

**Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra
nas Bacias Hidrográficas de
Guapi-Macacu e Caceribu - RJ**





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Outubro, 2009

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 136

Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi- Macacu e Caceribu - RJ

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Rachel Bardy Prado

Maria Júlia do Amaral Fadul

Eduarda Conde Bastos

Soraya Augusta da Silva

Natália Giancoli Zainer

Jaqueline Peluzo

Rio de Janeiro, RJ

2009

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 - Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ
Fone: (21) 2179-4500
Fax: (21) 2274-5291
Home page: www.cnps.embrapa.br
E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Daniel Vidal Pérez

Secretário-Executivo: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Membros: Ademair Barros da Silva, Cláudia Regina Delaia, Humberto Gonçalves dos Santos, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Ana Paula Dias Turetta, Fabiano de Carvalho Balieiro e Pedro de Sá Rodrigues da Silva.

Supervisor editorial: Jacqueline Silva Rezende Mattos

Normalização bibliográfica: Ricardo Arcanjo de Lima

Revisor de texto: André Luiz da Silva Lopes

Editoração eletrônica: Jacqueline Silva Rezende Mattos

1ª edição

1ª impressão (2009): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

P371d Pedreira, Bernadete da Conceição Carvalho Gomes.

Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi-Macacu e Caceribu - RJ / Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2009. 65 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 136).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: < <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> >.

Título da página da Web (acesso em 21 dez. 2009).

1. Ocupação da terra. 2. Recurso hídrico. I. Fidalgo, Elaine Cristina Cardoso. II. Prado, Rachel Bardy. III. Fadul, Maria Julia do Amaral. IV. Bastos, Eduarda Conde. V. Silva, Soraya Augusta da. VI. Zainer, Natália Giancoli. VII. Peluzo, Jaqueline. VIII. Título. IX. Série.

CDD (21.ed.) 631.47

© Embrapa 2009

Sumário

Resumo	5
Abstract	9
1. Introdução	13
2. Objetivos	16
3. Material e Métodos	16
4. Resultados e Discussão	35
5. Considerações finais	61
6. Referências Bibliográficas	62
Apêndices	65

Dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas de Guapi-Macacu e Caceribu - RJ

Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira¹

Elaine Cristina Cardoso Fidalgo¹

Rachel Bardy Prado¹

Maria Julia do Amaral Fadu²

Eduarda Conde Bastos²

Soraya Augusta da Silva³

Natália Giancoli Zainer⁴

Jaqueline Peluzo⁴

Resumo

As bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu estão situadas a leste da bacia da baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro e abastecem de água mais de dois milhões de pessoas. Seus recursos hídricos são ainda de boa qualidade, porém fatores como a remoção de vegetação ciliar, o uso inadequado das terras, a retificação e o assoreamento dos rios, a erosão, a expansão urbana, a falta de tratamento de esgotos sanitários e a instalação de indústrias, entre as quais o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), alteram a qualidade da água e a capacidade de armazenamento dessas bacias. A ocorrência contínua de mudanças espaço-temporais do uso e cobertura das terras nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu sem o respaldo de um planejamento adequado tem causado alterações na estrutura da paisagem da região, podendo trazer consequências indesejáveis tanto para o ambiente como para as atividades do homem. Desta forma, é necessário levantar informações e conhecer esse processo de dinâ-

¹ Pesquisador A Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1.024. CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro/RJ. E-mail: bernadete@cnps.embrapa.br, efidalgo@cnps.embrapa.br, rachel@cnps.embrapa.br

² Graduação em Geografia, PUC-RJ. E-mail: majufadul@yahoo.com.br, dudacbastos@hotmail.com

³ Graduação em Geografia, UERJ, Rio de Janeiro. E-mail: soraya.augusta@gmail.com

⁴ Graduação em Geografia, PUC, Rio de Janeiro. E-mail: nataliazanier@yahoo.com.br, jaqueline peluzo@yahoo.com

mica de uso e cobertura, a fim de subsidiar o planejamento de ações a curto, médio e longo prazos, visando à adequação do uso das terras e à melhoria da qualidade ambiental nas bacias hidrográficas em questão. Considerando esse contexto, este estudo objetivou mapear a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra em um período anterior (1997 a 2007) à instalação do COMPERJ, para registrar o cenário atual e criar um marco zero para monitoramento futuro da região pós-implantação desse empreendimento. Para tanto foram feitos mapeamentos espaço-temporais (1997-2007) de uso e cobertura da terra usando imagens do satélite *Landsat*, fotografias aéreas, levantamento de dados secundários e trabalhos de campo. Paralelamente, este estudo visou também, analisar o efeito da correção atmosférica sobre as imagens multitemporais da região, utilizando o método da subtração dos níveis de cinza em ambiente ENVI 4.5. Os resultados indicaram que esse método não foi eficaz em reduzir os efeitos atmosféricos das imagens, sendo que estes continuaram a influir de forma significativa na resposta espectral dos alvos. Quanto à análise da dinâmica do uso da terra, os resultados mostraram que nesse período de 10 anos, em termos de valores absolutos, as mudanças de uso e cobertura foram pontuais e pouco expressivas. Porém, individualmente, ocorreram alterações em algumas classes de uso, entre as quais se destacaram, por exemplo: A classe vegetação em estágio médio de regeneração sofreu apenas redução em área (12,5 ha), a qual se transformou em pastagem. Distribuídas por toda a região de estudo foram observadas áreas de supressão de vegetação em estágio inicial de regeneração, sendo notada uma maior concentração na serra do Soarinho. Essas áreas passaram a ser ocupadas com pastagem (275 ha), solo exposto (3 ha), água (4,8 ha) e área urbanizada de baixa densidade (22,7 ha). Por outro lado, houve também um aumento da vegetação em estágio inicial de regeneração observado nas proximidades da zona serrana, ao Norte de Macacu e ao Sul de Caceribu, onde anteriormente havia pastagem e agricultura. Também foi observado um pequeno aumento em área da classe mangue (127,48 ha) na APA de Guapimirim. Quanto à classe agricultura, as mudanças observadas referem-se principalmente às áreas de lavouras temporárias. Os cultivos permanen-

tes, devido à sua distribuição esparsa no terreno e por serem formados por pequenas glebas e/ou localizados em encostas sombreadas, não puderam ser identificados com clareza nas imagens. Houve tanto aumento (701,71 ha) quanto redução na classe agricultura. As áreas que mudaram de pastagem para área agrícola totalizaram 891,4 ha e a conversão inversa totalizou 178,4 ha. A classe pastagem foi a que sofreu a maior redução em área (1.934,01 ha). Entretanto, cabe ressaltar que algumas áreas sofrem mudanças sazonais entre as classes pastagem e agricultura, desta forma as mudanças de classe de uso observadas na classe pastagem provavelmente foram devidas ao manejo do solo e à sazonalidade das atividades agropecuárias. Por outro lado, em 2007, observou-se que uma parte das áreas de pastagem de 1997 se transformou em solo exposto, o que está relacionado ao aumento de atividades de mineração no município de Itaboraí, e outra parte se transformou em loteamentos para urbanização. A classe solo exposto apresentou um aumento em área expressivo, mas que não se configura em mudança de uso da terra, pois nessa classe estavam inseridas áreas preparadas para agricultura ou reforma de pastagem, as quais eventualmente podem se apresentar como solo exposto. As classes área urbanizada e área urbanizada de baixa densidade sofreram expansão no período entre 1997 e 2007, ocorreu intensificação dos núcleos populacionais e novas áreas foram agregadas provenientes da transformação de áreas anteriormente ocupadas por pastagem e vegetação em estágio inicial de regeneração. Observou-se no período um incremento de novos loteamentos, predominantemente na bacia do rio Caceribu, onde há uma tendência de aumento da urbanização face à instalação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro. Em conjunto essas classes apresentaram um aumento de 504,69 ha, observado predominantemente ao longo dos eixos rodoviários. Os processos de urbanização vêm ocorrendo principalmente nos municípios de Itaboraí e São Gonçalo. A classe água apresentou um aumento em área de 104,11 ha. A maior alteração observada se refere à barragem da indústria de bebidas Schincariol, em Cachoeiras de Macacu, construída para a captação de água. Parte das novas áreas de água encontram-se em áreas ocupadas por mineração, principalmente próximas ao

rio Caceribu. Além disso, também se observou um aumento de pequenos lagos em área rural formados para a criação de peixes e/ou para atividades de lazer. Com relação às classes de uso e cobertura inseridas em Unidades de Conservação, os resultados indicaram que houve mais regeneração do que supressão de vegetação natural entre 1997 a 2007. A vegetação natural mais preservada foi encontrada em áreas protegidas por Unidades de Conservação que inibem o desmatamento das áreas remanescentes de Mata Atlântica e contribuem para a manutenção da qualidade e da quantidade da água das bacias, mas não impedem que estas sejam progressivamente degradadas, fator que pode se acentuar com a instalação do COMPERJ.

Palavras-chave: análise espaço-temporal; mapeamento; ocupação da terra; recursos hídricos.

Dynamics of land use and cover in the watersheds of Guapi- Macacu and Caceribu – RJ

Abstract

The basins of rivers Guapi-Macacu Caceribu are located east of the basin of the Bay of Guanabara, in Rio de Janeiro and their watercourses supply water to more than two million people. Their water resources are considered of good quality, but factors such as the removal of riparian vegetation, inappropriate use of land, rectification and siltation of rivers, erosion, urban sprawl, lack of treatment of sewage and the establishment of industries, including the Rio de Janeiro's Complex Petrochemical Rio de Janeiro (COMPERJ) modify the water quality and the storage capacity of these basins. The occurrence of continuous spatial and temporal changes of use and land cover in catchment areas of rivers Guapi-Macacu Caceribu and without the support of adequate funding has caused changes in the structure of the landscape of the region and may bring undesirable consequences for the environment as for the activities of man. Thus, it is necessary to gather information and meet this dynamic process of use and coverage to support the planning of actions in the short, medium and long term, to adequate land use and improving environmental quality in river basins question. Thus, this study aimed to map the spatial-temporal use and land cover in a period previous to the installation of COMPERJ, for the years 1997 and 2007 to record the current scenario and create a starting point for monitoring region's future post-deployment of this enterprise. Mappings were performed for space-time (1997-2007) of use and land coverage using images from

Landsat satellite, aerial photographs, survey of secondary data and field work. In addition, this study also aimed to analyze the effect of atmospheric correction on the multitemporal images of the region, using the method of subtraction of the gray levels in the environment ENVI 4.5. The results indicated that this method was not effective in reducing the atmospheric effects of images, and have continued to have a significant influence on the spectral response of the targets. The analysis of the dynamics of land use, the results showed that in 10 years, in terms of absolute values, changes in land cover were occasional and not very responsive. However, individually, changes occurred in some classes of use, among which can be highlighted, for example: The class vegetation in the intermediate stage of regeneration has only reduction in area (12.5 ha), which turned into pasture. Distributed throughout the study region were observed areas of suppression of vegetation in initial stage of regeneration, and noticed an increase in concentration saw Soarinho. These areas began to be occupied by pasture (275 ha), exposed soil (3 ha), water (4.8 ha) and urbanized area of low density (22.7 ha). On the other hand, there was also an increase of vegetation in initial stage of regeneration observed in the vicinity of the Mountain area, north of Macacu and southern Caceribu that was once pasture and agriculture. Was also a small increase in area of mangrove class (127.48 ha) of the APA Guapimirim. The agriculture class, the observed changes relate mainly to the areas of temporary crops. The standing crops due to its sparse distribution on the ground and are made up of small plots and / or located in the shaded, could not be identified clearly in the images. There was so much increased (701.71 ha) and reduction in class agriculture. The areas that have changed their grazing area to agricultural area totaled 891.4 ha and the reverse conversion totaled 178.4 ha. The pasture was a class that suffered the greatest reduction in area (1934.01 ha). However, it should be noted that some areas suffer seasonal changes between the pasture and agriculture, thus changing the use observed in the use class grazing were probably due to soil management and the seasonal farming activities. Moreover, in 2007 it was observed that one of the areas of pasture in 1997 became exposed soil, which is related to increased mining activities in the city of Niteroi, and partly turned into lots for development. The class exposed soil showed a significant increase in area, but that does not qualify on the

change of land use, because this class were inserted the areas prepared for farming or grazing reform, which eventually may present as exposed soil. Classes urbanized area and urbanized area of low density experienced expansion in the period between 1997 and 2007, there was intensification of settlements and new areas were added from the conversion of areas previously occupied by pasture and vegetation at an early stage of regeneration. There was an increase in this period of new urban lots, predominantly in the river basin Caceribu, where there is an increasing trend of urbanization due to the installation of the Petrochemical Complex of Rio de Janeiro. Together these classes showed an increase of 504.69 ha, predominantly observed along the roads. The processes of urbanization are occurring mainly in the municipalities of Itaboraí and São Gonçalo. The class water showed an increase in area of 104.11 ha. The greatest change observed with regard to dam the beverage industry Schincariol in Waterfalls Macacu built to retain water. Part of the new areas of water are in areas occupied by mining, especially near the rivers Caceribu. It also observed an increase of small lakes in rural areas have been trained in fish farming and / or leisure activities. With respect to classes of use and coverage included in protected areas, the results indicated that there was more regeneration than removal of natural vegetation between 1997 and 2007. The best-preserved natural vegetation found in areas protected by conservation areas which inhibit the clearing of the remaining areas of Atlantic and help to maintain the quality and quantity of water in river, but does not prevent that they are progressively degraded, a factor that can be accentuated with the installation of COMPERJ.

Keywords: mapping, occupation of land; space-time analysis; water resources.

1. Introdução

As bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu são estratégicas no manejo dos recursos hídricos da região hidrográfica da baía de Guanabara¹, ocupam cerca de metade da área de captação da bacia da baía de Guanabara e são responsáveis pelo abastecimento de água de quase 2,5 milhões de pessoas (PLANO..., 2001).

O fato destas bacias terem uma menor densidade demográfica e áreas de mata ainda preservadas, muitas das quais localizadas em Unidades de Conservação (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2002), faz com que a água proveniente delas seja de melhor qualidade em relação à água das bacias da região Oeste da Baía de Guanabara (PROGRAMA..., 1997). No entanto, a remoção de grande parte da cobertura vegetal original, para ser substituída por longo período pelo uso de diferentes sistemas produtivos na região, associada ao uso inadequado das terras, tem acentuado processos erosivos e de assoreamento dos rios. A destruição das matas ciliares, a expansão urbana sem planejamento, a falta de tratamento de esgotos sanitários e a instalação de atividades industriais vêm ocasionando uma diminuição da qualidade da água e, aparentemente, também uma redução da capacidade de armazenamento de água dessas bacias hidrográficas.

Atualmente, a dinâmica de ocupação e uso das terras nessas bacias já vem sendo influenciada pelo início da implantação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), e que tem previsão de entrada em operação no início de 2015. Considera-se ainda que o COMPERJ terá um enorme potencial de atração de empresas chamadas de “terceira geração petroquímica”, que abrangem indústrias consumidoras dos insumos produzidos pelas indústrias de primeira e segunda geração, além de indústrias consumidoras interme-

¹ Vários autores ressaltam a importância destas bacias, em especial a do Guapi-Macacu (que é a de maior vazão), para o abastecimento da região leste da baía, argumentando que aí as alternativas de mananciais são escassas. Um manancial com capacidade semelhante só seria encontrado bem mais distante, com custos bem mais elevados de captação, por exemplo, com a possibilidade de utilizar o reservatório de Juturnaíba na bacia do rio São João, ou o rio Paraíba do Sul, que, no entanto, já se encontra comprometido com outros usos. Os mananciais subterrâneos também não têm disponibilidade de água suficiente para atender à demanda existente. (Francisco & Carvalho, 2004; Dantas et al., 2008; Costa, 1999)

diárias de produtos de material plástico. Na área de serviços, serão atraídas empresas que prestam atividades de apoio ao conjunto de indústrias instaladas, e espera-se um crescimento das atividades na área de serviços associadas ao chamado “feito-renda”, em função do aumento da renda em salários, lucros, impostos, etc. A Petrobras estima que o projeto gere cerca de 212 mil empregos diretos e indiretos (COMPERJ..., 2008).

Há uma expectativa de que o empreendimento traga mudanças significativas na dinâmica social e econômica desta região, com consequências nos recursos naturais existentes, entre eles a água. Um dos aspectos mais preocupantes do COMPERJ é o seu impacto no abastecimento de água para consumo humano e para a produção industrial. Espera-se também a ocorrência de expansão urbana desordenada, intensificação da especulação imobiliária, pressão imobiliária associada à expansão urbana, levando a um aumento da pressão sobre as áreas de agricultura e de florestas remanescentes nos municípios das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Os municípios da região em estudo sofrem grande influência da expansão urbana da região Metropolitana sobre sua dinâmica populacional, mesmo no caso dos dois municípios que não se encontram formalmente incluídos nela, que são Cachoeiras de Macacu e Rio Bonito. Essa importância se acentua no caso dos municípios de São Gonçalo e Itaboraí, que têm apresentado índices de crescimento expressivos e tendem a causar maiores pressões no sistema de abastecimento de água. Com exceção de Niterói, todos os demais municípios caracterizam-se por abrigar populações de baixa renda e tendem a ter um crescimento sobre áreas de baixada, inundáveis e sem infraestrutura. É possível que a instalação do COMPERJ acentue estes problemas, em especial nos municípios de Itaboraí, São Gonçalo e Tanguá, e acentue também a tendência de aumento do grau de conurbação ao longo das estradas, abrangendo também os municípios de Cachoeiras de Macacu (em especial no distrito de Papucaia) e Rio Bonito.

Há indicações de que com a instalação do COMPERJ, as áreas onde já ocorre uma ocupação desordenada por população de baixa renda tendem a se expandir absorvendo a mão-de-obra que chega para trabalhar na construção civil ou os desempregados que chegam em busca de oportunidades de trabalho.

O aumento da área urbana tem como consequência o aumento da demanda por água tratada dos sistemas de abastecimento. Como apontado por Benevides et al, 2009, em trabalho de levantamento de dados socioeconômicos e relativos ao consumo e abastecimento de água nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, ocorre atualmente uma demanda reprimida no fornecimento de água tratada, dada pela insuficiência nos serviços de abastecimento, em especial para o consumo residencial, o qual predomina nesta região. Além disso, existe déficit hídrico para o abastecimento urbano de água. Soma-se a isto a demanda ainda não claramente estabelecida que surgirá com a instalação e operação do COMPERJ. Esses fatos sugerem que os problemas de abastecimento de água na região tenderão a se agravar nos próximos anos.

A ocorrência contínua de mudanças espaço-temporais do uso e cobertura das terras nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu sem o respaldo de um planejamento adequado já tem causado alterações na estrutura da paisagem da região e consequências indesejáveis, tanto para o ambiente como para as atividades do homem. Como salientado pelas autoras Francisco e Carvalho (2004), mesmo que haja um conjunto de propostas de obras e ações de grande porte tendo em vista resolver os déficits hídricos presentes e futuros na bacia, todas elas com altos custos econômicos e ambientais, é interessante levar em consideração o crescimento da importância das pequenas bacias hidrográficas no fornecimento de água para as cidades de pequeno e médio porte. Desta forma, é necessário levantar informações e conhecer esse processo de dinâmica de uso e cobertura, a fim subsidiar o planejamento de ações a curto, médio e longo prazos, visando à adequação do uso das terras e à melhoria da qualidade ambiental nas bacias hidrográficas em questão.

2. Objetivos

Mapear a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra referente aos anos de 1997 e 2007, tendo por objetivos específicos:

- a) Analisar o efeito da correção atmosférica sobre as imagens multitemporais da região de estudo utilizando o método da subtração dos níveis de cinza (Chavez, 1988) em ambiente ENVI 4.5;
- b) identificar a dinâmica de uso e cobertura da terra existente antes da implantação do COMPERJ (1997-2007); e
- c) criar um marco zero para posterior monitoramento dessa dinâmica após a implantação desse empreendimento.

3. Material e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu, localizadas na parte leste da Baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, abrangendo aproximadamente 2.072 km². Ela se estende das escarpas serranas às planícies costeiras, passando por colinas, maciços e tabuleiros costeiros, abrangendo uma diversidade de ambientes onde ocorrem ecossistemas diversos como florestas, campos de altitude, restingas e mangues, pertencentes aos municípios de Guapimirim, Cachoeiras de Macacu, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Rio Bonito (Figura 1). A bacia do Guapi-Macacu tem área de drenagem de aproximadamente 1.457 km² e a bacia do Caceribu, 847 km².

No que se refere à geologia, a região da baía de Guanabara onde se inserem as bacias hidrográficas da área de estudo, corresponde a um compartimento estrutural tectonicamente rebaixado, de idade Cenozóica (zona fisiográfica denominada Baixada Fluminense)¹.

¹ Disponível em: <<http://www.portalbaiadeguanabara.org.br>. Acesso em 17/08/2009 > .

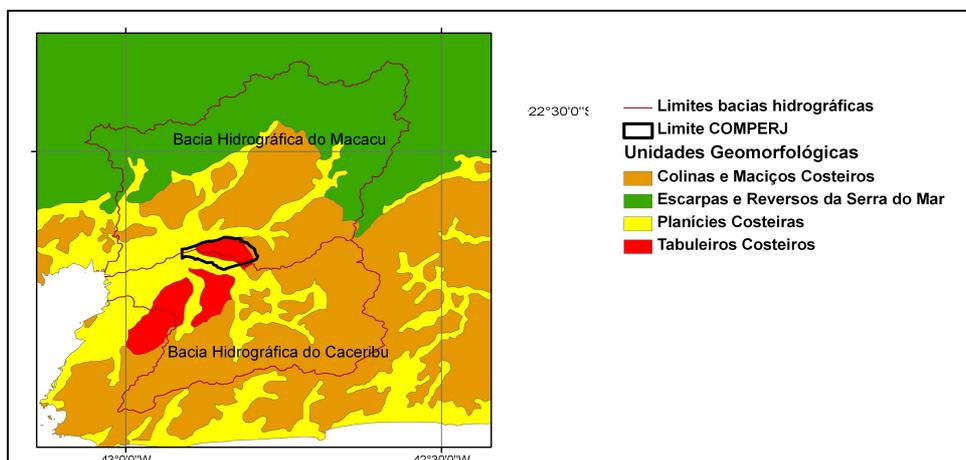


Fonte: Fadul et al., 2009.

Figura 1. Localização da área de estudo.

A região é constituída pelos depósitos continentais cenozóicos das formações Macacu e Caceribu, bem como pelos sedimentos holocênicos fluviais, coluviais, marinhos e flúvio-marinhos. Os depósitos fluviais da Formação Caceribu indicam posição de nível de mar abaixo do atual, até cerca de 100 metros e um sistema de drenagem anastomosante, com canais rasos e largos (PLANO..., 2001).

Sob o ponto de vista morfológico, encontram-se na bacia do rio Macacu, de montante para jusante, as escarpas e reversos da serra do Mar, seguidos de colinas e maciços costeiros e pequena área de tabuleiros costeiros e, finalmente, grandes áreas de planícies costeiras e modelados de acomodação fluvial. As altitudes máximas observadas junto às nascentes dos rios são da ordem de 1.700 m, no Rio Macacu, 1.200 m no rio Guapiaçu e 2.000 no rio Guapimirim. As colinas e maciços costeiros, situados na área de transição entre as escarpas da serra do Mar e as planícies costeiras, apresentam formação menos acidentada, tendo as colinas forma arredondada e os maciços altitudes inferiores a 1.000 m (Figura 2). Na área de estudo predomina a Unidade Fitoecológica Floresta Ombrófila Densa, conforme mostra a Fig. 3.



Fontes: Limites das bacias: FCIDE e limites das unidades geomorfológicas: RADAMBRASIL

Figura 2. Unidades geomorfológicas da área de estudo.

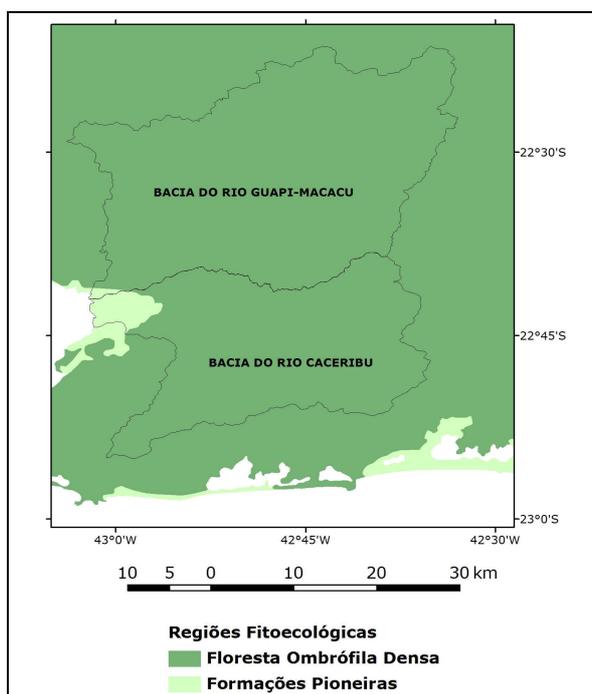


Figura 3. Unidades fitoecológicas da área de estudo.

O clima regional é classificado como tropical úmido, com estação seca pouco pronunciada, com temperatura máxima de 35 °C, mínima de 13 °C, sendo a média superior a 18 °C em todos os meses. As maiores temperaturas, acima de 25 °C, ocorrem nas áreas abaixo de 200 metros de altitude, englobando a Baixada Fluminense. Nas áreas mais elevadas as temperaturas atingem índices entre 20 °C e 18 °C. As temperaturas menores, durante o mês de julho, tendem para índices médios inferiores a 13 °C nas áreas situadas acima de 1.000 metros, enquanto que, na Baixada, a temperatura média oscila entre 19 °C e 20 °C. Nesta área, o inverno é ameno e o verão climático é sempre quente e muito longo, de setembro a março, embora a temperatura máxima se verifique, normalmente, em dezembro ou janeiro.

A pluviosidade atinge 2.300 mm anuais, com maior concentração entre os meses de janeiro e março e menor em julho e agosto.

A frequência e a intensidade de chuvas estão muito relacionadas à atuação das frentes frias vindas do sul e à presença do relevo. Contrastando com momentos de grande precipitação, ocorrem períodos mais quentes e mais secos.

A média anual de precipitação pluviométrica situa-se entre 1.000 a 1.500 milímetros na Baixada. Nas escarpas da serra do Mar, a média anual está acima de 2.100 milímetros. Estas escarpas atuam como barreira às penetrações das massas de ar úmido provenientes do oceano em direção ao interior, originando chuvas orográficas. No verão climático estas chuvas constituem verdadeiros aguaceiros ².

A região de estudo concentra Unidades de Conservação e desta forma, uma parcela considerável da área de captação das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu encontra-se em áreas de conservação e proteção ambiental. Os municípios de Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Guapimirim têm parte significativa de suas áreas ainda com cobertura vegetal de florestas naturais, várias delas localizadas na serra do Mar. Boa parte das cabeceiras dos rios

² Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br>>; <<http://www.cibg.rj.gov.br>>. Acesso em 09 dez. 2009).

Macacu, Guapi-Açu e Guapimirim, na parte norte da bacia do Guapi-Macacu, encontram-se em áreas do Parque Estadual da Serra dos Três Picos, do Parque Nacional da Serra dos Órgãos e da Estação Ecológica de Paraíso. As Tabelas 1a e 1b sintetizam informações sobre as unidades de conservação existentes nos municípios que compõem as bacias em estudo.

Tabela 1a. Unidades de Conservação (UCs) na região hidrográfica das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

UC	Municípios de abrangência	Extensão Total (ha)	Área nas Bacias (ha) (1)	Lei ou Decreto de criação e data	Jurisdição	Fonte dos dados
A.P.A do Rio Macacu	Cachoeiras, Itaboraí e Guapimirim	19.497	19.497	Lei nº 4018, de 05 de dezembro de 2002	Estadual	Lei
A.P.A de Guapimirim	Itaboraí, Guapimirim, São Gonçalo	5.648	1.502	Decreto Federal nº 90.225 de 25 de setembro de 1984	Federal	Instituto Chico Mendes
A.P.A de Petrópolis	Petrópolis, Magé e Duque de Caxias	5.777	5.763	Decreto Federal nº 527, de 20 de maio de 1992.	Federal	Decreto
A.P.A do rio São João Mico Leão Dourado	Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito, Casimiro de Abreu, Araruama, Cabo Frio, Rio das Ostras e Silva Jardim	1.113	1.066	Decreto Federal de 27 de junho de 2002	Federal	Decreto
A.P.A de Guapi-Guapiaçu		14.594	14.594	S.I.	Municipal	
Estação Ecológica Estadual do Paraíso	Guapimirim e Cachoeiras de Macacu	4.947	4.947	Decreto Estadual nº 9.803, de 12 de março de 1987	Estadual	IEF
Parque Estadual da Serra da Tiririca	Regiões Leste e Oceânica de Niterói e parte do bairro de Itaipuaçu, pertencente ao município de Maricá.(IEF)	0.169	S.I.	Lei Estadual nº 1.901, de 29 de novembro de 1991	Estadual	IEF
Parque Estadual dos Três Picos	Nova Friburgo, Teresópolis, Silva Jardim e Guapimirim	24.323	24.352	Decreto Estadual nº 31.343, de 06 de Junho de 2002	Estadual	IEF
Parque Estadual e / Parque Nacional da Serra dos Órgãos	Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim	2.758	2.748	Decreto-Lei nº 1822, de 30 de novembro de 1939	Estadual/ Federal	IBAMA
APA de Macaé de Cima	Nova Friburgo	0.008	0.008	Decreto nº 29.213, de 14/09/01	Estadual	FEEMA
APA Rio dos Frades	Teresópolis	0.035	0.035	Lei 1755 27/novembro/90	Estadual	FEEMA
APA e Preservação Permanente da Floresta do Jacarandá	Teresópolis	0.050	0.050	Decreto nº 8.280 23/julho/85	Estadual	FEEMA
Área Total das UCs nas Bacias Guapi-Macacu e Caceribu			823.57			

(1) Extensão da Unidade de Conservação que fica dentro da área de captação das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu. Cálculo feito em 2009 pela equipe deste projeto de pesquisa, com base nos dados de limites das Unidades de Conservação fornecidos pelo IEF (atual INEA).

Tabela 1b. Somatório das áreas das Unidades de Conservação nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Tipo	Área (km²)
Uso sustentável (com sobreposição)	467,22
Proteção Integral (com sobreposição)	321,97
Uso sustentável (sem sobreposição)	430,63
Proteção Integral (sem sobreposição)	321,42
Área de sobreposição das Ucs	71,528
Total= Uso sust. (sem sobreposição) + Proteção Integral (sem sobreposição) + Área de sobreposição das UCs.	823,57
Total= área total das UCs – sobreposições entre UCS	752,05

3.2. Aquisição e organização da base cartográfica, aquisição das imagens de satélite, elaboração do mosaico de imagens e recorte da área de estudo

A análise da dinâmica de uso e cobertura da terra para um período de 10 anos foi feita a partir da interpretação de uma sequência temporal de imagens de sensores orbitais e de dados secundários socioeconômicos, disponíveis para a região. Para tal foram selecionadas imagens do sensor TM dos satélites da série *Landsat* referentes aos anos de 1997, 2002 e 2007 (Tabela 2).

Tabela 2. Imagens *Landsat* (INPE) utilizadas no projeto.

Sensor / Satélite	Cena (órbita-ponto)	Data da passagem
TM/ <i>Landsat-5</i>	217_76	02/08/2007
TM/ <i>Landsat-5</i>	217_75	02/08/2007
ETM+/ <i>Landsat-7</i>	217_76	09/06/2002
ETM+/ <i>Landsat-7</i>	217_75	24/01/2002
TM/ <i>Landsat-5</i>	217_76	21/07/1997
TM/ <i>Landsat-5</i>	217_75	03/06/1997

As imagens multiespectrais desses sensores apresentam resolução de 30 metros, permitindo o mapeamento de toda a área – aproximadamente 2.000 quilômetros quadrados - em escala 1:50.000. Foi dada preferência às imagens de um mesmo período do ano (junho a agosto). Todas as imagens utilizadas neste estudo foram cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sob a forma de arquivos digitais enviados via Internet (*download*).

Nesta etapa, além da obtenção das imagens de satélite foi feito o levantamento das cartas planialtimétricas (topográficas) em escala 1:50.000 a serem utilizadas na execução do projeto: Itaipava, Teresópolis, Nova Friburgo, Petrópolis, Itaboraí, Baía de Guanabara, Rio Bonito, Marica e Saquarema (IBGE, 1974, 1979a, 1979b, 1981, 1983, 2007; BRASIL, 1964, 1997). Essas cartas foram georreferenciadas através da seleção de pontos de controle, utilizando o programa ARC GIS versões 9.2 e 9.3. A Figura 4 mostra a distribuição espacial dessas cartas sobre a área de estudo e a sua junção em mosaico, e ainda, a localização da área onde será implantado o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ).

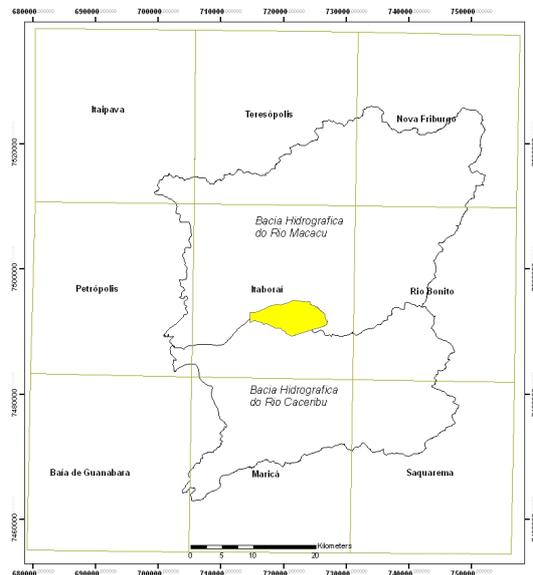


Figura 4. Mosaico de cartas topográficas que recobrem a região de estudo e a localização da área do COMPERJ (em amarelo).

Além das cartas topográficas, foi reunida e organizada uma base cartográfica complementar para apoiar a identificação e a delimitação espacial dos alvos na interpretação visual, no planejamento dos trabalhos de campo, e também, na delimitação da área de estudo. Os principais recursos cartográficos auxiliares utilizados foram os seguintes:

- limites da bacia hidrográfica dos rios Macacu e Caceribu fornecidos pelo Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (FUNDAÇÃO CIDE);
- limites municipais em formato digital fornecidos pelo Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro (FUNDAÇÃO CIDE);
- fotografias aéreas ortorretificadas (ortofotos) da bacia do rio Guapi-Macacu, referentes ao período de 1999 a 2000, provenientes de voo na escala 1:30.000 cedidas pela FUNDAÇÃO CIDE;
- limites das Unidades de Conservação federais e estaduais (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2002) e municipais fornecidas pelo Projeto “Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro” (BERGALLO et al., 2009);
- mapa de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo: diagnóstico ambiental da bacia dos rios Macacu e Caceribu: cobertura vegetal, uso e ocupação do solo: bacia hidrográfica dos rios Macacu e Caceribu, em formato pdf (BOHRER, 2003);
- proposta de legenda para o mapeamento do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Macacu (PEDREIRA et al., 2007a);
- mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ (PEDREIRA et al., 2007b); e
- uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (FIDALGO et al., 2008).

3.3. Processamento digital das imagens de satélite

Para o processamento digital das imagens foi utilizado o programa ENVI versões 4.4 e 4.5.

3.3.1. Georreferenciamento, mosaico e recorte das imagens

O georreferenciamento das imagens foi realizado utilizando-se o programa ENVI versão 4.5. Aplicou-se a equação polinomial de primeiro grau para o ajuste a partir de pontos de controle distribuídos por toda a imagem. A imagem de 2007 foi a primeira a ser georreferenciada, selecionando-se pontos de controle correspondentes nas cartas planialtimétricas em escala 1:50.000 (Figuras 5 e 6).

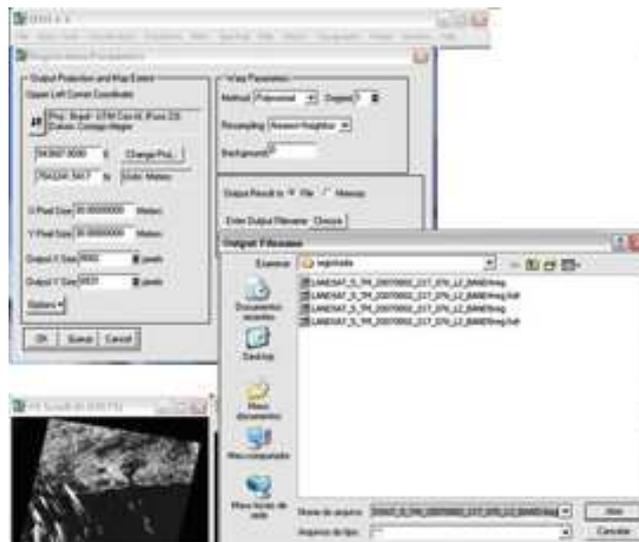


Figura 5. Tela ilustrando etapas de execução do georreferenciamento da imagem *Landsat* 217/76 de 02/08/2007.

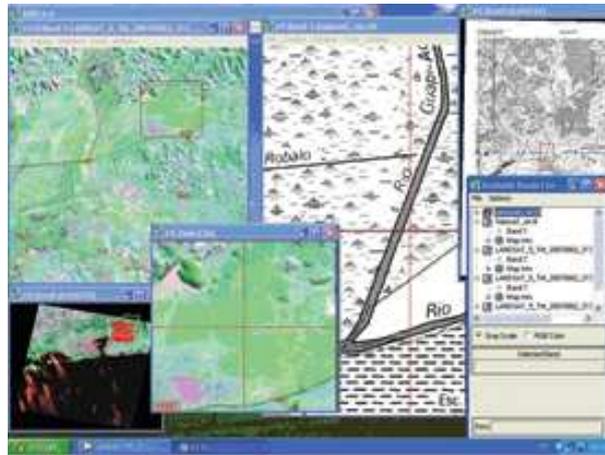


Figura 6. Tela ilustrando a execução do georreferenciamento de imagem *Landsat* de 2007, a partir da carta topográfica de Itaboraí.

As imagens de 1997 e de 2007 foram georreferenciadas, utilizando-se a imagem de 2007 como referência para a seleção de pontos de controle. Após a correção geométrica das imagens, foi feito o mosaico das duas cenas *Landsat* (217/76 e 217/75) que recobrem a área de estudo, correspondentes a cada ano (1997, 2002 e 2007). Em seguida, foi feito o seu recorte seguindo os limites físicos externos das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

3.3.2. Correção atmosférica das imagens

A correção atmosférica foi realizada com base no modelo proposto por Chavez (1988) e envolveu os seguintes passos descritos em Fadul et al. (2009):

a) Seleção do nível de cinza (NC) do pixel escuro na banda 1. Para tanto foi obtido, para cada ano, o histograma dos valores de NC da banda 1 e selecionado o menor NC em que se observou um grande aumento da frequência desses valores; e

b) Com base no valor do pixel escuro, identificação das condições atmosféricas no momento da obtenção da imagem e seleção do modelo de espalhamento relativo ^(a) que melhor a representou, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Condições atmosféricas e modelo de espalhamento relativo para diferentes valores de pixel escuro da banda 1.

Pixel escuro	Atmosfera	Modelo de espalhamento relativo
≤ 55	Muito limpa	λ^{-4}
56-75	Limpa	λ^{-2}
79-95	Moderada	λ^{-1}
96-115	Com bruma	$\lambda^{-0,7}$
> 115	Com muita bruma	$\lambda^{-0,5}$

Fonte: Modificado de Chavez (1988).

c) Cálculo do espalhamento em cada banda (*espalhamento_i*), dado pelo comprimento de onda médio de cada banda elevado à potência referente ao modelo de espalhamento - selecionada na Tabela 1, seguido da aplicação da Equação 1.

$$espalhamento_i = (NC_{espalhamento1} - offset_1) fator_i \quad (1)$$

onde,

$NC_{espalhamento1}$ = nível de cinza selecionado conforme passo 1,

i = banda correspondente,

$fator_i$ = razão entre os valores do espalhamento de cada banda pelo valor do espalhamento da banda em que foi selecionado o pixel escuro, neste caso a banda 1,

$offset_1$ = offset calculado para a banda 1, utilizando dados de pós-calibração fornecidos por Chander e Markham (2003) para o sensor TM/Landsat 5, e NASA (2008) para o sensor ETM+ /Landsat 7.

d) Cálculo do valor de nível de cinza a ser subtraído para as demais bandas, considerando os diferentes valores de ganho e offset. Neste caso, o nível de cinza é dado pela Equação 2:

$$NC_{\text{espalhamento}_i} = \text{espalhamento}_i \cdot \text{norm}_i + \text{offset}_i \quad (2)$$

onde,

norm_i = razão entre o ganho da banda i e o ganho da banda 1 (valores de ganho calculados segundo dados fornecidos por Chander e Markhan (2003) e NASA (2008)).

Os valores de nível de cinza, calculados para cada banda e de cada data de passagem, conforme o procedimento descrito, foram subtraídos das imagens georreferenciadas. A análise do resultado da correção atmosférica foi realizada comparando as imagens corrigidas com as originais. Para tal, coletaram-se amostras em áreas onde não houve mudança de uso ou cobertura da terra durante o período analisado. Foram selecionadas três janelas de amostragem para as seguintes classes: vegetação em estágio avançado de regeneração, área urbanizada, pastagem, mangue e água, totalizando quinze janelas. Os valores de NC correspondentes às áreas das janelas foram coletados para cada banda e data de passagem, com e sem correção atmosférica, e a seguir, foram calculadas as médias. Realizou-se análise de variância para verificar se as médias dos níveis de cinza de cada amostra, nos três anos analisados apresentavam diferença significativa. O teste foi aplicado para o conjunto de amostras na condição sem correção atmosférica (SC) e com correção atmosférica (CC).

3.3.3. Segmentação das imagens

A aplicação da técnica de segmentação (CÂMARA et al., 1996) de imagens foi realizada utilizando-se o programa SPRING 4.3 (INPE, 2004; CÂMARA et al., 1996), ilustrada na Figura 7.

No processo de segmentação, buscou-se dividir a imagem em regiões que apresentassem uniformidade e que fossem correspondentes às respectivas áreas de interesse. A execução deste processo exigiu a escolha dos limiares de similaridade e de área. Esses parâmetros foram escolhidos visando uma melhor qualidade da segmentação e, conseqüentemente, uma base mais coerente para a classificação posterior. A segmentação foi aplicada a todas as bandas espectrais das imagens Landsat 5 de 1997 e 2007 (sensor TM) e das imagens Landsat 7 de 2002 (sensor ETM+), com exceção da banda 6 (termal).

A seleção dos limiares foi feita em decorrência da melhor separação dos níveis de cinza, sendo utilizados os valores de 10 para similaridade e 12 para área.

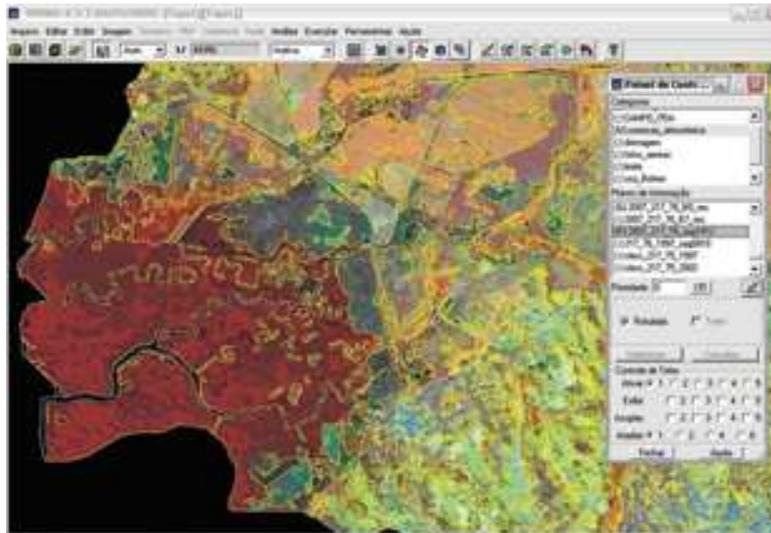


Figura 7. Tela ilustrando a execução de uma etapa da segmentação das imagens em ambiente SPRING.

3.3.4. Classificação automática das imagens

Para a realização da classificação das imagens foi necessário criar em ambiente SPRING um arquivo de contexto onde foram armazenadas as informações sobre o tipo de classificação, no caso classificação supervisionada e por região, método de distância de Battacharya (INPE, 2004) e ainda, as bandas utilizadas e as imagens segmentadas. Foram selecionadas amostras representativas de cada classe definida, de modo a representar a diversidade de condições de cada classe. Assim, por exemplo, para a classe 'vegetação em estágio avançado de regeneração', selecionou-se amostras que a representassem em diferentes posições no relevo e, portanto, sob diferentes condições de iluminação. Várias classificações foram efetuadas até se obter o melhor resultado, analisado visualmente.

3.4. Interpretação visual das imagens

Após a segmentação e a classificação das imagens de 1997, 2002 e 2007, seria feita a edição nas imagens classificadas visando a correção de possíveis erros da classificação automática. Porém, avaliando-se que essa edição exigiria muito tempo e trabalho, optou-se por descartar os mapas resultantes da classificação automática e realizar a interpretação visual de cada uma das imagens.

Para tanto, foi utilizada a composição colorida R (5) G (4) B (3), colorida falsa-cor, embora os mapas finais resultantes tenham sido apresentados na composição colorida R (3) G (4) B (5), em que os alvos aparecem na sua cor natural. A partir da interpretação visual das imagens, feita em associação com o aporte de informações secundárias e dos trabalhos de campo, foram gerados os mapas de uso e cobertura da terra da área de estudo para os anos de 1997 e 2007. Primeiramente foi feito o mapeamento de uso e cobertura sobre a imagem de 2007 (Figura 8), o qual serviu de referência para o mapeamento da imagem de 1997.

A categorização dos diferentes tipos de uso e cobertura da terra da região de estudo foi baseada na Resolução CONAMA, n° 006, de 04 de maio de 1994, que estabelece os estágios de sucessão ecológica da Mata Atlântica no

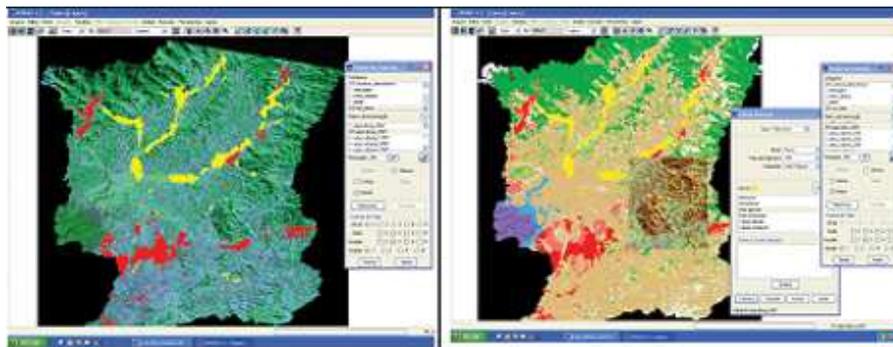


Figura 8. Telas ilustrando etapas da interpretação visual do uso e cobertura da terra sobre as imagens *Landsat* 2007 em composição colorida R(3)G(4)B(5), à esquerda, e composição colorida R(4)G(5)B(3), à direita.

Estado do Rio de Janeiro. As formações florestais abrangidas pela Mata Atlântica, no Estado do Rio de Janeiro, compreendem a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Estacional Semidecidual (BRASIL, 2006). Além disso, foram definidas as classes de uso: “área urbanizada”, adotada pelo IBGE e “área urbanizada de baixa densidade” para caracterizar os núcleos populacionais estabelecidos em áreas com infraestrutura urbana. A adoção do termo baixa densidade foi necessária para melhor diferenciar as características dos núcleos populacionais encontrados na região de estudo, conforme descrição da legenda:

Vegetação em estágio avançado de regeneração

Vegetação apresentando fisionomia arbórea, cobertura fechada, formando um dossel relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes com sub-bosque já diferenciado em um ou mais estratos; grande variedade de espécies lenhosas; árvores com altura superior a 20 metros e idade acima de 25 anos; há cipós, trepadeiras e abundância de epífitas; serapilheira sempre presente, com intensa decomposição; presença de sub-bosque menos expressivo que no estágio médio, encontrando-se espécies de rubiáceas, marantáceas e *Pteridophyla* (BRASIL, 1994).

Vegetação em estágio médio de regeneração

Vegetação apresentando fisionomia arbustiva/arbórea, cobertura fechada com início de diferenciação em estratos e surgimento de espécies de sombra; altura média das árvores variando de 5 até 12 metros e idade entre 11 e 25 anos; sempre existe uma serapilheira, na qual há sempre muitas plântulas; sub-bosque presente; trepadeiras, quando presentes, são predominantemente lenhosas (BRASIL, 1994).

Vegetação em estágio inicial de regeneração

Vegetação apresentando fisionomia herbácea/arbustiva, cobertura aberta ou fechada, com a presença de espécies predominantemente heliófitas; plantas lenhosas, altura média de até 5 metros e idade entre 0 a 10 anos; os indivíduos lenhosos ocorrentes pertencem a, no máximo, 20 espécies botâni-

cas por hectare; as espécies são de crescimento rápido e ciclo biológico curto; epífitas são raras, podendo ocorrer trepadeiras; ausência de sub-bosque; serapilheira, quando existente, forma uma camada fina pouco decomposta, contínua ou não (BRASIL, 1994).

Mangue

Vegetação com influência flúvio-marinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas e dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e Santa Catarina. Nesse ambiente halófito, desenvolve-se uma flora especializada, ora dominada por gramíneas (*Spartina*) e amarilidáceas (*Crinum*), que lhe confere uma fisionomia herbácea, ora dominada por espécies arbóreas dos gêneros *Rhizophora* (mangue vermelho) e *Laguncularia* (mangue branco), ambos colonizando as regiões mais baixas e *Avicennia* (mangue siriúba), colonizando os locais mais altos e mais afastados da influência das marés. Quando o mangue penetra em locais arenosos denomina-se mangue seco (BRASIL, 1993). O manguezal existente na área de estudo está localizado na foz do rio Macacu, na Baía de Guanabara.

Pastagem

Vegetação herbácea rasteira com diferentes níveis de intervenção antrópica. Pastagens com diferentes tipos de manejo, incluindo áreas abandonadas e degradadas. Algumas áreas de pastagem apresentam uso esporádico com agricultura. Algumas também apresentam condições de umidade excessiva devido ao afloramento do lençol freático em alguns períodos do ano.

Campo de altitude

Vegetação típica de ambientes montano e alto-montano, com estrutura arbustiva e/ou herbácea, que ocorre geralmente nos cumes litólicos das serras com altitudes elevadas, predominando em clima subtropical ou temperado. Caracteriza-se por uma ruptura na sequência natural das espécies presentes nas formações fisionômicas circunvizinhas. As comunidades florísticas próprias dessa vegetação são caracterizadas por endemismos (BRASIL, 1993).

Observação: Em virtude da presença de nuvens nas imagens utilizadas, o mapeamento dos campos de altitude foi feito tomando-se por base as curvas de nível com cotas a partir de 1.500 m de altitude, conforme Resolução CONAMA, n° 006, de 04 de maio de 1994.

Agricultura

Áreas de produção agrícola, ocupadas sazonal ou permanentemente com culturas agrícolas anuais, semi-perenes ou perenes. Durante os trabalhos de campo foram observados cultivos de hortaliças como inhame (*Colocasia* spp.), jiló (*Solanum gilo*), quiabo (*Hibiscus esculentus*), tomate (*Lycopersicum esculentum*); feijão (*Phaseolus vulgaris*); milho (*Zhea mays*); mandioca (*Manihot* spp.); cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*); e frutíferas como maracujá (*Passiflora edulis*), banana (*Musa* spp.), coco (*Cocos nucifera*), goiaba (*Psidium guayaba*) e citros (*Citrus* spp.).

Área urbanizada

Áreas com estrutura urbana, caracterizadas pela concentração de núcleos populacionais.

Área urbanizada de baixa densidade

Presença de chácaras, casas de moradia entremeadas por vegetação arbórea e arbustiva esparsa.

Solo exposto

Áreas onde a cobertura vegetal foi removida, estando ocupadas por atividades como agricultura (terra arada para plantio), mineração (extração de areia, por ex.), reforma de pasto, corte e aterro, ou ainda, áreas sob processos erosivos.

Afloramento rochoso

Áreas com predominância de rochas expostas, em que a vegetação encontra-se ausente ou ocorre em pequena densidade e apresenta porte baixo.

Água

Presença de corpos d'água.

3.5 Trabalho de verificação terrestre

Os trabalhos de campo foram realizados visando o reconhecimento da área de estudo e a coleta de pontos amostrais de uso e cobertura da terra. Esses pontos serviram de referência para aferir padrões espectrais de alvos e tirar dúvidas referentes à interpretação visual das imagens visando tornar os mapeamentos produzidos mais consistentes com a realidade observada em campo. Todos os pontos foram georreferenciados com o auxílio de aparelho GPS e fotografados.

Para a área delimitada pela bacia do rio Guapi-Macacu, embora ela tenha sido percorrida em campo durante a realização deste estudo (julho 2008) e até tenham sido registrados alguns pontos amostrais, optou-se por utilizar os dados levantados em campo provenientes de estudos anteriores feitos na mesma área (PEDREIRA et al., 2007a; PEDREIRA et al., 2007b; FIDALGO et al., 2008; FIDALGO et al., 2009). Os trabalhos de campo nessa bacia foram realizados nos meses de abril, maio, setembro e outubro de 2006 e em março de 2007, envolvendo a visita a um total de 129 pontos amostrais, bem distribuídos e representativos da área de estudo. Pela dificuldade de acesso, as áreas mais íngremes e aquelas que constituíam formações mais contínuas de vegetação natural, em sua maioria pertencentes às Unidades de Conservação, não foram visitadas.

Na bacia do rio Caceribu as visitas de campo para reconhecimento e registro de pontos amostrais de uso e cobertura da terra (em torno de 70 pontos) foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2008 (Figura 9). No entanto, as áreas mais íngremes e cobertas por vegetação de mata mais densa e contínua da bacia do Caceribu, não foram visitadas, sendo apenas fotografadas a média e curta distâncias, assim como foi feito com áreas com características semelhantes na bacia do Guapi-Macacu.

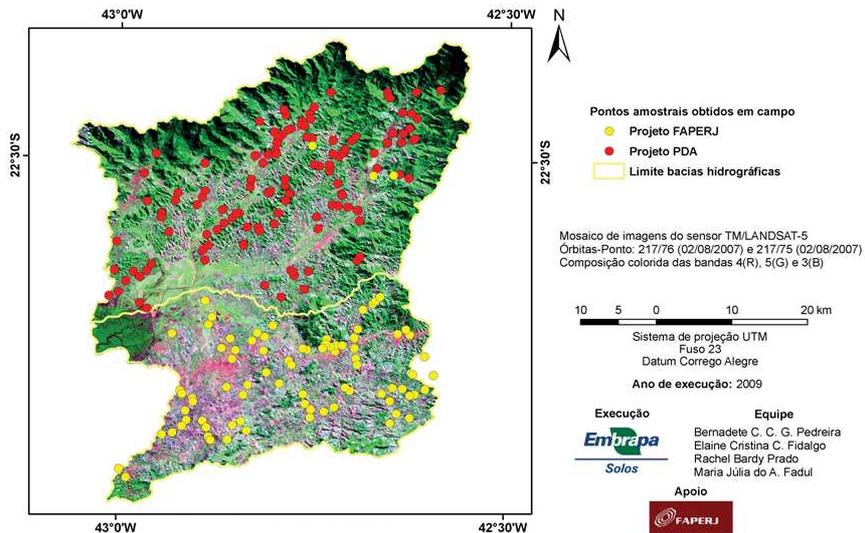


Figura 9. Distribuição espacial dos pontos amostrais visitados nas bacias do rio Guapi-Macacu e Caceribu.

3.6. Análise comparativa entre os mapas de uso e cobertura da terra (1997 e 2007), integrada às informações sócio-econômicas e de consumo de água

As mudanças qualitativas e quantitativas de uso e cobertura da terra na área de estudo foram comparadas nesse período de 10 anos. Nesta análise, consideraram-se também as informações levantadas em relação às transformações socioeconômicas e de consumo de água observadas na região nesse período, visando identificar as suas principais causas e efeitos e apontar tendências ou expectativas futuras de alteração da dinâmica do uso e ocupação da área, principalmente, em função da implantação do COMPERJ. A comparação (análise espacial) entre os mapeamentos produzidos para qualificar e quantificar as alterações espaço-temporais ocorridas nas classes de uso e cobertura da terra foi feita aplicando-se técnicas de geoprocessamento em ambiente ArcGIS 9.3 da ESRI.

4. Resultados e discussão

4.1. Georreferenciamento, mosaico e recorte das imagens

Para o georreferenciamento de toda a área de estudo, obteve-se em média 111 pontos de controle em cada imagem (Tabela 3).

Os mosaicos das duas cenas *Landsat* (217/76 e 217/75) correspondentes aos anos de 1997, 2002 e 2007 recortados seguindo os limites físicos externos das bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu são apresentados nas Figuras 10 e 11.

Tabela 3. Número de pontos de controle (PC) e erro resultante do processo de georreferenciamento das imagens.

Ano da imagem	Total de PC	Raiz média quadrada do erro (RMS) em pixels*
1997	65	1,25
2002	91	0,91
2007	178	1,91

Nota*: 1 pixel = 30 metros.

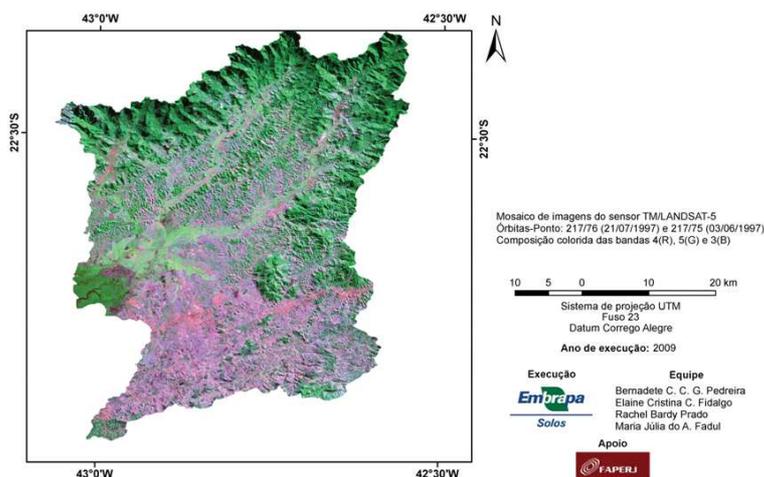


Figura 10. Recorte da área de estudo sobre o mosaico de imagens *Landsat* TM de 1997.

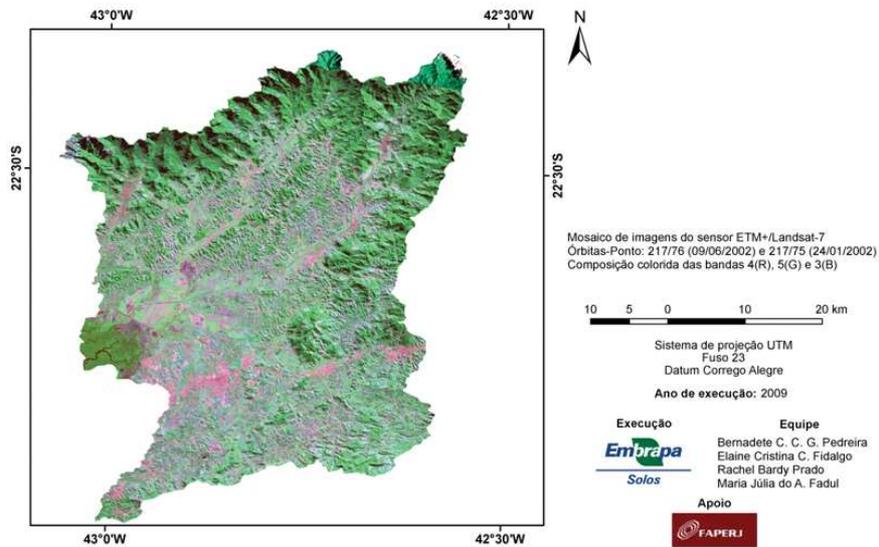


Figura 11. Recorte da área de estudo sobre o mosaico de imagens *Landsat* TM e ETM+ de 2002.

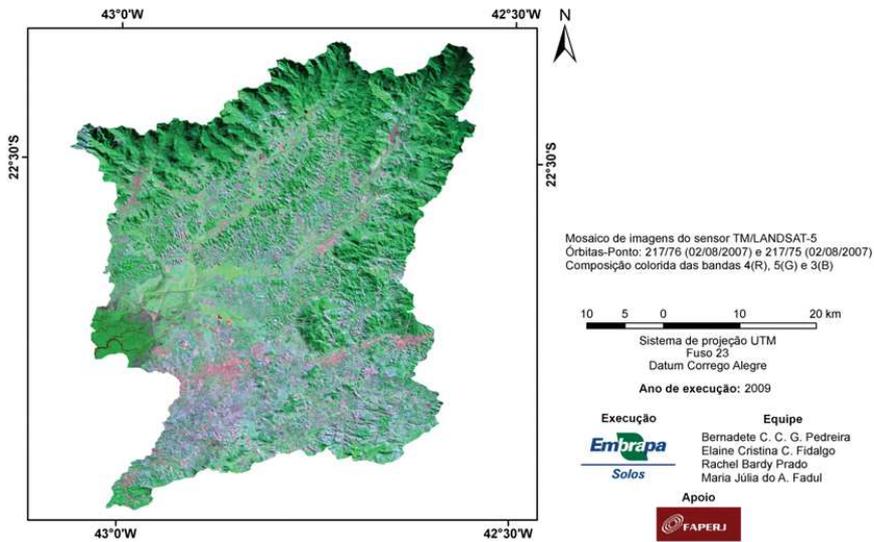


Figura 12. Recorte da área de estudo sobre o mosaico de imagens *Landsat* TM de 2007.

4.2. Correção atmosférica das imagens

Amostras foram selecionadas em áreas em que não houve alteração de uso ou cobertura da terra no período analisado. Na Figura 13 é apresentado exemplo de amostra selecionada em área de vegetação em estágio avançado de regeneração.

Em geral, os resultados da análise de variância aplicada para o conjunto de amostras na condição sem correção atmosférica (SC) e com correção atmosférica (CC) mostraram-se significativos em nível de 0,01 (Tabela 4), rejeitando a hipótese de que as médias dos NC das classes selecionadas nos dois anos são iguais. Observou-se ainda que as maiores diferenças entre os NC ocorreram entre as imagens de 2002 e as demais, de 1997 e 2007 (Figura 14).

Embora tenha havido o cuidado na escolha de amostras que não apresentassem alterações ao longo dos anos, variações podem ter ocorrido nas três imagens usadas devido a outros fatores que não mudança de uso, por exemplo, variações sazonais como estresse hídrico na vegetação ou alteração da quantidade de sedimentos na água.

Neste caso, a imagem de 2002 difere das demais em relação ao período do ano. As imagens de 1997 e 2007 são de julho e agosto (período mais seco) e a de 2002 é de fevereiro (período mais úmido), o que poderia influir na resposta de alguns alvos mais sujeitos a variações sazonais. Porém, o comportamento da classe área urbana, para a qual não são observadas variações sazonais, seguiu o das demais classes, apresentando médias de NC nas imagens de 2002 que diferem das médias observadas em 1997 e 2007.



Figura 13. Exemplo de amostra de áreas de floresta densa em composição colorida das bandas 4(R), 5(G) e 3(B), após a correção atmosférica. Da esquerda para a direita, imagens de 1997, 2002 e 2007.

Um fator importante a ser considerado na diferença observada entre a imagem de 2002 e as de 1997 e 2007 é que são provenientes de diferentes sensores, sendo a de 2002 do sensor ETM+ e as demais do sensor TM. Mesmo após a correção atmosférica, os NC da imagem de 2002 mostraram-se superiores aos dos outros anos, com exceção da banda 1 para todas as classes e da banda 5 para a classe pastagem, que apresentaram valores muito próximos.

Observa-se que os valores de NC na banda 1 já eram próximos antes da correção e que a correção para as classes pastagem e água até mesmo aumentou a diferença entre NCs das imagens dos diferentes anos.

No caso específico da classe água, os valores de NC nas bandas 5 e 7 para as imagens de 1997 e 2007 eram muito próximos dos valores de NC para subtração - 3 e 2, respectivamente, o que resultou em um elevado número de pixels com valor 0 em todas as amostras. Já para a imagem de 2002, embora os valores corrigidos fossem baixos, resultaram maiores que 0. Neste caso, os valores de F calculados para as amostras da classe água nas bandas 5 e 7 ficaram muito elevados.

Tabela 4. Resultados da análise de variância (valores de F calculado) para as amostras das classes de uso da terra selecionadas nas condições sem correção atmosférica (SC) e com correção (CC).

	Banda 1		Banda 2		Banda 3	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Vegetação em estágio avançado de regeneração	25,9**	6,0*	2000,2**	8,3*	2280,9**	241,1**
Pastagem	1,2	7,7*	335,2**	80,3**	62,8**	12,9**
Área Urbanizada	5,4*	4,4	201,4**	54,0**	77,8**	24,7**
Mangue	50,6**	38,5**	1193,1**	200,2**	1661,1**	213,9**
Água	3,4	8,4*	136,6**	20,6**	107,6**	14,8**
	Banda 4		Banda 5		Banda 7	
	SC	CC	SC	CC	SC	CC
Vegetação em estágio avançado de regeneração	291,6**	191,2**	42,9**	22,4**	490,9**	185,4**
Pastagem	244,0**	173,8**	0,4	0,0	6,0*	2,1
Área Urbanizada	60,7**	336,2**	10,3*	6,5*	57,3**	33,6**
Mangue	442,2**	281,1**	777,2**	405,3**	2228,7**	764,4**
Água	263,5**	81,3**	32933,2**	9648,0**	100302,0**	23263,3**

* significativo em nível de 0,05. ** significativo em nível de 0,01.

Os resultados obtidos indicam que a correção realizada segundo o método de subtração do pixel escuro não permitiu reduzir os efeitos atmosféricos das imagens dos dois sensores de forma satisfatória, sendo que esses efeitos continuaram a influir de forma significativa na resposta espectral dos alvos.

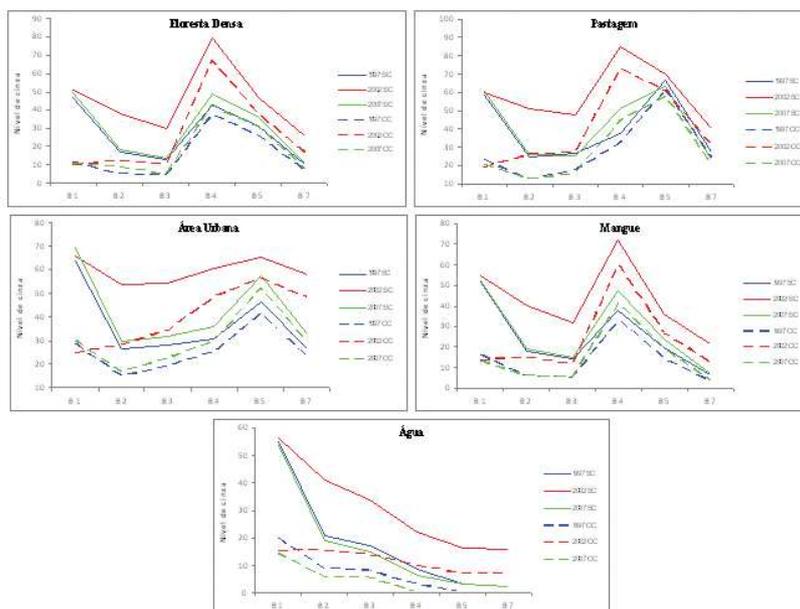


Figura 14. Valores de nível de cinza médios por banda nos 3 anos analisados, nas imagens sem e com correção atmosférica (SC e CC, respectivamente).

4.3. Mapeamentos de uso e cobertura da terra referentes aos anos de 1997 e 2007

Os resultados obtidos pela classificação automática das imagens de 1997, 2002 e 2007 não foram satisfatórios, sendo observados muitos erros de classificação nos mapas produzidos. Alguns desses erros foram devidos ao tipo de relevo da área de estudo e ao sombreamento em algumas partes da imagem. Houve confusão de classificação entre algumas classes, por exemplo, amostras de água com áreas de sombra na imagem ou com áreas de vegetação florestal densa situadas em áreas de encostas; áreas de solo exposto com áreas urbanizadas; dentre outras.

Os mapeamentos de uso e cobertura de 1997 e 2007 elaborados (Apêndices I e II) a partir da interpretação visual, apesar das dificuldades encontradas na sua execução e das limitações inerentes às imagens orbitais utilizadas, como por exemplo a sua escala espacial e a presença de áreas de sombreamento ou com nuvens, se mostraram satisfatórios, permitindo identificar e delimitar as diferentes classes que compõem o mosaico de uso e cobertura das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e do Caceribu. Desta forma, os resultados obtidos foram mais consistentes com os padrões de uso e cobertura da terra verificados em campo. Para esse bom resultado contribuiu muito a integração de diversas informações secundárias provenientes de diferentes fontes, compondo um banco de dados digitais e, também o apoio dos trabalhos de campo realizados. O mapeamento de 2002 não foi realizado porque avaliou-se que as alterações de uso e cobertura eram inexpressivas, em relação aos anos de 1997 e 2007.

As Figs. 15 e 16 mostram fotos obtidas nos trabalhos de campo que ilustram alguns tipos de uso e cobertura da terra existentes na região de estudo.

De modo geral, os mapeamentos elaborados confirmaram a diversidade de usos encontrada na área das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e do Caceribu, sendo que a sua distribuição espacial está bastante associada à posição na paisagem. Por exemplo, a vegetação natural está concentrada nas escarpas serranas, onde se encontram as maiores áreas contínuas de floresta. A maior dificuldade de acesso e uso dessas áreas, em locais de maior altitude e relevo acidentado, funcionou como barreira à ocupação e ao desenvolvimento de atividades humanas. Nestes locais se concentram as Unidades de Conservação de Proteção Integral que ocorrem nessas bacias.

Nas planícies, colinas e maciços costeiros, a ocupação foi intensa resultando na fragmentação ou supressão da vegetação natural, que se encontra entremeadada por um mosaico de usos da terra em que predominam pastagens, muitas delas abandonadas ou mal manejadas.

As Figuras 17 e 18, respectivamente, mostram uma ilustração dos mapas de uso e cobertura da terra de 1997 e 2007 da região de estudo elaborados (mapas originais na escala 1:80.000). A Tabela 5 apresenta a extensão em área das classes mapeadas em 1997 e 2007.

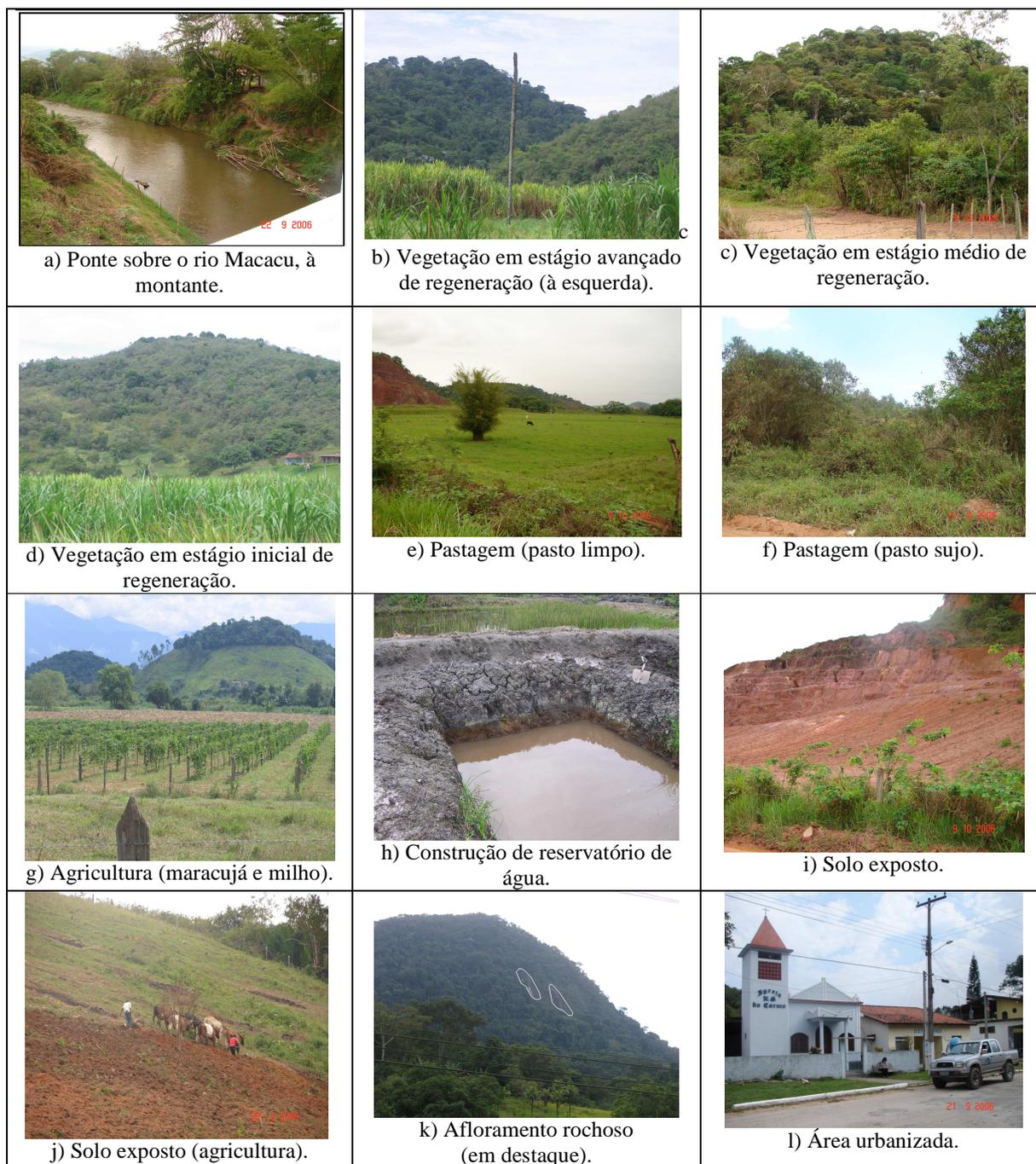


Figura 15. Fotos ilustrando tipos de uso e cobertura da terra existentes na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu. Fonte: Embrapa Solos (2006).

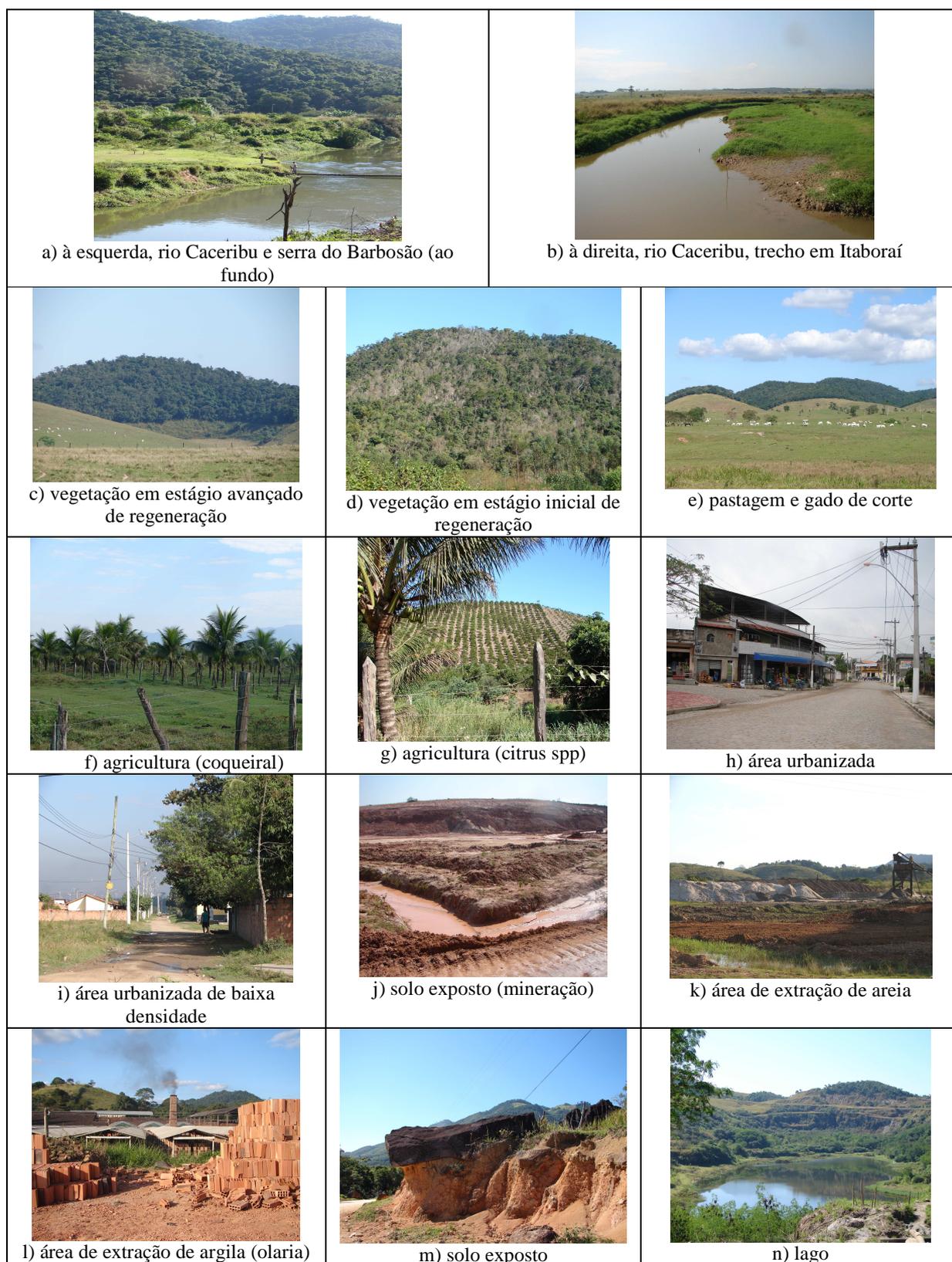


Figura 16. Fotos ilustrando tipos de uso e cobertura da terra existentes na bacia hidrográfica do rio Caceribu. Fonte: Embrapa Solos (2008).

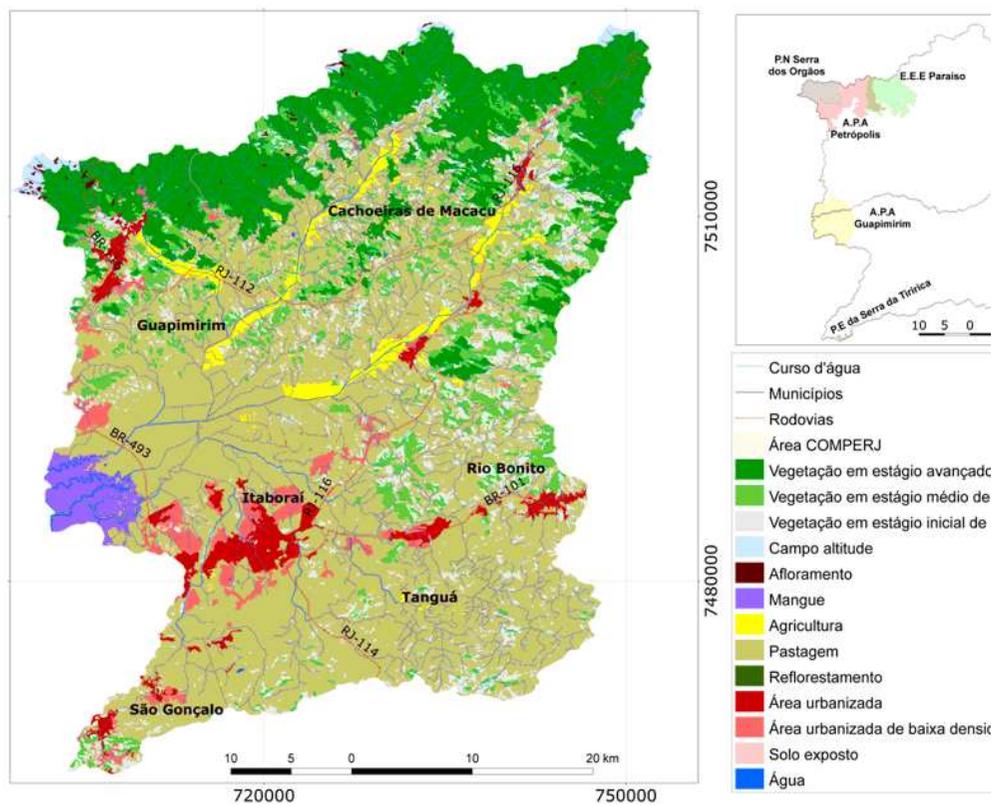


Figura 17. Ilustração do mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e do Caceribu de 1997.

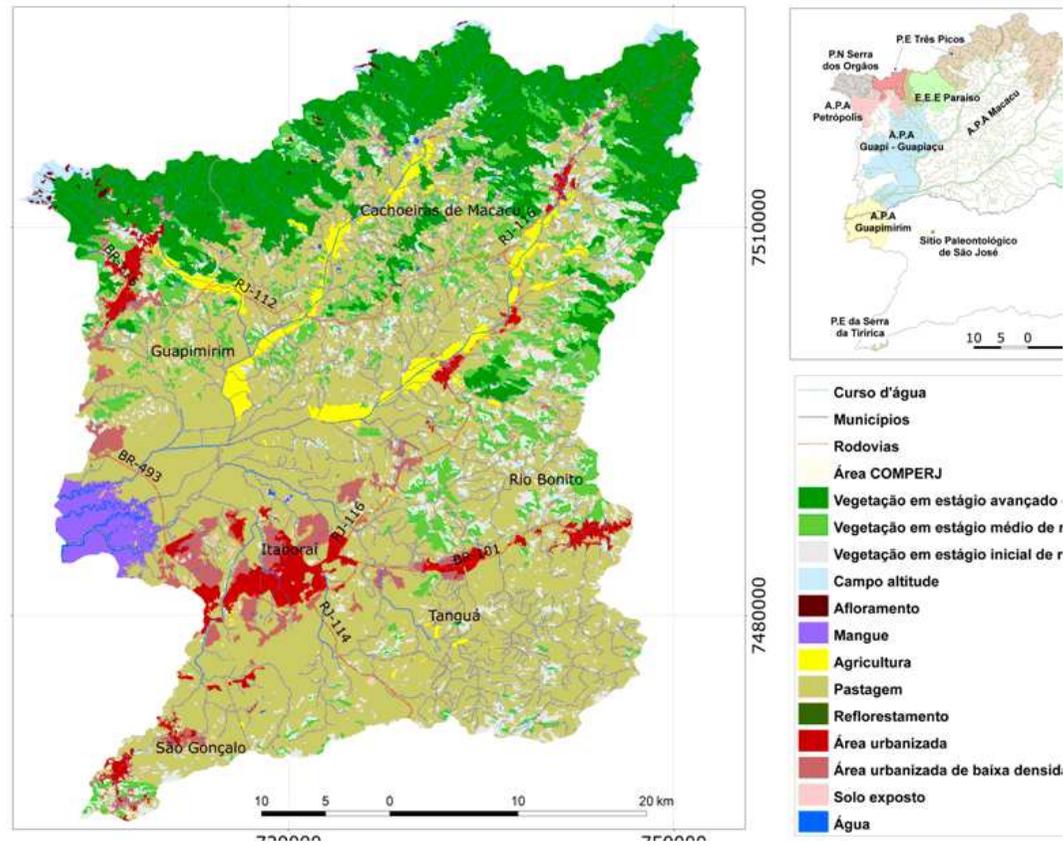


Figura 18. Ilustração do mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e do Caceribu de 2007.

4.4. Dinâmica do uso e cobertura da terra entre 1997 e 2007

Os resultados obtidos (Tabela 5) mostraram que as mudanças de uso e cobertura da terra (valores absolutos) observadas na região de estudo nesse período de 10 anos não são expressivas, considerando-se a área total das bacias de estudo. Entretanto, individualmente, algumas classes de uso se destacaram, como é o caso, por exemplo, da classe pastagem, que sofreu a maior redução em área (1.934,01 ha); da classe área agrícola, que apresentou o maior aumento (701,71 ha); e da classe água, que teve um aumento de 104,11 ha.

A classe solo exposto apresentou um aumento de área expressivo. Porém, essa mudança em área não se configura inteiramente em mudança de uso da terra. Isso porque, nesta classe estão inseridas áreas preparadas para agricultura ou reforma de pastagem, ou seja, encontram-se inseridas nesse contexto (agropecuária), porém temporariamente apresentam-se como solo exposto. Neste estudo, foram apontadas as principais alterações, sua localização e o contexto para identificação do tipo de mudança, por exemplo, surgimento de novas áreas de mineração ou aumento das áreas já existentes.

A Tabela 6 apresenta o balanço total das alterações no uso e cobertura da terra de 1997 para 2007 (classe a classe) ocorridas nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Tabela 5. Área (ha) ocupada pelas classes de uso e cobertura da terra nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Classes de uso e cobertura da terra	Área (ha) ocupada pela classe em 1997	Área (ha) ocupada pela classe em 2007
Vegetação estágio avançado regeneração	36600,56	36609,30
Vegetação estágio médio regeneração	18403,38	18397,26
Vegetação estágio inicial regeneração	16305,92	16555,76
Campo altitude	1536,39	1532,97
Afloramento	352,89	351,99
Mangue	3564,18	3694,68
Área agrícola	5049,09	5750,55
Pastagem	113747,35	111814,44
Reflorestamento	2,16	2,16
Área urbanizada	5974,20	6255,99
Área urbanizada de baixa densidade	5595,57	5820,12
Solo exposto	229,95	505,62
Água	405,27	510,03
Total geral	207766,90	207800,87

Tabela 6. Síntese das alterações no uso e cobertura da terra de 1997 para 2007 (classe a classe) nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu – Rio de Janeiro.

Classe em 1997	Alteração	Classe em 2007	Area alterada (ha)
ÁGUA	Redução	Mangue	2,37
		Pastagem	12,47
	Aumento	Vegetação estágio inicial	4,81
		Pastagem	114,14
	Balanco Positivo		104,11
PASTAGEM	Redução	Água	114,14
		Vegetação estágio inicial	539,53
		Área agrícola	891,42
		Área urbanizada de baixa densidade	237,21
		Área urbanizada	232,75
		Solo exposto	272,51
		Mangue	125,11
	Aumento	Corpos d'água	12,47
		Vegetação estágio inicial	275,02
		Vegetação estágio médio	12,80
		Área agrícola	178,37
		Balanco Negativo	
	SOLO EXPOSTO	Redução	Pastagem
Área urbanizada			1,63
Aumento		Pastagem	272,51
		Vegetação estágio inicial	3,17
Balanco Positivo			272,89
VEGETAÇÃO ESTÁGIO INICIAL	Redução	Solo exposto	3,17
		Água	4,81
		Área urbanizada de baixa densidade	22,67
		Pastagem	275,02
	Aumento	Pastagem	539,53
		Área agrícola	1,01
Balanco Positivo		234,87	
VEGETAÇÃO ESTÁGIO MÉDIO	Redução	Pastagem	12,80
		Área agrícola	0,10
	Balanco Negativo		12,90
ÁREA AGRICOLA	Redução	Área urbanizada	10,44
		Pastagem	178,37
		Vegetação estágio inicial	1,01
	Aumento	Pastagem	891,42
		Vegetação estágio inicial	0,10
	Balanco Positivo		701,70
ÁREA URBANA BAIXA DENSIDADE	Redução	Área urbanizada	32,99
	Aumento	Vegetação estágio inicial	22,67
		Pastagem	237,21
	Balanco Positivo		226,89
ÁREA URBANIZADA	Aumento	Área urbanizada de baixa densidade	32,98
		Área agrícola	10,43
		Pastagem	232,75
		Solo exposto	1,63
	Balanco Positivo		277,79
MANGUE	Aumento	Pastagem	125,11
		Água	2,37
	Balanco Positivo		127,48

A seguir são descritas as principais alterações de uso e cobertura da terra observadas na região das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu.

Classe vegetação em estágio médio de regeneração

Nesta classe só houve redução em área, que passou para a classe pastagem. Foram observadas na imagem de 1997, três manchas mais expressivas (2 ha, 4,5 ha e 6 ha) de vegetação em estágio médio de regeneração e que passaram a ser ocupadas por pastagem em 2007. As áreas de 6 ha e 2 ha ficam próximas entre si, localizadas na serra do Soarinho, em Cachoeiras de Macacu (Figura 19).

Classe vegetação em estágio inicial de regeneração

As áreas de redução de vegetação inicial estão distribuídas por toda a região de estudo, mas nota-se uma maior concentração na serra do Soarinho. Houve redução em área da vegetação inicial de 1997, sendo essas áreas ocupadas em 2007 com as classes: pastagem, solo exposto, água e área urbanizada de baixa densidade.

A maior conversão ocorreu para a classe pastagem, totalizando 275 ha. Neste caso, o tamanho das áreas varia entre 4,5 e 24 ha. A vegetação em estágio inicial de regeneração convertida em água está distribuída em 4 áreas e totaliza 4,8 ha. A conversão para a classe área urbanizada de baixa densidade totaliza 22,7 ha, sendo que, destes, 20 ha correspondem a um loteamento no município de Itaboraí (Figura 20). Também ocorreu mudança de área de vegetação inicial para solo exposto, em uma única área de aproximadamente, 3 ha.

Por outro lado, houve também um aumento da vegetação inicial proveniente da alteração da classe pastagem (539,53 ha) e de área agrícola (1 ha). O tamanho médio das áreas de incremento de vegetação em estágio inicial de regeneração é de 5 ha, sendo que a de maior área tem 60 ha. Esses aumentos de vegetação inicial ocorreram principalmente próximos à zona serrana, ao Norte de Macacu e ao Sul de Caceribu (Figura 21).

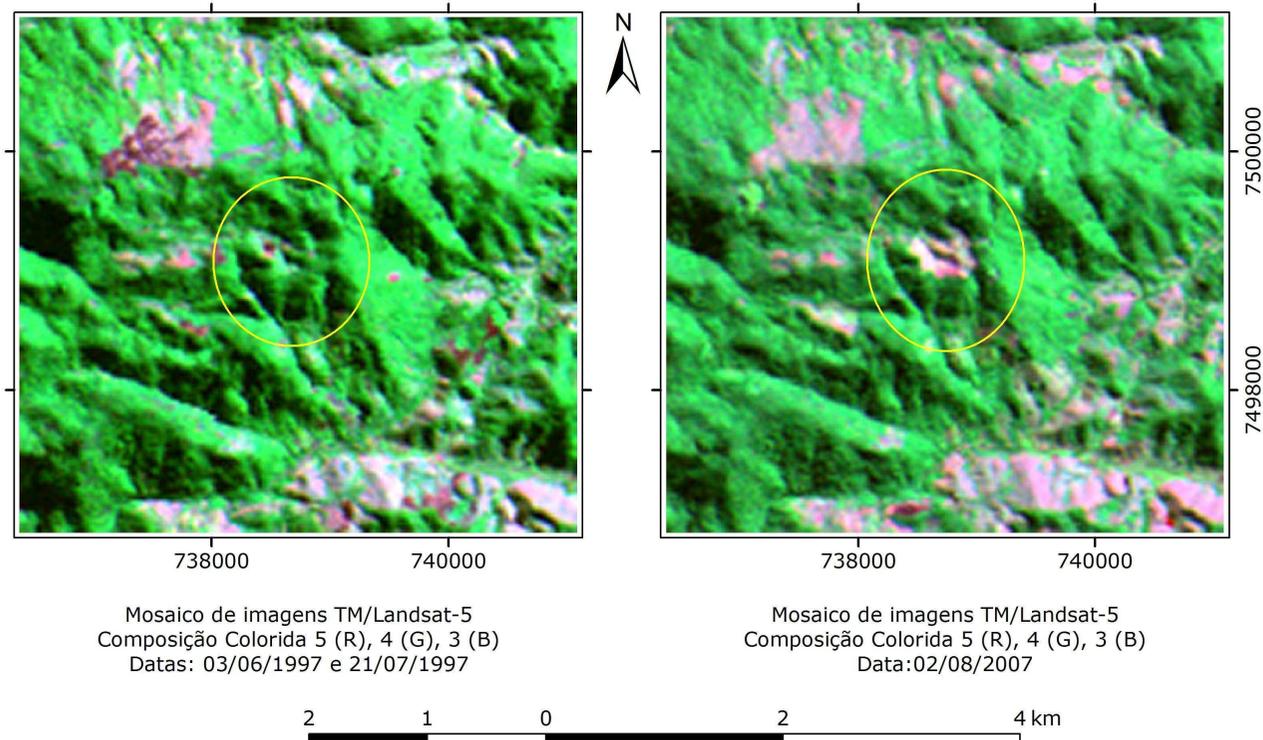


Figura 19. Recorte da imagem de satélite mostrando um local, onde houve mudança da classe vegetação estágio médio para a classe pastagem, na serra do Soarinho, em Cachoeiras de Macacu, no período entre 1997 e 2007.

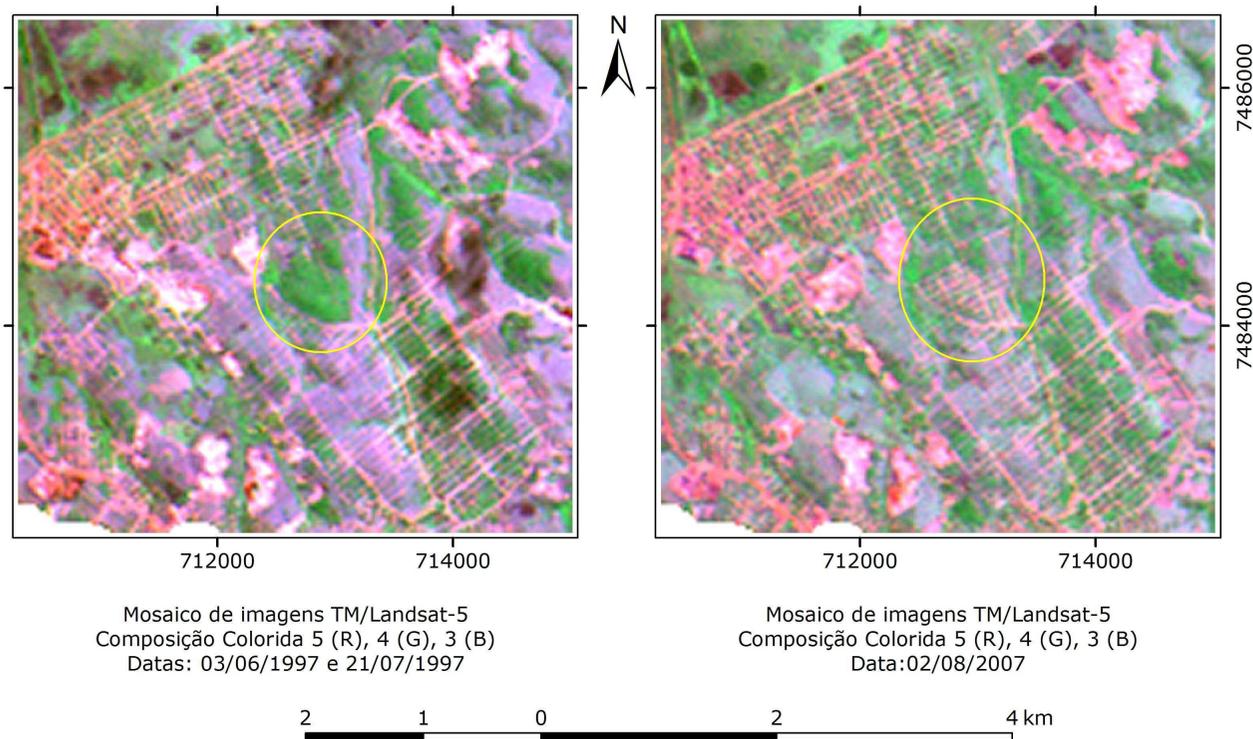


Figura 20. Recorte da imagem de satélite mostrando um local, onde houve mudança da classe vegetação inicial para a classe área urbanizada de baixa densidade (loteamento) em Itaboraí, no período entre 1997 e 2007.

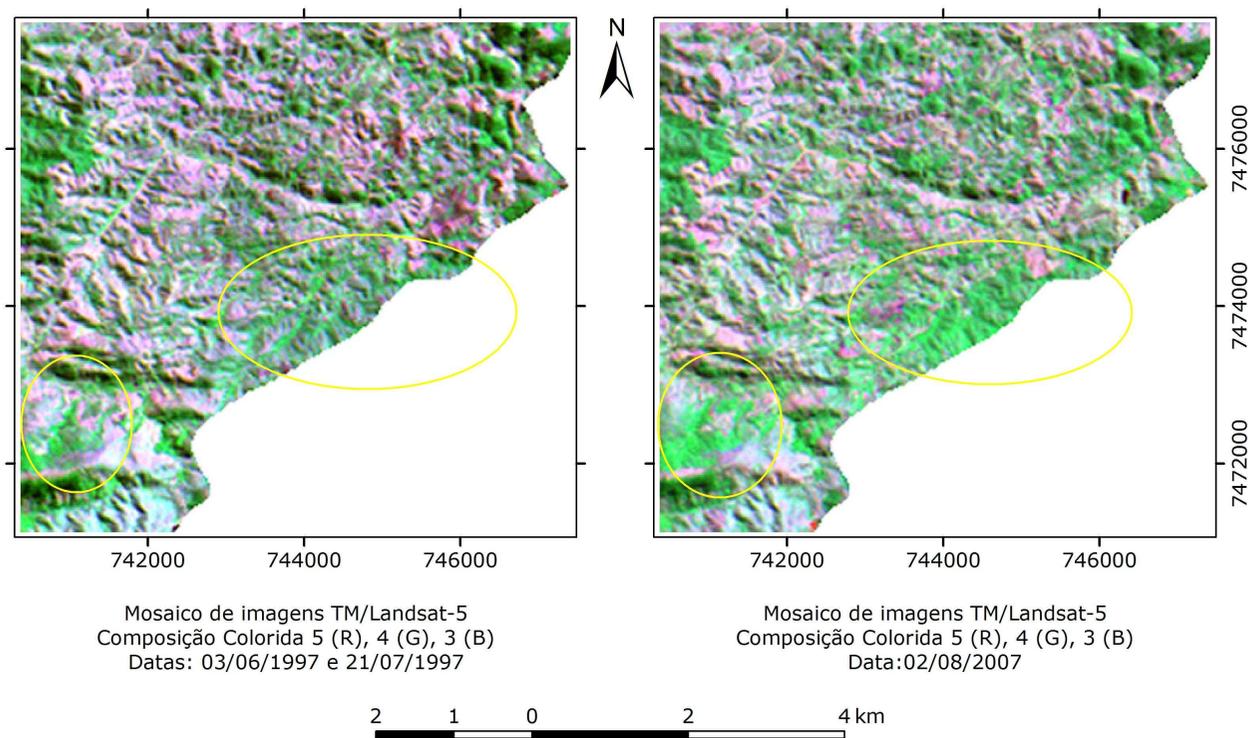


Figura 21. Recorte da imagem de satélite mostrando locais ao sul do município de Rio Bonito, próximo à divisa com o município de Tanguá, onde houve aumento da classe vegetação inicial no período entre 1997 e 2007.

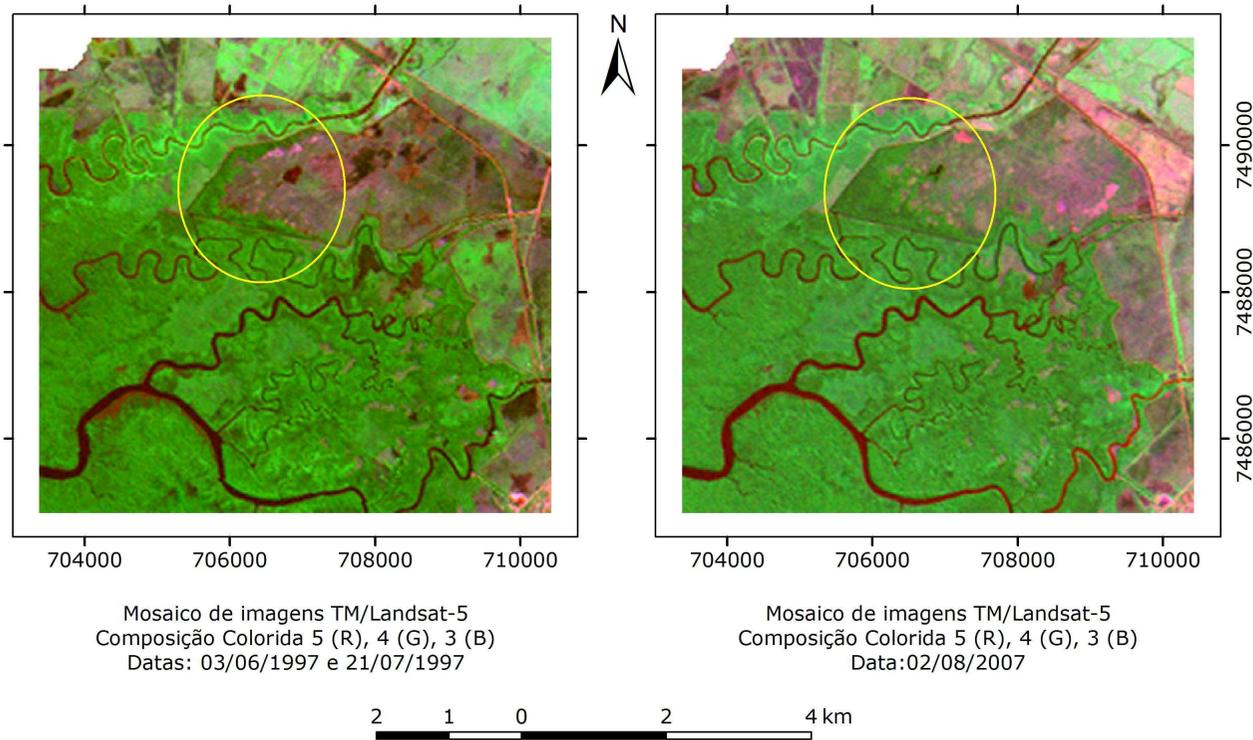


Figura 22. Recorte da imagem de satélite mostrando mudança da classe pastagem para a classe mangue, em Guapimirim no período entre 1997 e 2007.

Classe mangue

Houve aumento das áreas de mangue (127,48 ha), localizadas na APA de Guapimirim, em áreas contíguas às do mangue existente. A Figura 22 ilustra uma área onde houve aumento de mangue no município de Guapimirim. Não foi detectada supressão de áreas de mangue.

Classe agricultura

As mudanças em áreas agrícolas apontadas neste estudo se referem principalmente às áreas de lavouras temporárias. Os cultivos permanentes, devido à dificuldade de identificação nas imagens, não foram detectados com a mesma clareza. Isto ocorreu devido à sua distribuição de forma esparsa no terreno, sendo que muitos deles são formados por pequenas glebas e/ou localizados em encostas sombreadas. A Figura 16 (f;g) ilustra alguns desses cultivos permanentes observados na bacia do rio Caceribu.

As áreas que mudaram de pastagem para área agrícola totalizam 891,4 ha e apresentam tamanho médio de 40,5 ha. A maior alteração em área contínua da classe área agrícola para pastagem (361 ha) foi observada no assentamento rural de São José da Boa Morte, em Cachoeiras de Macacu (Figura 23). Outra alteração expressiva, em torno de 238 ha, foi observada ao longo do rio Guapi-Açu.

Embora o saldo total de áreas agrícolas tenha sido positivo, também houve algumas reduções em área passando para outras categorias de uso. O tipo de conversão predominante foi de área agrícola para pastagem, que totaliza 178,4 ha, sendo que o tamanho médio das áreas alteradas é de 7,4 ha e a maior área apresenta 40 ha. Cabe ressaltar que algumas áreas sofrem mudanças sazonais entre as classes pastagem e área agrícola. A Figura 15 (j), anterior, mostra um exemplo dessa alteração sazonal de solo exposto para área cultivada (com tração animal) observada na região da bacia do Guapi-Macacu.

Observou-se ainda a conversão de uma área agrícola de 10,4 ha para a classe área urbanizada no período 1997 a 2007.

O aumento da área agrícola na região traz preocupações quanto ao consumo de água, especialmente nos casos de culturas que demandam irrigação. Problemas de desvio irregular de água para uso na agricultura também costumam ocorrer. A indisponibilidade de dados mais detalhados sobre a área agrícola irrigada e o consumo de água de irrigação impede uma análise mais acurada.

Classe pastagem

É importante lembrar que esta classe compreende pastagens com diferentes tipos de manejo, incluindo áreas abandonadas e degradadas, sendo que algumas áreas de pastagem apresentam uso esporádico com agricultura. Desta forma, parte das mudanças em área da classe pastagem foi provavelmente devida ao manejo do solo e à sazonalidade das atividades agropecuárias. As Figuras 15(e, f) e 16 (e) mostram fotos de pastagens observadas na região das bacias do Guapi-Macacu e Caceribu, respectivamente.

Uma parte da redução das áreas de pastagem em 1997 que passaram a ser solo exposto em 2007 está relacionada às atividades de mineração no município de Itaboraí (Figura 24), onde se observa o aumento da área de solo exposto e da área de água. A Figura 16 (j, k, l) ilustra algumas dessas áreas com atividades de mineração (extração de areia e argila).

Algumas áreas da classe pastagem existentes em 1997 foram transformadas em áreas de loteamentos, observados em 2007. A Figura 25 aponta essa mudança de classe e também algumas outras pequenas áreas onde ocorreram incrementos de área urbanizada.

Classe área urbanizada de baixa densidade

Observou-se a ocorrência de um aumento total em área de aproximadamente 226, 89 ha de áreas urbanizadas de baixa densidade que foram incorporadas na região de estudo no período entre 1997 e 2007, sendo provenientes de áreas anteriormente ocupadas por pastagem e vegetação em estágio inicial de regeneração. Observou-se no período um incremento de novos loteamentos, predominantemente na bacia do rio Caceribu, onde há uma tendência de aumento da urbanização face à instalação do Complexo

Petroquímico do Rio de Janeiro. A Figura 16 (i) bem como a Figura 20, já apresentadas anteriormente, ilustram com fotos essa classe de uso e mostram o aumento da área urbanizada de baixa densidade observado sobre as imagens de satélite, respectivamente.

Classe área urbanizada

No período estudado foram agregadas novas áreas e/ou ocorreu intensificação na urbanização das áreas que já eram urbanizadas em 1997. O balanço das alterações da classe área urbanizada foi positivo, totalizando um incremento de 277,79 ha. Essas áreas são provenientes da transformação de áreas ocupadas em 1997 por urbanização de baixa densidade populacional (32,98 ha), agricultura (10,43 ha), solo exposto (1,63 ha), mas principalmente pastagem (232,75 ha).

Em conjunto a área urbanizada da região estudada apresentou um aumento de 504,69 ha no período considerado. Esse aumento é observado predominantemente ao longo dos eixos rodoviários, principalmente nas proximidades da BR-101 que liga Itaboraí aos municípios de Rio Bonito e Tanguá, e também em alguns bairros de Cachoeiras de Macacu, localizados à margem da rodovia RJ-116 que liga o Rio de Janeiro à Nova Friburgo. Possivelmente, o avanço da urbanização seguirá a tendência de continuar se expandindo espacialmente dessa forma. A Figura 26 mostra a distribuição espaço-temporal das áreas urbanizadas nas bacias dos rios Guapi-Macacu e Caceribu no período entre 1997 e 2007.

Classe água

Esta classe, no balanço geral, apresentou um aumento de área (104,11 ha). A maior alteração observada é a barragem da indústria de bebidas Schincariol, em Cachoeiras de Macacu construída para a captação de água (Figura 27). Como relatado anteriormente, parte das novas áreas de água encontram-se em áreas ocupadas por mineração, principalmente próximas aos rios Caceribu. Além disso, também se observa que houve um aumento de pequenos lagos em área rural formados para a criação de peixes e/ou para atividades de lazer. As Figuras 15 (h) e 16 (n), apresentadas anteriormente, mostram exemplos dessa classe de uso.

Alterações em Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) e de Uso Sustentável (UCUS) no período entre 1997 e 2007

Os mapeamentos de uso e cobertura da terra na região de estudo mostram que em torno de 62 ha de áreas de pastagem em zona de UCPI estão em processo de regeneração, sendo classificadas em 2007 como vegetação em estágio inicial.

Com relação às zonas consideradas UCUS, observa-se a ocorrência de supressão de vegetação natural em estágio inicial de regeneração totalizando 82,7 ha. Por outro lado, também houve regeneração em áreas de pastagem, resultando em um incremento aproximado de 193 ha de vegetação inicial e 127 ha de mangue. Pelo balanço geral das mudanças de classe inseridas em Unidades de Conservação na área de estudo houve mais regeneração do que supressão de vegetação natural entre 1997 a 2007.

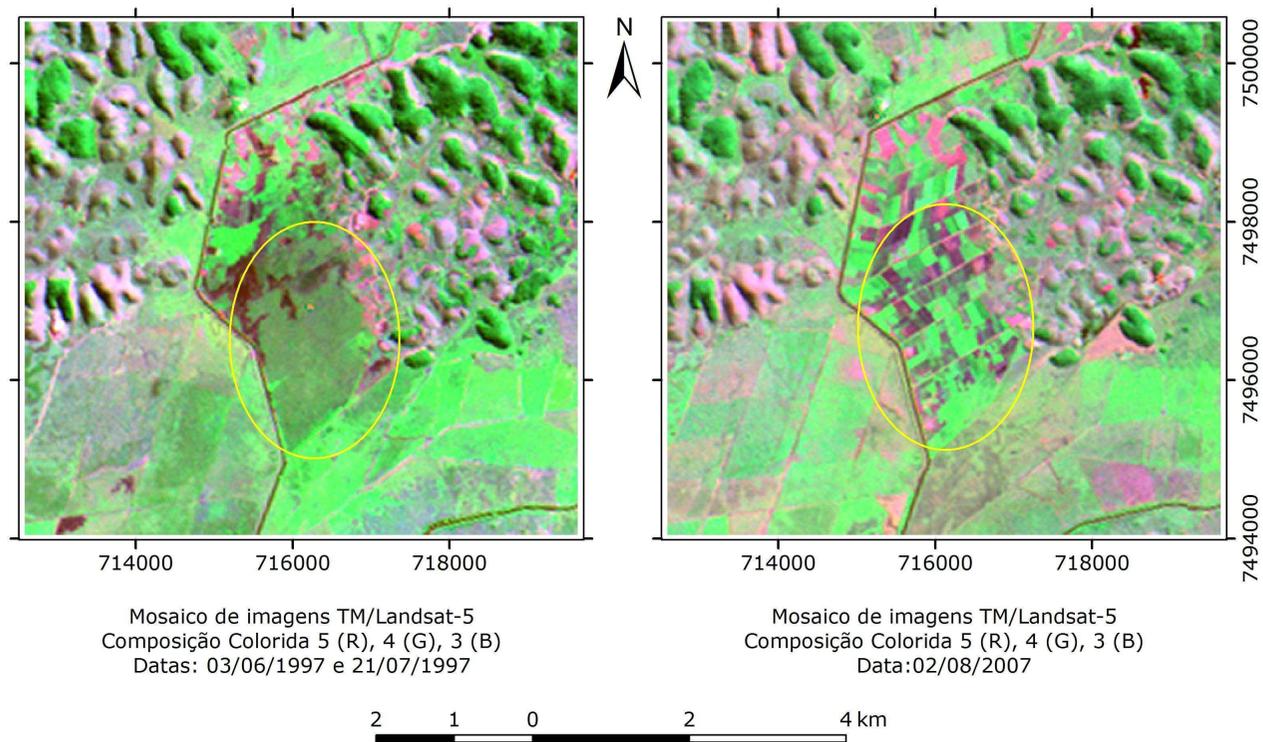


Figura 23. Recorte da imagem de satélite mostrando a localidade de São José da Boa Morte, em Cachoeiras de Macacu, onde houve mudança da classe pastagem para área agrícola no período entre 1997 e 2007.

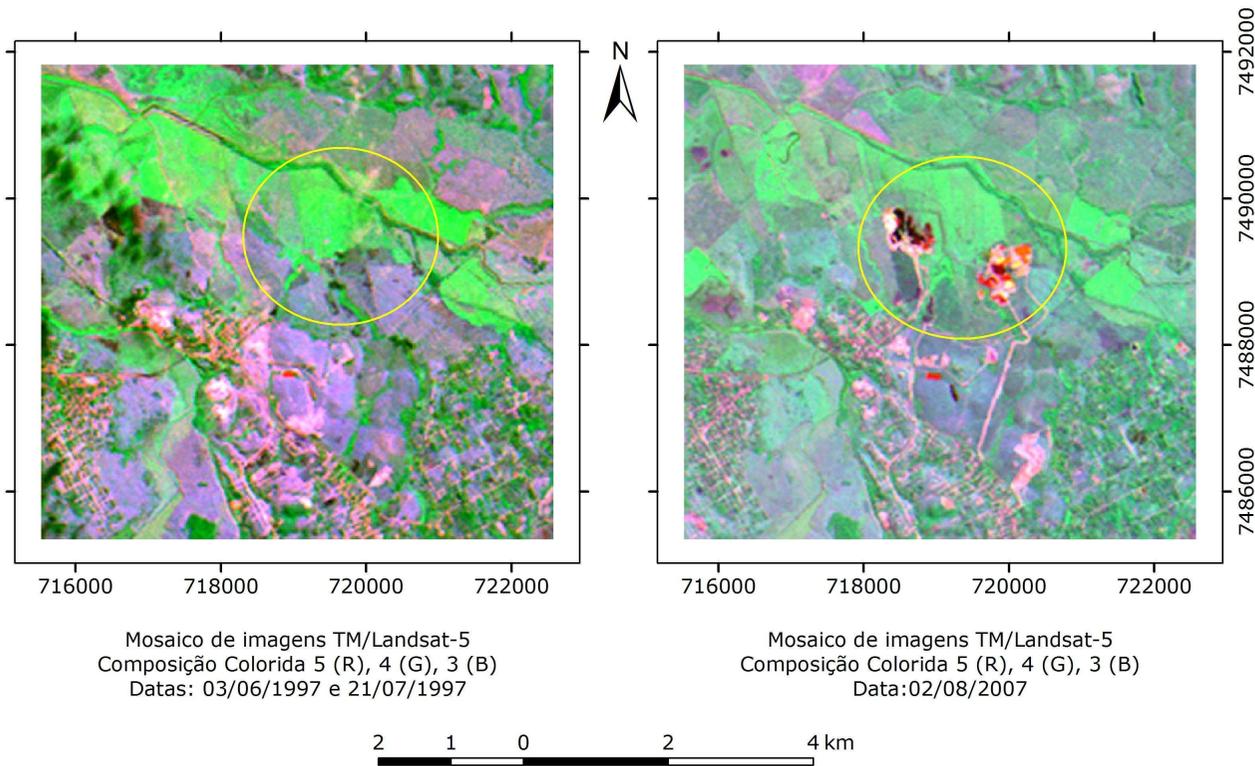


Figura 24. Recorte da imagem de satélite mostrando um local em Itaboraí, onde houve mudança da classe pastagem para solo exposto e água (área de mineração) no período entre 1997 e 2007.

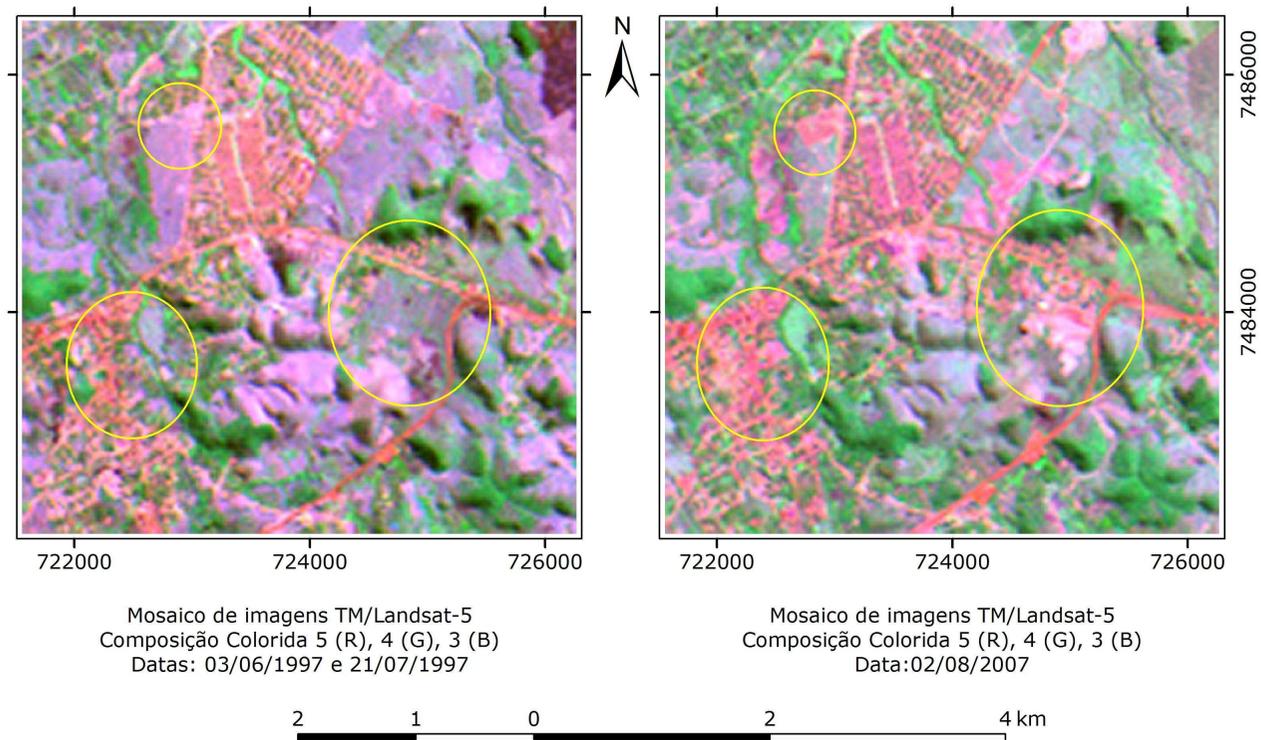


Figura 25. Recorte da imagem de satélite mostrando locais em Itaboraí, onde houve mudança da classe pastagem para área urbanizada no período entre 1997 e 2007

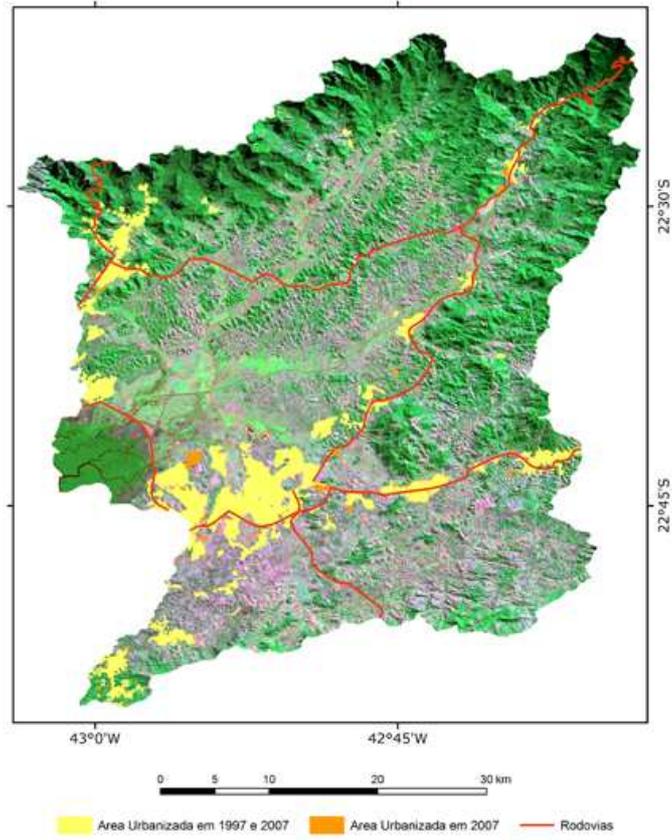


Figura 26. Distribuição espacial das áreas urbanizadas em 1997 e o seu incremento em 2007.

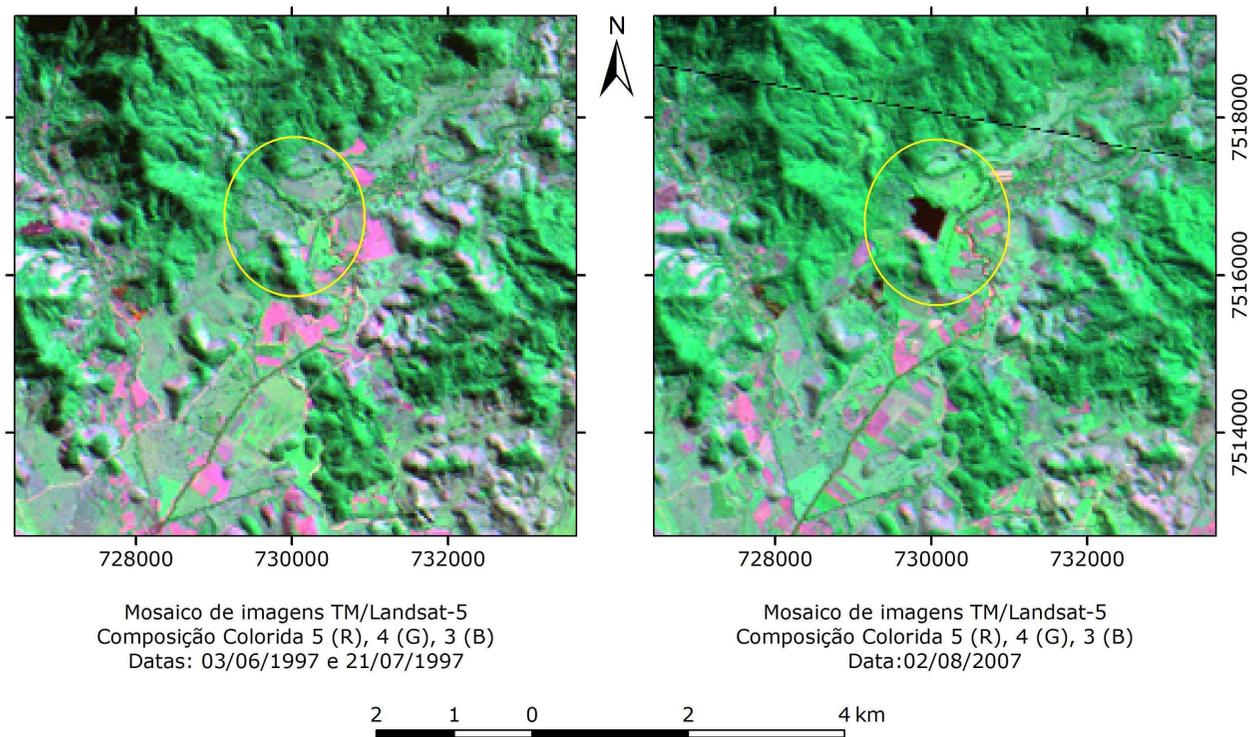


Figura. 27. Recorte da imagem de satélite mostrando aumento da área da classe água decorrente de barramento de curso d'água em Cachoeiras de Macacu, observado no período entre 1997 e 2007.

5. Considerações finais

Os resultados obtidos atendem aos objetivos propostos, uma vez que refletem o uso e ocupação das terras da região das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu no período de 10 anos analisado, apontando e espacializando as principais mudanças ocorridas e, desta forma, possibilitando gerar um registro ou marco zero da situação local antecedente à implementação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro, necessário ao monitoramento da dinâmica futura da região.

As mudanças mais significativas e sua expressividade nas bacias estudadas são pontuais. Os processos de urbanização vêm ocorrendo principalmente nos municípios de Itaboraí e São Gonçalo. A vegetação natural mais preservada é encontrada em áreas protegidas por Unidades de Conservação. A presença dessas áreas protegidas por lei, algumas já mais antigas e outras criadas mais recentemente, é o que tem inibido o desmatamento das áreas remanescentes de Mata Atlântica e contribuem para a manutenção da qualidade e da quantidade da água das bacias, mas não impedem que estas sejam progressivamente degradadas, fator que pode se acentuar com a instalação do COMPERJ.

Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro/ FAPERJ pelo apoio financeiro ao projeto, ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / INPE por disponibilizar gratuitamente as imagens de satélite *Landsat* utilizadas neste estudo e ao pesquisador Cláudio Bohrer do Instituto de Geociências da UFF por gentilmente ter cedido o mapa de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo da região de estudo de sua autoria, em formato pdf.

6. Referências Bibliográficas

BENEVIDES, Z. C.; CINTRÃO, R. P.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G., PRADO, R. B. **Consumo e abastecimento de água nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. No prelo.

BERGALLO, H. G.; FIDALGO, E. C. C.; ROCHA, C. F. D.; UZÊDA, M. C.; COSTA, M. B.; ALVES, M. A. S.; SLUYS, M. V.; SANTOS, M. A.; COSTA, T. C. C.; COZZOLINO, A. C. R. **Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Instituto Biomas, 2009. 344 p.

BOHRER, C. **Mapa de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo: diagnóstico ambiental da bacia dos rios Macacu e Caceribu: cobertura vegetal, uso e ocupação do solo: bacia hidrográfica dos rios Macacu e Caceribu**, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFF: Petrobras, 2003. Mapa colorido, Escala 1:80 000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. **Rio Bonito**: folha SF-23-Z-B-V-2 MI-2746/2. 5. ed. Rio de Janeiro: DSG, 1997. Carta topográfica, Escala 1:50.000.

BRASIL. Diretoria de Serviço Geográfico. **Marica**: folha SF-23-Z-B-V MI-2746/3 e 2774^a/. Rio de Janeiro: DSG, 1964. Carta Topográfica, Escala 1:50.000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 10 de 01 de outubro de 1993. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 nov. 1993.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 06 de 04 de maio de 1994. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 jun. 1994.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-Jun. 1996.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamics ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 11, p. 2674-2677, 2003.

CHAVEZ, P. S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

CIDE. **Mapa de uso e cobertura do solo**: Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: CIDE, 2003. Escala 1:50.000.

COMPERJ: potencial de desenvolvimento produtivo: estudos para o desenvolvimento do estado do Rio de Janeiro: FIRJAN: FGV, 2008.

FADUL, M. J. do A.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. da C. C. G.; PRADO, R. B. Análise da correção atmosférica de imagens Landsat em estudo multitemporal na região de Mata Atlântica, Estado do Rio de Janeiro. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 1339-1345.

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B; MOURA, I. B.; GODOY, M. D. P. **Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. (Embrapa Solos. Documentos, 105).

FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; ABREU, M. B; MOURA, I. B.; GODOY, M. D. P. **"Uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica Guapi-Macacu"**: plano de manejo da APA do rio Macacu. Rio de Janeiro: Instituto Bioatlântica, 2009.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Geociências**, Niterói, v. 3, n. 3, 2004.

IBGE. **Itaboraí**: folha SF-23-Z-B-V-1. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979a. Carta topográfica. Escala 1:50.000.

IBGE. **Itaipava**: dados digitais da carta topográfica na escala 1:50.000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/#sub_download>. Acesso em 12 fev. 2007. Os dados foram publicados sob forma impressa em 1974.

IBGE. **Nova Friburgo**: folha SF-23-Z-B-II-4. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. Carta topográfica. Escala 1:50.000.

IBGE. **Petrópolis**: folha SF-23-Z-B-IV-2. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1979b. Carta topográfica. Escala 1:50.000.

IBGE. **Teresópolis**: folha SF-23-Z-B-II-3 MI-2716-3. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983. Carta topográfica. Escala 1:50.000.

IBGE. **Saquarema**: Folha SF-23-Z-B-V-4 MI-2746/. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1981. Carta Topográfica. Escala 1: 50.000.

INPE. **SPRING**: manual do usuário. São José dos Campos: INPE, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 01 nov. 2004.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (RJ). **Mapa de unidades de conservação: estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IEF-RJ, 2002 Disponível em: <<http://www.ief.rj.gov.br/unidades/mapa/mapaucs.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

KAUFMAN, Y. The atmospheric effect on remote sensing and its correction. In: ASRAR, G. G. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York: John Wiley & Sons, 1989. p. 336-428.

MENDONÇA-SANTOS, M. L.; JACQUES, P. D.; COELHO, M. R.; SANTOS, H. G.; PIMENTEL, J.; COSTA, T. C. C.; BARBOSA, E. L. A.; SANTOS, P. A. M.; ÁVILA, R. M.; ÁGLIO, M. L. D.; SHINZATO, E.; BRANCO, P. C. M. P. A. **Mapeamento do uso atual e cobertura vegetal dos solos da folha Rio de Janeiro (SF-23-Z-B) e adjacências**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 33 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 19).

NASA. Data Products. In: _____. **Landsat 7: science data users handbook**. Chap. 11. Disponível em: <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.htm>. Acesso em: 28 ago. 2008.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; ABREU, M. B. **Proposta de legenda para o mapeamento do uso e Cobertura da Terra na bacia hidrográfica do rio Macacu**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007a. (Embrapa Solos. Documentos, 91).

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; ABREU, M. B. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu, RJ. Rio de Janeiro: [Embrapa Solos], 2007. Escala 1:50000.

PETROBRAS. **"Comperj Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro"**. Disponível em: <<http://www2.petrobras.com.br/Petrobras/portugues/comperj.asp>>. Acesso: 19 mai. 2008.

PLANO de manejo da Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim. Rio de Janeiro: IBG: IBAMA, 2001.

PROGRAMA de despoluição da Baía de Guanabara: documento base para formulação da Fase II. Rio de Janeiro: SOSP: ADEG: CEDAE, 1997.

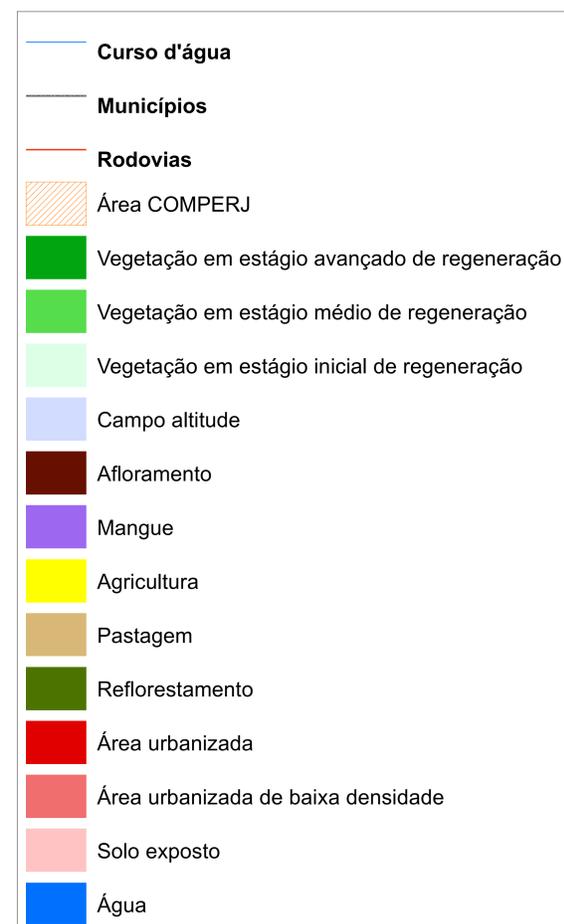
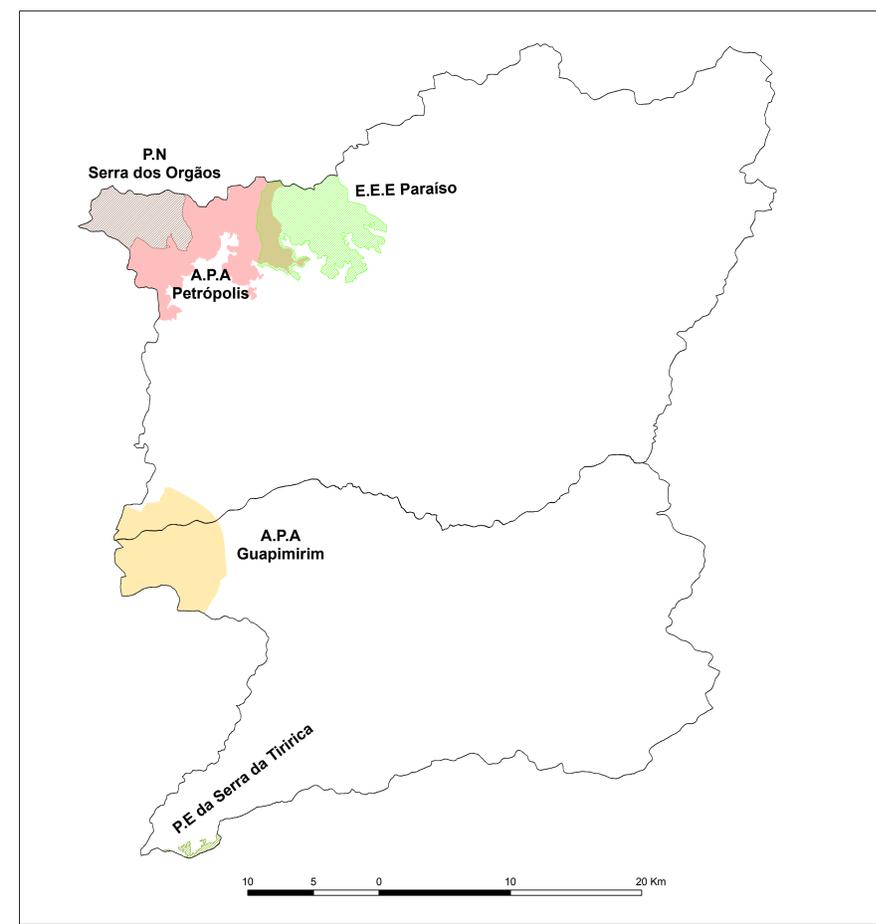
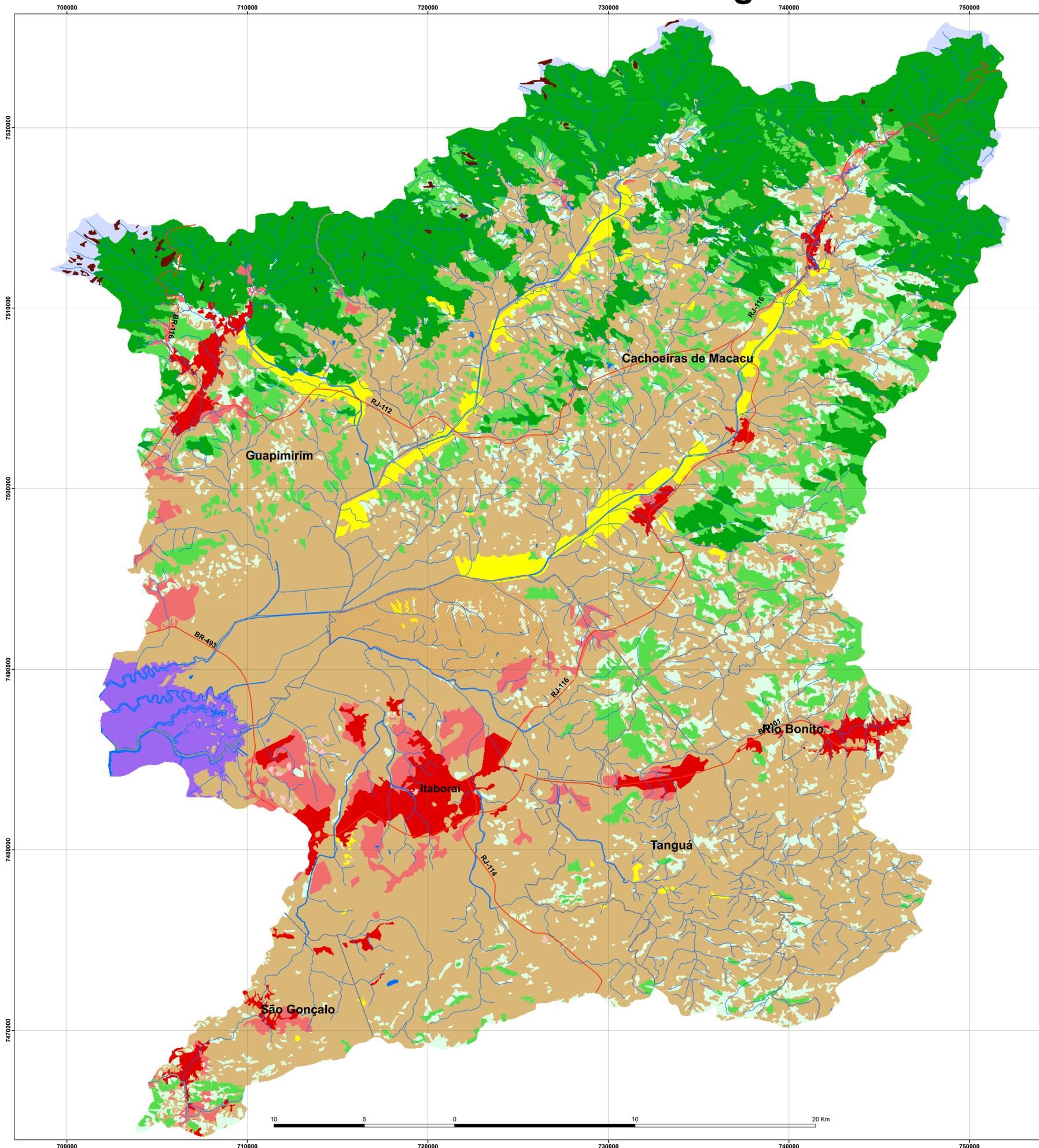
PROJETO RADAMBRASIL. **Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983. (Levantamento de Recursos Naturais, 32).

7. Apêndices

I. Mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ, ano de 1997. Escala original: 1:80.000.

II. Mapa de uso e cobertura da terra das bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ, ano de 2007. Escala original: 1:80.000.

Uso e Cobertura da Terra nas Bacias Hidrográficas dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu em 1997



Escala 1:80.000

Sistema de Projeção : UTM
 Datum: Córrego Alegre
 Fuso: 23

Notas Técnicas:

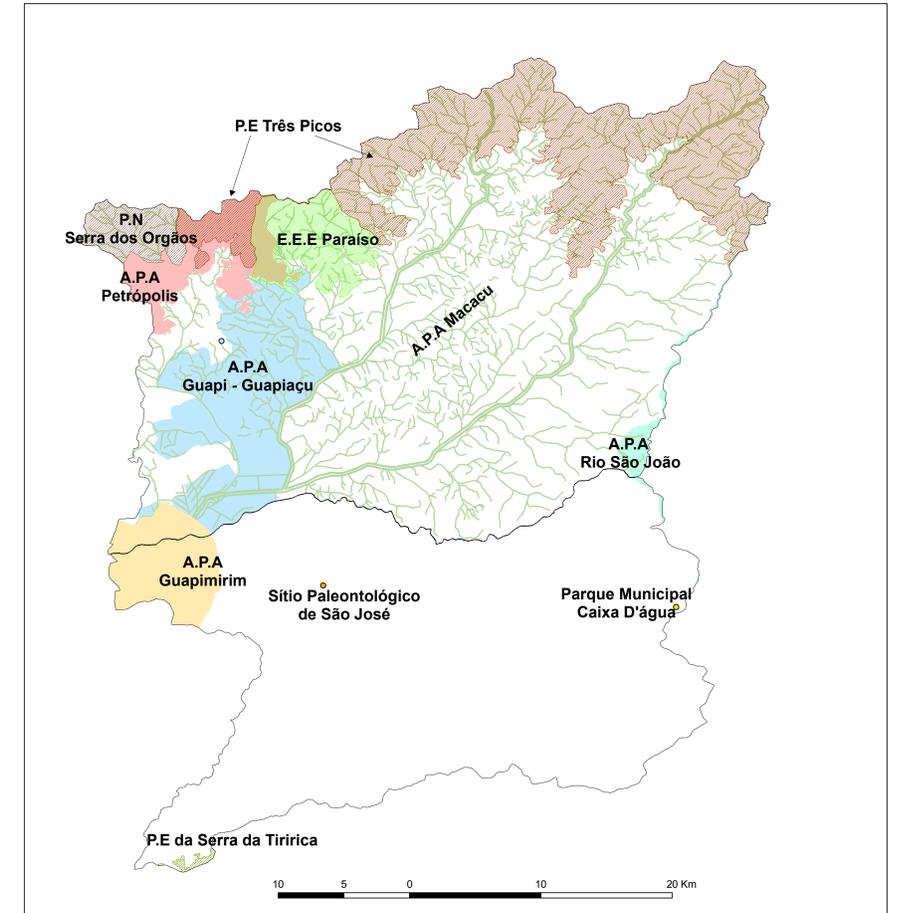
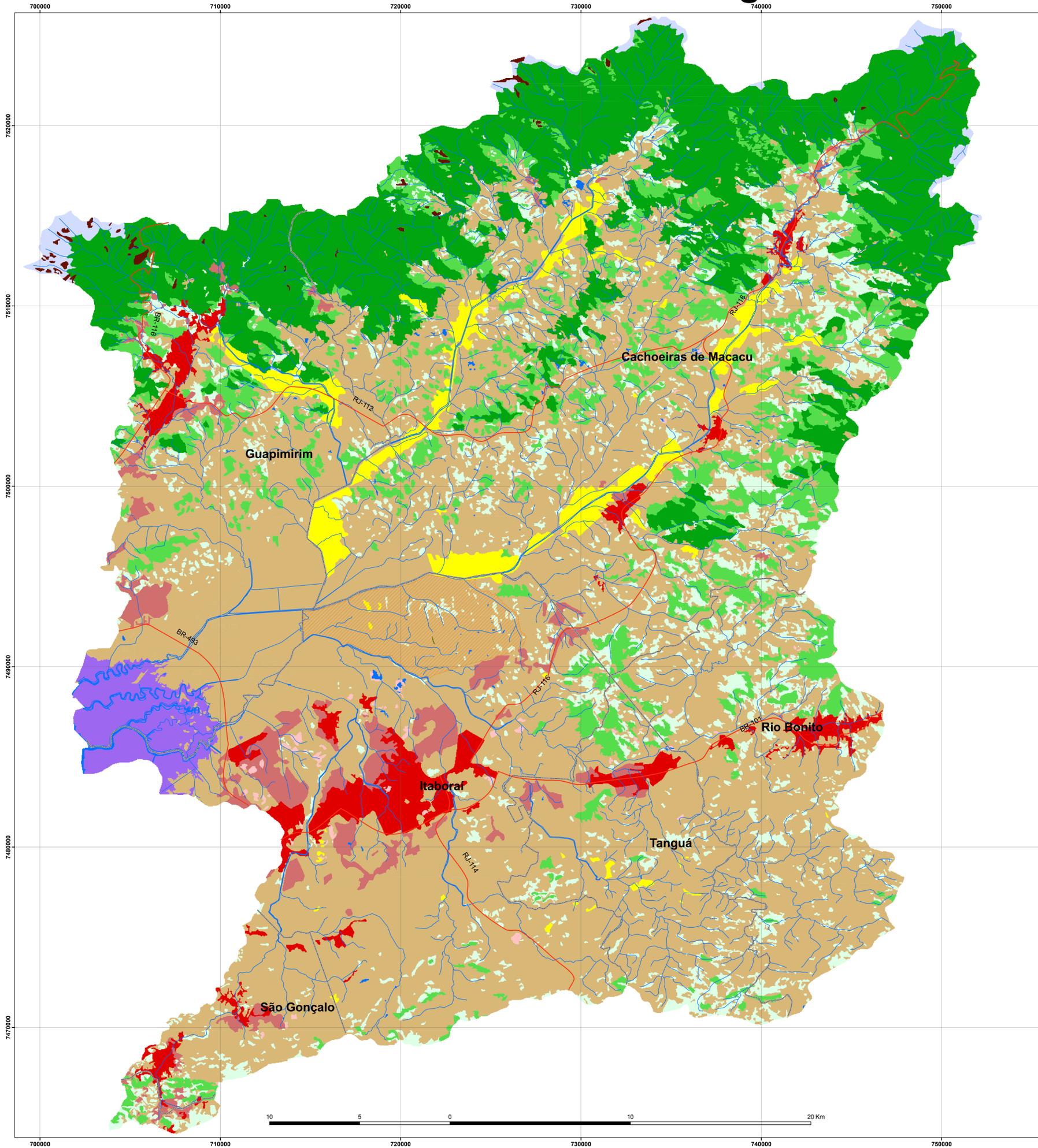
- Mapeamento realizado a partir de imagens orbitais do sensor TM-LANDSAT, órbitas-ponto 21775 de 21 de julho de 1997, e 21776, de 03 de junho de 1997.
- Dado de hidrografia proveniente do mapeamento sistemático, escala 1:50.000, realizado pelo IBGE
- Dados de rodovias e limite municipal fornecidos pela Fundação CIDE/RJ.
- Limites das unidades de conservação fornecidos pelo IEF/RJ e Projeto "Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica no Rio de Janeiro".

Autoria:
 Bernadete C.C.G. Pedreira
 Elaine Cristina C. Fidalgo
 Rachel Brady Prado
 Soraya Augusta da Silva

Execução Apoio

Ano de execução: 2009

Uso e Cobertura da Terra nas Bacias Hidrográficas dos Rios Guapi-Macacu e Caceribu em 2007



Escala 1:80.000
 Sistema de Projeção : UTM
 Datum: Córrego Alegre
 Fuso: 23

Notas Técnicas:
 - Mapeamento realizado a partir de imagens orbitais do sensor TM-LANDSAT, órbitas-ponto 217/75 e 217/76, de 02 de agosto de 2007.
 - Dado de hidrografia proveniente do mapeamento sistemático, escala 1:50.000, realizado pelo IBGE
 - Dados de rodovias e limite municipal fornecidos pela Fundação CIDE/RJ.
 - Limites das unidades de conservação fornecidos pelo IEF/RJ e Projeto "Estratégias e Ações para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica no Rio de Janeiro".

Autoria:
 Bernadete C.C.G. Pedreira
 Elaine Cristina C. Fidalgo
 Rachel Brady Prado
 Soraya Augusta da Silva

Execução Apoio

Ano de execução: 2009

Embrapa

Solos