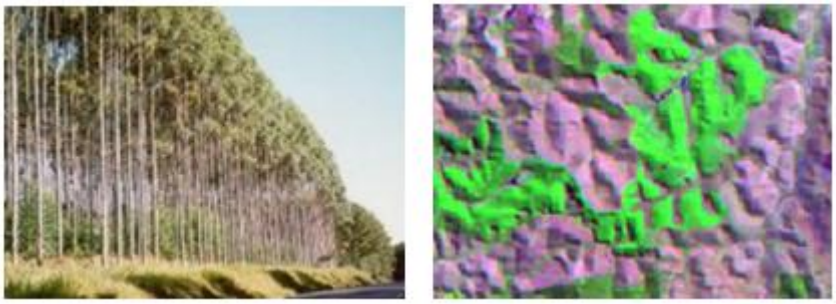


Figura 23. Exemplo de eucalipto no campo e na imagem Landsat

- Restinga

Vegetação pioneira de influência marinha localizada em campos hidroarenosos litorâneos (IBGE, 2006). Neste caso está se considerando a vegetação de restinga arbustiva e a herbácea, com menos densidade de biomassa.

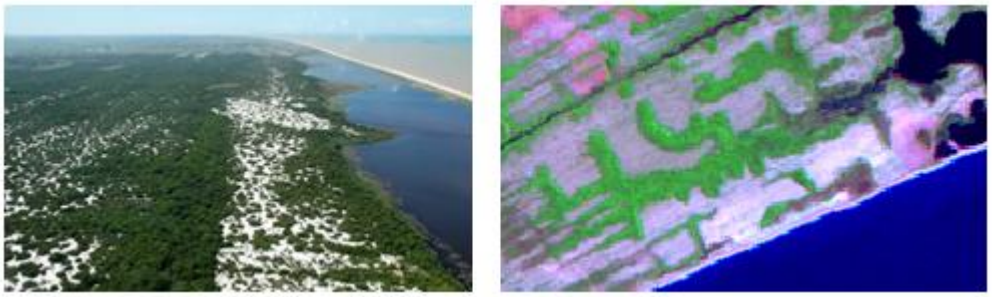


Figura 24. Exemplo de restinga no campo e na imagem Landsat

- Salinas

Atividade econômica que visa extrair o sal de águas costeiras. São facilmente identificáveis pela sua forma, contexto e resposta espectral.

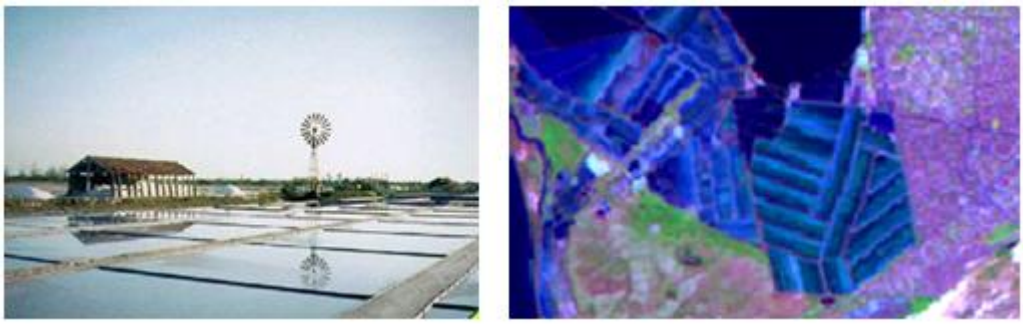


Figura 25. Exemplo de salinas no campo e na imagem Landsat

- Solo exposto

São determinadas pela presença de solo ou substrato rochoso, expostos na superfície. Pode ter usos variados, como exploração mineral, extração de areia ou áreas que estão em processo de construção.

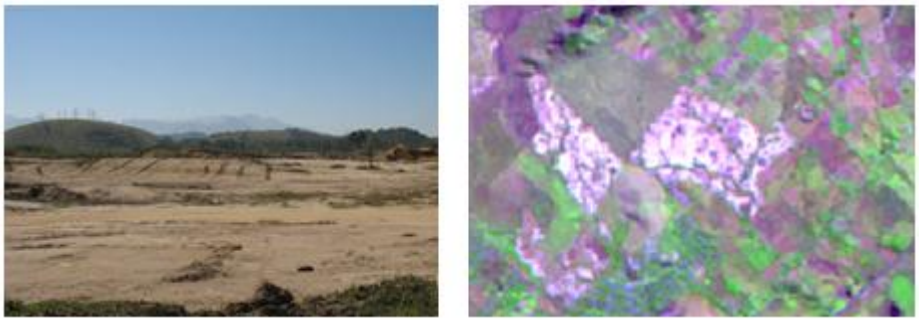


Figura 26. Exemplo de solo exposto no campo e na imagem Landsat

- Várzea

Formações de influência fluvial e/ou lacustre arbustiva e herbácea (Comunidades Aluviais) (IBGE, 2006). Tem uma geomorfologia característica, formando terraços nos fundos de vale. Assim como outras classes, possuem usos diversificados, porém com uma resposta espectral específica.

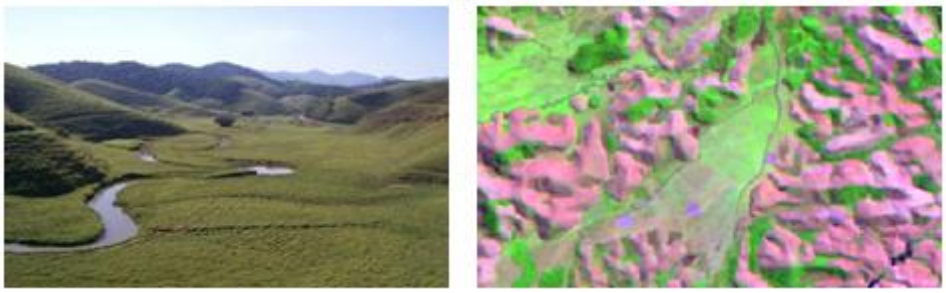


Figura 27. Exemplo de várzea no campo e na imagem Landsat

- Vegetação em estágio inicial

É uma vegetação secundária que ainda não está estruturada como uma floresta, mas já apresenta certa biomassa que se diferencia na paisagem. Também conhecida como pasto-sujo, esta classe se encontra muitas vezes nas bordas de fragmentos e como fragmentos bem pequenos e isolados.

Figura 28. Exemplo de vegetação em estágio inicial no campo e na imagem Landsat

3.1.4- Classificação de cobertura e uso da terra

O primeiro mapeamento a ser gerado foi o de 2007, como subsídio para o Zoneamento Ecológico Econômico do estado, realizado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro em contrato com a Secretaria Estadual do Ambiente-RJ.

Com todos os mosaicos prontos, iniciou-se o processo de classificação de cobertura e uso no *software* Ecognition 5, da *Definiens*. Cada mosaico foi classificado separadamente para facilitar o processo de modelagem e não deixar o projeto muito pesado. Este programa permite o uso da técnica de classificação orientada a objeto, a partir do processo de segmentação em vários níveis hierárquicos e utilizando imagens de diferentes resoluções. Neste caso foram utilizados dois níveis de segmentação articulados na forma hierárquica *top-down*, de modo que os segmentos gerados no nível mais alto serão respeitados no nível a baixo podendo ser apenas subdivididos, nunca agrupados. No primeiro nível foram usadas apenas as bandas do infravermelho 4 e 5 do sensor TM, com parâmetro de escala 10 e peso máximo para a cor, em detrimento da forma. Este nível serviu para separar os corpos d'água, sombras densas e nuvens das classes restantes, denominado outros. A escolha dessas bandas se deu pelo fato das massas d'águas terem respostas espectrais baixas nas bandas do infravermelho, sendo facilmente diferenciada de outros objetos. O nível abaixo foi gerado utilizando as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor e os mesmos parâmetros do nível superior, de modo a detalhar as classes restantes através do estabelecimento de uma legenda hierárquica.

A classificação supervisionada foi feita, prioritariamente, através da modelagem das respostas espectrais das imagens e outras informações temáticas utilizando modelos

fuzzy e booleano. As informações temáticas utilizadas foram o modelo digital de elevação SRTM, que é resultado de uma missão feita pela NASA que através de técnicas de interferometria fizeram o levantamento topográfico de todo o globo terrestre, e o mapa geomorfológico do estado do Rio de Janeiro gerado peça Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). As amostras das classes foram coletadas em campo de forma a garantir a certeza de sua representatividade. Estas amostras permitiram a seleção dos melhores descritores (variáveis) das bandas espectrais. Estes descritores apresentam algumas estatísticas, como média e desvio padrão, dessas amostras nas diferentes bandas. Isso ajuda a identificar padrões espectrais para algumas classes, facilitando o processo de modelagem e classificação. Vale ressaltar que também foram elaborados outros descritores a partir de funções entre as bandas, para auxiliar a diferenciação das classes, como o índice de vegetação (NDVI) e a soma das bandas do visível.

Tabela 1. Descritores usados na modelagem do conhecimento.

Descritores	
B1+B2+B3	Média
B1+B2+B3/3	Desvio Padrão
(B4-B3)/(B4+B3) ou NDVI	Razão
(B1+B2)-255	Brightness
B5/B4	Max diff*
B7/b4	Geomorfologia
B4*B3	SRTM

*Total de todas as bandas

Para cada modelo foram definidos limites de ocorrência que auxiliam na separação de classes, considerando-se certezas e incertezas. A administração da classificação em níveis auxilia na minimização de confusões (Cruz et al., 2009). A escolha e análise dos descritores a serem utilizados foram feitas a partir da visualização de histogramas que comparam duas classes por vez em um ambiente que permite a construção desses modelos de forma automática ou manual. Com isso, cada classe foi determinada em função de um ou mais modelos, sendo que em cada nível da legenda sempre existia uma classe cujo modelo era de exclusão (em relação às demais classes), para, assim, garantir que segmentos que não se enquadrassem em nenhum modelo também fossem classificados. Foi garantida a herança entre níveis de classificação e de

segmentos, evitando assim, que áreas fossem classificadas mais de uma vez e simplificando todo o processo.

Após alcançar o melhor resultado possível da classificação automática, iniciou-se o processo de edição manual para corrigir algumas inconsistências e refinar o mapeamento. Em seguida os mapeamentos foram exportados em formato TIFF para passar por um processo de generalização no sistema ERDAS e, assim, garantir uma melhor representação das formas. Foram suavizados os contornos dos objetos através do filtro de moda com uma matriz 5x5 e eliminados ruídos através da exclusão de polígonos menores que 5 ha, atendendo, desta forma, ao menor detalhe a ser mapeado para a escala 1:100.000. Em seguida o dado foi convertido para o formato *shapefile* do sistema Arcgis 9.3, onde foi feita a edição em nível de banco de dados, recorte no limite do estado e cálculos das áreas das classes de cobertura e uso da terra. Todos os cálculos de áreas foram efetuados na projeção de cônica equivalente de Albers utilizando os paralelos secantes em -21,2° e -22,2° para que os resultados fossem o mais próximo da realidade, já para as representações gráficas optou-se pela projeção Plate-Carrée (Cilíndrica Equidistante Meridiana), que tem como característica a preservação das formas dos objetos representados.

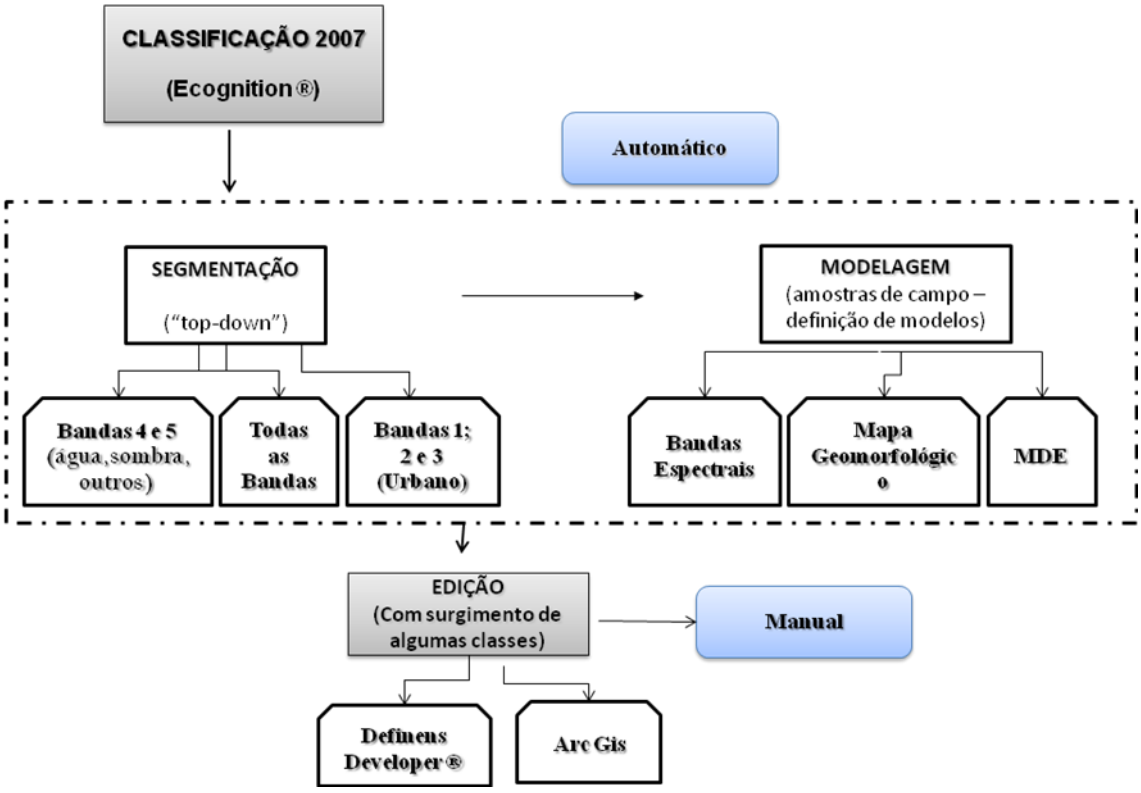


Figura 29. Fluxograma da classificação de 2007

As imagens de 1994 foram classificadas sob a mesma metodologia, com apenas duas alterações. Uma delas foi a criação de um terceiro nível de segmentação para tentar separar a classe do Urbano. Fazendo a segmentação um nível abaixo das bandas 3 e 4, utilizamos os mesmos parâmetros só que aplicados nas bandas do visível (1, 2 e 3), conforme foi usado por SILVA et al. (2009). Dessa forma, procurou-se extrair as áreas urbanas como um todo para no nível abaixo diferenciá-las de acordo com suas intensidades. Outra diferença foi o fato do mapa de cobertura e uso da terra de 2007 ter sido usado como uma informação temática a mais, sendo adotado como descritor. Ele foi usado para definir classes consideradas invariáveis ao longo do intervalo definido, como afloramento rochoso e campos de altitude.

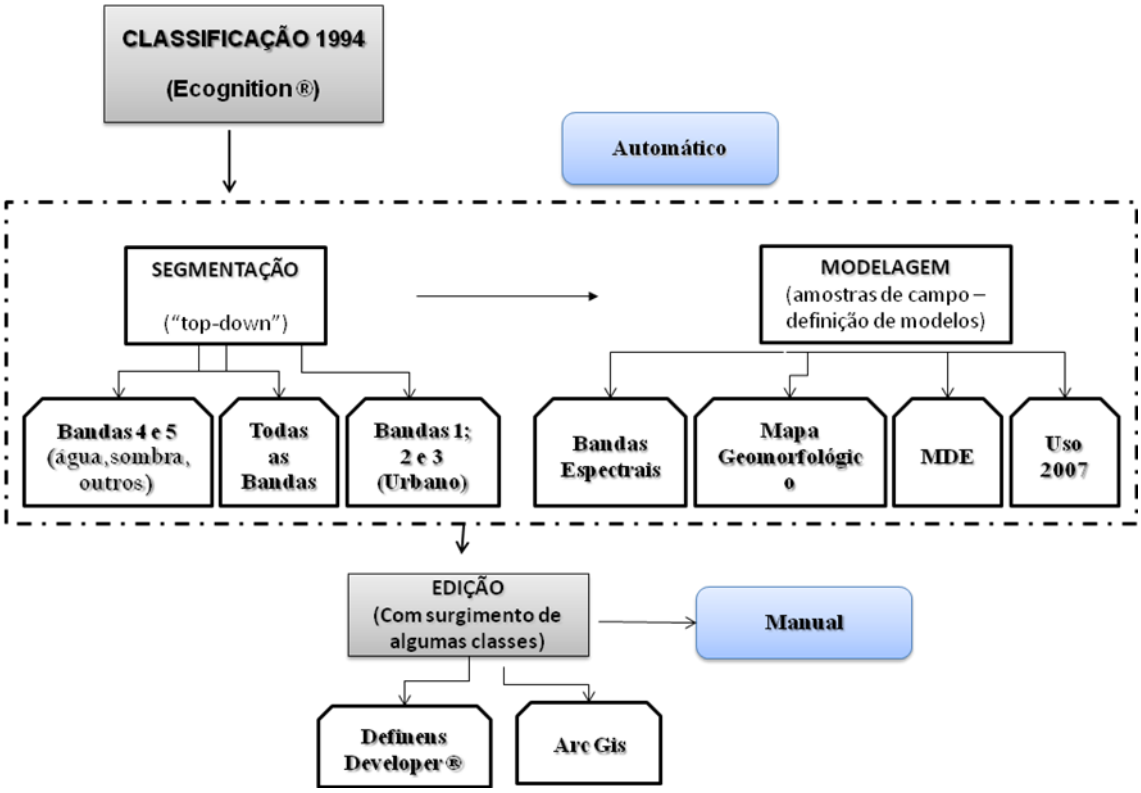


Figura 30. Fluxograma da classificação 1994

Com os dois mapas prontos, adequados geometricamente e padronizados com a mesma legenda, o próximo passo foi cruzá-los para, assim, poder perceber as mudanças ocorridas. Para isso eles foram convertidos para uma estrutura matricial, utilizando o formato GRID do Arcgis, facilitando a operação de tabulação cruzada entre as classes.

Aplicou-se a ferramenta Combine, que cruza os dois *rasters*, gerando uma matriz que indica em cada pixel as classes nos dois momentos.

Numa primeira análise dos resultados obtidos pelo cruzamento, pôde-se perceber a ocorrência de algumas inconsistências, o que levou a uma segunda rodada de edição manual para os dois mapas. O *software Google Earth* foi utilizado para consulta em casos de dúvidas, pois nele é disponibilizadas imagens de alta resolução para toda a área de estudo. A comparação entre os mapas acabou se mostrando a melhor forma de avaliar a qualidade dos mapas gerados. Após as edições, um novo cruzamento foi feito e os resultados se mostraram mais satisfatórios.

Em seguida dois novos cruzamentos foram feitos para serem analisados posteriormente: um com as regiões do estado disponibilizado pela fundação CIDE, que permitiu quantificar as mudanças em cada uma das regiões; e outro com as unidades de conservação do Rio de Janeiro, que foram adaptados da base cartográfica organizada para o livro "Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro". A adaptação foi diferenciar as unidades nas categorias Proteção Integral e Uso Sustentável. A partir da tabela gerada por estes cruzamentos foram feitas as análises propostas nesta pesquisa, que serão apresentadas nos capítulos a seguir.

Capítulo 4

DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA E USO DA TERRA DO RIO DE JANEIRO

4.1- Introdução

O presente capítulo tem como objetivo analisar as mudanças na cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro entre 1994 e 2007. Para isso, foi feito um cruzamento espacial entre os mapas dos dois anos de modo a localizar, quantificar e qualificar as mudanças detectadas. Esta análise espacial exige uma compatibilização rigorosa entre os dados, tanto em nível geométrico como em termos de legenda, podendo ser utilizada como uma espécie de validação dos próprios mapas. Considerando o tamanho da área de estudo (aproximadamente 43.700km²), a escala proposta (1:100.000) e a legenda utilizada, uma análise completa das mudanças de todas as classes de cobertura e uso da terra levaria muito tempo, pois exigiria um detalhamento grande no processo de edição para ajuste dos limites entre os mapas. Como neste trabalho será analisada a cobertura florestal mais profundamente, priorizou-se uma edição refinada para esta classe de interesse. Por isso, para fins de comparação, optou-se por agregar algumas classes, cuja determinação através da modelagem é considerada de maior complexidade, exigindo maiores cuidados na edição manual. Desta forma, na análise comparativa, a classe de restinga foi unida a de cordões arenosos, pois o cruzamento mostrou que as mudanças detectadas entre as mesmas apresentavam um alto grau de incerteza. Como praticamente toda restinga está inserida nos cordões arenosos e o limite entre estas duas classes é muito sutil, optou-se por uni-las. Por outro lado, as classes afloramento rochoso, campo de altitude e várzea foram consideradas invariáveis neste intervalo de tempo, não sendo analisadas.

4.2- Caracterização da cobertura e uso da terra de 1994

O mapeamento de cobertura e uso da terra elaborado a partir de imagens do ano de 1994, apresentado na figura 31, tem como principal característica a predominância das classes de pastagem e floresta em sua paisagem.

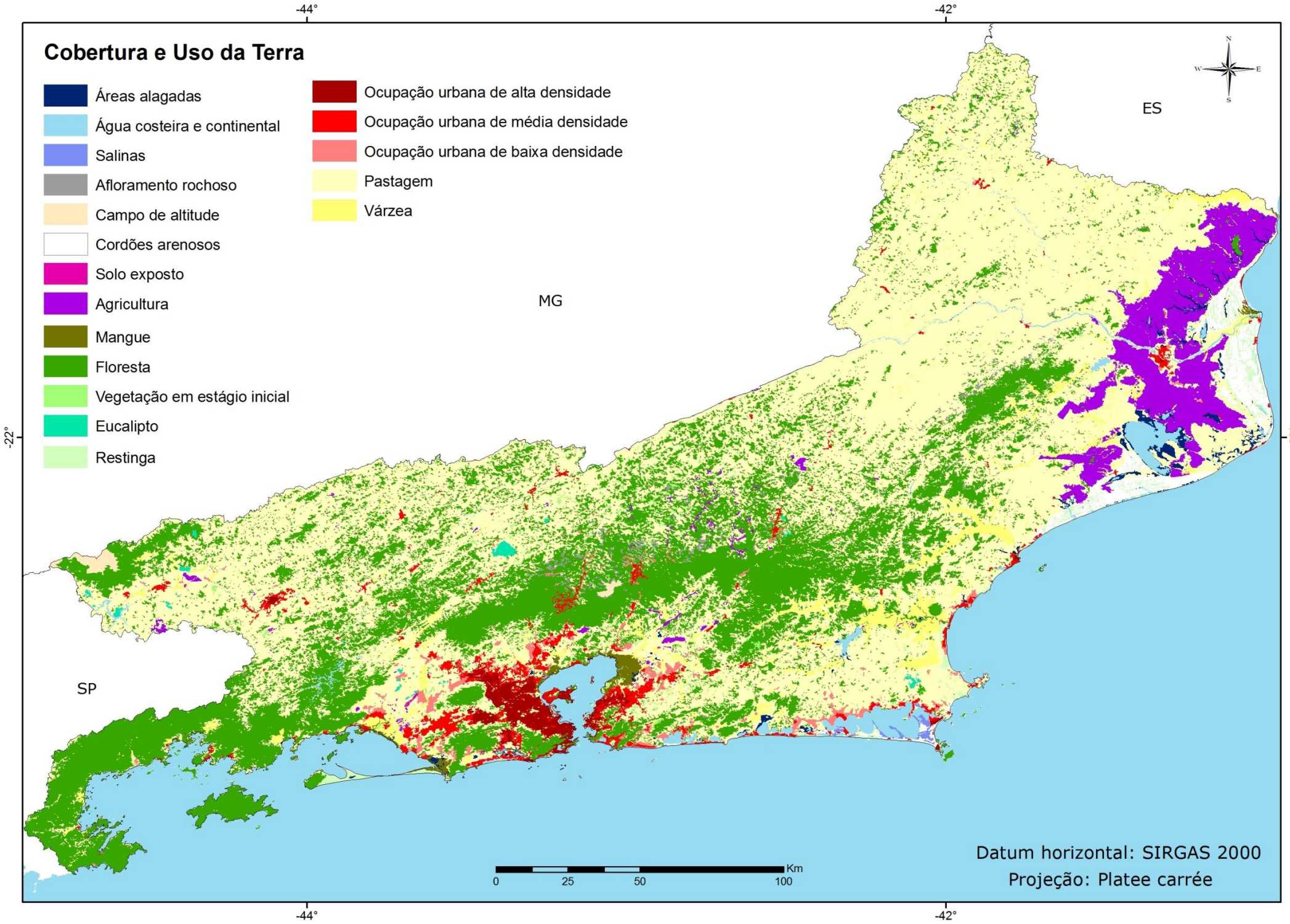


Figura 31. Mapa de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro de 1994.

O Rio de Janeiro, com uma área total de aproximadamente 43.700km², possuía 54% de pastagem e 27% de floresta totalizando 81% do território. Devido a sua abundância e conectividade espacial com as outras classes, a pastagem é considerada a matriz da paisagem. A floresta apresenta seus maiores fragmentos ao longo da Serra do Mar, o que forma um dos principais corredores da Mata Atlântica, enquanto o restante do estado apresenta um alto grau de fragmentação.

A terceira maior classe é a agricultura com cerca de 5% do estado, cujas áreas são concentradas na região norte, sendo a cana-de-açúcar a cultura de maior expressão espacial. Outros tipos de agricultura são encontrados de forma dispersa e em tamanhos menores, muitas vezes não perceptíveis na escala utilizada. De uma forma geral englobam as culturas de café, cítricos, banana, hortaliças e etc.

As áreas urbanizadas foram diferenciadas em 3 níveis de intensidade de ocupação (alta, média e baixa densidade), que juntos correspondem a 1.729 km², o que representa 4% da área total do estado. Excetuando a região metropolitana, essas áreas se apresentam de forma distribuída.

Em termos de expressão espacial, a várzea aparece na sequência, com 3,2% do estado. Como se optou por apresentar a restinga agregada aos cordões arenosos, esta nova classe aparece como a quinta maior área com 1.046km², localizada em maior abundância no litoral norte do Rio de Janeiro. Em seguida, vêm as águas continentais que apresentam 722km², o correspondente a 1,65% do estado. Áreas alagadas aparecem com 265km² e afloramentos rochosos com 250km². As cinco classes restantes são menos significativas em termos espaciais, somadas elas alcançam praticamente 1% de todo o território. Os valores de cada uma das classes e seus respectivos percentuais podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2. Cobertura e uso de 1994 com áreas em valores absolutos e percentuais.

Classes	km²	%
Pastagem	23.674	54,14
Floresta	11.762	26,90
Agricultura	2.179	4,98
Ocupação urbana total	1.729	3,95
Várzea	1.394	3,19
Cordões arenosos/Restinga	1.046	2,39
Águas continentais	722	1,65
Vegetação em estágio inicial	280	0,64
Áreas alagadas	265	0,61
Afloramento rochoso	250	0,57
Mangue	171	0,39
Campo de altitude	117	0,27
Eucalipto	75	0,17
Salinas	44	0,10
Solo exposto	23	0,05
Total	**43.729**	**100**

Considerando uma divisão em nível superior, com classes representativas de coberturas antrópicas e coberturas naturais, tem-se para o estado do Rio de Janeiro 64% e 34%, respectivamente.

4.3- Caracterização da cobertura e uso da terra de 2007

O mapeamento da cobertura e uso da terra referente ao ano de 2007 apresenta diferenças sutis quando comparado com o de 1994, conforme pode ser visto na figura 32.

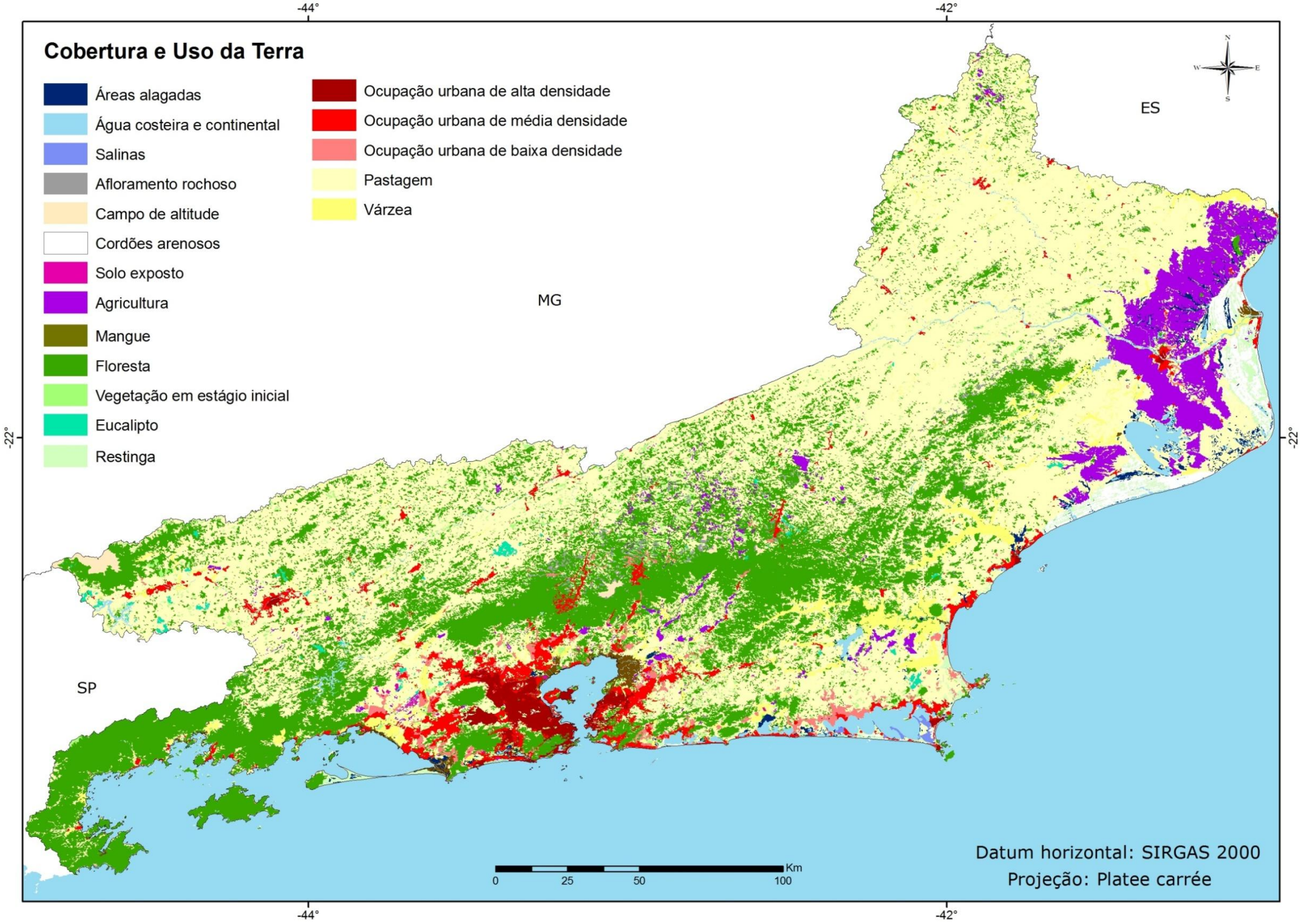


Figura 32. Mapa de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro de 2007.

No ano de 2007 as classes referentes à pastagem e a cobertura florestal, continuaram sendo as mais significativas, representando 78% da área do Rio de Janeiro. Percebe-se apenas uma pequena redução de 3% em relação aos totais observados em 1994.

As áreas urbanas, por outro lado, apresentaram um crescimento, ocupando uma área de 2.300km² (5%), ficando a frente da agricultura, que passou a estar com 4,6%.

A classe composta por cordões arenosos e restinga apresentou uma leve queda chegando a 951km^2, enquanto a vegetação em estágio inicial (uma cobertura de transição) teve um aumento considerável alcançando o patamar de 2%. A classe áreas alagadas teve um ligeiro aumento de 16km² e o mangue se manteve estável com uma diferença de 3km² em relação a 1994. O eucalipto teve sua área aumentada, atingindo 117km². As classes solo exposto e salinas mantiveram valores abaixo dos 0,1%.

Para 2007, as áreas antrópicas passaram a compor 65% do território e as naturais 33%, mantendo-se, assim, o mesmo balanço de 1994. A tabela 3, a seguir, apresenta os quantitativos obtidos no mapeamento de 2007.

Tabela 3. Valores absolutos e percentuais das áreas das classes de 2007.

Classes	**Km²**	**%**
Pastagem	22.990	52,57
Floresta	11.281	25,80
Ocupação urbana total	2.301	5,26
Agricultura	2.054	4,70
Várzea	1.396	3,19
Cordões arenosos/Restinga	951	2,17
Vegetação em estágio inicial	869	1,99
Águas continentais	864	1,98
Áreas alagadas	281	0,64
Afloramento rochoso	250	0,57
Mangue	174	0,40
Eucalipto	128	0,29
Campo de altitude	117	0,27
Solo exposto	38	0,09
Salinas	36	0,08
Total	**43.729**	**100**

4.4- Comparação entre as áreas de 1994 e 2007

Entre 1994 e 2007 há um aumento de 1% nas áreas antrópicas e, consequentemente, a diminuição de 1% nas áreas naturais. Se compararmos as duas tabelas, considerando a ordem de maior para menor área, o ranking se mantém parecido nos dois anos. As únicas diferenças são: as áreas urbanas ultrapassam a agricultura, o eucalipto ultrapassa os campos de altitude, e salinas ultrapassam o solo exposto. Porém, em termos quantitativos, praticamente todas as classes tiveram algum tipo de alteração. Ao subtraírmos os valores de 2007 dos de 1994, percebe-se quanto cada classe cresceu ou diminuiu.

Tabela 4. Diferença de área entre 1994 e 2007.

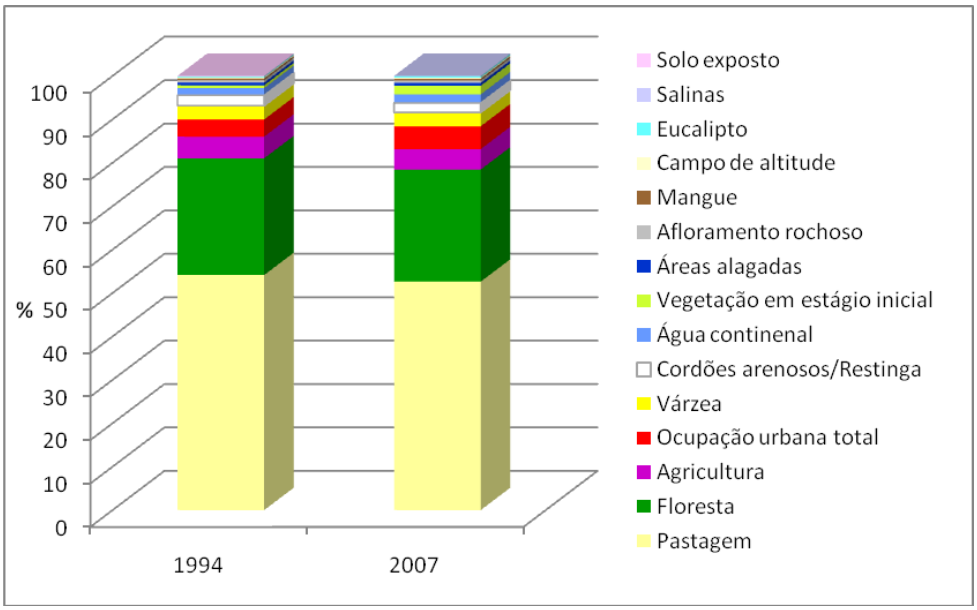
Cobertura e Uso 2007	Diferença (km²)
Vegetação em estágio inicial	589
Ocupação urbana total	572
Águas continentais	143
Eucalipto	52
Áreas alagadas	16
Solo exposto	15
Mangue	4
Várzea	0
Campo de altitude	0
Afloramento rochoso	0
Salinas	-8
Cordões arenosos/Restinga	-95
Agricultura	-125
Floresta	-480
Pastagem	-684

As classes que mais cresceram neste período foram a vegetação em estágio inicial e as áreas urbanas, que apresentaram valores muito próximos. Visto que a vegetação em estágio inicial é uma cobertura de transição, podendo aparecer tanto no processo de regeneração da floresta quanto no processo degradação da mesma, seria importante se ter mais informações em datas intermediárias ao período em análise que ajudassem a compreender as modificações observadas. Por outro lado, por ser uma cobertura de difícil identificação na imagem, podendo ser confundida com o pasto sujo e alguns cultivos como a banana, dentre outros, fica difícil fazer afirmações sem que haja uma boa avaliação do mapa através de levantamentos de campo. Em um primeiro

momento, observando os totais encontrados para as duas datas propostas, acredita-se ter superestimado um pouco a ocorrência desta classe para 2007. Desta forma, pode-se considerar que a expansão da classe de ocupação urbana total é mais expressiva que a vegetação em estágio inicial, cujas variações não são estáveis pelo seu caráter de transição.

A água aparece com um valor superestimado de 143km² de crescimento. Apesar desta classe realmente ter crescido devido à construção de represas e açudes, os dois mapas apresentaram problemas de conectividade entre trechos estreitos de rios, o que acarreta certa discrepância na comparação. As outras quatro classes que cresceram (reflorestamento por eucalipto, áreas alagadas, solo exposto e mangue) tiveram valores abaixo que variaram de 52km² a 4km², totalizando menos de 100km2. Porém, apesar desses valores serem baixos em termos absolutos, para eucalipto e solo exposto representam um crescimento de 71% e 66%, respectivamente, em relação a sua área em 1994. Com relação às classes que decresceram, tem-se a pastagem na liderança com 684km² a menos que em 1994; isso é influenciado pelo fato dela ser a matriz da paisagem, o que faz com que seja mais sensível às mudanças das outras classes. Em seguida tem-se a floresta com 555km² de área desmatada e a agricultura com 131km² perdidos. As salinas aparecem com somente 8km² de retração, mas assim como o eucalipto, essa mudança tem uma representatividade percentual elevada, alcançando 18% de sua área original. A seguir, tem-se o gráfico com as áreas obtidas nos dois mapeamentos gerados.

Gráfico 1: Áreas das classes de cobertura e uso de 1994 e 2007



4.5- Tabulação cruzada entre as classes de cobertura e uso da terra

Com o intuito de identificar as transformações ocorridas e suas localizações, realizou-se um cruzamento entre os mapas de modo a se obter uma análise mais detalhada das modificações detectadas. Esta comparação exige uma alta correlação espacial entre os mapas, garantindo a minimização de erros causados por problemas de georreferenciamento. A tabulação cruzada nada mais é do que uma operação entre matrizes, que permite a combinação das classes da legenda e a quantificação do total de células (pixels ou áreas mínimas de representação) para cada ocorrência no período. Desta forma, os dois mapas tiveram que ser convertidos para a representação matricial, com resolução espacial de 30m.

Esta análise permitiu perceber 265 tipos de combinações entre as 17 classes existentes na legenda para as duas datas. Foram consideradas significativas apenas as combinações entre 13 classes: agricultura, áreas alagadas, cordões arenosos/restinga, eucalipto, floresta, mangue, os três tipos de ocupação urbana, pastagem, salinas, solo exposto e vegetação em estágio inicial. Excluindo-se ainda as mudanças que apresentaram áreas menores do que 5 hectares, sobraram 136 combinações relevantes, conforme pode ser observado na tabela a seguir.

Tabela 5: Principais mudanças de cobertura e uso da terra entre 1994 e 2007 (km²)

1994 \ 2007	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	**1.604,0**	30,3	0,1	18,3	0,4	3,8	6,0	0,2	475,6	6,6		0,2	3,7
2	24,2	**106,4**	5,7	5,9	5,2	1,4	1,0	0,1	78,0				1,4
3	10,9	23,4	**890,7**	8,2	3,7	4,1	26,5	1,0	116,1		2,8		1,6
4	39,8	7,1	5,4	**9.851,0**	6,2	29,5	41,6	3,7	1.426,6	26,7		1,0	286,0
5	0,7	5,7	1,9	4,7	**138,9**	1,0	1,7	0,2	8,1			0,2	0,9
6	1,9	0,3	3,7	14,4	0,5	**246,7**	147,8	1,4	25,8	0,1		0,8	4,6
7	0,6	0,7	3,0	13,8	1,3	7,3	**703,0**	82,0	35,2			1,2	3,8
8	0,2		0,4	1,7	0,2	0,9	14,6	**396,8**	3,8	0,1		0,4	0,8
9	361,4	95,8	76,1	1.254,1	15,8	195,5	333,8	22,2	**20.577,1**	50,8	0,6	27,3	511,1
10	0,6	0,1		10,5		0,1	0,3		17,9	**42,6**			2,6
11		1,6	0,9				2,4		4,4		**31,5**		
12	0,4			0,3	0,1	0,8	6,4	0,5	6,2			**5,6**	0,5
13	5,1	0,3	0,2	75,9	0,4	3,4	5,2	0,7	139,0	0,2			**47,7**

1 - Agricultura
2 - Áreas alagadas
3 - Cordões arenosos/Restinga
4 – Floresta
5 - Mangue
6 - Ocupação urbana de baixa densidade
7 - Ocupação urbana de média densidade
8 - Ocupação urbana de alta densidade
9 - Pastagem
10 - Eucalipto
11 - Salinas
12 - Solo exposto
13 - Vegetação em estágio inicial
Não significativo
Incerteza

A partir desta tabela foram notados alguns aspectos em relação ao comportamento da cobertura e uso da terra entre 1994 e 2007. Complementando a análise anterior, que mostrava a diferença total de cada classe no período, esta tabela apresenta, de forma individualizada, as alterações entre classes, permitindo a compreensão mais apurada das mudanças na paisagem. Assim, este cruzamento permite perceber o balanço entre perdas e ganhos de cada classe. Cada célula da tabela 5 representa um tipo de mudança na cobertura e uso da terra (exemplo: floresta-pastagem), onde cada classe pode ser identificada através dos códigos nos cabeçalhos das colunas e linhas. Os valores absolutos mostram as áreas em km^2, estando em negrito, na diagonal principal, o total de áreas inalteradas para uma mesma classe (exemplo: pastagem-pastagem). As células na cor amarela indicam mudanças improváveis ou impossíveis de ocorrer, sendo consideradas, portanto, incertezas dos mapeamentos, que deverão ser analisadas posteriormente. Este problema é proveniente de pequenos erros de omissão ou interpretação na classificação dos mapas, que ocorrem de forma dispersa, mas que ao serem somados passam a ser mais expressivos. As

células em cinza indicam áreas menores que 5 hectares, consideradas não significativas para a escala de análise.

A pastagem, que teve a maior área diminuída em relação a 1994, apresentou crescimento em alguns locais, principalmente sobre a floresta, com 1.254km², e agricultura, com 361km². A mesma coisa acontece com a floresta que, apesar de diminuir no total, teve crescimento sobre a pastagem em uma área de aproximadamente 1.426km². A vegetação em estágio inicial se transformou ou foi transformada basicamente em duas classes: floresta (indicando áreas em possível regeneração natural) e pastagem (degradadas ou alvo de manejo). O crescimento do eucalipto se concentrou sobre a pastagem e a floresta, com 18km² e 10km², respectivamente.

As áreas urbanas apresentaram alterações significativas, podendo ser distinguidas em duas formas de mudança: expansão e intensificação. A primeira se refere ao crescimento urbano sobre outros tipos de classe não urbanizada, como pastagem e floresta, por exemplo. Já a segunda indica áreas que já pertenciam a classe urbana (baixo ou médio) e que tiveram a ocupação intensificada, passando para uma categoria urbana mais intensa (médio ou alta). Partiu-se do princípio que as áreas urbanas de 1994 não poderiam se transformar em outras classes, exceto em um nível mais intenso de urbanização (intensificação), sendo consideradas incertezas, como está realçado na tabela 5.

Considerando a expansão das áreas urbanas, foi encontrado um total de 693km². Desse valor, cerca de 551km² (80%) ocorreram sobre a pastagem, onde 195km² viraram ocupação urbana de baixa densidade, 334km² de média densidade e 22km² de alta densidade. Os 20% restante das áreas urbanas que se expandiram foram sobre a floresta e cordões arenosos/restinga em sua maioria. Já o processo de intensificação ocorreu em uma área de 231km², sendo a maior parte (148km²) na mudança de ocupação urbana de baixa densidade para ocupação urbana de média densidade.

Ainda em relação às mudanças ocorridas nas ocupações urbanas, 134km² foram considerados incerteza, de acordo com o princípio explicado anteriormente, o que equivale a 7% das áreas urbanas de 1994 ou 5% das áreas urbanas de 2007. Estas incertezas se localizam nas bordas das áreas urbanas, apresentadas de forma dispersa na paisagem e sendo de pouca expressão espacial.

A maioria das áreas de solo exposto que apareceram em 2007 também substituiu áreas de pastagem, podendo ser associadas em um futuro próximo a loteamentos urbanos ou industriais, ou ainda à agricultura. Ainda com relação ao solo exposto, 6km² (o equivalente as áreas inalteradas desta classe no período) se transformaram em ocupação urbana de média densidade. Vale lembrar que o solo exposto também está associado à extração mineral, e parte dessas áreas que se mantiveram inalteradas estão associadas à mineração, sendo exploradas a mais de treze anos.

As áreas alagadas se expandiram sobre a pastagem, áreas agrícolas e cordões arenosos/restinga, por causas naturais e antrópicas. Na região do entorno da lagoa feia foi constatada a ocorrência de grandes áreas inundadas que dificultam a implementação da agricultura. Em trabalho de campo, observou-se agricultores bombeando essas áreas alagadas para plantio.

As salinas tiveram uma diminuição de área em relação a 1994, e o declínio desta atividade econômica é a principal causa desse decréscimo. Muitas salinas estão desativadas e abandonadas dando lugar a pastagem e a áreas urbanas.

Por serem as classes de maior expressão espacial, quantitativamente a floresta e a pastagem apresentam as maiores mudanças no período, mas ao se analisar as mudanças em valores percentuais relativos ao ano de 1994 temos uma caracterização diferente.

Na análise destas mudanças foram estabelecidos dois critérios: dinamismo e significância. O primeiro reflete a intensidade da dinâmica de cada classe, isto é, se houve muita ou pouca alteração. Ela é expressa a partir do percentual de área não modificada de cada classe, que é representada pelos valores em negrito na tabela 5. Esta intensidade, ou dinamismo, foi classificada em quatro níveis: baixo, de 80% a 100%, médio, de 60% a 80%, alto, de 40% a 60%, ou muito alto, com valores menores que 40%. Na tabela 6 é apresentada uma classificação dos tipos de cobertura e uso da terra do estado do Rio de Janeiro quanto à dinâmica observada no período de 1994 a 2007.

Tabela 6. Dinamismo das classes segundo a porcentagem.

Classe	%	Dinamismo
Vegetação em estágio inicial	17,04	Muito alto
Solo exposto	24,95	Muito alto
Áreas alagadas	40,17	Alto
Ocupação urbana de baixa densidade	54,84	Alto
Eucalipto	56,63	Alto
Salinas	71,35	Médio
Agricultura	73,62	Médio
Cordões arenosos/Restinga	85,19	Baixo
Mangue	81,40	Baixo
Ocupação urbana de média Densidade	81,94	Baixo
Floresta	83,76	Baixo
Pastagem	86,82	Baixo
Ocupação urbana de alta densidade	94,29	Baixo

Analisando este critério percebe-se que as categorias com áreas menores tendem a ter uma dinâmica maior, pois mesmo uma pequena mudança pode representar um percentual alto em relação a sua área. Já as classes com grandes áreas, como pastagem e floresta, acabaram apresentando um índice baixo de dinamismo, pois necessitam de mudanças de grande porte para ter representação percentual significativa. O solo exposto, classe de menor expressão espacial em 1994, e a vegetação em estágio inicial são classes associadas a transições, o que explica apresentarem um dinamismo muito alto.

O segundo critério, de significância, tenta definir se a mudança ocorrida tem alguma expressão significativa que possa ser levada em consideração. Ela é medida através do percentual da mudança em relação à área da classe em 1994, podendo ser classificada como baixa se tiver valores menores do que 1%, média entre 1% e 5%, alta entre 5 e 10%, muito alta entre 10 e 20% e elevada, acima de 20%. Os resultados podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7. Percentual de mudanças das classes e suas significâncias (%).

1994 \ 2007	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	**73,62**	1,39	0,00	0,84	0,02	0,17	0,27	0,01	21,83	0,30		0,01	0,17
2	9,14	**40,17**	2,15	2,25	1,98	0,53	0,36	0,05	29,46				0,51
3	1,04	2,24	**85,19**	0,78	0,36	0,40	2,54	0,10	11,10		0,27		0,15
4	0,34	0,06	0,05	**83,76**	0,05	0,25	0,35	0,03	12,13	0,23		0,01	2,43
5	0,39	3,34	1,12	2,78	**81,40**	0,59	0,97	0,14	4,74			0,11	0,52
6	0,41	0,07	0,83	3,21	0,10	**54,84**	32,86	0,32	5,73	0,02		0,17	1,02
7	0,07	0,08	0,35	1,61	0,15	0,85	**81,94**	9,56	4,11			0,14	0,44
8	0,04		0,10	0,39	0,04	0,20	3,48	**94,29**	0,91	0,01		0,10	0,19
9	1,53	0,40	0,32	5,30	0,07	0,83	1,41	0,09	**86,92**	0,21		0,12	2,16
10	0,78	0,19		14,00		0,15	0,39		23,79	**56,63**			3,43
11		3,59	1,93				5,37		9,98		**71,35**		
12	1,82			1,53	0,37	3,37	28,15	2,43	27,35			**24,95**	2,21
13	1,83	0,12	0,07	27,13	0,13	1,22	1,86	0,24	49,67	0,08			**17,04**

1 - Agricultura
2 - Áreas alagadas
3 - Cordões arenosos/Restinga
4 – Floresta
5 - Mangue
6 - Ocupação urbana de baixa densidade
7 - Ocupação urbana de média densidade
8 - Ocupação urbana de alta densidade
9 - Pastagem
10 - Eucalipto
11 - Salinas
12 - Solo exposto
13 - Vegetação em estágio inicial

Não significativo Incerteza

Significância:	Baixa	Média	Alta	Muito alta	Elevada

Quando observamos a significância de cada mudança percebe-se melhor a participação das classes com maiores áreas. Praticamente todas as classes que se tornaram pastagem, considerada uma classe de baixo dinamismo, tiveram elevada significância como pode ser notado na coluna 9 da tabela 7. Destaque para a mudança de vegetação em estágio inicial para pastagem, que obteve 50% de sua área convertida, o que fez com que se tornasse a mudança com maior significância neste critério. A segunda mudança com maior significância, com 33%, foi de urbano de baixa densidade para média densidade, que está relacionado ao processo de intensificação da urbanização. A mudança de solo exposto para urbano médio também teve elevada significância com 28%, indicando áreas de expansão urbana. As classes que se transformaram em vegetação em estágio inicial, considerada a classe mais dinâmica, apresentaram significância baixa e média, mas quando observamos o contrário, mudanças ocorridas na vegetação em estágio inicial de 1994 (linha 13), percebe-se uma significância elevada para pastagem e floresta. Nota-se que as mudanças ocorridas de

outras classes para vegetação em estágio inicial tiveram valores quantitativamente mais altos e foram consideradas menos significativas. Isto está relacionado ao fato de termos duas classes que concentram a maior parte da área do Rio de Janeiro. Como o critério usado relativiza sobre a área de cada classe em 1994, as mudanças que tinham como referência as classes de áreas maiores tiveram sua significância subestimada. Quando a classe possuía uma área pequena em 1994, como o solo exposto, as significâncias das mudanças relativas a ela tendem a ser mais elevadas.

Se analisarmos as mudanças comparando com a área total do território do Rio de Janeiro é possível perceber o quanto cada uma representa em relação a todo o estado. Considerando menor do que 0,1% como baixa participação, entre 0,1 e 0,5% média, entre 0,5 e 1% alta e maior que 1% muito alta, temos a seguinte caracterização das mudanças apresentadas na tabela 8:

Tabela 8. Percentual de mudança em relação ao estado do Rio de Janeiro (%)

1994 \ 2007	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	**3,67**	0,07	0,00	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	1,09	0,02		0,00	0,01
2	0,06	**0,24**	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,18				0,00
3	0,02	0,05	**2,04**	0,02	0,01	0,01	0,06	0,00	0,27		0,01		0,00
4	0,09	0,02	0,01	**22,53**	0,01	0,07	0,10	0,01	3,26	0,06		0,00	0,65
5	0,00	0,01	0,00	0,01	**0,32**	0,00	0,00	0,00	0,02			0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	**0,56**	0,34	0,00	0,06	0,00		0,00	0,01
7	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,02	**1,61**	0,19	0,08		0,00	0,00	0,01
8	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	**0,91**	0,01	0,00		0,00	0,00
9	0,83	0,22	0,17	2,87	0,04	0,45	0,76	0,05	**47,06**	0,12	0,00	0,06	1,17
10	0,00	0,00		0,02		0,00	0,00		0,04	**0,10**			0,01
11		0,00	0,00				0,01		0,01		**0,07**		
12	0,00			0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01			**0,01**	0,00
13	0,01	0,00	0,00	0,17	0,00	0,01	0,01	0,00	0,32	0,00			**0,11**

1 - Agricultura
2 - Áreas alagadas
3 - Cordões arenosos/Restinga
4 - Floresta
5 - Mangue
6 - Ocupação urbana de baixa densidade
7 - Ocupação urbana de média densidade
8 - Ocupação urbana de alta densidade
9 – Pastagem
10 - Eucalipto
11 - Salinas
12 - Solo exposto
13 - Vegetação em estágio inicial

Não significante Incerteza

Baixa	Média	Alta	Muito alta

Analisando dessa forma, as diferença entre classes muito grandes e classes muito pequenas são minimizadas e é possível identificar as mudanças que tiveram maior influência na paisagem. A alteração de floresta e pastagem para vegetação em estágio inicial ganha mais destaque e as modificações envolvendo o solo exposto passa a ser praticamente irrelevante. As duas mudanças que mais interferiram na paisagem do Rio de Janeiro foram: a floresta virando pastagem e esta virando floresta. Juntas alteraram 6% do território, o que pode ser considerado significativo em um período de 13 anos. As mudanças de pastagem para vegetação em estágio inicial e de agricultura para pastagem também aparecem com representação muito alta, ambas com 1% de ocorrência. O comportamento das áreas urbanas durante o intervalo de treze anos se mostrou bastante ativo, o processo de expansão e intensificação ocorreu em 2% do estado.

Até agora as mudanças só foram analisadas sob o ponto de vista quantitativo, considerando os totais de cada classe. Pretende-se analisar essas informações de forma georreferenciada, considerando a distribuição destes totais pelas nove regiões do estado do Rio de Janeiro.

4.6- As mudanças de cobertura e uso da terra nas regiões do Rio de Janeiro

As nove regiões usadas nesta análise possuem características próprias relacionadas a questões econômicas, sociais e ambientais que justificam esse agrupamento. Dessa forma, a análise das mudanças de cobertura e uso ocorridas em cada região é importante para compreender como essas características influenciam na dinâmica da paisagem. Por isso, será feita uma breve caracterização das mudanças totais ocorridas em cada região do estado, considerando a diferença entre os valores da área das classes em cada ano. Algumas vezes serão feitas referências a informações que foram obtidas no cruzamento dos mapas por regiões, estas tabelas podem ser consultadas nos anexos desta dissertação.

4.6.1- Região Urbano-Industrial

Esta é a região com maior concentração populacional do Rio de Janeiro e, consequentemente, a mais urbanizada como pode ser observado na figura 33. Nela fica localizada a capital do estado, o que lhe confere papel político e econômico central. Sua área abrange, aproximadamente, 6.358km².

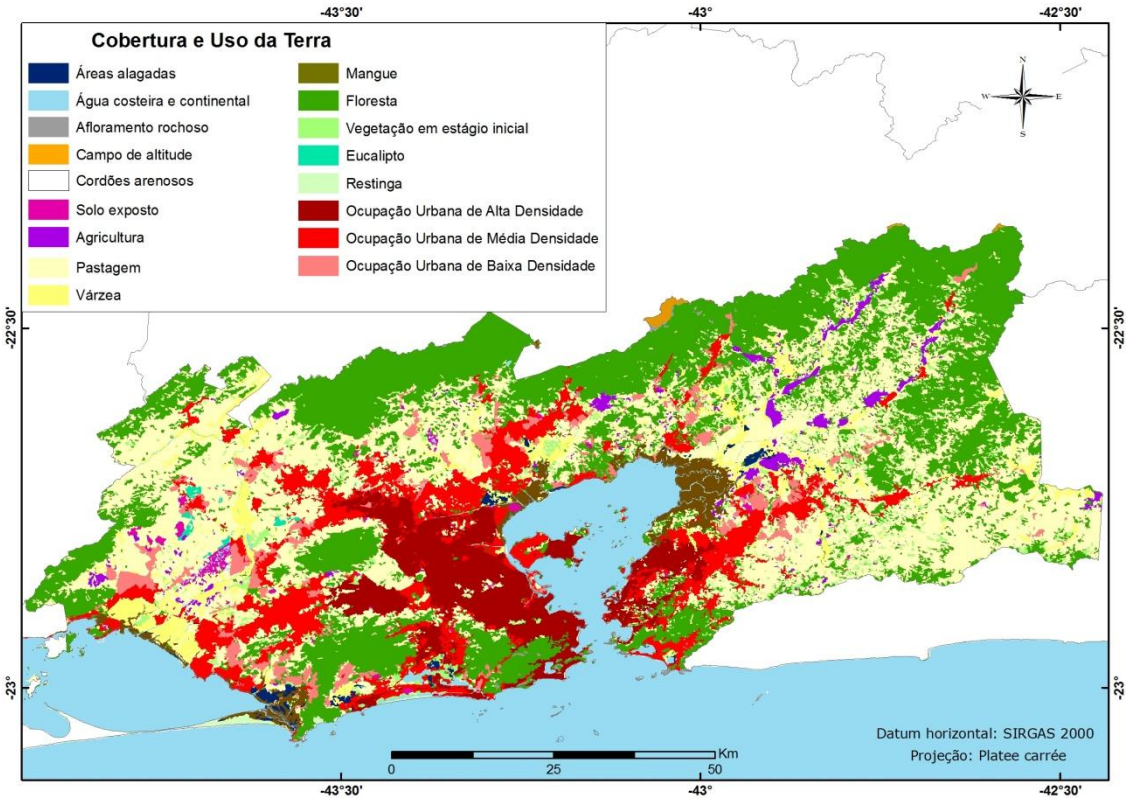


Figura 33. Cobertura e uso da terra na região Urbano-industrial em 2007

Em 2007, 23% dessa região era coberta por áreas urbanas e as principais mudanças ocorridas envolveram o crescimento dessas áreas, conforme pode ser observado na tabela 9. A classe ocupação urbana de média densidade teve o maior saldo, com 176km². Este valor é resultado de um balanço entre áreas que se transformaram em urbano de média densidade, áreas que deixaram de ser urbano médio para tornarem-se urbano de alta densidade ou outra classe (considerada como incerteza). Em termos de expansão urbana foi possível identificar 186km² de avanço da ocupação urbana média sobre outras classes, principalmente a pastagem. Ao mesmo tempo 66km² tiveram sua ocupação intensificada tornando-se de alta densidade. A classe ocupação

urbana de alta densidade obteve um saldo 71km², onde parte se deu por processo de intensificação de áreas já urbanizadas e parte ocorreu por expansão. Já a ocupação de baixa densidade apresentou um saldo menor, equivalente a 0,2% dessa região. Seu aumento ocorre exclusivamente por expansão horizontal sobre outras classes como pastagem e floresta. Nota-se ainda um aumento da vegetação em estágio inicial e da agricultura, que juntas alteraram aproximadamente 2% da região Urbano-Industrial.

Tabela 9. Mudanças totais e percentuais relativas à região Urbano-Industrial.

Classes	km²	%
Ocupação urbana de média densidade	176,39	2,77
Vegetação em estágio inicial	81,29	1,28
Ocupação urbana de alta densidade	71,12	1,12
Agricultura	46,76	0,74
Solo exposto	14,32	0,23
Ocupação urbana de baixa densidade	11,95	0,19
Áreas alagadas	9,46	0,15
Eucalipto	1,99	0,03
Cordões arenosos/Restinga	0,67	0,01
Mangue	-6,1	-0,02
Floresta	-12,15	-0,19
Pastagem	-400,71	-6,30

Esta região também apresentou um crescimento de 15km² de áreas de solo exposto. Boa parte disto se deve ao aumento da extração de areia e minérios. Duas localidades concentram esse aumento: os arredores de Seropédica, onde a retirada de areia já era feita antes de 1994 e que apresentou uma expansão considerável dessa atividade no período; e o município de Duque de Caxias, próximo à divisa com Nova Iguaçu, onde a extração de areia foi implementada depois de 1994. As áreas alagadas apresentaram um aumento de área na ordem 9km² localizada nas áreas de baixadas e várzeas. Temos a pastagem como a classe que mais se retraiu, com uma perda total de 400km² principalmente para áreas urbanas e vegetação em estágio inicial.

4.6.2- Região Turística dos Lagos

A região turística dos lagos apresenta uma paisagem composta por uma grande baixada litorânea com lagos e lagoas ao longo de sua costa e a presença de pequenos maciços costeiros em sua porção oeste. Em sua porção norte é delimitada pela escarpa

da Serra do Mar e pelo rio São João. Seu potencial turístico fez as cidades litorâneas crescerem bastante nas últimas décadas. A figura 34 mostra a cobertura e o uso dessa região em 2007.

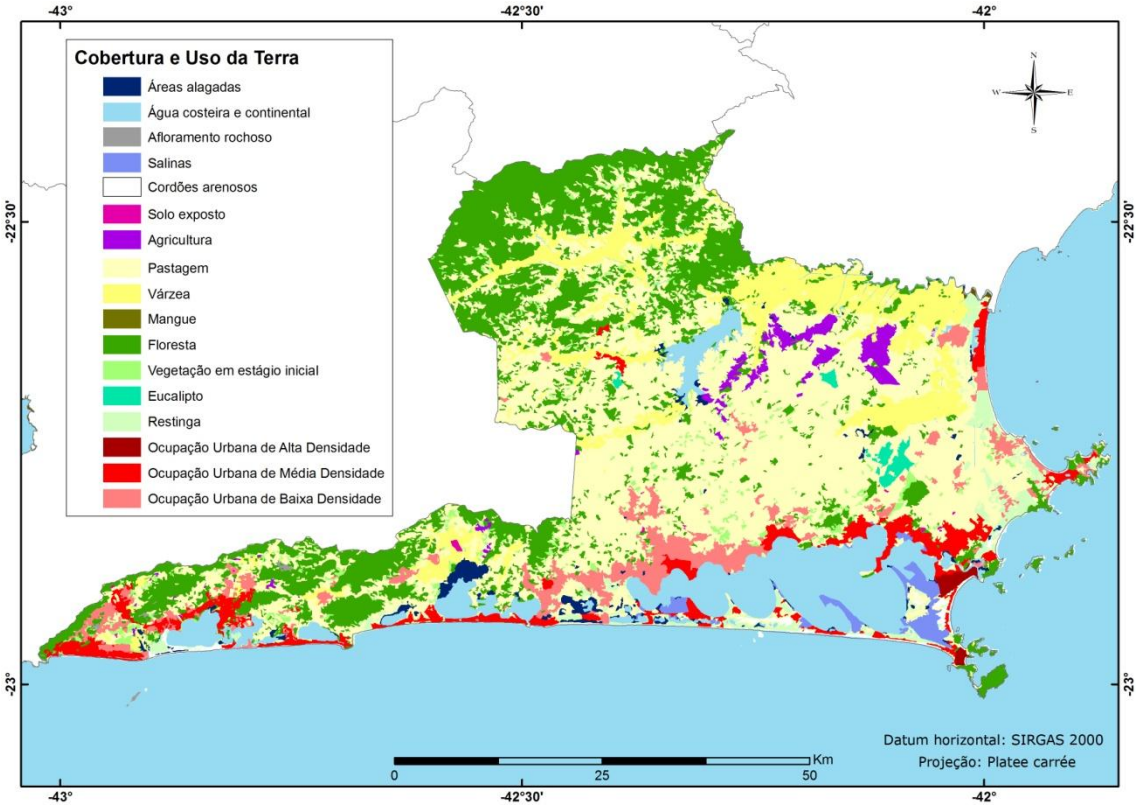


Figura 34. Cobertura e uso da terra na região Turística dos Lagos em 2007

O total populacional varia ao longo do ano, tendo seu ápice no verão, onde turistas dos mais diversos lugares vão passar suas férias em residências de veraneio, pousadas ou hotéis. Dessa forma, as mudanças mais significativas foram relacionadas à expansão e intensificação das áreas urbanas, que totalizaram um aumento de 100km². A vegetação em estágio inicial apresentou o mesmo aumento que a ocupação de média densidade (57km²), se tornando as classes com maiores saldos dessa região. Em seguida aparece a ocupação urbana de baixa densidade com 40km². Esta classe teve quase 70km² de área avançada sobre a pastagem, que acabou sendo compensado por outras áreas que se transformaram em ocupação urbana de média densidade. A floresta teve um saldo positivo de 22km², ganhando espaço sobre a pastagem. As áreas alagadas cresceram, principalmente, no entorno da lagoa de Araruama, representando 0,5% da região, como mostra a tabela 10. O cultivo do eucalipto teve uma expansão de quase

6km², avançando, principalmente, sobre a pastagem, que obteve a menor saldo nesta região, reduzindo 236km² entre o período.

Esta região é a única do estado que possui a atividade econômica de extração de sal. Este tipo de indústria vem diminuindo de intensidade nos últimos anos, sendo perceptível uma retração das áreas de salinas, com abandono de vários tanques. Em Araruama, uma área que antes era salina converteu-se em área urbana de média densidade, um exemplo que relaciona a crise de uma atividade econômica com a atuação da pressão imobiliária.

Tabela 10. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turística dos Lagos

Classe	km²	%
Vegetação em estágio inicial	57,78	1,75
Ocupação urbana de média densidade	57,77	1,75
Ocupação urbana de baixa densidade	40,00	1,21
Agricultura	45,81	1,39
Floresta	22,36	0,68
Áreas alagadas	17,29	0,52
Eucalipto	6,41	0,19
Ocupação urbana de alta densidade	2,91	0,09
Solo exposto	1,86	0,06
Mangue	0,1	0,25
Salinas	-5,78	-0,18
Cordões arenosos/Restinga	-9,77	-0,30
Pastagem	-236,49	-7,17

4.6.3- Região do Petróleo e Gás Natural

Esta é a região que mais vem recebendo investimento nos últimos anos. A exploração do petróleo e gás em águas profundas resultou em grandes transformações em seus municípios. Os *royalties* provenientes dessa indústria capitalizaram as prefeituras, atraindo mais mão de obra e investimentos em serviços e estrutura. O crescimento populacional dessas cidades é notável, assim como a sua expansão urbana. Nesta região está concentrada a maior parte da vegetação de restinga e cordões arenosos do estado. As áreas agrícolas também são abundantes, como o ilustrado na figura 35, com o predomínio da monocultura da cana-de-açúcar.

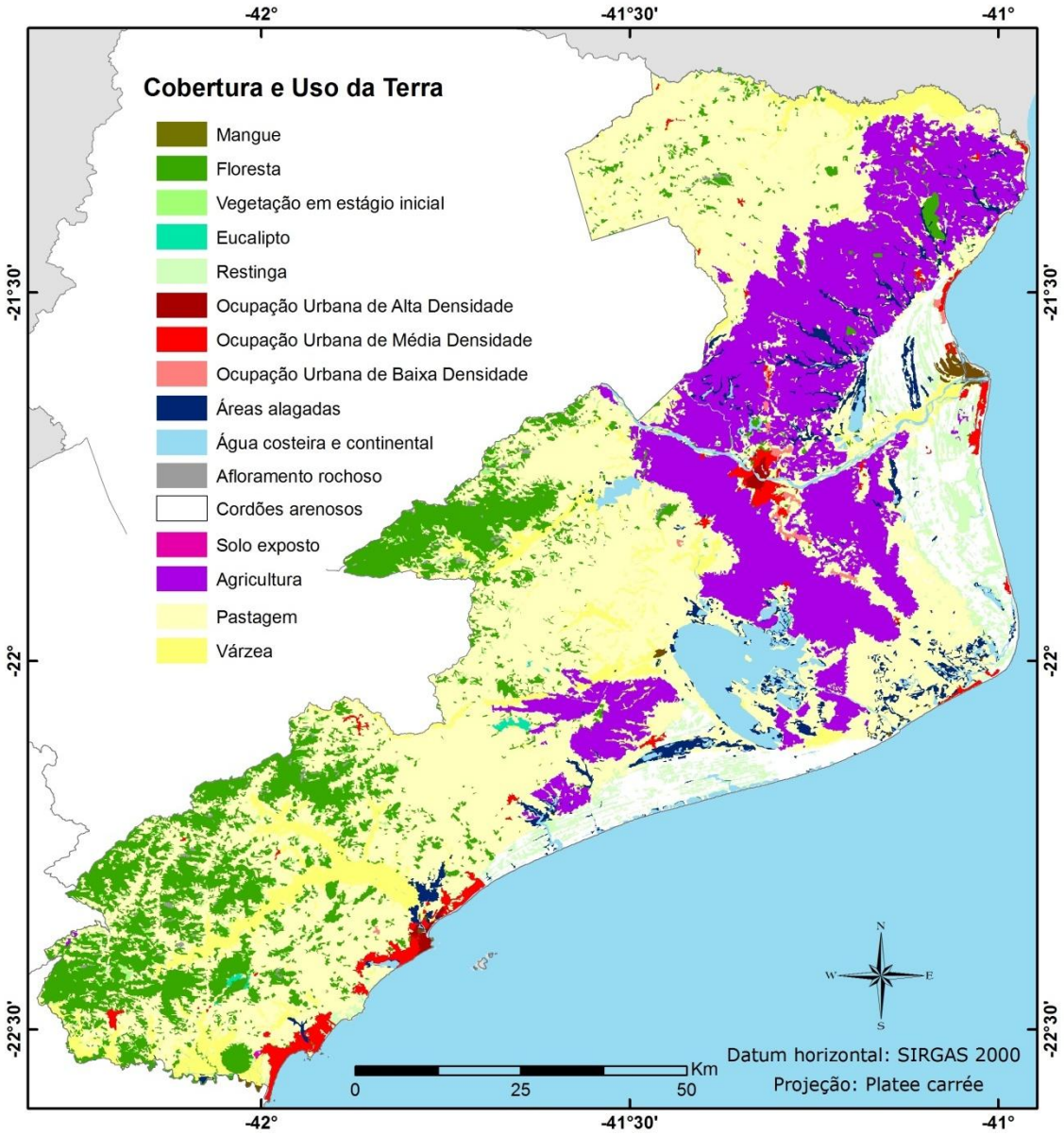


Figura 35. Cobertura e uso da terra na região do Petróleo e Gás em 2007

Neste caso, houve um aumento muito grande da pastagem sobre a agricultura. Há de considerar que para a análise da evolução das áreas agrícolas é necessária a utilização de um recorte temporal mais detalhado, ajustado ao ciclo do cultivo analisado, de modo a garantir observações na mesma época. Como os meses das imagens usadas não são os mesmos, pode haver uma distorção na comparação da agricultura, confundindo-a com a pastagem. Na tabela 11 estão os valores das mudanças totais ocorridas na região do Petróleo e Gás.

Tabela 11. Mudanças totais e percentuais relativas à região do Petróleo e Gás Natural

Classe	km²	%
Pastagem	204,90	2,31
Ocupação urbana de média densidade	68,10	0,77
Vegetação em estágio inicial	47,72	0,54
Áreas alagadas	12,20	0,14
Ocupação urbana de alta densidade	11,00	0,12
Eucalipto	8,85	0,10
Mangue	8,22	0,09
Floresta	1,57	0,02
Solo exposto	-0,91	-0,01
Ocupação urbana de baixa densidade	-5,50	-0,06
Cordões arenosos/Restinga	-73,87	-0,83
Agricultura	-275,35	-3,10

Assim como na região Turística dos Lagos, a maior parte dessa área é composta de uma grande baixada litorânea, que se encontra sujeita a inundações. O total de áreas alagadas aumentou em relação a 1994, principalmente nos arredores da lagoa Feia, onde podem ser identificadas várias áreas agrícolas alagadas. A floresta se manteve estável com perdas e ganhos que praticamente se igualaram. As áreas urbanas de média densidade apresentaram aumento de 68km² em relação a 1994, com 45km² avançando sobre a pastagem e 15km² sobre cordões arenosos/restinga. Da área total de ocupação de média densidade em 2007, 15km² foi proveniente da intensificação de áreas de ocupação urbana de baixa densidade. Esta se expandiu apenas 10km², resultando em um saldo negativo de -5km². O eucalipto apresentou um crescimento de 8km², distribuído sobre a pastagem e a floresta. A vegetação em estágio inicial teve um aumento de 47km² aproximadamente.

4.6.4- Região Turística da Costa Verde

Apesar de ser a menor das nove regiões, ela é a que apresenta maior área de floresta contínua como mostra a figura 36. Seu relevo é bastante acidentado pela serra da Bocaina, que ocupa quase toda a região.

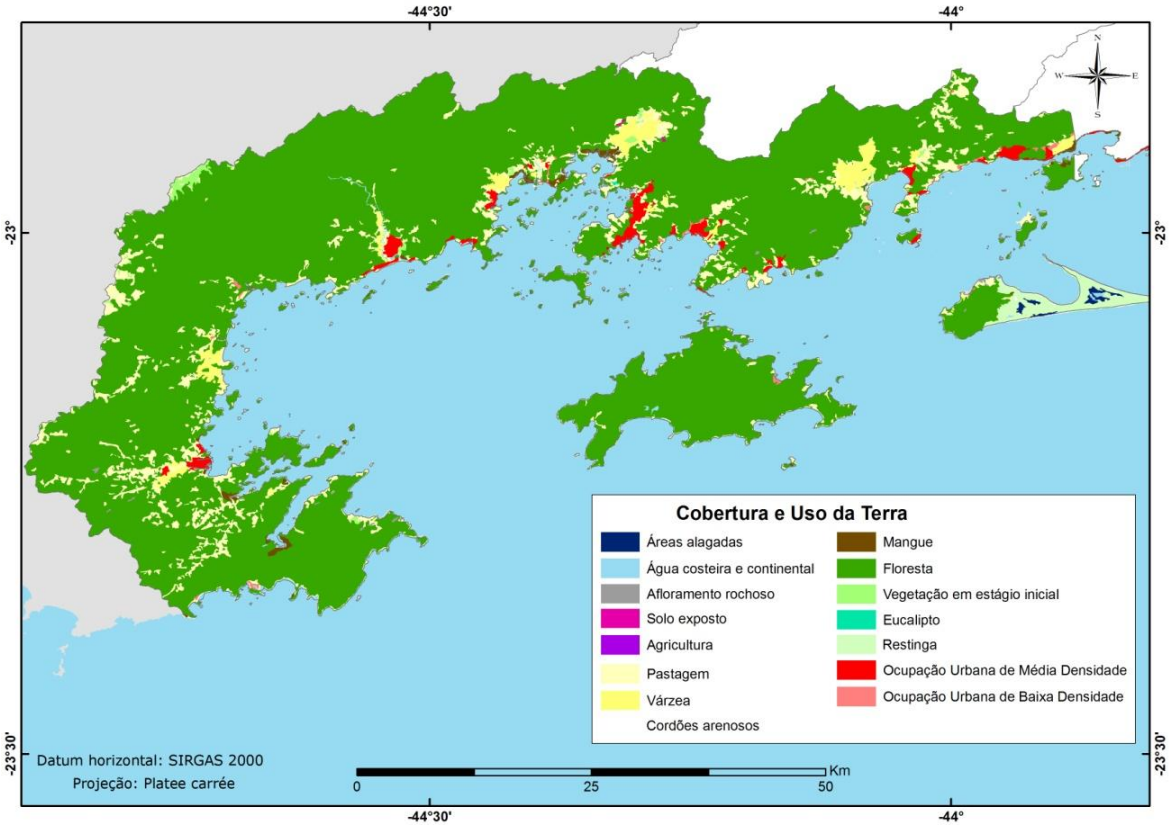


Figura 36. Cobertura e uso da terra na região da Costa Verde em 2007

A principal mudança ocorrida nesta região foi o desmatamento da floresta, com uma diferença de 36km² em relação a 1994, tendo a pastagem como principal classe que a substituiu. A ocupação de média densidade foi a que apresentou maior crescimento na região com 15km², sendo 7km² de expansão sobre a pastagem e 3km² sobre a floresta. A ocupação urbana de baixa densidade teve uma expansão de 3km² sobre a pastagem e floresta, e uma área de 4km² transformada em ocupação de média intensidade totalizando um saldo negativo em -1km². O aumento das áreas urbanas está associado a construções de resorts e condomínios de luxo, assim como a expansão de moradias de diferentes níveis econômicos nos principais centros urbanos dessa região, como Angra dos Reis e Parati. As outras classes tiveram alterações baixas.

Tabela 12. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turística da Costa Verde

Classe	km²	%
Ocupação urbana de média densidade	15,10	0,72
Pastagem	13,31	0,64
Vegetação em estágio inicial	7,81	0,37
Áreas alagadas	2,64	0,13
Cordões arenosos/Restinga	2,48	0,12
Mangue	1,57	0,08
Reflorestamento	0,02	0,00
Solo exposto	-0,26	-0,01
Ocupação urbana de baixa densidade	-1,40	-0,07
Floresta	-36,04	-1,73

4.6.5- Região Industrial do Médio Paraíba

Atualmente, esta área do vale do rio Paraíba do Sul é caracterizada por atividades industriais do setor metalúrgico e automotivo, tendo como referência a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). A paisagem dessa região tem como matriz a pastagem, fruto de vários ciclos de diferentes culturas, e que hoje está voltada para atividades agropecuárias pouco expressivas. Pequenos fragmentos de floresta se apresentam dispersos nesta matriz, localizados na maioria das vezes nos topos dos morros. A mais importante área de mata contínua desta região está no maciço de Itatiaia, na porção noroeste. As principais cidades são Volta Redonda, Resende e Barra do Piraí, que concentram as maiores áreas urbanas como é apresentado na figura 37.

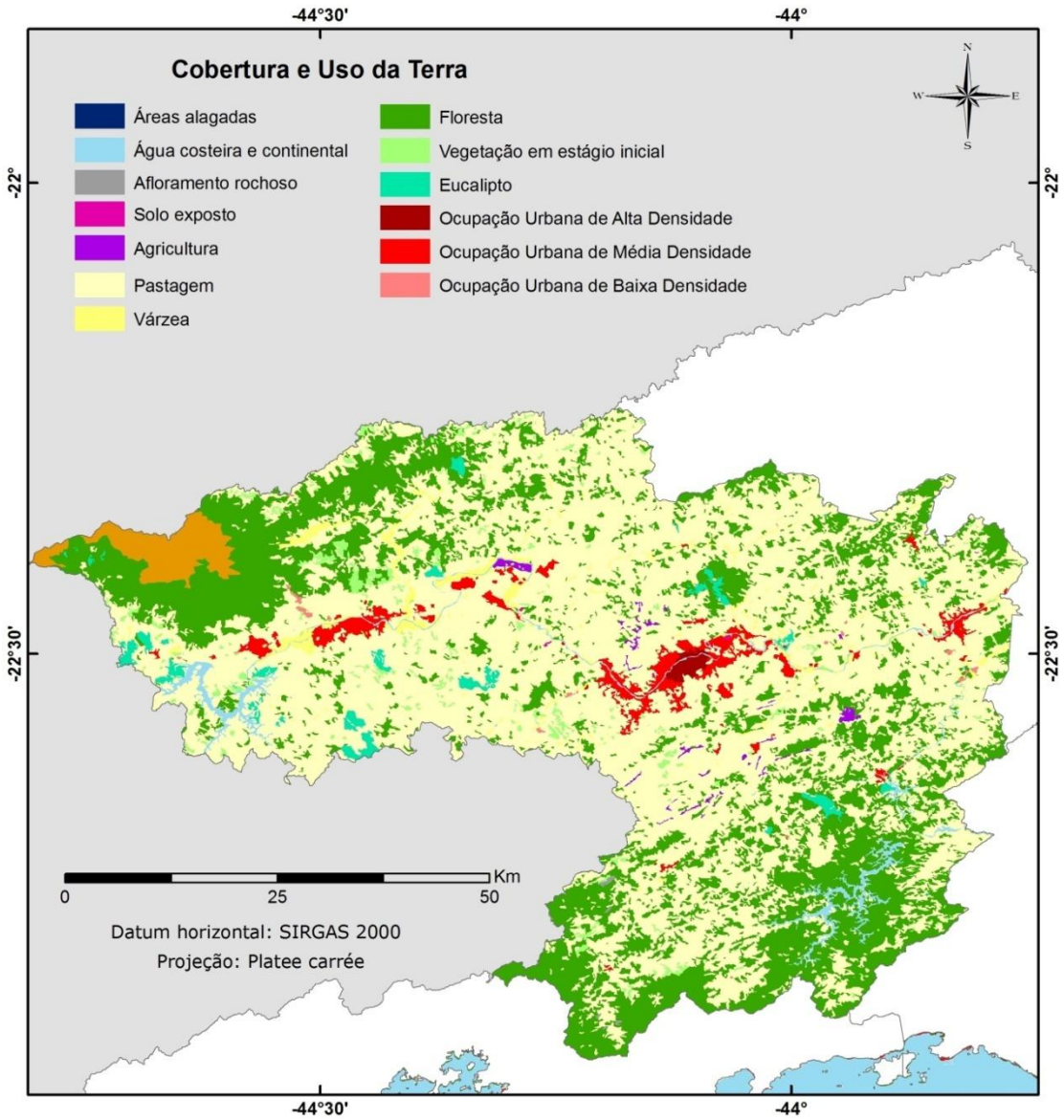


Figura 37. Cobertura e uso da terra na região Industrial do Médio Paraíba em 2007

De 1994 até 2007 esta região apresentou uma diminuição de 130km² de floresta, sendo a maioria transformada em pastagem. Foi constatado um crescimento considerável de áreas de cultivo de eucalipto. Essa prática vem ganhando força no estado, sendo muito comum na região do Vale do Paraíba em São Paulo, tendo se expandindo em direção do Rio de Janeiro. A região Industrial do Médio Paraíba foi a que apresentou maior crescimento desta atividade com 30km², ocupando 0,6% da região como mostra a tabela 13. A vegetação em estágio inicial foi a classe que apresentou maior aumento de área, com 52km², sendo a maioria sobre a pastagem. A ocupação urbana de média densidade teve um crescimento total de 45km² sendo a maioria decorrente da expansão sobre a pastagem e uma pequena parte resultante da

intensificação de áreas de ocupação urbana de baixa densidade, que apresentaram um saldo negativo de quase 3km². A classe de urbano intenso teve um crescimento modesto em torno de 3km² proveniente da intensificação de áreas de urbano médio.

Tabela 13. Mudanças totais e percentuais relativas à região Industrial do Médio Paraíba

Classe	km²	%
Vegetação em estágio inicial	52,11	1,18
Ocupação urbana de média densidade	45,10	1,02
Eucalipto	29,48	0,67
Pastagem	13,37	0,30
Ocupação urbana de alta densidade	3,64	0,08
Solo exposto	0,01	0,00
Ocupação urbana de baixa densidade	-2,87	-0,07
Agricultura	-13,40	-0,30
Floresta	-129,28	-2,93

4.6.6- Região Turístico-Cultural do Médio Paraíba

A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba vem de um contexto histórico parecido com a região anterior, passando por ciclos econômicos outrora prósperos e que hoje se encontra estagnada. As atividades de hoje são mais voltadas para a agropecuária e turismo. A paisagem dessa região é composta predominantemente por pastagem e fragmentos florestais como mostra a figura 38.

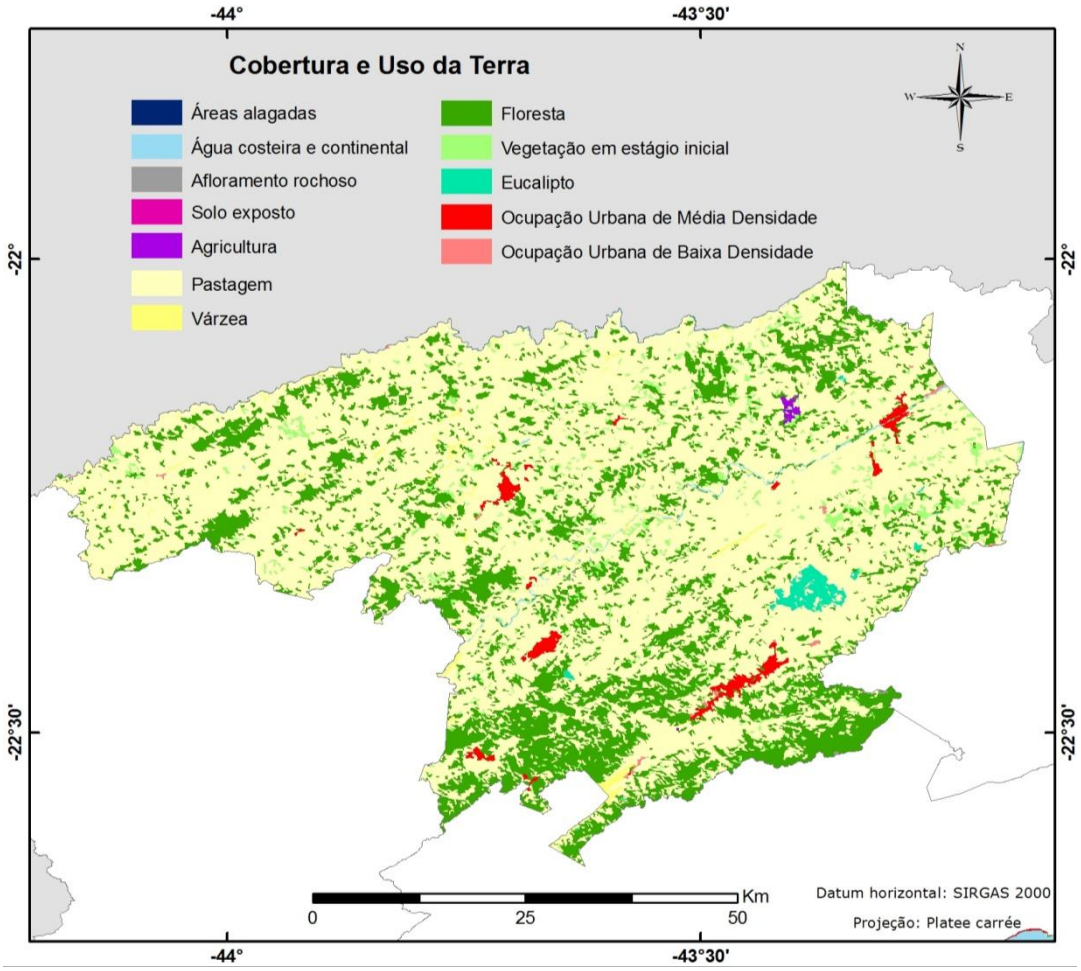


Figura 38. Cobertura e uso da terra na região Turístico-Cultural do Médio Paraíba em 2007

Sua principal mudança ocorreu na floresta se transformando em pastagem e vegetação em estágio inicial. Esta região teve a maior perda total de floresta, totalizando 193km², o que representa 5% da região. A vegetação em estágio inicial cresceu 76km² vindo de áreas de pastagem e florestas. O crescimento urbano foi em sua maior parte em áreas de média densidade com 15km², sendo 3km² de intensificação e 12km² de expansão. A ocupação urbana de baixa densidade teve um saldo negativo de 3km², decorrente do processo de intensificação, como pode ser visto na tabela 14. Essa foi a única região que apresentou uma pequena diminuição na área de eucalipto.

Tabela 14. Mudanças totais e percentuais relativas à região Turístico-Cultural do Médio Paraíba

Classe	km²	%
Pastagem	111,18	2,98
Vegetação em estágio inicial	75,81	2,03
Ocupação urbana de média densidade	15,40	0,41
Agricultura	0,03	0,00
Ocupação urbana de baixa densidade	-3,4	-0,09
Eucalipto	-5,52	-0,15
Floresta	-193,42	-5,19

4.6.7-Região Serrana de Economia Diversificada

Esta região tem como principal característica sua posição estratégica no contexto da manutenção dos fragmentos florestais. Sua área abrange boa parte da face norte da serra do Mar, tendo a presença de remanescentes importantes para a conectividade da Mata Atlântica. As cidades maiores são Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis que ficam localizadas na parte alta dessa região, exercendo pressão sobre os fragmentos maiores, que pode ser visto na figura 39.

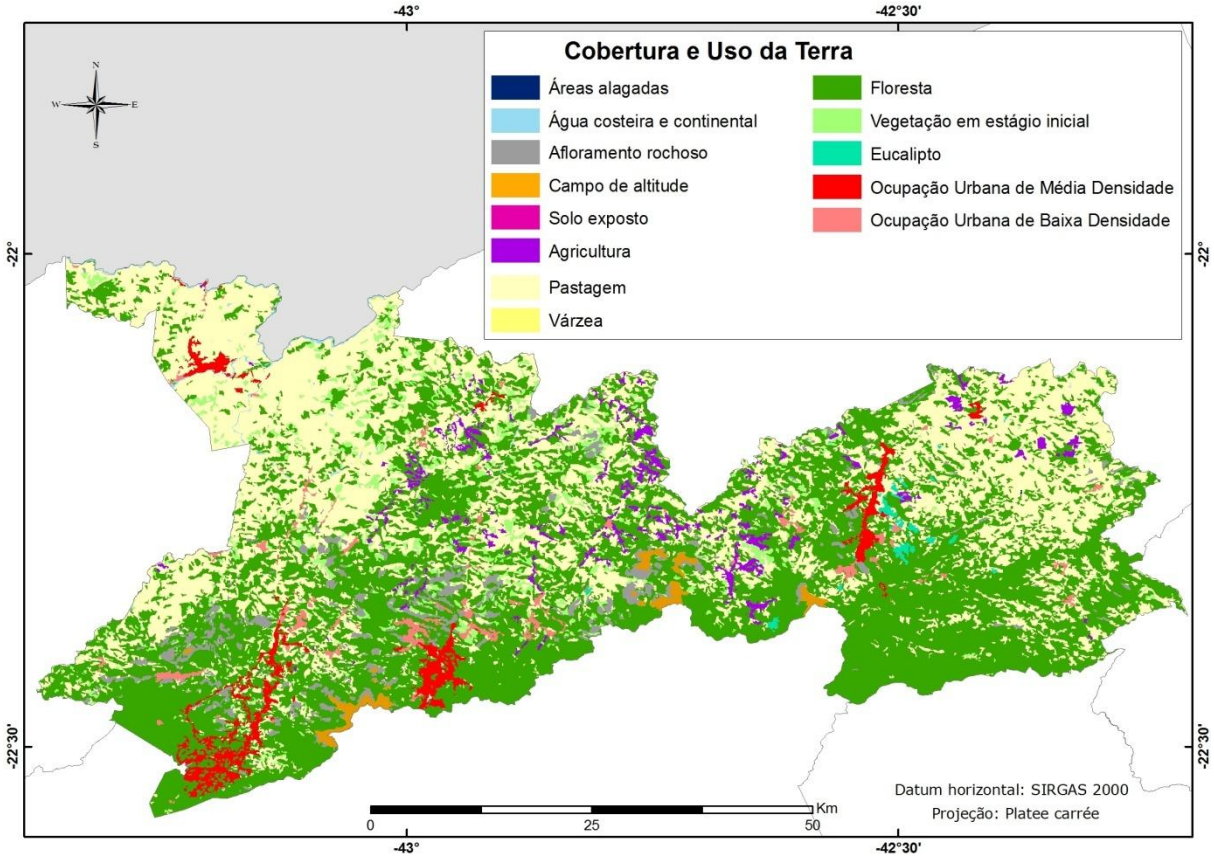


Figura 39. Cobertura e uso da terra na região Serrana de Economia Diversificada em 2007

A tabela 15 mostra que durante os treze anos analisados esta região apresentou um aumento significativo da vegetação em estágio inicial (102km²) e uma diminuição ainda maior de áreas florestadas (164km²) que perderam espaço para a pastagem e a vegetação inicial. A agricultura mostrou um aumento de 40km², geralmente em pequenas propriedades localizadas nas várzeas e encostas dos vales da região.

As áreas urbanas cresceram em 1% na região. A classe ocupação urbana de média densidade teve um saldo positivo de 33km² e a ocupação de baixa densidade, de 6km². A área total de expansão do urbano foi de 52km², sendo 21km² provenientes de outras classes que viraram ocupação de baixa densidade e 31km² de classes que se transformaram em ocupação de média densidade. Já as áreas de intensificação urbana foram equivalentes a 8km² com a mudança de ocupação de baixa densidade para alta densidade.

Tabela 15. Mudanças totais e percentuais relativas à região Serrana de Economia Diversificada

Classe	Km²	%
Vegetação em estágio inicial	102,16	2,81
Agricultura	40,89	1,12
Ocupação urbana de média densidade	33,40	0,92
Eucalipto	6,17	0,17
Ocupação urbana de baixa densidade	6,10	0,17
Solo exposto	0,24	0,01
Área alagadas	0,05	0,00
Pastagem	-23,94	-0,66
Floresta	-164,63	-4,52

4.6.8- Região Serrana de Economia Agropecuária

Esta região, diferente da Serrana de Economia Diversificada, possui uma paisagem com predominância de pastagem, enquanto fragmentos florestais passam a ser mais escassos e localizados em sua porção oeste. Na porção leste há uma parte do maciço do Desengano que ainda apresenta uma área grande de floresta isolada por pastagem. Há a presença de pequenos núcleos urbanos referentes às cidades como Cordeiro, Cantagalo, Macuco e outras, como está mostrado na figura 40.

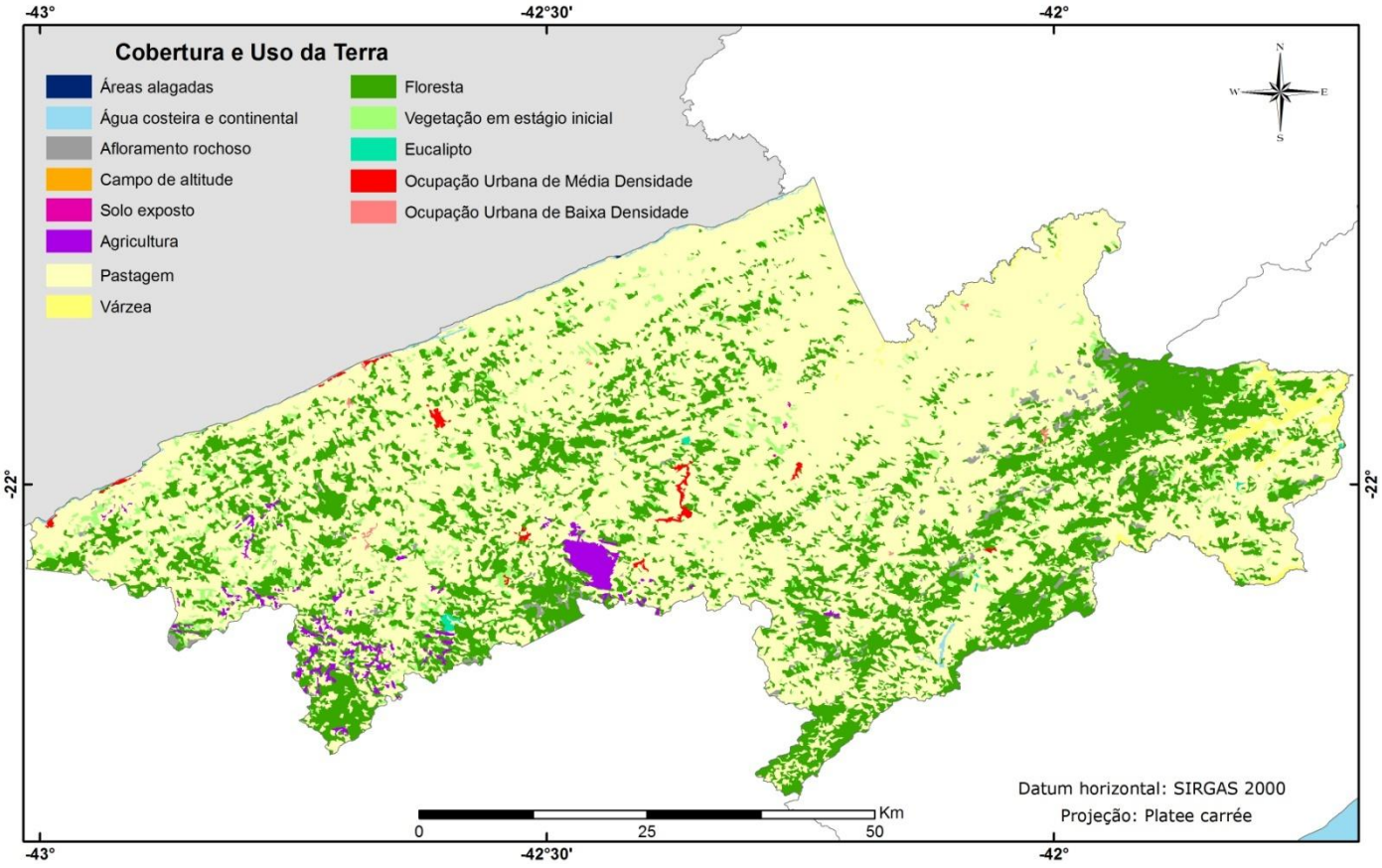


Figura 40. Cobertura e uso da terra na região Serrana de Economia Agropecuária em 2007

Mais uma vez a vegetação em estágio inicial foi a classe que mais cresceu, com 98km², vindo da pastagem e da floresta. Em seguida vem a agricultura com 26km². As áreas urbanas tiveram seu menor crescimento entre as regiões totalizando 5km², sendo a maioria associada à expansão da ocupação de média densidade. O eucalipto também teve um crescimento pequeno, alcançando 3km². A diminuição das áreas florestadas foi baixa, totalizando 26km², principalmente por conta da conversão em vegetação em estágio inicial. A pastagem perdeu espaço para classes como agricultura e vegetação em estágio inicial, sendo a classe que mais diminuiu nesta região.

Tabela 16. Mudanças totais e percentuais relativas à região Serrana de Economia Agropecuária

Classe	km²	%
Vegetação em estágio inicial	98,51	2,25
Agricultura	26,63	0,61
Ocupação urbana de média densidade	4,90	0,11
Eucalipto	3,47	0,08
Ocupação urbana de baixa densidade	0,4	0,01
Solo exposto	-0,02	0,00
Áreas alagadas	-0,15	0,00
Floresta	-26,66	-0,61
Pastagem	-107,13	-2,45

4.6.9- Região Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana

Esta região abrange os municípios com menores índices de desenvolvimento humano do estado do Rio de Janeiro, e suas principais atividades econômicas estão relacionadas com a agropecuária. Tem como cidade central Itaperuna, que provê outros tipos de serviços não disponíveis em outros municípios. A paisagem se caracteriza por grandes áreas de pastagem, com fragmentos florestais pequenos em alguns topos de morros como mostra a figura 41.

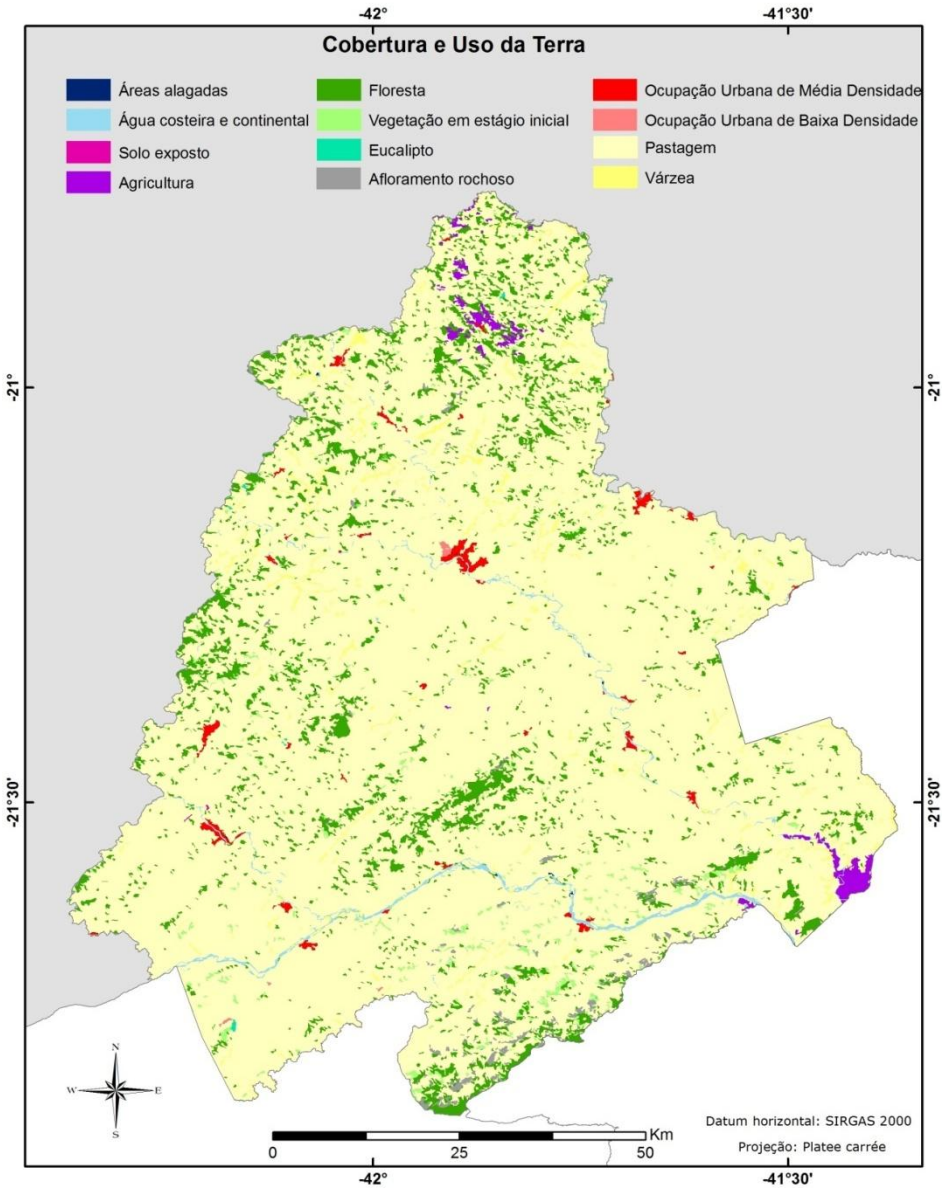


Figura 41. Cobertura e uso da terra na região Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana em 2007

As mudanças na cobertura e uso da terra tiveram como destaques o crescimento da floresta em um total de 71km², da vegetação em estágio inicial com 63km² e da ocupação urbana de média densidade com 20km², como está colocado na tabela 17. Todas essas classes cresceram sobre a pastagem, que teve uma diminuição total de 176km². A agricultura teve um aumento de 17km², concentrado no extremo norte do estado, nos municípios de Varre-sai e Porciúncula; enquanto que o eucalipto teve um crescimento pouco expressivo, chegando a 0,2% desta região. Praticamente todo o crescimento urbano ocorreu sob a forma de expansão horizontal, com exceção somente

de 1,35km² que foram referentes à intensificação de ocupação de baixa densidade para média densidade.

Tabela 17. Mudanças totais e percentuais relativas à região Agropecuária do Pomba. Muriaé e Itabapoana

Classe	km²	%
Floresta	71,71	0,81
Vegetação em estágio inicial	63,54	0,72
Ocupação urbana de média densidade	20,21	0,23
Agricultura	17,76	0,20
Eucalipto	1,69	0,02
Ocupação urbana de baixa densidade	0,30	0,00
Solo exposto	0,26	0,00
Áreas alagadas	-0,28	0,00
Pastagem	-175,96	-1,98

4.7- Comparação entre as regiões

Após a caracterização das alterações diagnosticadas em cada região, será feita uma comparação entre as mesmas de modo a ressaltar as diferentes dinâmicas da paisagem. A tabela 18, a seguir, mostra quanto cada classe se modificou nas 9 regiões, os valores em vermelho indicam a região com menor mudança ocorrida em cada classe, enquanto que os valores em verde indicam as maiores mudanças.

Tabela 18. Comparação das mudanças ocorridas em cada região. (km²)

Regiões / Classes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Agricultura	**-275,4**	17,8	**46,8**	-13,4	26,5		40,9	45,8	
Áreas alagadas	12.2	-0,3	9,5		**-0,2**		0,1	**17,3**	2,6
Cordões arenosos/Restinga	**-73,9**		0,7					-9,8	**2,5**
Floresta	1,6	**71,7**	-12,1	-129,3	-26,7	**-193,4**	-164,6	22,4	-36,0
Mangue	**8,2**		**-6,4**					0.1	1,3
Urbano de baixa densidade	**-5,5**	0,3	12,0	-2,9	0,4	-3,4	6,1	40,0	-1,4
Urbano de média densidade	68,1	20,2	**174,4**	45,1	**4,9**	15,4	33,4	57,8	15,1
Urbano de alta densidade	11,0		**71,1**	3,6				**2,9**	
Pastagem	**204,9**	-176,0	**-400,7**	13,4	-107,1	111,2	-23,9	-236,5	13,3
Eucalipto	8,9	1,7	2,0	**29,5**	3,5	**-5,5**	6,2	6,4	
Salinas								-8,2	
Solo exposto	-0,1	0,3	**14,3**				0,2	1,9	**-0,3**
Vegetação em estágio inicial	47,7	63,5	81,3	52,1	98,5	75,8	**102,2**	57,8	**0,1**
Área das regiões	**8.876**	**6.917**	**6.358**	**4.405**	**4.373**	**3.729**	**3.642**	**3.300**	**2.084**

1-Petróleo e Gás natural
2-Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana
3-Urbano-Industrial
4-Industrial do Médio Paraíba
5-Serrana de Economia agropecuária
6-Turístico-Cultural do Médio Paraíba
7-Serrana Economia Diversificada
8-Turística dos Lagos
9-Turística da Costa Verde

Observando a tabela 18 torna-se claro que as regiões Urbano-Industrial e Petróleo e Gás foram as que apresentaram maiores modificações, tendo os maiores ou menores valores em seis e cinco classes, respectivamente. A primeira teve o maior saldo de áreas urbanas de média e alta densidade enquanto a segunda obteve o menor saldo de ocupação urbana de baixa densidade. O fato de 4 regiões apresentarem saldos negativos de ocupação urbana de baixa densidade indica que está ocorrendo o processo de intensificação da ocupação e não uma diminuição dessas áreas. A região que teve a maior expansão de ocupação urbana de baixa densidade foi a Turística dos Lagos, mostrado que seu potencial turístico contínua atraindo a construção de novas casas de veraneio e moradia. Para a agricultura a diferença não foi tão grande do Urbano-Industrial, que teve o maior saldo, em relação às outras regiões como a Turística dos Lagos e de Serrana de Economia Diversificada. Pelo fato dessas regiões serem menores, o crescimento da agricultura foi proporcionalmente maior do que na região Urbano-industrial. Porém apesar da maioria das regiões aumentarem suas áreas agrícolas, a região do Petróleo e Gás Natural teve uma redução muito grande da agricultura, se

destacando das demais e tornando o total estadual negativo. Os cordões arenosos/Restinga apresentaram maiores perdas na região do Petróleo e Gás, as principais cidades dessa região estão inseridas nessa classe deixando as mais sujeitas às alterações.

Era de se esperar que os valores da pastagem fossem os mais altos; sendo a classe mais abundante no Rio de Janeiro, foi a que teve maior quantidade de área modificada. As regiões do Petróleo e Gás e Urbano Industrial também apresentaram a maior redução e expansão de pastagem, respectivamente. Apesar da diferença total no estado ter sido negativa, quatro regiões apresentaram crescimento nesta categoria: Petróleo e Gás, Turístico-Cultural do Médio Paraíba, Industrial do Médio Paraíba e Turístico da Costa Verde. Nestas duas últimas, o crescimento não foi considerado significativo, com 13km² para ambas, concentrando nas duas primeiras os maiores valores, 111km² e 204km², respectivamente.

A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba apresentou a maior área de floresta desmatada, que foi transformada, na maioria das vezes, em pastagem. No sentido contrário a região Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana teve o maior saldo de floresta do Rio de Janeiro, com 71km².

Nota-se que o cultivo do eucalipto tende a crescer pelo estado do Rio de Janeiro. Todas as regiões, com exceção da Costa Verde, apresentaram um certo crescimento para esta classe. Liderando este crescimento está a região Industrial do Médio Paraíba com 30km² de área. A mesma coisa acontece com a vegetação em estágio inicial, que só não cresceu na região da Costa Verde, nessa classe quem apresentou maior aumento foi a Serrana de Economia Diversificada, com 102km², indicando um maior crescimento na vertente norte da serra do Mar.

As mudanças que envolvem a floresta, áreas urbanas e pastagem são as que têm maior influência na paisagem, justamente por serem as mais freqüentes. As regiões que apresentaram mais alteração nessas classes foram a Urbano-industrial, Turística dos Lagos, Turístico-Cultural do Médio Paraíba e Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana. Estas classes compõem a maior parte do estado do Rio de Janeiro e merecem atenção especial. No próximo capítulo será apresentada análises voltadas exclusivamente para floresta, buscando associar outras informações que possam ajudar a compreender melhor como essas mudanças ocorrem.

Capítulo 5

Análise espaçotemporal da cobertura florestal no estado do Rio de Janeiro entre 1994 e 2007

5.1- Introdução

Atualmente, a biodiversidade é vista como um recurso natural que pode prover descobertas que ajudem a resolver questões relacionadas a diversas áreas: médicas, químicas, farmacêuticas, industriais etc. Ela é potencialmente valiosa por não se ter conhecimento suficiente a ponto de saber suas reais possibilidades. Os biomas tropicais, como Mata Atlântica e Amazônia, estocam a maior parte dessa biodiversidade desconhecida até então, com maior concentração nas áreas florestais. Dessa forma, a manutenção dessas áreas é importante para garantir a presença da biodiversidade nesses ecossistemas. Além disso, os fragmentos de floresta possuem funções ecológicas importantes que garantem a estabilidade desses biomas, evitando variações climáticas locais, impedindo a erosão do solo que acarreta em assoreamento dos canais de drenagem e ajudando a manter as encostas estáveis.

O Rio de Janeiro apresenta fragmentos florestais importantes da Mata Atlântica, tanto no sentido do tamanho desses remanescentes com rica biodiversidade, quanto na questão da sua localização estratégica, que proporciona a conexão entre as partes sul e norte do bioma, conhecido como corredor da Serra do Mar. A proteção desses fragmentos é garantida, principalmente, por áreas de proteção ambiental nos locais considerados mais importantes. Essas áreas protegidas, denominadas Unidades de Conservação (UC), são espacialmente delimitadas e visam regular o uso da terra, podendo ser classificadas de diferentes maneiras, às vezes de modo mais restritivo ou permissivo.

Este capítulo tem por objetivo analisar as mudanças ocorridas na cobertura florestal do estado do Rio de Janeiro e suas regiões levando em consideração as áreas protegidas nos dois momentos estudados, de modo a perceber onde ocorreram as áreas de desmatamento e regeneração.

5.2- As unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro

A primeira unidade de conservação criada no Brasil foi o Parque Nacional do Itatiaia no ano de 1937 e desde então diversas outras surgiram. Cada unidade possuía uma regulamentação própria, elaborada de acordo com o contexto de cada local, não havendo uma padronização nacional. Esta padronização só foi estabelecida no ano 2000 com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), que determina normas e critérios para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O SNUC divide as unidades de conservação em dois grandes grupos: **Proteção Integral** e **Uso Sustentável** (tabela 19). O primeiro é mais restritivo, tendo como objetivo básico a preservação da natureza e estudos científicos, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, enquanto o segundo é mais permissivo, com o objetivo básico de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais. Estes dois grupos se subdividem em diversas categorias, cada uma com características e regulamentos próprios, de modo a atender diferentes tipos de manejo. As unidades de conservação podem ser gerenciadas por órgãos federais, estaduais ou municipais, cabendo a eles a administração, manutenção e fiscalização da área protegida.

Tabela 19. Categorias de unidades de conservação segundo SNUC

Proteção Integral	**Uso sustentável**
Estação Ecológica (EE)	Área de Proteção Ambiental (APA)
Reserva Biológica (RB)	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)
Parque Nacional (PN)	Floresta Nacional (FN)
Refúgio de Vida Silvestre (RVS)	Reserva Extrativista (REX)
Monumento Natural (MN)	Reserva de Fauna (RF)
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)

No caso do estado do Rio de Janeiro, considerando 2007 como o momento mais atual, apresentam-se 48 unidades de conservação federais e estaduais, sendo 27 de proteção integral e 21 de uso sustentável. Elas são distribuídas entre as seguintes categorias:

- 17 Áreas de Proteção Ambiental
- 14 Parques (Nacional e Estadual)

- 5 Reservas Biológicas
- 4 Estações Ecológicas
- 4 Reservas Ecológicas
- 2 Áreas de Relevante Interesse Geológico
- 1 Floresta Nacional
- 1 Reserva Extrativista Marinha

Dentre as unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro a Reserva Ecológica é a única não reconhecida pelo SNUC, pois esta categoria foi criada antes da publicação do regulamento. Elas foram consideradas como Proteção Integral e algumas se encontram em processo de recategorização.

Para o presente trabalho, as unidades de conservação foram diferenciadas apenas entre proteção integral e uso sustentável, pois o intuito é analisar a taxa de modificação da floresta, considerando o fato de estarem ou não protegidas e o *status* dessa proteção, sendo suficiente a diferenciação nestes dois grupos. Optou-se também em considerar somente as UCs de jurisdição federal e estadual, pois as informações disponíveis sobre unidades de conservação municipais não estavam completas e compatíveis com a proposta de análise, que se baseia em critérios espaciais de área. Na maioria das vezes as informações de UCs municipais do estado do Rio de Janeiro são espacializadas na forma pontual, o que tornou inviável a quantificação da floresta nessas áreas. Outro aspecto que é importante realçar são as sobreposições espaciais existentes entre algumas unidades de conservação. Nessas áreas de sobreposições que apresentavam duas categorias (Proteção Integral e Uso Sustentável) optou-se por classificá-las como Proteção Integral.

Descontando as áreas marítimas protegidmas, as unidades de conservação representam aproximadamente 14% do território estadual, dos quais 8% são relativos a uso sustentável e 6% a proteção integral. Praticamente dois terços das áreas protegidas estão concentrados na região Urbano-Industrial, Turística da Costa Verde e Turística dos Lagos. A região Turística da Costa Verde apresenta o maior percentual de área protegida com 66%, onde 41% são de proteção integral. Mesmo sendo a menor região do estado é a que possui maior área de proteção integral com 857km². Já a região Agropecuária do Pomba e Muriaé, que é a segunda maior do estado, possui a menor quantidade de área protegida com 11 km², que são relativos exclusivamente a uma parte

do Parque Estadual do Desengano. Assim como a região Serrana de Economia Agropecuária, que possui 72km² de áreas protegidas desta mesma UC. A região que apresenta maior área protegida por Uso Sustentável é a Turística dos Lagos com 1152km², chegando a 35% da mesma. A tabela 20 apresenta os totais em valores absolutos e percentuais de áreas protegidas por região de estado em 2007. Onde P.I indicam as áreas de proteção integral e U.S de uso sustentável.

Tabela 20. Área e percentual de área protegida por região em 2007.

Regiões	P.I (km²)	U.S (km²)	Total (km²)	% P.I	% U.S	% Total	Área da região (km²)
4	759,0	660,5	1.419,5	11,9	10,4	22,3	6.355,4
1	857,1	526,6	1.383,7	41,1	25,3	66,4	2.083,0
6	121,5	1152,2	1.273,6	3,7	34,9	38,6	3.299,5
5	277,0	703,2	980,2	7,6	19,3	26,9	3.641,5
7	343,1	351,6	694,7	3,9	4,0	7,8	8.875,4
2	127,3	280,6	407,9	2,9	6,4	9,3	4.403,6
8	71,9	0,3	72,3	1,6	0,0	1,7	4.372,9
3	19,5	0,2	19,8	0,5	0,0	0,5	3.729,0
9	11,3	0,0	11,3	0,2	0,0	0,2	6.915,8
Total	**2.587,8**	**3.675,2**	**6.263,0**	**5,9**	**8,4**	**14,3**	**43.676,3**

1-Turística da Costa Verde
2-Industrial do Médio Paraíba
3-Turístico-Cultural Médio Paraíba
4-Urbano-Industrial
5-Serrana Economia Diversificada
6- Turística dos lagos
7-Petróleo e Gás
8-Serrana de Economia Agropecuária
9- Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana

A figura 42 apresenta a distribuição das unidades de conservação no estado do Rio de Janeiro em 2007.

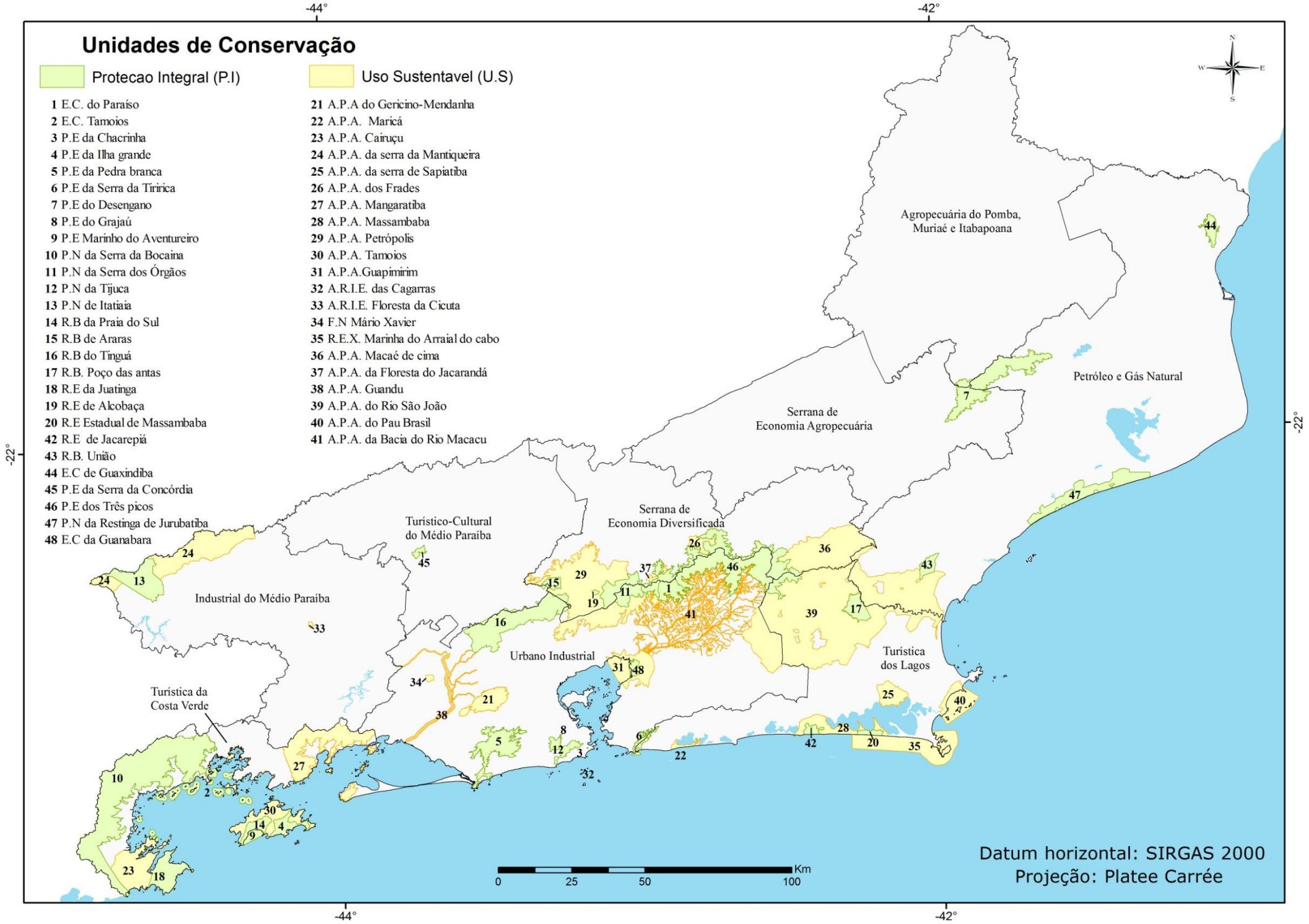


Figura 42. Mapa com as unidades de conservação no Rio de Janeiro em 2007

Se analisarmos as unidades de conservação existentes até o ano de 1994, percebe-se que existiam 3.543km² de áreas protegidas, o que equivale a 8% do estado do Rio de Janeiro. Neste ano as áreas de proteção integral representavam 4,3% do estado enquanto que as de uso sustentável abrangiam 3,8%. Grande parte dessas áreas concentrava-se nas regiões da Costa Verde e Urbano-Industrial como pode ser observado na tabela 21.

Tabela 21. Área e percentual das unidades de conservação em 1994 por região.

Regiões	PI (km²)	US (km²)	Total (km²)	% PI	% US	% Total	Área da região (km²)
1	857,1	526,6	1.383,7	41,1	25,3	66,4	2.083,0
4	500,1	318,1	818,2	7,9	5,0	12,9	6.355,4
5	91,0	398,1	489,1	2,5	10,9	13,4	3.641,5
2	127,3	280,0	407,4	2,9	6,4	9,3	4.403,6
6	72,4	147,9	220,3	2,2	4,5	6,7	3.299,5
7	131,1	0,0	131,1	1,5	0,0	1,5	8.875,4
8	71,9	0,0	71,9	1,6	0,0	1,6	4.372,9
9	11,3	0,0	11,3	0,2	0,0	0,2	6.915,8
3	9,9	0,2	10,1	0,3	0,0	0,3	3.729,0
Total	**1.872,2**	**1.670,9**	**3.543,0**	**4,3**	**3,8**	**8,1**	**43.676,3**

1-Turística da Costa Verde
2-Industrial do Médio Paraíba
3-Turístico-Cultural Médio Paraíba
4-Urbano-Industrial
5-Serrana Economia Diversificada
6- Turística dos lagos
7-Petróleo e Gás
8-Serrana de Economia Agropecuária
9- Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana

Considerando cada região individualmente, percebe-se que a região Turística da Costa Verde concentra a maior parte das áreas protegidas desde 1994, mesmo sem ter criado nenhuma unidade de conservação desde então. Neste ano essa região apresentava as maiores áreas de proteção integral e uso sustentável. Três regiões apresentavam percentual de áreas protegidas em torno de 10%: Urbano-Industrial, Serrana de Economia Diversificada e Industrial do Médio Paraíba. Nota-se que as áreas de uso sustentável eram bastante inferiores em relação a 2007. A região Turística dos Lagos tinha apenas 4,5% de área de uso sustentável, sendo a região que mais teve acréscimo de áreas protegidas neste período. Outra região que apresentou aumento de unidades de conservação foi a Urbano-Industrial, neste caso esse acréscimo fez com que as áreas protegidas por proteção integral e uso sustentável ficassem com valores próximos em 2007. A figura 43 demonstra as unidades de conservação do estado no ano de 1994.

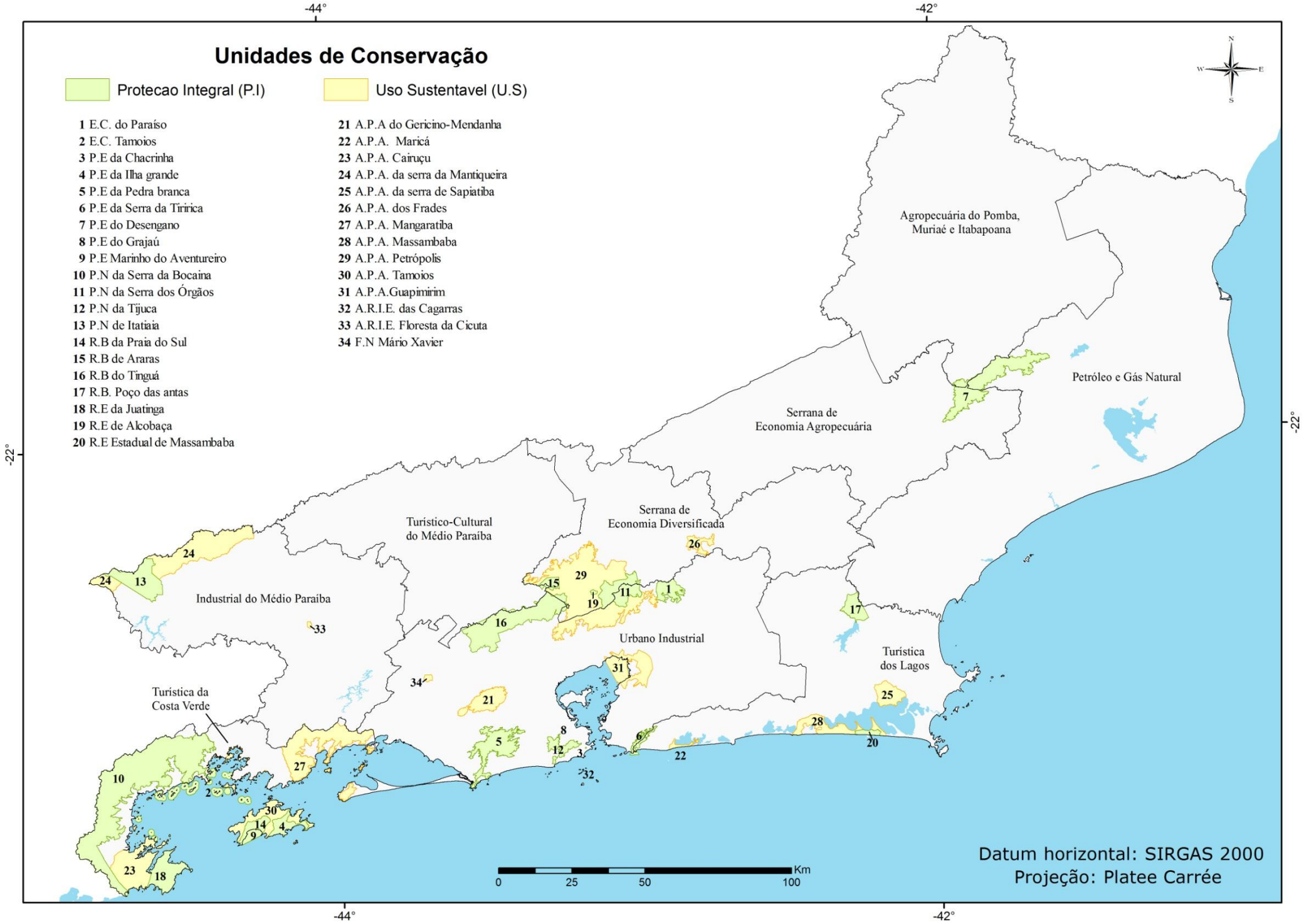


Figura 43. Mapa com as unidades de conservação no Rio de Janeiro em 1994

Entre 1994 e 2007 houve um aumento de 77% de áreas protegidas, correspondente a 2720km². Foram criadas 14 unidades de conservação, 7 de proteção integral e 7 de uso sustentável, sendo que esta última obteve maior área com 2.000km². Dois terços dessas novas áreas de uso sustentável estão associados à criação da APA do rio São João, sendo que a maior parte está localizada na região Turística dos Lagos, tornando-a a maior área de proteção de uso sustentável. Dos 720km² de aumento referentes às áreas de proteção integral, 463km² equivalem ao Parque Estadual dos Três Picos, criado em 2002 e que se divide entre as regiões Urbano-Industrial, Serrana de Economia Diversificada e com menor expressão espacial na Turística dos Lagos. Nota-se que as regiões Turística da Costa Verde, Serrana de Economia Agropecuária, Industrial do Médio Paraíba e Agropecuária do Pomba e Muriaé não tiveram nenhuma unidade de conservação criada no período.

5.3- Caracterização das áreas florestadas em 1994

No ano de 1994 existiam 11.747km² de áreas florestadas em todo o estado do Rio de Janeiro. A distribuição espacial dessas áreas é representada por grandes remanescentes situados em áreas de relevo acidentado, localizados na vertente sul da Serra do Mar e maciços costeiros, além de pequenos fragmentos espalhados por todo o estado, principalmente nas baixadas litorâneas e no vale do Paraíba. Esta condição geomorfológica acidentada do Rio de Janeiro, que dificulta o acesso e inviabiliza a ocupação, é um dos fatores que ajudaram a preservar boa parte da floresta, formando um corredor ecológico ao longo da Serra do Mar. As florestas contínuas podem ser divididas em quatro grandes áreas: a maior delas está localizada no centro do estado no trecho mais alto da Serra do Mar, sendo considerada a mais importante devido a sua posição; em seguida tem-se a floresta situada na Serra da Bocaina, na parte sul do Rio de Janeiro, que possui uma forma compacta e homogênea; a outra área está localizada no maciço do Itatiaia, na Serra da Mantiqueira, também na porção sul do estado, em uma área de altitudes elevadas; a quarta e última área de floresta contínua está situada na região norte do estado, no trecho final da Serra do Mar, no maciço do Desengano, sendo a mais isolada, cercada por áreas de pastagens.

A configuração espacial das áreas florestadas pode ser observada na figura 44, junto com as unidades de conservação e regiões do estado.

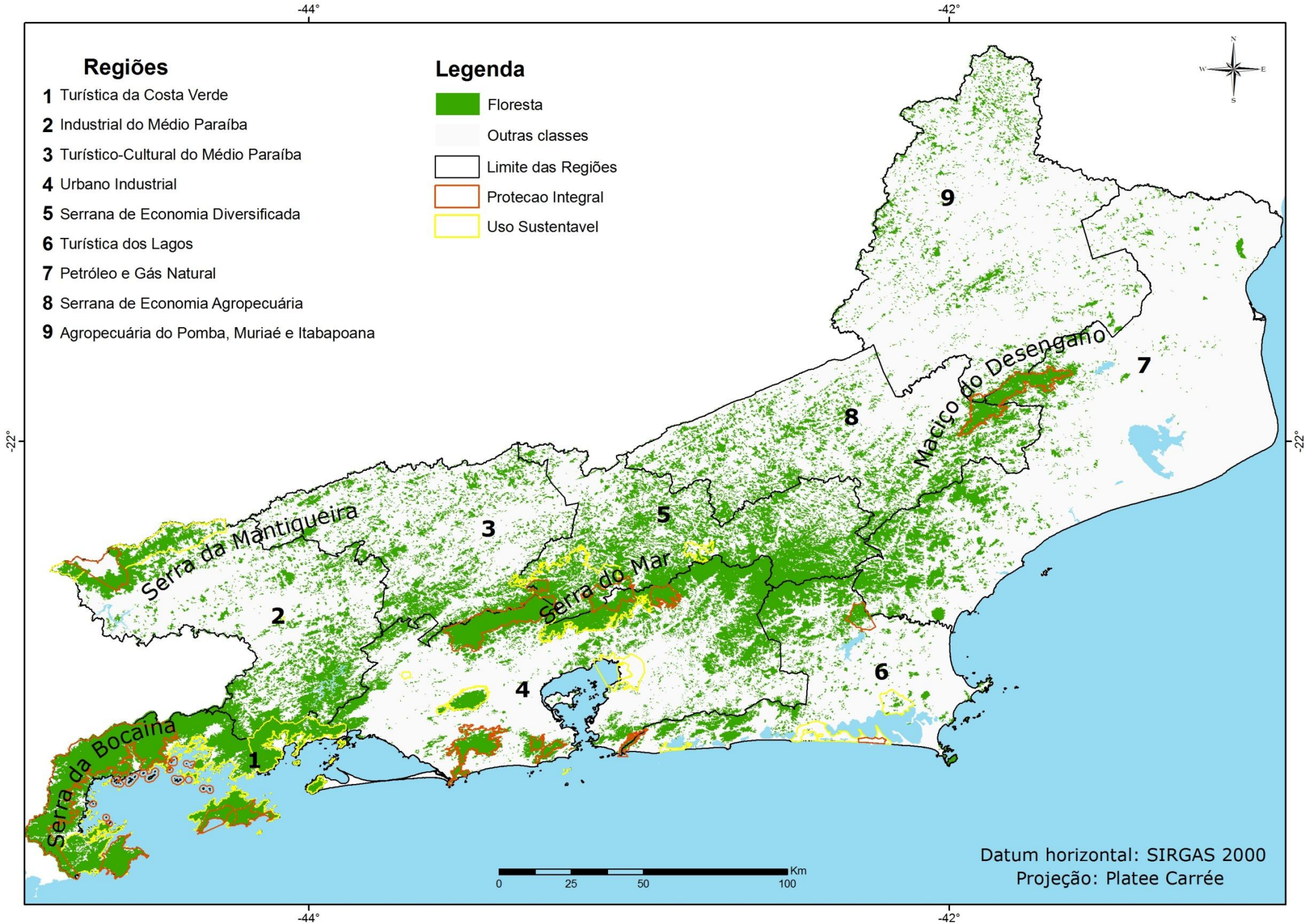


Figura 44. Mapa dos fragmentos florestais regiões do estado do Rio de Janeiro em 1994

Se quantificarmos as áreas florestadas de cada região percebe-se que três regiões detêm praticamente 50% da floresta do Rio de Janeiro, que são: Urbano Industrial, Serrana de Economia Diversificada e Turística da Costa Verde. Elas possuem as duas maiores áreas de floresta contínua do Rio de Janeiro, a da serra do Mar que é dividida entre as regiões Serra Diversificada e Urbano Industrial, e a da serra da Bocaina que fica na Turística da Costa Verde. Em seguida tem-se a região Industrial do Médio Paraíba com 12% da floresta do estado, concentradas na porção sul da região, no entorno da represa do Ribeirão das Lajes, e na divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo, abrangendo parte da Serra da Mantiqueira. A região Serrana Agropecuária detém quase 10% das áreas florestadas, com sua maior parte localizada no maciço do Desengano, que também está inserido na região do Petróleo e Gás, esta com 9% das florestas. A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba também apresenta 9% de remanescentes florestais, porém, em uma paisagem mais fragmentada. As menores áreas de floresta ficaram nas regiões Turística dos Lagos e Agropecuária do Pomba com 6% e 4%, respectivamente. A primeira região apresentava áreas florestadas concentradas na parte alta da bacia do rio São João, enquanto que as outras possuíam poucas áreas de florestas distribuídas esparsamente em pequenos fragmentos no topo de colinas. Considerando que as regiões possuem tamanhos diferentes, podemos observar o percentual de área florestada de cada uma delas. A região Turística da Costa Verde se destaca com 87% de sua área coberta por floresta, ela é a menor região do estado e apresenta a terceira maior área de floresta. Já a maior região, do Petróleo e Gás, possui apenas 12% de sua área coberta por floresta. Os valores podem ser observados na tabela 22, a seguir.

Tabela 22. Área e Percentual de floresta por região em 1994.

Região	Floresta (km²)	% Florestada do estado	Região (km²)	% Região florestada
Urbano-Industrial	2.101,1	17,9	6.355,4	33,1
Serrana Economia Diversificada	1.917,2	16,3	3.641,5	52,6
Turística da Costa Verde	1.824,7	15,5	2.083,0	87,6
Industrial do Médio Paraíba	1.433,7	12,2	4.403,6	32,6
Serrana de Economia Agropecuária	1.154,1	9,8	4.372,9	26,4
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	1.072,2	9,1	3.729,0	28,8
Petróleo e Gás	1.058,8	9,0	8.875,4	11,9
Turística dos Lagos	708,1	6,0	3.299,5	21,5
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	477,3	4,1	6.915,8	6,9
Total	**11.747,3**	**100**	**43.676,3**	**26,9**

Ao considerar apenas as florestas protegidas por unidades de conservação em 1994 foi encontrado 2.820km², o que representava 24% de toda a floresta. Desses 24% de floresta protegida 14% eram de proteção integral e 10% de uso sustentável. A região que detinha as maiores áreas de floresta protegida é a Turística da Costa Verde como está ilustrado na figura 44. Esta região possuía 71% de sua floresta protegida o equivalente a 1.308km², e este valor representava 46% de toda a floresta protegida do Rio de Janeiro. Desse total, 821km² eram de proteção integral e 486km² de uso sustentável, alcançando os maiores valores dentre as regiões. Analisando somente as áreas de proteção integral, as outras regiões com maiores áreas são a Urbano Industrial e a de Petróleo e Gás. Enquanto que em relação às áreas de uso sustentável 3 regiões não possuem esse tipo de unidade de conservação como mostra a tabela 23, a seguir.

Tabela 23. Área de floresta protegida por região em 1994 (km²).

Região	Floresta em P.I	Floresta em U.S	Total
Turística da Costa Verde	821,7	486,3	1.308,1
Urbano-Industrial	457,0	209,9	667,0
Serrana Economia diversificada	70,2	275,0	345,1
Industrial do Médio Paraíba	59,7	180,0	239,7
Petróleo e Gás	124,4	0,0	124,4
Serrana de Economia Agropecuária	68,4	0,0	68,4
Turística dos Lagos	41,3	9,7	51,0
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	9,2	0,2	9,4
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	7,3	0,0	7,3
Total	**1.659,2**	**1.161,135**	**2.820,3**

5.4- Caracterização das áreas florestadas em 2007

De um modo geral, a cobertura florestal em 2007 possuía características semelhantes às de 1994, principalmente em relação à disposição dos fragmentos maiores, que não tiveram alterações significativas. Considera-se aqui que o intervalo analisado, para o caso específico do estado do Rio de Janeiro, é mais sensível às alterações em um nível regional. Além do que, a Mata Atlântica vem sendo bastante monitorada neste período e que este fato, apesar de não ser proibitivo, acaba por coibir algumas ações sobre a floresta. Em um período de análise até menor do que este, algumas áreas na Amazônia apresentariam mudanças drásticas. Neste ano a área florestada total do estado correspondeu a 11.268km² e a região com maior área florestada continuou sendo a Urbano Industrial, agora com 2.089km². A região Turística da Costa Verde ultrapassou a Serrana de Economia Diversificada em área florestada, com 1.788km² contra 1.749km². Essas três regiões continuaram detendo 50% de toda a floresta do Rio de Janeiro. A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba passou a ter uma área florestada menor do que a região do Petróleo e Gás como mostra a tabela 24, a seguir.

Tabela 24. Área e Percentual de floresta por região em 2007;

Região	Floresta (km²)	% Florestada do estado	Região (km²)	% Região florestada
Urbano Industrial	2.089,6	18,5	6.355,4	32,9
Turística da Costa Verde	1.788,1	15,9	2.083,0	85,8
Serrana Economia Diversificada	1.749,7	15,5	3.641,5	48,0
Industrial do Médio Paraíba	1.298,9	11,5	4.403,6	29,5
Serrana de Economia Agropecuária	1.127,2	10,0	4.372,9	25,8
Petróleo e Gás	1.059,4	9,4	8.875,4	11,9
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	876,8	7,8	3.729,0	23,5
Turística dos Lagos	729,1	6,5	3.299,5	22,1
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	549,6	4,9	6.915,8	7,9
Total	**11.268,3**	**100**	**43.676,3**	**25,8**

No ano de 2007 as áreas de florestas protegidas cresceram consideravelmente atingindo 4.096km², como pode se observado na figura 45. Esse aumento ocorreu em função da criação de diversas unidades de conservação. Neste ano, as florestas protegidas por unidade de conservação alcançaram 36% de toda a área florestada do estado, sendo 17,5% de uso sustentável e 18,5% de proteção integral. A região Turística

dos Lagos apresentou um aumento significativo de áreas protegidas, principalmente de uso sustentável, que alcançou 392km² (tabela 25), se tornando a quarta região com maior área de floresta protegida. A região Turística da Costa Verde, mesmo sem ter nenhuma unidade de conservação criada entre 1994 e 2007, continuou a ter as maiores áreas desse tipo no estado.

Tabela 25. Área de floresta protegida por região em 2007 (km²)

Regiões	**Floresta em P.I**	**Floresta em U.S**	**Total**
Turística da Costa Verde	814,3	478,4	1.292,8
Urbano-Industrial	692,6	342,1	1.034,6
Serrana Economia diversificada	214,0	480,0	694,0
Turística dos lagos	75,7	392,7	468,4
Petróleo e Gás	157,1	131,0	288,1
Industrial do Médio Paraíba	59,6	165,3	224,9
Serrana de Economia Agropecuária	67,6	0,1	67,7
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	17,8	0,2	18,0
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	7,6	0,0	7,6
Total	**2.106,2**	**1.989,8**	**4.096,0**

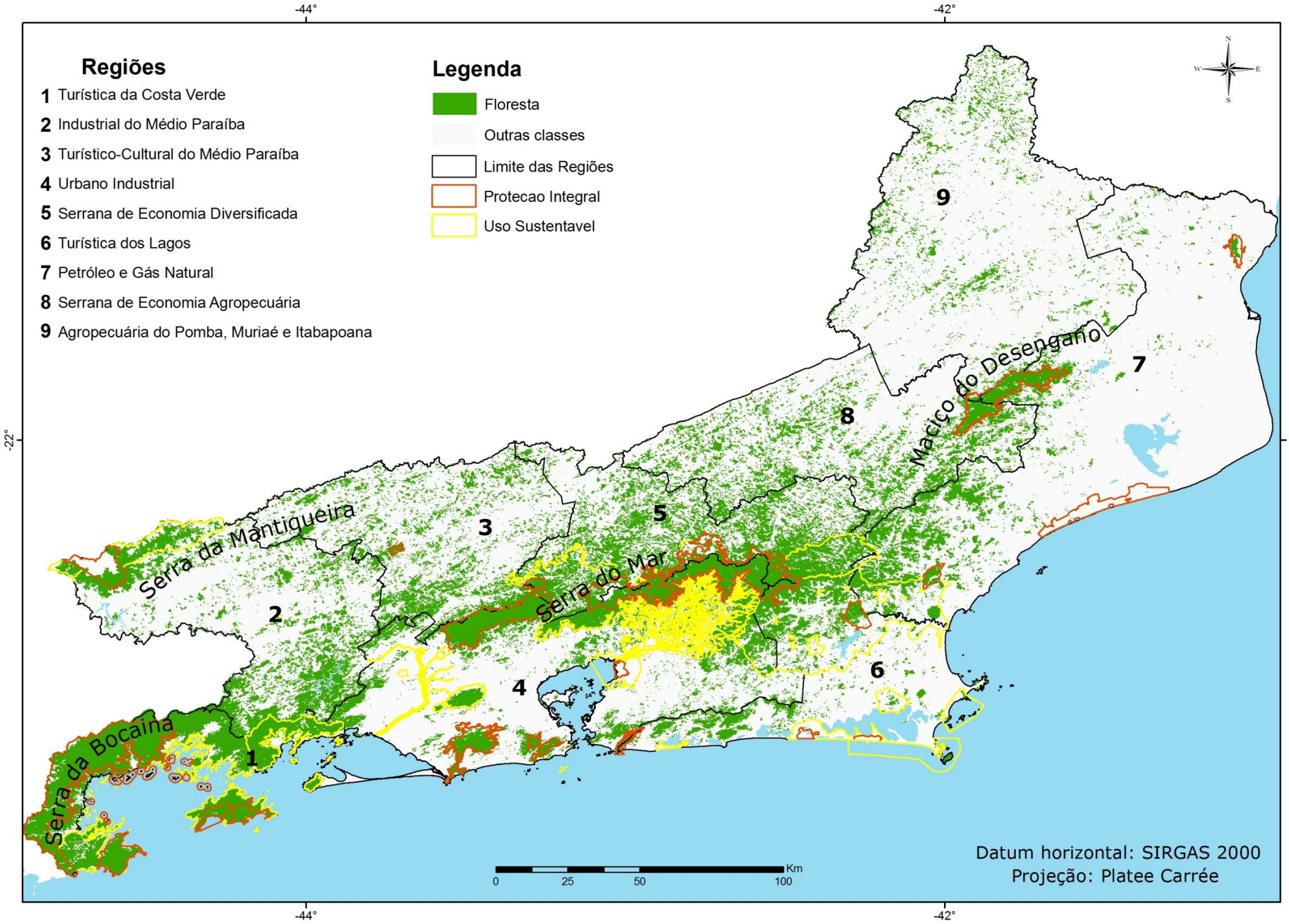
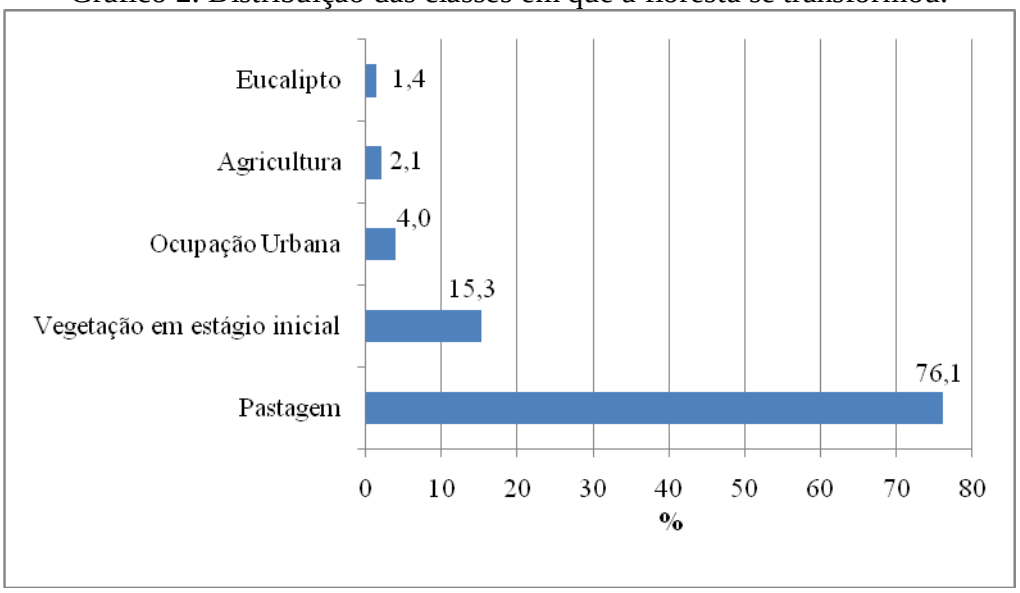


Figura 45. Mapa dos fragmentos florestais e regiões do estado do Rio de Janeiro em 2007

5.5- Detecção de mudanças nas áreas florestadas entre 1994 e 2007

Durante os treze anos analisados o Rio de Janeiro apresentou um saldo de diminuição de 465km² nas áreas florestadas. Esse valor é resultado da diferença entre 1.873km² de florestas que foram desmatadas e 1.407km² que se regeneraram, conforme pode ser analisado na tabela 5 do capítulo IV. Do total das áreas desmatadas, 1.426km² se transformaram em pastagem, o que representa 76% de toda floresta suprimida. O restante se dividiu entre vegetação em estágio inicial, ocupação urbana, agricultura e eucalipto como pode ser observado no gráfico 2.

Gráfico 2. Distribuição das classes em que a floresta se transformou.



Na figura 46 é mostrado um exemplo de uma área desmatada na região Serrana de Economia Agropecuária, através de imagens e mapas de 1994 e 2007.

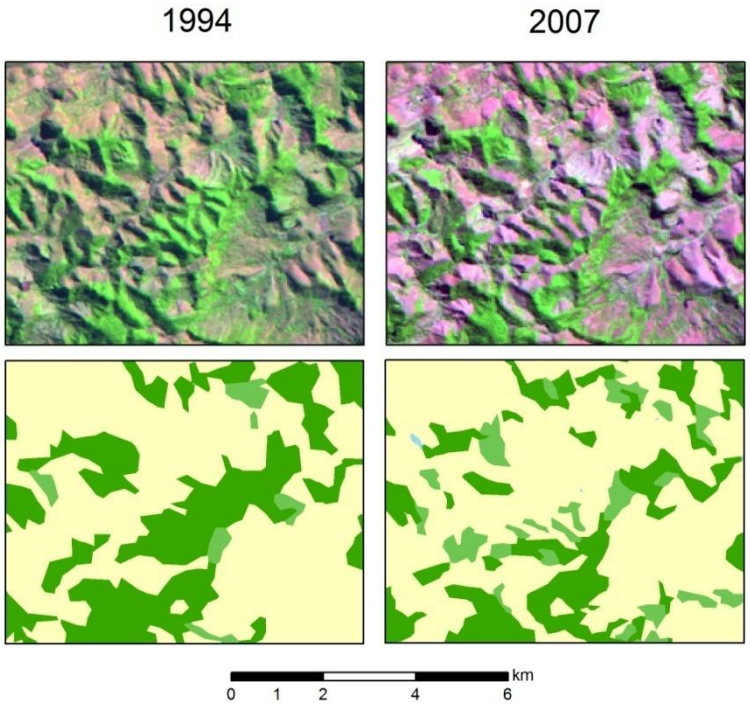


Figura 46. Exemplo de floresta desmatada na região Serrana de Economia Agropecuária.

As maiores áreas desmatadas ocorreram na região serrana do Rio de Janeiro, entre as serras do Mar e da Mantiqueira ao longo do vale do Rio Paraíba. A tabela 26 mostra quanto cada região contribuiu no desmatamento total no estado.

Tabela 26. Desmatamento florestal por região.

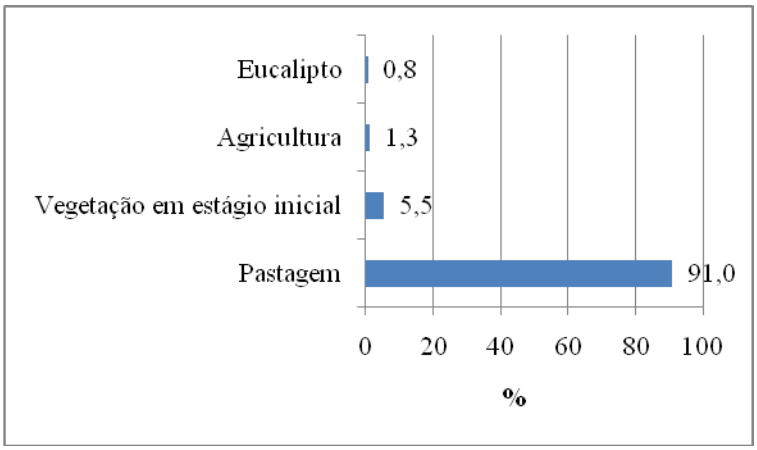
Região	km²	%
Serrana Economia Diversificada	337,1	18,0
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	313,2	16,7
Industrial do Médio Paraíba	277,0	14,8
Serrana de Economia Agropecuária	263,5	14,1
Urbano-Industrial	231,3	12,3
Petróleo e Gás	145,9	7,8
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	131,8	7,0
Turística dos Lagos	97,6	5,2
Turística da Costa Verde	75,5	4,0
Total	**1.873,0**	**100**

A região que apresentou maior área de desmatamento foi a Serrana de Economia Diversificada que chegou a quase 20% do total. Em 1994, ela possuía a segunda maior

área de floresta entre as regiões, com a diminuição de área florestada ela passou a ser a terceira, pois foi ultrapassada pela região Turística da Costa Verde, que teve a menor área desmatada no estado com 75km². A região Urbano Industrial, que possui a maior área florestada do estado, apresentou uma área desmatada de 231km² ficando na quinta colocação.

Considerando os 1.407km² de floresta regenerada entre o período estudado, 1.254km² eram pastagem em 1994, totalizando quase 90%. Os 10% restantes se distribuíram entre vegetação em estágio inicial, agricultura e eucalipto como mostra o gráfico 3.

Gráfico 3. Distribuição das classes que se transformaram em floresta.



Um resíduo de aproximadamente 2% das classes que se transformaram em floresta foi considerado erro de omissão/comissão no processo de classificação, pois se relacionava a mudanças consideradas improváveis ou impossíveis, como é o caso da ocupação urbana. Na tabela 27 são mostradas as áreas de floresta regenerada por região.

Tabela 27. Regeneração florestal por região.

Região	km²	%
Serrana de Economia Agropecuária	234,8	16,7
Urbano-Industrial	217,1	15,4
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	201,4	14,3
Serrana Economia Diversificada	189,5	13,5
Industrial do Médio Paraíba	145,7	10,4
Petróleo e Gás	145,4	10,3
Turística dos Lagos	117,9	8,4
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	117,7	8,4
Turística da Costa Verde	37,4	2,7
Total	**1.407**	**100,0**

As áreas de regeneração florestal se distribuíram de forma homogênea entre as regiões. Com exceção da região Turística da Costa Verde (que já era a mais florestada) que teve um valor bastante abaixo das demais, as outras regiões tiveram diferenças pequenas. A Turística dos Lagos e Turístico-Cultural do Médio Paraíba tiveram valores quase iguais, assim como Petróleo e Gás e Industrial do Médio Paraíba. A região com maior área regenerada foi a Serrana de Economia Agropecuária com 234km², seguida da Urbano Industrial com 217km². A figura 47 mostra um exemplo de uma área de floresta regenerada na região Serrana de Economia Agropecuária.

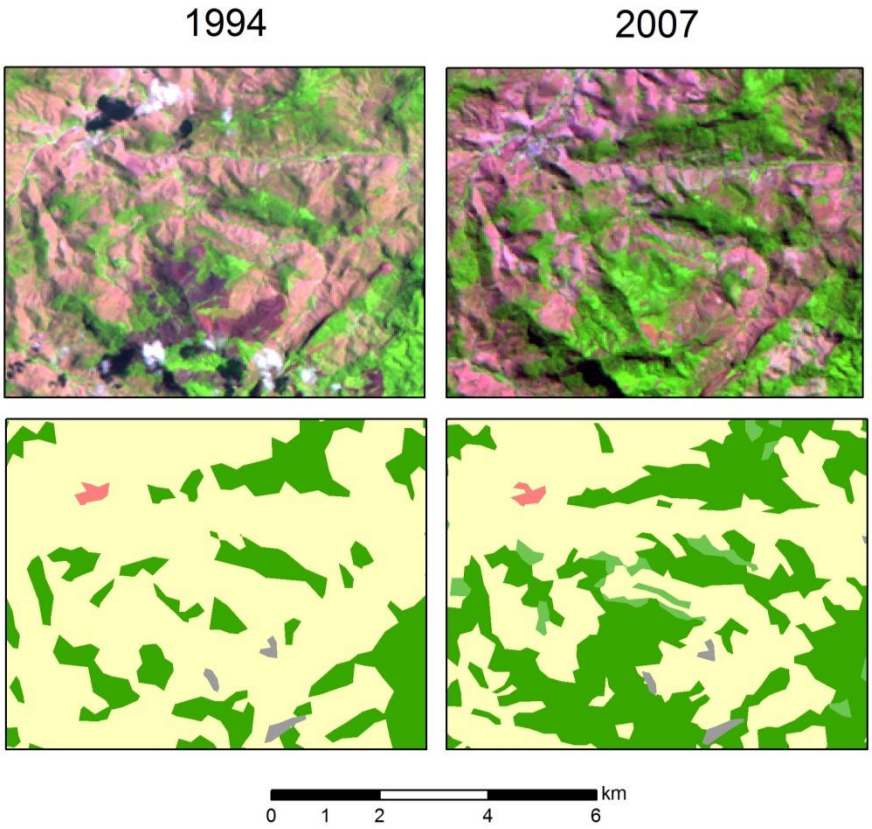


Figura 47. Exemplo de floresta regenerada na região Serrana de Economia Agropecuária

Apesar de termos altos valores de regeneração e desmatamento florestal, a maioria desses totais é compensada pelo avanço e retração da floresta sobre a matriz de pastagem. Algumas vezes são consideradas inconsistências que estão relacionadas ao efeito de borda (diferenças na delimitação dos fragmentos causadas por razões variadas, como pequenos resíduos no ajuste geométrico entre as datas, ou variação no

sombreamento da imagem). Em alguns casos, são originadas por diferenças no processo de interpretação. Neste caso, há a necessidade de se implementar mais incursões de campo para aferição e edição final do mapeamento, o que não é simples, dada as dimensões da área analisada. Para evitar que esses resíduos contaminem as análises relativas à detecção de mudanças na cobertura, trabalhou-se com a diferença entre os acréscimos e decréscimos de floresta por região, amortizando assim qualquer inconsistência gerada.

A seguir, na figura 48, pode ser observado o mapa que mostra as áreas de regeneração e desmatamento das áreas florestadas entre 1994 e 2007.

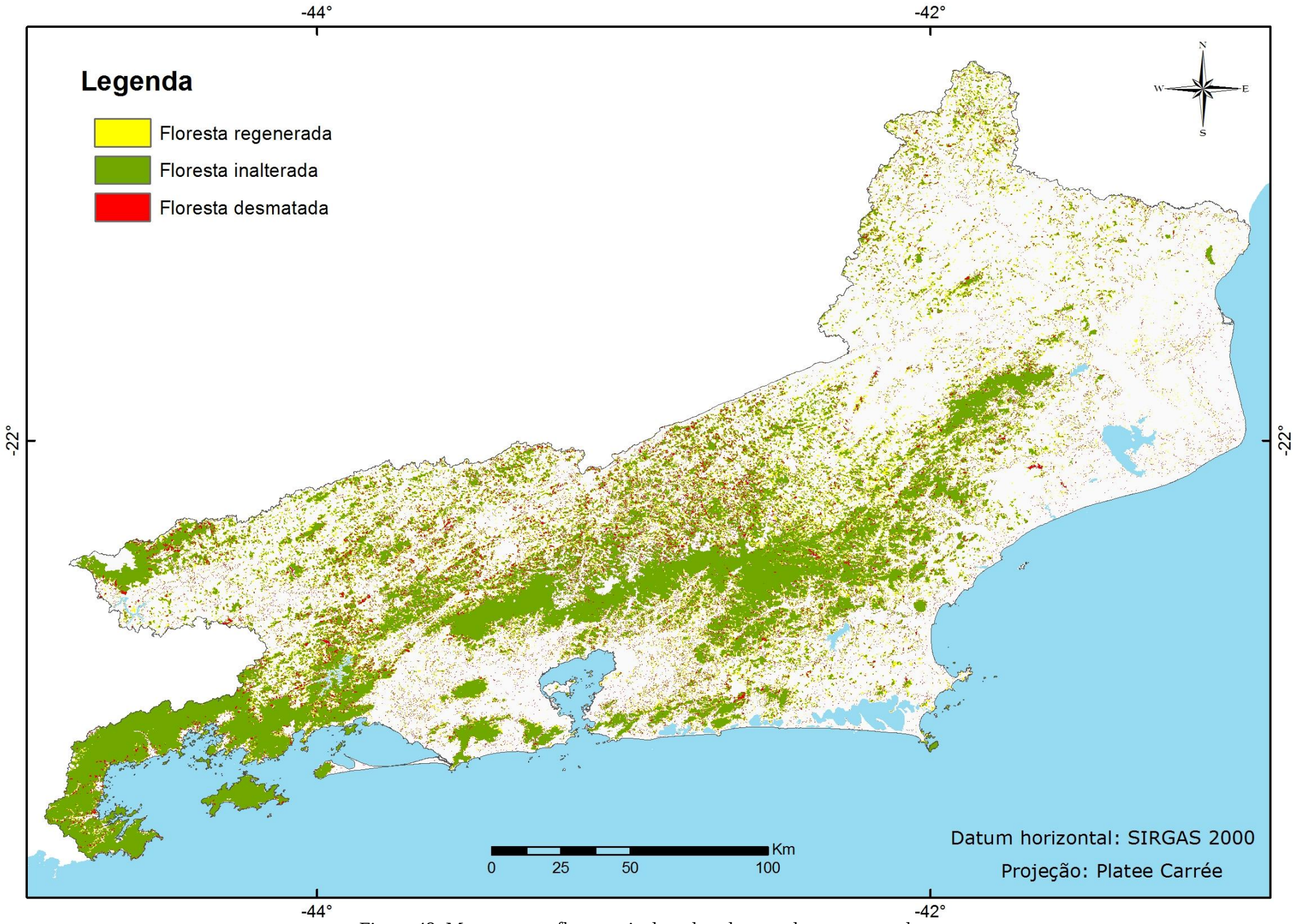


Figura 48. Mapa com as florestas inalteradas, desmatadas e regeneradas.

Se observarmos cada região a partir do saldo entre desmatamento e regeneração percebe-se que cada uma delas teve um comportamento diferente. Das nove regiões do estado, seis apresentaram saldo negativo, duas apresentaram saldo positivo e uma se manteve estável, conforme está resumido na tabela 28.

Tabela 28. Diferença entre a área florestada de 2007 e 1994 por região

Regiões	km²
Turístico-Cultural do Médio Paraíba	-193,4
Serrana Economia Diversificada	-145,6
Industrial do Médio Paraíba	-129,3
Turística da Costa Verde	-36,0
Serrana de Economia Agropecuária	-26,7
Urbano-Industrial	-12,1
Petróleo e Gás	1,6
Turística dos Lagos	22,4
Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana	69,7

As regiões com menores saldos de floresta foram a Turístico-Cultural do Médio Paraíba, seguida da Serrana de Economia Diversificada e Industrial do Médio Paraíba, todas com mais de 100km². Percebe-se que os menores saldos se concentraram na área serrana do sul e centro do estado, tendo em seguida a região da Costa Verde e Serrana de Economia Agropecuária com -27km² e -12km², respectivamente. Conforme nos deslocamos em direção ao norte do estado, passando pelas baixadas litorâneas, a situação vai se invertendo, com os saldos se tornando positivos. Na região do Petróleo e Gás o saldo se manteve estável e próximo a zero. Nas regiões Turística dos Lagos e Agropecuária do Pomba o saldo positivo foi mais significativo, contrastando com a maioria das outras regiões. A espacialização dos saldos de cada região pode ser vista no mapa a seguir, apresentado na figura 49. As regiões em vermelho escuro representam as que tiveram saldo de desmatamento maior que 100km², em vermelho claro, menores do que 100km² e em verde, regiões que tiveram saldo positivo.

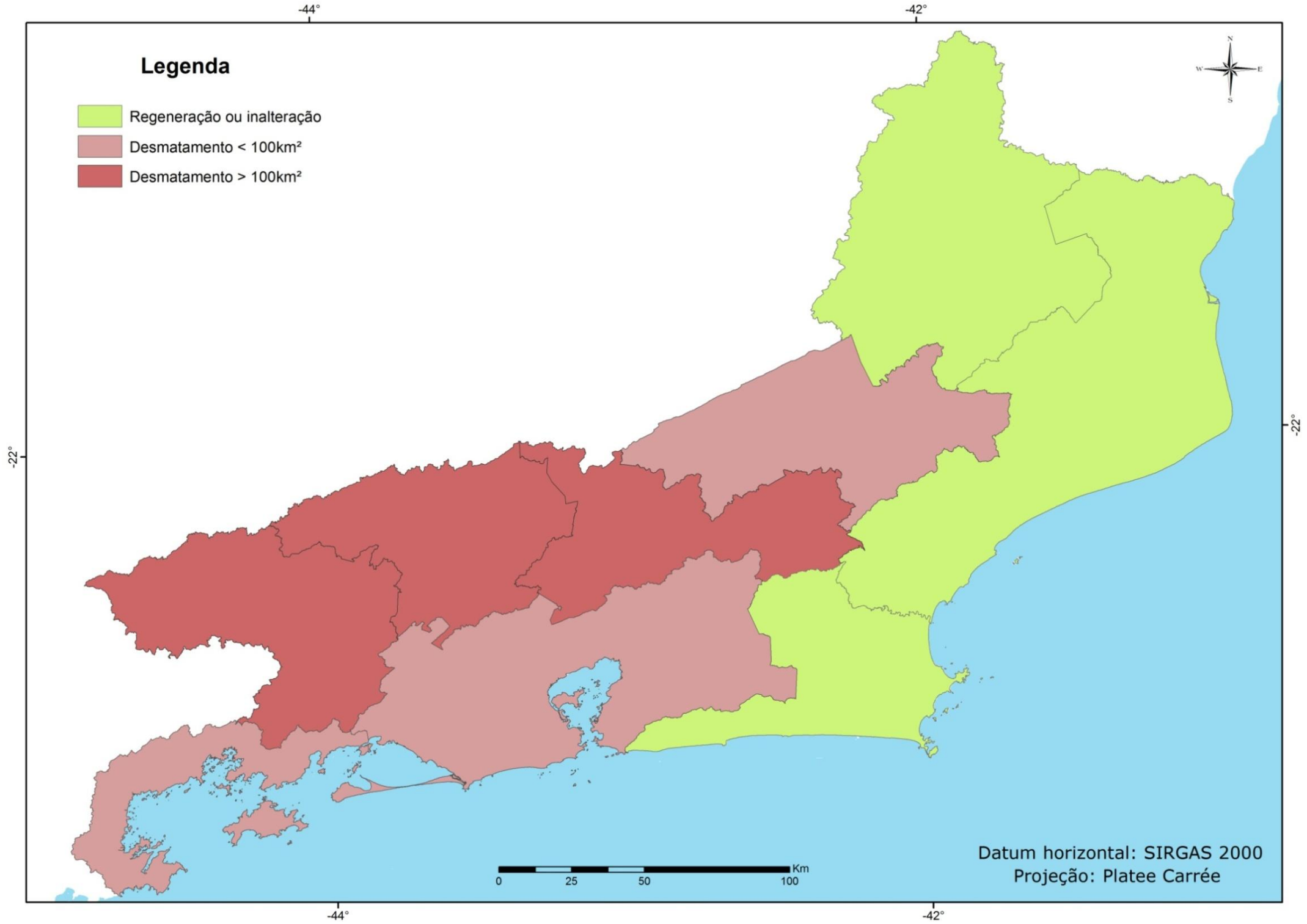
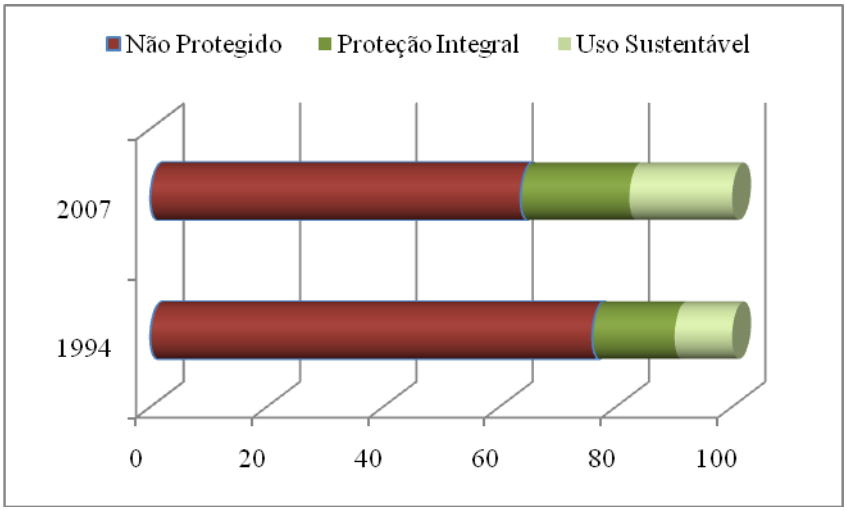


Figura 49. Mapa com os tipos de comportamento das áreas florestadas entre 1994 e 2007

5.6- A variação nas florestas protegidas

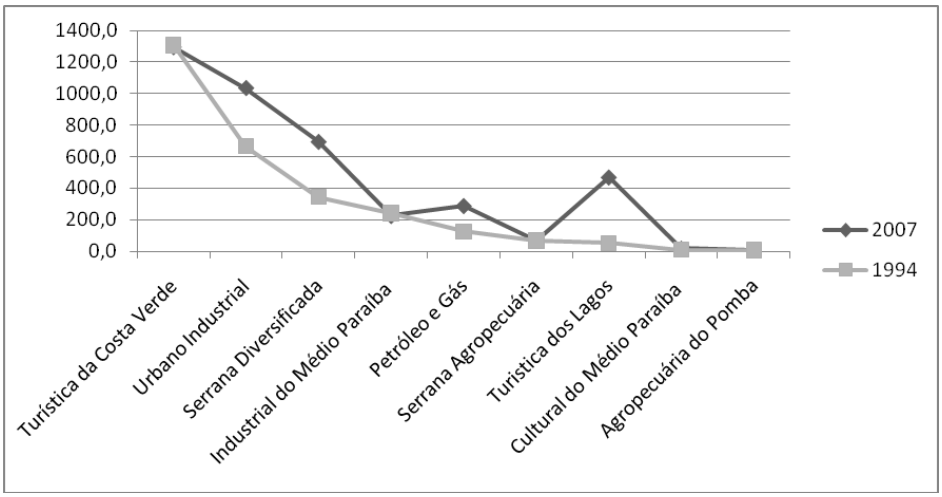
Se compararmos a área de floresta protegida e não protegida entre essas duas datas, considerando as unidades de conservação dos respectivos anos, é possível perceber um aumento no primeiro tipo e uma diminuição no segundo. As florestas protegidas por uso sustentável apresentaram maior crescimento do que as de proteção integral, ficando com valores de área próximos. Já as florestas não protegidas, mesmo tendo sua área diminuída, continuaram sendo a maioria, conforme é mostrado no gráfico 2.

Gráfico 2. Percentual de floresta protegida e não protegida em 1994 e 2007.



Houve um aumento de 1.275km² de floresta protegida em relação a 1994, o equivalente a 31%. Somente houve aumento nas regiões Urbano Industrial, Serrana de Economia Diversificada, Petróleo e Gás e Turística dos Lagos, conforme mostra o gráfico 4.

Gráfico 3. Área de floresta protegida por região nos anos de 1994 e 2007.



Este aumento só aconteceu por que foram criadas unidades de conservação entre esses anos, pois a floresta como um todo diminuiu, inclusive em áreas protegidas. Tanto é que as regiões que não tiveram unidades de conservação criadas apresentaram diminuição das florestas.

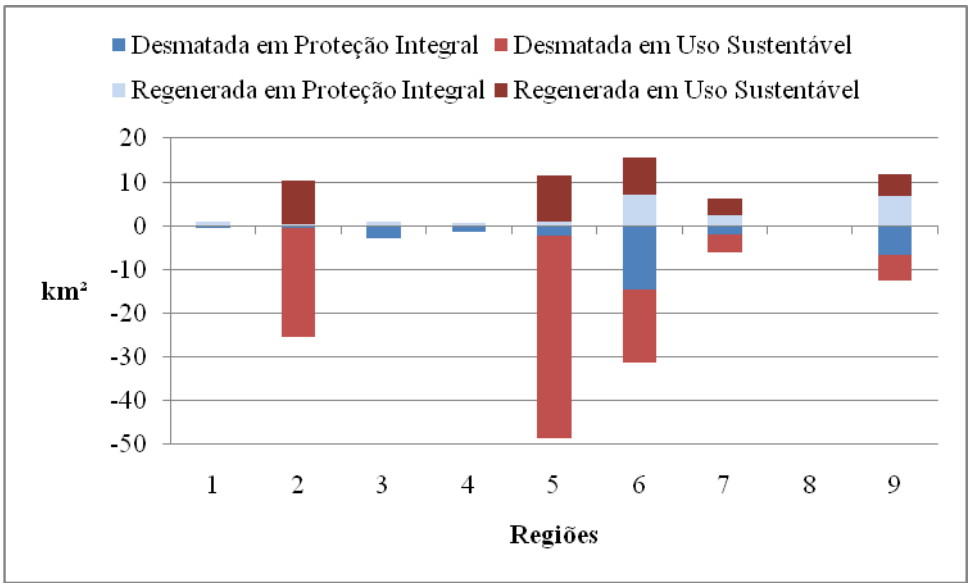
Ao analisar as mudanças ocorridas nas áreas de floresta protegidas no Rio de Janeiro é necessário considerar o contexto de um dos dois momentos escolhidos, pois em cada ano existia um determinado número de unidades de conservação. Dessa forma, há dois tipos de mudanças ocorrendo: a da floresta em si, que está relacionada com a transformação da cobertura da terra; e o aumento das áreas protegidas, que está associada à mudança no uso da terra.

Neste trabalho foram analisadas as mudanças ocorridas nas florestas que estavam inseridas em unidades de conservação criadas até 1994, dessa forma é garantido que as florestas já tinham sua proteção estabelecida antes do período considerado.

As florestas desmatadas dentro de áreas protegidas representaram 7% do total suprimido, com o valor de 129km². Já as que se regeneraram na mesma situação, representaram 4% do total regenerado, alcançando 58km². O saldo total das alterações ocorridas nas florestas protegidas por UCs do ano de 1994 foi de -70km², o que representou 2,5% das florestas protegidas deste ano. Este saldo pode ser discriminado em -59km² de floresta protegida por uso sustentável e -11km² de floresta protegida por proteção integral. O fato das unidades de conservação de uso sustentável serem maiores e menos restritivas, abarcando ainda diferentes tipos de cobertura em seu interior, fazem com que elas sejam mais suscetíveis a mudanças.

No gráfico 4 são apresentadas essas mudanças em áreas de proteção integral e uso sustentável em cada região. As florestas que se regeneraram estão em valores positivos, e as que foram desmatadas em valores negativos.

Gráfico 4. Alteração da floresta em áreas protegidas de 1994, por região (km²).



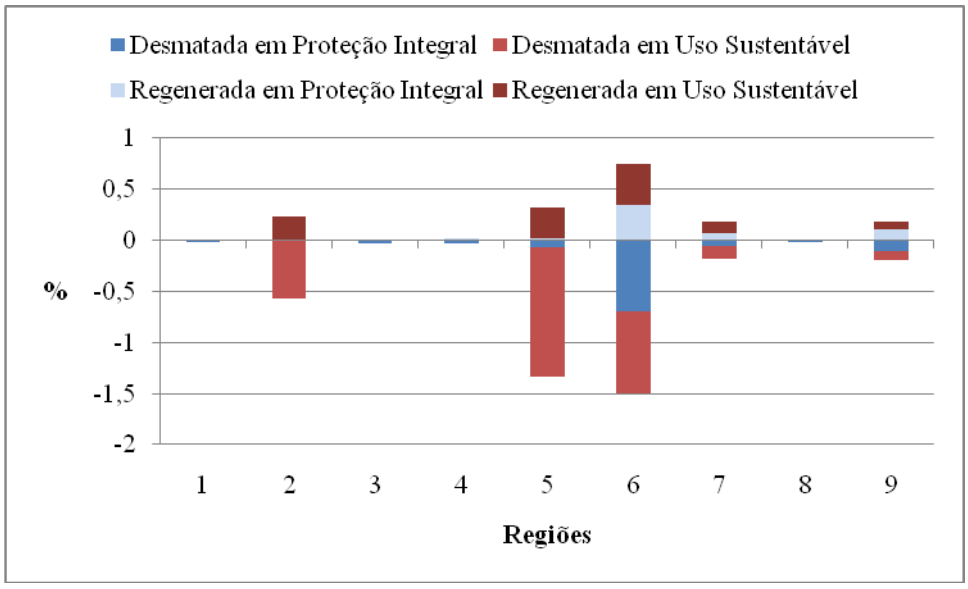
1-Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana, 2- Industrial do Médio Paraíba, 3- Petróleo e Gás, 4- Serrana de Economia Agropecuária, 5- Serrana Economia Diversificada, 6- Turística da Costa Verde, 7- Turística dos Lagos, 8- Turístico-Cultural do Médio Paraíba, 9- Urbano-Industrial.

Percebe-se que a região que teve maior área de floresta protegida desmatada foi a Serrana de Economia Diversificada chegando a quase 50km², sendo a maior parte (46km²) em áreas de uso sustentável. Ao mesmo tempo ela obteve uma área de regeneração em uso sustentável de 10km² totalizando um saldo total de -36km² de floresta protegida. As florestas sob proteção integral tiveram suas maiores perdas na região Turística da Costa Verde, com -14km², e na Urbano Industrial, com -6km², assim como os maiores ganhos com valores de 7km² e 6km², respectivamente. Essas duas regiões são as que apresentam as maiores áreas sob proteção integral do estado, por isso possuem os valores mais altos de alteração nesta categoria. Na região Turística dos Lagos as florestas protegidas, desmatadas e regeneradas, se igualaram. A região Industrial do Médio Paraíba teve as maiores mudanças ocorridas nas florestas protegidas por uso sustentável, com uma perda de 24km² e um ganho de 10km². As demais regiões apresentaram retração em florestas protegidas por proteção integral com valores absolutos baixos.

Ao analisarmos as alterações ocorridas nas florestas protegidas somente em valores absolutos não se está levando em consideração os diferentes tamanhos das regiões, o que pode dar falsa impressão quanto a expressividade dessas mudanças. No

gráfico 5 pode ser observado o percentual de alteração em relação ao tamanho de cada região.

Gráfico 5. Percentual de alteração da floresta em áreas protegidas de 1994 relativos às áreas das regiões (%).

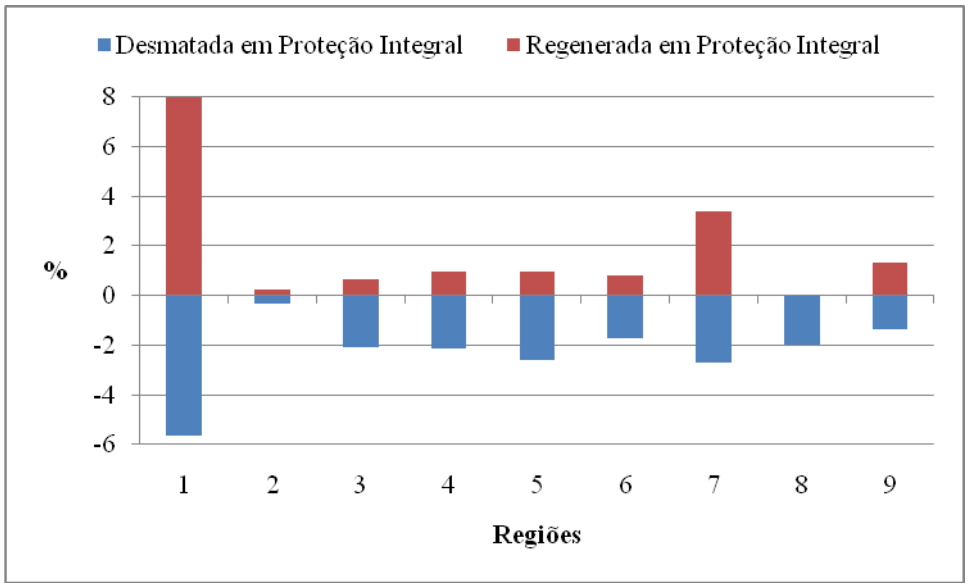


1-Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana, 2- Industrial do Médio Paraíba, 3- Petróleo e Gás, 4- Serrana de Economia Agropecuária, 5- Serrana Economia Diversificada, 6- Turística da Costa Verde, 7- Turística dos Lagos, 8- Turístico-Cultural do Médio Paraíba, 9- Urbano-Industrial.

Neste caso, percebe-se que a região Turística da Costa Verde apresenta um percentual maior de perda de floresta protegida em comparação com a região Serrana de Economia Diversificada, mesmo com valores absolutos mais baixos do que ela. A região Turística dos Lagos e Urbano Industrial demonstraram mudanças similares em termos percentuais, apesar de possuírem valores absolutos distintos.

Se considerarmos as áreas das unidades de conservação em cada região, é possível perceber o quanto que as mudanças ocorridas nas florestas protegidas representam nessas áreas. Dessa forma, podemos distinguir as regiões que apresentaram maiores ou menores mudanças proporcionalmente a sua área protegida. No gráfico 6 é apresentado o percentual de mudança relativo a área protegida por proteção integral de cada região.

Gráfico 6. Percentual de alteração de floresta relativo à área de proteção integral de 1994 por região (%).

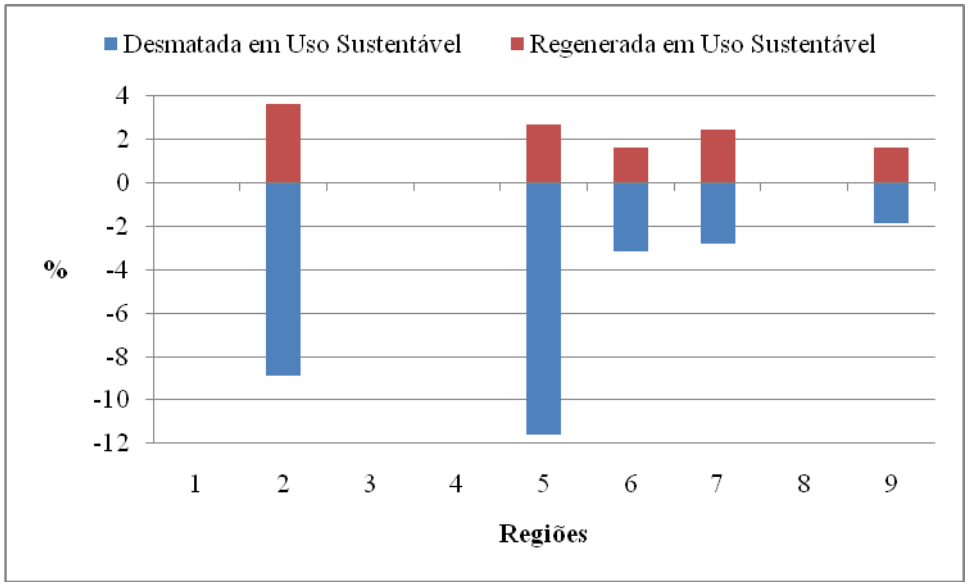


1-Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana, 2- Industrial do Médio Paraíba, 3- Petróleo e Gás, 4- Serrana de Economia Agropecuária, 5- Serrana Economia Diversificada, 6- Turística da Costa Verde, 7- Turística dos Lagos, 8- Turístico -Cultural do Médio Paraíba, 9- Urbano-Industrial.

Analisando sob essa perspectiva, as mudanças ocorridas em floresta sob proteção integral na região Agropecuária do Pomba ganham destaque, pois como só existe 11km² de área de proteção integral nesta região, suas mudanças acabam tendo uma representação maior, mesmo possuindo valores absolutos baixos. A região Industrial do Médio Paraíba praticamente não teve mudanças ocorridas em florestas inseridas em área de proteção integral, como já foi apresentado no gráfico 5. Quanto às demais regiões percebeu-se um mesmo padrão no percentual de desmatamento, representado em torno de 2% das áreas de proteção integral de cada uma. Já as florestas regeneradas em área de proteção integral, mantiveram os percentuais próximos de 1%, com exceção da região turística dos lagos que apresentou 3% de sua área protegida com floresta regenerada.

Com relação às florestas alteradas dentro de áreas protegidas por uso sustentável podemos analisar o gráfico 7, que mostra o quanto que essas mudanças representam nas áreas de uso sustentável em cada região.

Gráfico 7. Percentual de alteração de floresta relativo à área de uso sustentável de 1994 por região (%).



1-Agropecuária do Pomba, Muriaé e Itabapoana, 2- Industrial do Médio Paraíba, 3- Petróleo e Gás, 4- Serrana de Economia Agropecuária, 5- Serrana Economia Diversificada, 6- Turística da Costa Verde, 7- Turística dos Lagos, 8- Turístico -Cultural do Médio Paraíba, 9- Urbano Industrial.

Neste gráfico, as florestas desmatadas e regeneradas em área de proteção de uso sustentável tiveram um padrão de distribuição parecido com o gráfico 5. A principal diferença está na região Turística dos Lagos que, percentualmente, apresenta valores de desmatamento e de perda maiores do que a região Urbano Industrial, enquanto que em valores absolutos a situação se inverte. A mesma coisa ocorre ao comparar com a área regenerada da região Turística da Costa Verde com a da Turística dos Lagos.

5.7- Conclusão

Visto que a floresta do Rio de Janeiro teve um saldo final de aproximadamente 465km² de floresta perdida durante um período de treze anos e que ao mesmo tempo o número de unidades de conservação cresceu na ordem de 77%, algumas considerações devem ser feitas para cada região.

A região Urbano Industrial, que possui uma área total de 6.355km², apresentou uma área de floresta desmatada equivalente a 231km² e de floresta regenerada de 217km², totalizando um saldo de -14km², equivalente a 0,5% da floresta existente em

1994. Neste período houve um aumento de área protegida na ordem de 601km², equivalente a 9% da região, o que a tornou a maior detentora de áreas desse tipo. As florestas dentro de unidades de conservação apresentaram valores de regeneração e desmatamento parecidos. A pequena diferença de -0,6km², faz com que consideremos que esta região tenha apresentado certa estabilidade em termos de cobertura florestal.

A região Turística da Costa Verde contém a maior área de floresta protegida do estado, tanto em 1994 quanto em 2007, mesmo sem ter nenhuma unidade de conservação criada nesse período. Sua área total é a menor dentre as regiões e ela apresenta mais de 80% de cobertura florestal, o que mostra vocação para conservação e turismo ecológico. Durante o período analisado ela apresentou uma perda de floresta de 75km² e uma regeneração de 37km², sendo que aproximadamente metade dessas áreas ocorreu dentro de áreas protegidas. No saldo final ela apresentou uma perda de aproximadamente 36km², correspondendo a 2% da área de floresta em 1994, sendo predominante o avanço da pastagem.

A região Turística dos Lagos apresentou o maior aumento de unidades de conservação do Rio de Janeiro com 1.053km², tendo, em 2007, 38% de sua área protegida. Com relação ao comportamento da floresta ela apresentou um aumento de 118km² e uma diminuição de 97km², com saldo positivo de 20km², correspondente a quase 3% da floresta de 1994, mostrando uma tendência à regeneração florestal nessa região.

A região do Petróleo e Gás teve praticamente o mesmo valor de perda e ganho de floresta, ficando com um saldo final de 0,6km². Por se a maior região do estado do Rio de Janeiro, o aumento de 563km² de áreas protegidas correspondeu a apenas 6% de sua área total.

A região Agropecuária do Rio Pomba, Muriaé e Itapaboana é a que apresenta menor área de cobertura florestal e de áreas protegidas, e ao mesmo tempo foi a que teve o maior saldo positivo de floresta com 70km², resultado do balanço de 201km² de área regenerada e 131km² de área desmatada. Este saldo corresponde a 12% das áreas total de floresta em 2007. A estagnação econômica dessa região pode ser considerada como fator responsável por isso.

A região Serrana de Economia Agropecuária apresentou a maior área de regeneração com 234km², mas em compensação ela teve um desmatamento de 263km²

resultando em um saldo negativo de -28km², o que representa 2% do total florestado de 1994. Esta região não apresentou nenhuma nova unidade de conservação nos trezes anos analisados.

A região Serrana de Economia Diversificada pode ser considerada importante por abrigar fragmentos florestais estratégicos para a manutenção da integridade do bioma. Porém ela foi a que apresentou maior área desmatada entre as regiões, com 337km², e uma área regenerada de 189km², ficando com o segundo menor saldo. Essa região teve 13% de sua área transformada em unidade de conservação, com um crescimento de 491 km², sendo boa parte dela de proteção integral com a criação do Parque Estadual dos Três Picos.

A região Turístico-Cultural do Médio Paraíba foi a que apresentou o menor saldo entre área desmatada e regenerada, com -195km² ou 19% da floresta em 1994. Ela teve uma unidade de conservação criada no período que abrangeu 0,3% de sua área total. O saldo negativo foi decorrente de um desmatamento de 313km² e uma regeneração de 117km².

A região Industrial do Médio Paraíba praticamente não teve área protegida criada, apenas uma parte pequena da APA Guandu que abrange esta região. Ela apresentou uma área de floresta desmatada igual a 277km² e regenerada de 145km², resultando em um saldo de -131km², equivalente a 9% da floresta em 1994.

É importante ressaltar que políticas públicas de incentivo à criação de unidades de conservação são benéficas para a manutenção e controle da integridade dos fragmentos florestais, porém isso não é suficiente para garantir que não haja supressão dos mesmos. Se observarmos a região Agropecuária do Pomba, que apresentou maior crescimento de floresta, percebe-se que ela apresenta a menor área de unidade de conservação. Com isso, boa parte da floresta que se regenerou não estava inserida em áreas protegidas, o que nos leva a crer que outros fatores estão influenciando o comportamento dessas áreas. Provavelmente estes fatores estão relacionados a aspectos socioeconômicos que fazem com que essas áreas não tenham um uso tão impactante a ponto de remover a cobertura florestal. Outro exemplo que reforça isso é a região Turístico-Cultural do Médio Paraíba, que tem a segunda menor área de unidade de conservação e foi a que apresentou maior saldo de desmatamento. Neste caso, a criação de áreas de proteção poderia ter ajudado a impedir tal fenômeno. Com isso, a região

com menos áreas protegidas apresentou o maior saldo de regeneração e a região com a segunda menor área protegida apresentou o maior saldo de desmatamento.

Capítulo 6

Considerações finais

6.1- Introdução

Visto as mudanças ocorridas na cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro entre os anos de 1994 e 2007, algumas considerações devem ser colocadas no sentido de sintetizar e refletir sobre aspectos relacionados aos procedimentos utilizados nesta pesquisa, aos produtos gerados, aos resultados alcançados e às sugestões de continuidade de trabalho.

6.2- Quanto à metodologia

A elaboração de mapas temáticos a partir de classificação digital de imagens orbitais foi a base para todas as análises efetuadas neste estudo, e para isso o método de classificação orientada a objetos foi considerado de alta importância. Esta metodologia permitiu uma maior automatização do processo de mapeamento pois considera a adoção de modelos particularizados para cada classe, podendo-se, sempre que possível, usar conhecimentos prévios quanto a caracterização ou descrição dessas classes (modelagem do conhecimento). Nesse processo, ao contrário dos métodos convencionais, pode-se utilizar dados/informações que não sejam de origem espectral. Apesar destas vantagens, ainda se tem que investir muito no conhecimento sobre comportamento dos diferentes tipos de cobertura terrestres, para que a modelagem seja mais eficaz. Grande parte destas dificuldades é oriunda da diversidade de condicionantes que interferem na resposta dos alvos. Como essa metodologia ainda é nova, muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas para se criar um arcabouço teórico robusto que facilite ainda mais o processo de classificação. Além do que, as opções de descritores possíveis são muito amplas, sendo considera tímida as opções adotadas neste trabalho. Ressalta-se, portanto, a necessidade de se investigar mais as possibilidades de uso de outros descritores como textura, métrica, forma e contexto. Mesmo assim, a aplicação deste método se mostrou eficiente, diminuindo consideravelmente o esforço de edição manual, o que possibilita a sua execução em tempo mais otimizado, o que favorece ao monitoramento de áreas

maiores. Espera-se que este trabalho tenha contribuído, mesmo que modestamente, com a aplicação desta metodologia, em estudos de meso-escala, na realidade brasileira.

Outra questão relacionada metodologia, que merece ser mencionada, foi o uso do formato matricial para se fazer o cruzamento dos mapas. Se tratando de uma área consideravelmente grande para a escala utilizada, o que gera arquivos pesados e difíceis de processar em formato vetorial, esta estrutura permite que as operações sejam realizadas de forma mais rápida. A única desvantagem é o esforço necessário para organizar as tabelas geradas pelo cruzamento, que só é possível fazendo manualmente. Neste caso, seria interessante buscar formas mais práticas ou automáticas de organizar esses dados.

Em um balanço final, a metodologia adotada nesta pesquisa se mostrou adequada aos objetivos propostos.

6.3- Quanto aos produtos e resultados alcançados

Os dois mapas de cobertura e uso da terra, referentes aos anos de 1994 e 2007, foram os principais produtos gerados nesta pesquisa. Ambos podem ser considerados como referência de informação desta natureza para o estado do Rio de Janeiro, que durante um longo período de tempo não foi alvo deste tipo de iniciativa. O de 2007, efetuado no âmbito do ZEE-RJ, é considerado o mapa oficial, e mais atual, do estado.

Analisando cada um desses mapas individualmente, considerou-se os produtos bastante satisfatórios para as análises de caráter regional. A proposta de manter a mesma escala, legenda e metodologia para os dois mapeamentos configura-se um cuidado extremamente importante para as análises espaçotemporais. Apesar dos esforços durante todo o processo de classificação, classes como a agricultura e a vegetação em estágio inicial, foram consideradas difíceis de identificar, dado a sua diversidade. Os resultados obtidos evidenciaram que mais trabalhos de campo e a inserção de dados temáticos, não disponíveis durante a sua execução, auxiliariam na geração de uma classificação mais apurada.

O cruzamento entre os mapas acabou realçando algumas diferenças, espacialmente esparsas, cuja correção posterior seria muito interessante, de modo a aumentar a relevância dos mesmos. Este procedimento é uma forma de validação

bastante exigente, pois toda a área mapeada é analisada como um todo, sem exceção. Isso implicou na necessidade de algumas adaptações para se obter uma análise mais consistente das mudanças; como foi o caso do agrupamento das classes de restinga com cordões arenosos, considerada justificável para a escala e dimensões da área mapeada. Para fins de uma análise estadual e regional os produtos elaborados alcançaram resultados bem positivos. Para atender a demandas em nível municipal, sugere-se um maior refinamento geométrico e taxonômico; como a diminuição das incertezas relacionadas às áreas urbanas, principalmente as de menor densidade, e uma melhor compatibilização entre os limites das áreas florestadas.

A proposta de análise das mudanças recentes na cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro a partir da de uma base de dados gerada utilizando um mesmo padrão metodológico foi uma iniciativa inédita que tem uma contribuição considerável para o planejamento e gestão do território.

6.4- Quanto à continuidade da pesquisa

A proposta desta pesquisa foi um primeiro passo para a compreensão da dinâmica da cobertura e uso da terra no estado do Rio de Janeiro. Existem algumas possibilidades de continuidade deste estudo que podem ser consideradas. Um caminho é o investimento em análises com recortes temporais diferenciados. A ampliação do intervalo, buscando datas anteriores a 1994, é uma alternativa que ajudaria a entender como se deu o processo de modificação da paisagem em um período mais longo, identificando alterações de maior expressão. Considerando que o sensor utilizado possui imagens desde a década de 80, seria possível manter a mesma fonte de dados e metodologia de modo a balizar as comparações. Outra possibilidade seria analisar datas entre 1994 e 2007, refinando ainda mais o modo como as modificações identificadas neste trabalho se deram. Outra possibilidade é a atualização do mapeamento e a proposta de estabelecimento de uma política de monitoramento, que possibilite o acompanhamento de modificações mais recentes, que pelos investimentos atuais tendem a ser mais significativas.

Um aprofundamento da escala de análise também é um caminho de continuidade, de modo a tentar atender recortes espaciais menores, como os municípios. Poderia ser aplicado neste mesmo intervalo temporal, acarretando em um melhor

refinamento das informações geradas. Neste caso seria interessante rever alguns aspectos metodológicos, como a escolha do sensor e cuidados com a correção geométrica.

Bibliografia

ANDERSON, J. R. 1971, **Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing**. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v. 37, no. 4, p. 379-387

BRIASSOULIS, H. 2000. ***Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches***. Regional Research Institute, West Virginia University.

CASTRO, I. E. 1995. **O problema da escala.** In: Geografia: Conceitos e Temas. Org: Castro, I.E., Gomes, P.C., Correa, R. L. Editora Bertrand Brasil. 1ª edição. Rio de Janeiro, RJ.

CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro). **http://www.cide.rj.gov.br/cide/territorio_extensao.php** Acessado em janeiro 2009.

CORINE Land Cover Technical Guide, 1994. European Commission European Environment Agency European Topic Centre on Land Cover. Luxemburgo

CORRÊA, R. L. 1995. **Espaço, um conceito-chave da Geografia.** In: Geografia: Conceitos e Temas. Org: Castro, I.E., Gomes, P.C., Correa, R. L. Editora Bertrand Brasil. 1ª edição. Rio de Janeiro, RJ.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. 2007. **Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000.** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil.

CRUZ, C.B.M., ROSÁRIO, L.S, ABREU, M.B., ALMEIDA, P.M.M, VICENS, R.S., CRONEMBERGER, F.M. 2009 **Classificação Orientada a Objetos na Geração do Mapa de Uso e Cobertura da Terra do estado do Rio de Janeiro.** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Natal, Brasil.

Di GREGORIO, A., and JANSEN, L.J.M. **Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual**. Environment and Natural

Resources Service, GCP/RAF/287/ITA Africover - East Africa Project and Soil Resources, Management and Conservation Service. FAO, Roma. 1998.

EGLER, C. A. G. 2003. **Mudanças de uso e cobertura da terra no Brasil.** Relatório técnico. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ;

GLOBAL LAND COVER FACILITIES (GLCF). Site: http:// glcf.umiacs.umd.edu. Visitado em março de 2008.

HOLZER, W. 1999. **Paisagem, imaginário e identidade: alternativas para o estudo geográfico**. In: CORRÊA, R. L. & ROSENDAHL, Z. ; Manifestações da cultura no espaço**.** Rio de Janeiro: Ed.UERJ.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2000. Censo Demográfico

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 1996. Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª edição.

JENSEN, J. R. 2007. **Sensoriamento remoto do ambiente. Uma perspectiva em recursos terrestres.** 1ª Edição. Parêntese Editora. São José dos Campos, SP.

JANSEN L.J.M., GREGÓRIO A.D. 2002. **Parametric land cover and land-use classifications as tools for environmental change detection.** In: Agriculture, Ecosystems and Environment 91. 89–100

LILLESAND, T. M. KIEFER, R.W. CHIPMAN, J.W. 2008. ***Remote sensing and image interpretation.*** Editora Wiley. 6ª edição

MEYER, W.B. Turner, B.L. II 1996. ***Land-Use/Land-Cover Change: Challenges for Geographers.*** *Geojournal* 39(3)

NOVO, E. M. L. M. 1992. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações.** 2ª edição Blücher Ltda., São Paulo, SP.

RINDFUSS, R., *et al.* 2008. ***Land use change: Complexity and comparisons*****.** In: Journal of Land Use Science , 3(1): 1-10

SANTOS, M.A. *et al.* 2009. **Pressão antrópica e as novas dinâmicas na economia fluminense.** In**:** Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Org: Bergallo, H.G. Fidalgo, E.C.C. Rocha, C.F.D. Rio de Janeiro. 1ª Edição. Insituto Biomas.

SANTOS, M. 1996. **A natureza do espaço.** Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4ª edição. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP.

SARAÇA, C. E. S. *et al.* 2009 **A propósito de uma nova regionalização para o estado do Rio de Janeiro.** In**:** Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro. Org: Bergallo, H.G. Fidalgo, E.C.C. Rocha, C.F.D. Rio de Janeiro. 1ª Edição. Insituto Biomas.

SILVA, A. J. O GONÇALVES, E. S. CRUZ, C. B. M. **Modelagem espectral para mapeamento da ocupação urbana através de classificação orientada a objetos: uma análise comparativa entre Landsat e CBERS.** XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil.

TUAN, Y.F. 1980. **Topofilia: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente.** São Paulo: Difel.

VIERA, A. M. B. 2005. **Sistema de classificação de cobertura e uso da terra: uma abordagem em múltiplos níveis.** Tese de Doutorado PPGG, UFRJ. Rio de Janeiro, RJ.

Anexos

- Tabulação cruzada por região de estado

-Industrial do Médio Paraíba

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**1,61**	1,44				16,84	6,60		0,23
2	1,21	**1152,76**	0,27	0,44		234,02	12,57		22,86
3		0,12	**0,93**	6,32					
4		0,10		**48,73**	3,59	3,83			0,09
5				0,06	**6,56**				
6	10,40	132,39	4,61	45,58	0,35	**2350,56**	23,67	0,86	40,94
7	0,11	5,87				5,66	**7,48**		1,85
8				0,59		0,26		**0,00**	
9		2,17				11,57	0,12		**2,97**

1-Agricultura
2-Floresta
3-Ocupação urbana de baixa densidade
4-Ocupação urbana de média densidade
5-Ocupação urbana de alta densidade
6-Pastagem
7-Eucalipto
8-Solo exposto
9-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

- Serrana de Economia Agropecuária

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**14,80**		2,09	0,05		5,22			0,07
2		**0,00**				0,29			
3	6,61	0,13	**894,36**	0,22	0,19	204,56	2,52		43,65
4	0,28		0,36	**1,03**	0,15	0,81			
5			0,05		**6,49**	0,89			
6	26,48		220,41	1,66	5,64	**2724,98**	0,94	0,20	81,45
7							**0,00**		
8						0,22		**0,23**	
9	0,68		8,31			17,66			**5,88**

1-Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Floresta
4-Ocupação urbana de baixa densidade
5-Ocupação urbana de média densidade
6-Pastagem
7-Eucalipto
8-Solo exposto
9-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

-Petróleo e Gás

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**1528,6**	28,7	9,5	5,4	0,2	2,2	4,7		411,2			0,4
2	20,0	**82,7**	4,7	4,1	2,5		0,8		71,6			
3	10,3	15,1	**740,3**	0,4	2,7	1,5	15,0	0,1	88,8			0,5
4	4,1	4,5	1,1	**915,1**	0,6		0,9	0,1	100,8	6,4		21,7
5		0,1	0,4		**12,2**		0,1		0,4			
6	0,1		0,3			**8,1**	15,3		1,2			
7	0,3	0,1	1,3	0,1	0,1	0,4	**53,2**	9,8	3,2			
8			0,3					**3,8**				
9	151,9	67,2	43,1	129,6	3,1		45,9	1,0	**3274,8**	2,4	0,5	33,5
10										**0,0**		
11							0,5		0,2		**0,2**	
12	0,3	0,2		2,2					5,7			**0,8**

1-Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Cordões arenosos/Restinga
4-Floresta
5-Mangue
6-Ocupação urbana de baixa densidade
7-Ocupação urbana de média densidade
8-Ocupação urbana de alta densidade
9-Pastagem
10-Reflorestamento
11-Solo exposto
12-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

-Agropecuária dos Rios Pomba, Muriaé e Itabapoana

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**17,84**	0,05	0,06				7,67		
2		**0,00**	0,28				0,49		0,18
3	2,87	0,05	**350,55**			0,07	105,21		17,92
4				**0,00**					
5					**0,92**	1,35	0,39		
6						**19,60**	1,32		
7	22,44	0,57	193,47	1,69	2,01	20,77	**5856,51**	0,40	57,52
8						0,13		**0,05**	
9	0,24		4,02				7,83		**1,39**

1- Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Floresta
4-Eucalipto
5-Ocupação urbana de baixa densidade
6-Ocupação urbana de média densidade
7-Pastagem
8-Solo exposto
9-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

-Turística da Costa Verde

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	**0,79**	0,28								
2	2,92	**26,87**	0,62							
3		0,78	**1753,91**	2,70	1,99	3,73	57,98	0,14	0,09	2,46
4			0,92	**6,23**			0,47			0,09
5			0,28		**0,86**	4,60	0,41			
6			0,18			**13,35**	0,44			
7			31,49	0,34	1,75	7,19	**101,77**		0,27	5,48
8			0,12					**0,00**		
9			0,09			0,08	0,46		**0,00**	
10			0,13				0,10			**0,61**

1-Áreas alagadas
2-Cordões arenosos/Restinga
3-Floresta
4-Mangue
5-Ocupação urbana de baixa densidade
6-Ocupação urbana de média densidade
7-Pastagem
8-Eucalipto
9-Solo exposto
10-Vegetação em estágio inicial

Irrelevante
Incerteza

-Turística dos Lagos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	**0,0**	0,3	0,2	0,3					2,7				0,1
2		**14,1**	0,4	0,9		0,1			2,3				0,4
3		4,0	**67,2**	5,8	0,2	1,9	9,7	0,7	17,6		2,7		0,7
4	0,5	2,5	2,9	**612,2**	5,2	2,2		0,1	60,0			0,1	18,4
5			0,1		**0,7**		0,1						
6		0,2	2,9	1,9		**82,7**	27,2		5,0				1,3
7		0,1	1,3	1,0		1,4	**74,4**	2,0	2,0		0,1		0,1
8			0,1				0,2	**6,4**					
9	48,9	12,6	24,8	99,2	0,1	69,1	23,3	0,2	**1173,0**	8,8	0,6	2,2	51,7
10						0,1			2,4	**7,2**			
11		1,7	0,8				2,3		4,4		**31,5**		
12									0,4			**0,0**	0,1
13		0,1		5,3		1,0	0,4		8,3				**4,5**

1-Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Cordões arenosos/Restinga
4-Floresta
5-Mangue
6-Ocupação urbana de baixa densidade
7-Ocupação urbana de média densidade
8-Ocupação urbana de alta densidade
9-Pastagem
10-Eucalipto
11-Salinas
12-Solo exposto
13-Vegetação em estágio inicial

Irrelevante
Incerteza

-Turístico-Cultural do Médio Paraíba

	1	2	3	4	5	6	7
1	**0,00**	0,15			2,58		0,87
2	0,36	**761,98**	0,24	2,20	254,75	0,35	49,59
3		0,15	**2,25**	3,13	2,39		0,06
4		0,22		**21,81**	1,25		0,05
5	3,26	105,07	2,03	10,40	**2340,23**	3,10	53,37
6		0,80			7,68	**20,35**	0,49
7		7,69		1,18	19,75		**5,27**

1-Agricultura
2-Floresta
3-Ocupação urbana de baixa densidade
4-Ocupação urbana de média densidade
5-Pastagem
6-Eucalipto
7-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

-Urbano-Industrial

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	**23,5**	0,6	0,1	1,7	0,2	1,2	1,1	0,2	20,5		0,2	0,6
2	3,7	**9,7**		0,5	2,6	0,9	0,5	0,1	3,0			0,7
3		0,3	**11,6**	0,3	0,6	0,2	0,4	0,1	0,5			0,3
4	2,1	0,1	0,5	**1873,9**	2,8	12,4	12,8	3,3	157,6	0,6	0,7	32,7
5	0,7	5,1	1,3	3,7	**115,8**	1,0	1,4	0,2	7,0		0,2	0,8
6	0,2			7,0	0,5	**121,9**	82,2	1,4	11,8	0,1	0,8	2,8
7	0,2	0,5	0,2	7,9	1,1	4,9	**412,2**	66,2	20,7		1,1	3,2
8	0,2		0,3	1,5	0,1	0,8	13,8	**379,6**	3,7		0,4	0,8
9	62,8	14,7	1,1	164,8	11,6	94,5	161,2	20,3	**1704,6**	5,1	22,8	122,8
10	0,5	0,1		0,8			0,3		2,0	**6,0**		0,1
11	0,4			0,2	0,1	0,8	5,1	0,6	4,3		**5,2**	0,4
12	2,4		0,1	25,0	0,4	2,1	3,6	0,6	49,8	0,1		**14,3**

1-Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Cordões arenosos/Restinga
4-Floresta
5-Mangue
6-Ocupação urbana de baixa densidade
7-Ocupação urbana de média densidade
8-Ocupação urbana de alta densidade
9-Pastagem
10-Eucalipto
11-Solo exposto
12-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza

-Serrana de Economia Diversificada

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	**18,11**		6,69	0,33		9,99	0,07		1,47
2		**0,00**							
3	21,75		**1559,88**	9,21		222,25	4,09		74,19
4	1,20		3,77	**29,01**	8,00	2,29			0,32
5			3,49	0,11	**54,89**	1,33			0,30
6	35,30	0,05	147,74	11,76	11,67	**1080,38**	5,07		66,82
7			2,94			0,12	**1,53**		
8						0,24		**0,00**	
9	1,20		21,25	0,26		18,24			**12,26**

1-Agricultura
2-Áreas alagadas
3-Floresta
4-Ocupação urbana de baixa densidade
5-Ocupação urbana de média densidade
6-Pastagem
7-Eucalipto
8-Solo exposto
9-Vegetação em estágio inicial
Irrelevante
Incerteza