

USO DO SIG NO MAPEAMENTO DAS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA: O CASO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS GUANDU, GUARDA E GUANDU MIRIM-RJ

Use of GIS in the Evaluation of Land Use and Cover
Changes: The case of Guandu, Guarda and Guandu
Mirim River Basins in the State of Rio de Janeiro, Brazil

Rafael Cardão Augusto ¹
Vinicius da Silva Seabra ²

¹ Instituto de Geografia /Universidade do
Estado do Rio de Janeiro

² Departamento de Geografia da Faculdade
de Formação de Professores/Universidade
do Estado do Rio de Janeiro

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento das mudanças de Uso e Cobertura da Terra das bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim, no estado do Rio de Janeiro, através de ferramentas de Geoprocessamento, envolvendo os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto. Os mapeamentos foram elaborados para os anos de 1975 e 2011, fazendo uso de imagens dos sensores MSS e TM do satélite Landsat, e os dados extraídos dos dois mapeamentos foram analisados a fim de se quantificar a evolução de cada uma das classes de uso e cobertura estabelecidas para a área pesquisada. Os resultados traduziram-se em ferramentas adequadas para a avaliação das pressões causadas pelo avanço da malha urbana, da região metropolitana do Rio de Janeiro, e de atividades agropecuárias e mineradoras sobre a área das bacias hidrográficas que, desta forma, teve reduzida a sua área de vegetação florestal. A área de estudo é uma das mais importantes do estado em relação ao fornecimento público de água potável, tendo como seu principal curso d'água o Rio Guandu.

Palavras-chave: Uso e Cobertura da Terra, Sistemas de Informação Geográfica, Sensoriamento Remoto, Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

Abstract

The present study aimed at mapping the land use and cover changes of the Guandu, Guarda, and Guandu Mirim rivers basins, in the State of Rio de Janeiro, through GIS tools, involving Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing. The maps were prepared for the years 1975 and 2011, using Landsat MSS and TM image sensors from Landsat satellite, respectively. The data obtained in the two surveys have been analyzed in order to quantify the evolution of each land use and cover class that had been established for the area surveyed. The results translated into appropriate tools for the assessment of pressures that the advance of the urban, metropolitan region of Rio de Janeiro, besides farming and mining activities, exert on the area of the river basin, which, thus, had its area of forest vegetation reduced. The study area is one of the most important ones of the State of Rio de

Correspondência:

Rafael Cardão Augusto
Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
Instituto de Geografia – Rua São Francisco
Xavier, 524, Maracanã, Rio de Janeiro – RJ.
CEP: 20550-900 – RJ, Brasil.
Email: rafaelcardao@hotmail.com

Recebido em outubro de 2013
Aprovado em dezembro de 2013
Artigo disponível em
www.cadegeo.uff.br

Janeiro with respect to the supply of public water, being its main watercourse the Guandu river.
Keywords: Land Use and Cover, Geographic Information Systems, Remote Sensing, Guandu River Basin.

INTRODUÇÃO

Os produtos obtidos por meio da tecnologia do Sensoriamento Remoto, como fotografias aéreas, imagens de radar e imagens multiespectrais, vêm sendo extensamente utilizados nos últimos anos na Geografia, tendo apresentado um grande crescimento em razão da expansão dos meios de processamento, dos baixos custos de capital, e pelo fato das imagens possuírem variadas escalas de tempo e de resolução espacial (FLORENZANO, 2011). A interpretação das imagens possibilita a geração de mapas, através de ferramentas computacionais de Geoprocessamento, de onde é possível extrair dados quantitativos e qualitativos que viabilizam uma análise adequada sobre um determinado tema.

Um dos principais enfoques da aplicação desta tecnologia está na caracterização das atividades do homem sobre a superfície terrestre, pois um dos objetivos da ciência geográfica consiste em compreender as relações do homem com a natureza. Esta maneira de se compreender tais relações vem sendo uma abordagem constante acerca das questões ambientais que envolvem as consequências das ações antrópicas no meio ambiente.

Diante disso, as cidades constituem hoje o maior exemplo de degradação ambiental, colocando em risco a segurança e a qualidade de vida de sua população, constituindo um palco de embates ecológicos (GONÇALVES & GUERRA, 2012). Segundo Tucci (1999), o Brasil apresentou, ao longo das últimas décadas, um crescimento significativo da população urbana. O processo de urbanização acelerado – e desordenado – ocorreu em meados do século XX, gerando uma população urbana com infraestrutura inadequada. Os efeitos desse processo fazem-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos, produzindo um aumento significativo de sedimentos e de elementos que causam a deterioração da qualidade da água (TUCCI, 1999), comprometendo assim a dinâmica natural das bacias hidrográficas.

As bacias são importantes por serem um sistema que comporta os recursos hídricos, com a água doce como o principal elemento, em sua maioria na forma de rios, utilizada para diversas formas de consumo. O canal fluvial, caracterizado pela hidrologia, sedimentos, morfologia e comunidade biótica, reflete os cenários naturais e humanos atuantes na bacia hidrográfica (VIEIRA & CUNHA, 2012). Segundo Coelho Netto (1998), as bacias de drenagem constituem-se como um sistema aberto, já que recebem inputs externos, como a água das chuvas, e perdas para o ambiente, os outputs, como os sedimentos, e qualquer impacto gerado em um ponto da bacia surtirá efeito em todo este sistema.

Como contribuição a isso, o mapeamento de Uso e Cobertura da Terra aparece como uma importante ferramenta para uma plena compreensão dos cenários atuantes nas bacias, por identificar as diferentes categorias de elementos que constituem o espaço, como os tipos de cultivos agrícolas, ocorrências de indústrias, solo exposto, entre outros. Para isso, é feita uma classificação dos objetos presentes nas imagens de satélite, baseada nos diferentes padrões dos elementos contidos nas imagens, como cor, textura, dimensão, entre outros.

As bacias dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim localizam-se em uma área com prováveis tendências ao avanço da expansão urbana a partir da região metropolitana do Rio de Janeiro. Esse adensamento urbano crescente, diante das questões ambientais anteriormente propostas, pode significar o aumento de pressões sobre a dinâmica natural das bacias, a partir da interferência antrópica. Diante desta questão, as geotecnologias podem apresentar-se como grandes aliadas na

identificação e caracterização destas pressões sobre o ambiente, através da avaliação das mudanças de Uso e Cobertura da Terra.

O objetivo desta pesquisa é detectar e analisar as alterações na ocorrência espacial de classes de cobertura vegetal e uso da terra nas bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim, através de imagens de satélite e de ferramentas de geotecnologias, que possibilitem a geração de mapas temáticos e de tabelas com dados quantitativos para os anos de 1975 e de 2011, e uma comparação entre os resultados obtidos para os dois anos, reforçando, desta maneira, o quanto as ferramentas de Geoprocessamento são eficientes e possuem um grande potencial em relação à análise da evolução do Uso e Cobertura da Terra.

A importância da área de estudo desta pesquisa deve-se principalmente por sua localização estratégica, já que as águas da bacia do Rio Guandu, somadas às águas provenientes da transposição do Rio Paraíba do Sul, são responsáveis pelo abastecimento de água potável e pela geração de energia elétrica de quase toda a região metropolitana do Rio de Janeiro (AGEVAP, 2012), uma das principais do Brasil, caracterizando, desta forma, o Rio Guandu como o principal manancial estadual para abastecimento público (IMPAGLIAZZO, 2011).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo envolve três bacias: Guandu, Guarda e Guandu Mirim, estas juntas geridas pelo comitê de bacia de mesmo nome, criado pelo Decreto Estadual nº 31.178, de 03 de Abril de 2002 (AGEVAP, 2012). Conforme observado na figura 1, localizam-se no estado do Rio de Janeiro, abrangendo em sua maior parte municípios da porção oeste da região metropolitana: Nova Iguaçu, Seropédica, Itaguaí, Queimados, Japeri, Paracambi, e o próprio município do Rio de Janeiro, compondo bairros como Santa Cruz, Paciência, Campo Grande, entre outros. Além dos municípios da região metropolitana, há também municípios da região serrana: Miguel Pereira, Engenheiro Paulo de Frontin e Vassouras, e da região do médio Paraíba do Sul: Pirai e Rio Claro. Segundo o IBGE (2010), na área que envolve as três bacias vivem cerca de um milhão de habitantes.

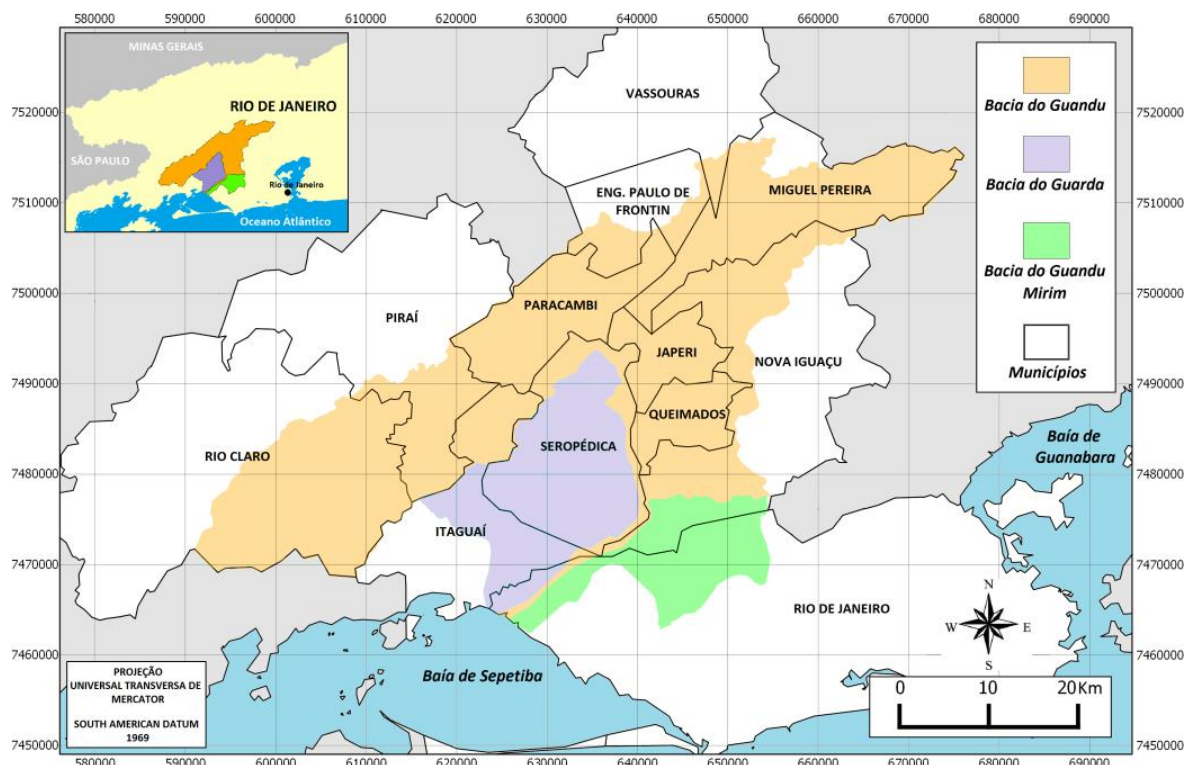


Figura 1. Localização política das bacias dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim.

As três bacias juntas possuem cerca de 2.093 km², e são marcadas pela ocorrência de planícies e de relevos acidentados e íngremes. São delimitadas na porção sul pelos divisores de águas das serras de Paciência e Inhoaíba, maciço do Medanha-Gericinó, e serras do Piloto, da Cachoeira, e do Mazomba; e na porção norte pelas vertentes da Serra do Mar, nos setores do maciço do Tinguá e da Serra das Araras, esta última que se estende por todo o limite norte da área da bacia. A área central, caracterizada por um domínio de baixada, corresponde a uma extensa planície flúvio-marinha por onde correm os rios principais, com destaque para o Guandu. Numa transição entre essas duas unidades de paisagem – serras e planícies – há a ocorrência de colinas.

As três bacias totalizam uma drenagem de 1.921 km², caracterizando-se assim como as principais contribuintes à baía de Sepetiba, localizada na porção sul das bacias, onde há nela o deságue dos três rios principais (SONDOTÉCNICA, 2006). As descrições que se seguiram podem ser observadas na Figura 2.

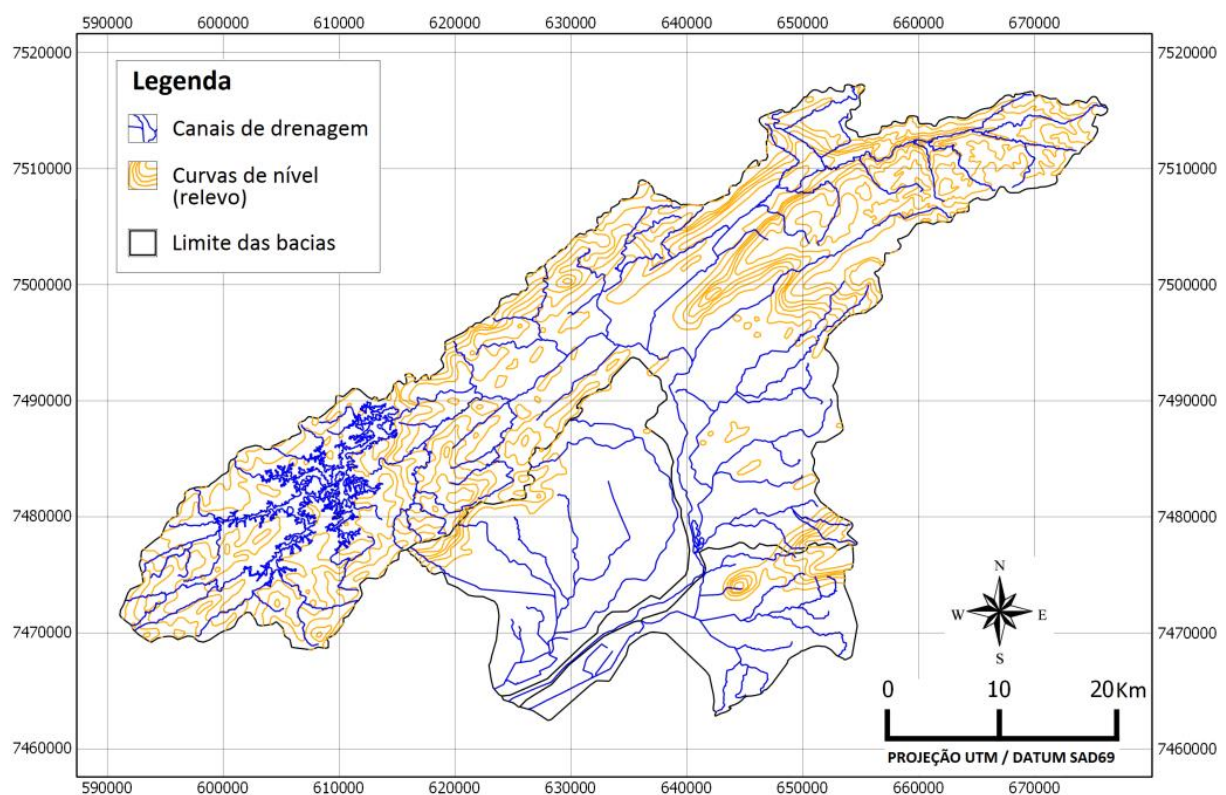


Figura 2. Rede de drenagem fluvial e hipsometria das bacias em estudo.

O Rio Guandu é o destaque da área pesquisada, sendo este o principal contribuinte da baía de Sepetiba e um dos principais rios do estado do Rio de Janeiro. Porém, até meados do século XX, o Rio Guandu era caracterizado como um rio de pequeno porte. A maior parte de seu volume é devido à transposição de águas do rio Paraíba do Sul, feita em 1952, para que as águas deste rio pudessem estar ao alcance da região metropolitana do Rio de Janeiro, servindo-a com água potável e geração de energia elétrica. A vazão do rio, que originalmente era de 20 m³/s, passa então a ser de 300 m³/s (IMPAGLIAZZO, 2011), após a captação e bombeamento de cerca de 60% do volume de águas do

Paraíba do Sul através de um sistema de elevatórias da Light, companhia de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro.

Após receber as águas do Paraíba do Sul, o Guandu passa por seguidas áreas urbanas e rurais nos municípios de Paracambi, Japeri, Queimados, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro, e sua extensão totaliza 48 km. Durante seu percurso, o rio Guandu recebe as águas de diversos afluentes que passam por áreas urbanas da Baixada Fluminense e que, segundo relatório da Sondotécnica (2006), encontram-se poluídos ou degradados. Na Figura 3, observa-se o médio curso do rio, na altura de Seropédica, e o baixo curso, também chamado de Canal de São Francisco, na região agrícola do bairro de Santa Cruz, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro.

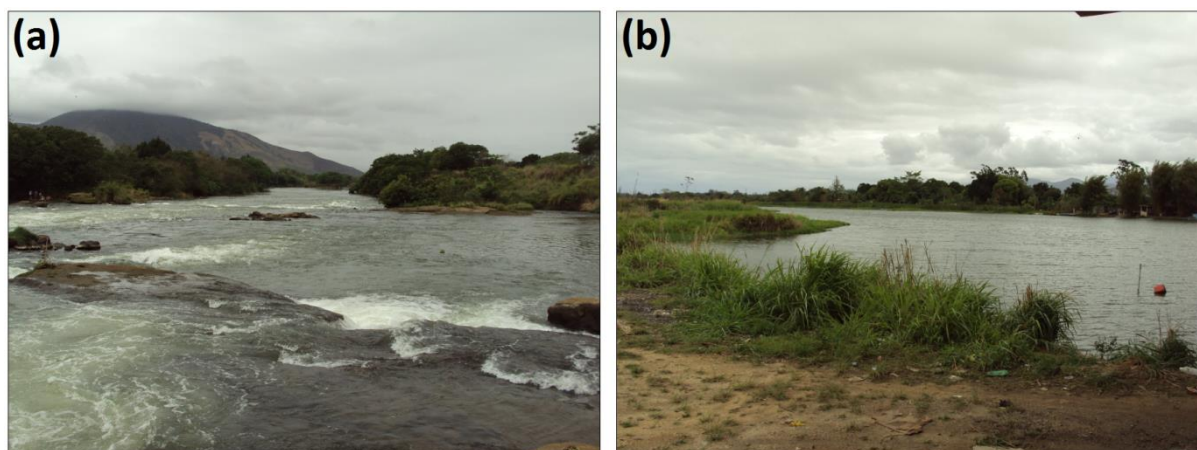


Figura 3. Rio Guandu: Médio-curso (a); Baixo-curso ou Canal de São Francisco (b).

Segundo o INEA (2012), a poluição proveniente do Paraíba do Sul também se faz presente no rio Guandu, porém de forma muito atenuada, devido ao tempo de trânsito das águas e sedimentação nos reservatórios do sistema Light (Light Serviços de Eletricidade S/A). A maior ameaça à qualidade das águas do rio Guandu se deve às atividades humanas exercidas na própria bacia hidrográfica do rio, onde o impacto provocado por qualquer tipo de poluição é imediato.

À jusante do rio, nas proximidades das localidades de Cabuçu, em Nova Iguaçu, e de Campo Lindo, em Seropédica, encontram-se as barragens que fazem a captação de água para o sistema CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro), que é responsável pelo tratamento e abastecimento de água potável de cerca de 12 milhões de pessoas, incluindo 85% da região metropolitana. A captação leva a água para a Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu, localizada no município de Nova Iguaçu, considerada uma das mais potentes e eficientes

estações desta categoria no mundo (CEDAE, 2013), já que deixa as águas poluídas do rio novamente viáveis para consumo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do mapeamento feito neste trabalho, foram classificadas as imagens *geotiff* do sensor *MSS* (*Multispectral Scanner*) do satélite *Landsat1* (*MSS*), de 16/10/1975, e do sensor *TM* (*Thematic Mapper*) do satélite *Landsat5*, de 30/9/2011, ambas localizadas em Órbita 217 e Ponto 76, disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Cada pixel da imagem *MSS* possui resolução espacial de 80x80m, enquanto que da imagem *TM* possui 30x30m, caracterizando esta como de melhor resolução espacial em relação à imagem *MSS*. A escolha da data das imagens foi feita em função da qualidade destas em relação à ausência de nuvens, e data mais recente no ano de 2011.

As combinações de composição RGB aplicadas nas bandas das imagens foram para a imagem de 1975: R(5)G(4)B(7), e para a imagem de 2011: R(3)G(4)B(5), resultando nas imagens observadas na Figura 4. As combinações de contrastes escolhidas foram as que proporcionaram maior identificação de classes nas respectivas imagens, após uma série de testes visuais aplicados sobre as bandas, principalmente na imagem oriunda do sensor *MSS*.

As bandas utilizadas para gerar a composição da imagem de 2011 foram a 3, que corresponde ao vermelho, a 4, que corresponde ao infravermelho próximo, e a 5, o infravermelho médio, sendo aplicados nestas a sequência R(3)G(4)B(5). Como o sensor *TM* registra a faixa do infravermelho médio, este recurso foi utilizado para a geração da composição da imagem utilizada no mapeamento. A composição utilizando as referidas bandas e sequência RGB, aprimoraram a capacidade de interpretação da imagem, além de deixar esta nas cores usuais: verde para vegetação florestal, cinza para área urbana, e bege para pastagem.

As bandas utilizadas para gerar a composição da imagem de 1975 não correspondem às mesmas utilizadas na imagem de 2011. A banda 4 corresponde ao verde, a 5 ao vermelho e a 7 ao infravermelho próximo, sendo aplicados, nestas, a sequência R(5)G(4)B(7). O sensor *MSS* não registra a faixa do infravermelho médio. O contraste RGB aplicado na *MSS* Landsat deixa a vegetação florestal em tons de vermelho, e a área urbana na cor azul clara, destacando-se uma da outra e de outras classes. Além disso, foram utilizadas também técnicas de realce de contraste por canais, e equalizador de histograma, para aprimorar a qualidade da imagem e aumentar seu potencial de interpretação visual.

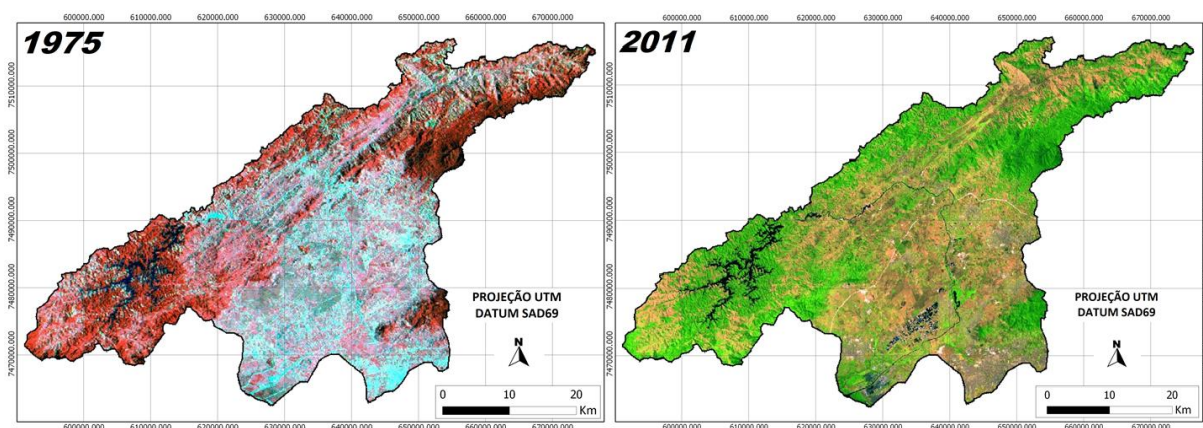


Figura 4. Carta-imagem para os anos de 1975 (5G4R7B) e 2011 (3R4G5B).

As imagens foram georreferenciadas utilizando uma imagem Geocover ortorretificada, e reprojetaadas para os parâmetros do banco de dados criado no *software* Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 5.2.1 (Spring 5.2.1), com Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 23-Sul, e Referencial Geodésico *South American Datum* 1969. A imagem *Geocover* ortorretificada foi adquirida junto ao site do *The Global Landcover Facility* (GLCF, 2012), instituição da Agência Espacial Norte-Americana (NASA), sendo esta uma imagem TM LANDSAT do ano de 1987. Já o Spring, *software* disponibilizado pelo INPE, é um programa gratuito.

Após a elaboração e organização do Banco de Dados e das imagens, iniciou-se o processo de interpretação das mesmas. As classes de Cobertura Vegetal e Uso da Terra foram estabelecidas de acordo com as chaves de interpretação identificadas (Figuras 5 e 6): água; mata; área urbana; pastagens e agricultura; solo exposto. Mesmo com a utilização de recursos de otimização da imagem de 1975, algumas limitações foram observadas, demandando, portanto, uma unificação de classes em ambos os mapeamentos.



Figura 5. Chaves de interpretação em 1975.

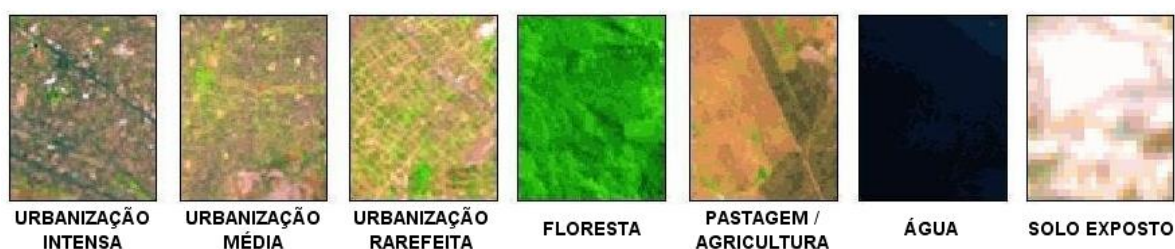


Figura 6. Chaves de interpretação em 2011.

Diferentes níveis hierárquicos de vegetação florestal, como floresta densa, manguezais, entre outros, assim como de adensamento urbano, tiveram de ser unificados em uma só classe: mata e área urbana, respectivamente. Diferentes categorias de urbanização, como uma área industrial, por exemplo, também não foram especificadas. Agricultura e pastagem também foram unificadas em uma só classe, que envolve todos os tipos de cultivos e de pastagens, naturais ou plantadas.

O solo exposto, observado com maior nitidez somente na imagem de 2011, está incluído na classe urbana em 1975, por não haver certeza sobre a precisão de seus dados, já que ocorre com uma assinatura espectral bem semelhante à das áreas urbanas, além de ocorrer espacialmente, em geral, associado à urbanização. Permaneceu, porém, como uma classe em 2011 devido à relevância de seus dados no referido ano.

Após a definição das classes para interpretação, ambas as imagens foram segmentadas com similaridade (tons de cinza) 8 e área (pixels) 80, valores definidos após uma série de testes visuais. Em seguida as imagens foram classificadas automaticamente com percentual de 95% do algoritmo Iseog. O Iseog é um algoritmo de classificação não-supervisionada, ou seja, o *software* identifica e agrupa automaticamente os diferentes padrões da imagem sem a necessidade de coleta de amostras por parte do usuário (INPE, 2013).

Após a classificação automática, foram criadas as imagens temáticas matriciais, com suas classes, anteriormente criadas, associadas às classes de uso e cobertura estabelecidas. Posteriormente, as imagens temáticas foram recortadas com o limite da área das três bacias, criada com auxílio de uma imagem *SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)* de Modelo Digital de Elevação (*MDE*), da folha SF-23-Z-A, obtida no site Brasil em Relevo, da EMBRAPA (2012). Em seguida, as imagens matriciais foram editadas, a uma escala de trabalho aproximada de 1:50.000, com auxílio das imagens de satélite, utilizando o recurso de acoplagem do Spring, além da utilização de dados complementares, como informações oficiais sobre agropecuária e mineração

obtidas nos diretórios do IBGE (2006), INEA, ANA e EMBRAPA (2012), DNPM e MMA (2013), do relatório da Sondotécnica (2006), e das informações coletadas em trabalho campo realizado no dia 14/10/2012.

Após a conclusão da edição das imagens temáticas, foram extraídas as informações finais contendo os dados quantitativos referentes a cada classe nos mapeamentos dos dois anos, através da ferramenta Medidas de Classes. Por fim, foram gerados os mapas dos respectivos mapeamentos em formatos *tiff*, *pdf* e *shapefile*, compatíveis com outros *softwares* de SIG como o *QuantumGIS* e o *ArcGIS*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudanças observadas nas respectivas imagens e na paisagem foram comprovadas com os dados quantitativos extraídos das tabelas dos mapeamentos (Tabelas 1, 2 e 3), analisados e comparados, após a classificação e edição final das imagens. De 1975 para 2011 houve, na área que envolve as três bacias pesquisadas, um aumento de 61,23 km² de áreas agrícolas e de pastagens, e de 82,27 km² de área urbana, incluindo solo exposto, em detrimento da redução de 154,38 km² de áreas florestadas. Além disso, devido ao surgimento e multiplicação dos areais, houve um aumento de 10,68 km² da área de corpos hídricos na região, estando estes concentrados às margens de alguns afluentes da bacia do Rio da Guarda, e às margens do Rio Guandu, principalmente na margem oeste.

Apesar de serem produtos da extração mineral, os areais foram qualificados como corpos hídricos devido ao padrão como aparecem no mapeamento. Algumas cavas de extração de areia podem já não estar mais sofrendo a atividade mineral, encontrando-se inativas. Além disso, diante da quantidade de corpos hídricos presentes naquela área, pode haver a ocorrência de unidades que não são fruto da extração mineral, o que exigiria um estudo específico mais detalhado sobre a procedência e as características de cada um dos lagos.

Diante deste quadro, o número de corpos hídricos classificados no mapeamento passou de 6 para 121 em 36 anos, com uma área de 38,77 km² em 1975 e de 49,45 km² em 2011, números totais que incluem também rios e a represa de Lajes. No entanto, a represa de Lajes, apesar de artificial, já se fez presente no mapeamento de 1975, ocupando uma grande área inundada à montante da bacia do Rio Guandu, desde que foi construída sua barragem no ano de 1943.

Através da realização de uma leitura visual dos dois mapeamentos (Figuras 7 e 8), observou-se, no geral, que a ocupação urbana foi mais intensificada à jusante do Rio Guandu e próxima à foz dos três rios principais, sem muitas alterações na parte norte da área de estudo. Os areais surgiram

também como um dos principais destaques no mapeamento e na paisagem de 2011. Localizados a sudeste da bacia do Rio da Guarda, os lagos chamam a atenção com um numeroso grupo de corpos hídricos artificiais que não existia em 1975, e que tiveram origem com a extração de areia para a construção civil na região metropolitana do Rio de Janeiro.

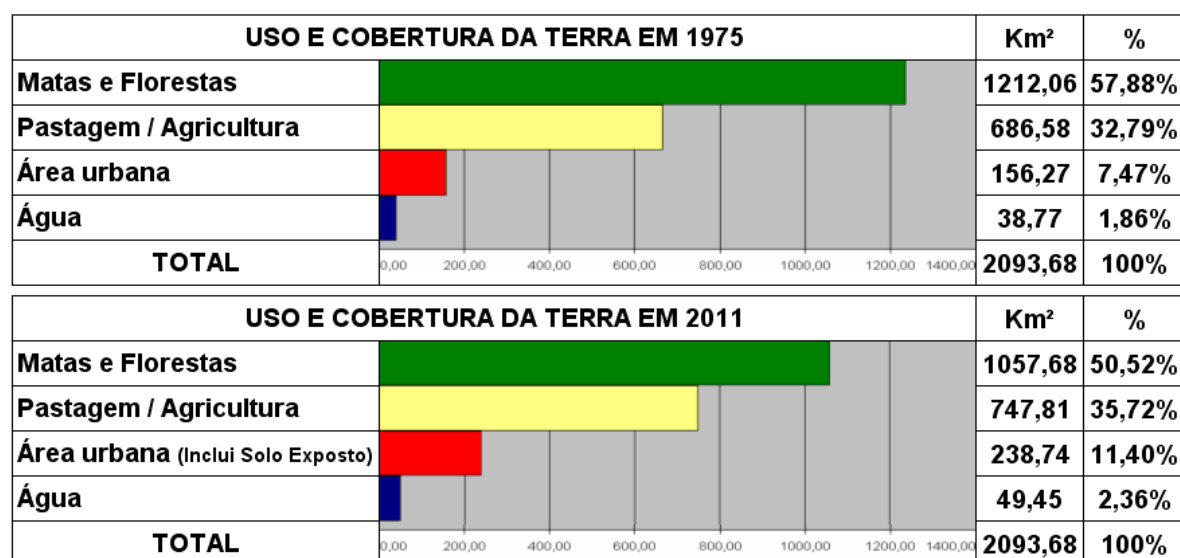
Tabela 1. Tabela quantitativa de classes: 1975.

USO / COBERTURA	GUANDU		GUARDA		GUANDU MIRIM		TOTAL	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Matas e Florestas	970,90	63,90%	151,24	41,21%	89,92	43,38%	1212,06	57,88%
Pastagem / Agricultura	446,89	29,41%	185,51	50,54%	54,18	26,14%	686,58	32,79%
Área urbana	64,06	4,22%	29,49	8,03%	62,72	30,27%	156,27	7,47%
Água	37,54	2,47%	0,79	0,22%	0,44	0,21%	38,77	1,86%
TOTAL	1519,39	100%	367,03	100%	207,26	100%	2093,68	100%

Tabela 2. Tabela quantitativa de classes: 2011.

USO / COBERTURA	GUANDU		GUARDA		GUANDU MIRIM		TOTAL	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Matas e Florestas	875,70	57,63%	115,11	31,36%	66,87	32,28%	1057,68	50,52%
Pastagem / Agricultura	516,04	33,96%	182,81	49,80%	48,96	23,62%	747,81	35,72%
Área urbana	79,66	5,25%	45,46	12,39%	83,37	40,22%	208,49	9,96%
Solo exposto	8,07	0,54%	14,56	3,97%	7,62	3,67%	30,25	1,44%
Água	39,92	2,62%	9,09	2,48%	0,44	0,21%	49,45	2,36%
TOTAL	1519,39	100%	367,03	100%	207,26	100%	2093,68	100%

Tabela 3. Gráfico comparativo das classes em 1975 e 2011.



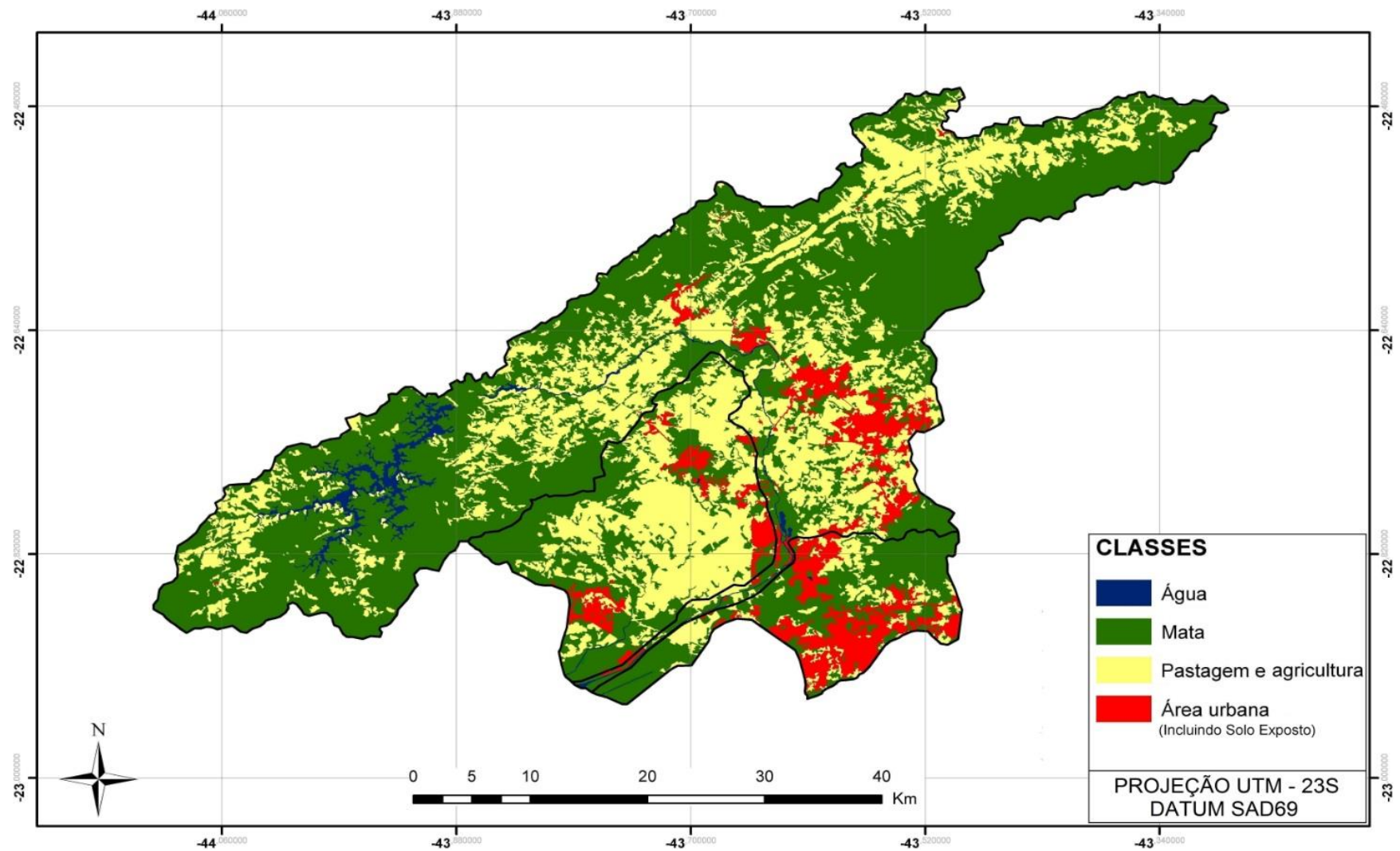


Figura 7. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em 1975.

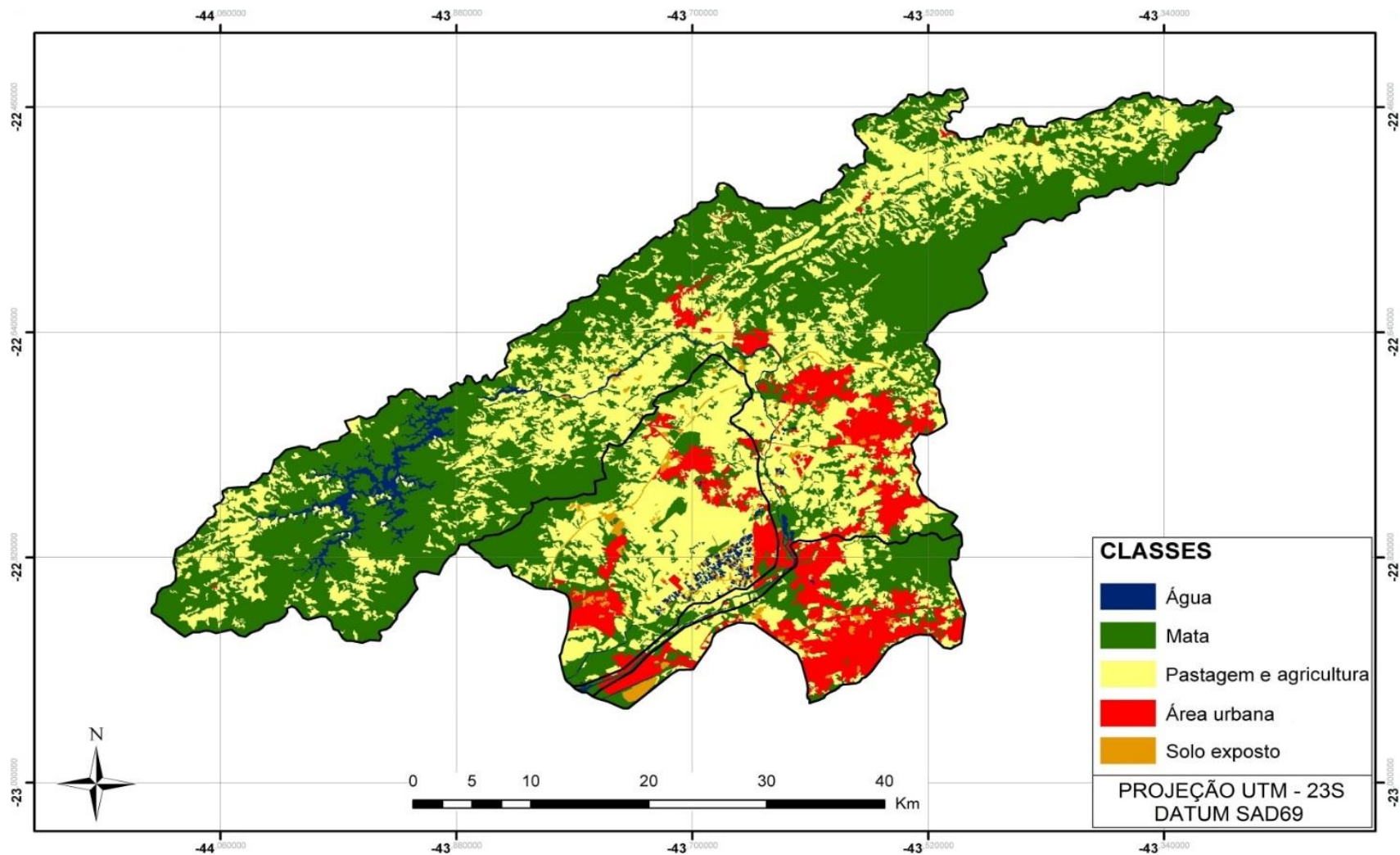


Figura 8. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em 2011.

As áreas de solo exposto, analisadas no mapeamento de 2011, concentram-se em três locais principais: nas bordas dos lagos de extração de areia; em meio às áreas urbanas em crescimento das três bacias; e principalmente com as obras do arco metropolitano, que corta todo o centro da área de estudo, mais precisamente as bacias do Guandu e do Guarda, do município de Nova Iguaçu até Itaguaí, com destino o porto de Itaguaí/Sepetiba.

A bacia do Rio Guandu respondeu com um aumento considerável da área urbana, tendo esta passado de 64,06 km² em 1975 para 79,66 km² em 2011. Se considerado o solo exposto, a classe urbana passa a responder por 87,73 km² em 2011. Em relação à área de vegetação florestal, a bacia do Rio Guandu apresentou uma diminuição de 970,90 km² em 1975 para 875,70 km² em 2011, números não tão expressivos se comparado com o tamanho total da área da bacia. Apesar disso, as margens dos rios merecem certa atenção. Salamene (2007) realizou um mapeamento específico da Área de Preservação Permanente (APP) do rio Guandu, e identificou que esta é fortemente antropizada, e apresenta pastagens e cultivos agrícolas como seus usos da terra predominantes, com índices superiores à da mata ciliar. Ainda em relação à bacia do Rio Guandu, a classe de pastagem/agricultura se expandiu de 446,89 km² para 516,04 km².

Na bacia do Rio da Guarda, o principal destaque é a presença, em 2011, dos lagos artificiais provenientes da extração de areia (Figura 09), que aumentaram a área de corpos hídricos em 8,3 km² em relação a 1975. Segundo dados do SIGMINE, o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (DNPM, 2012), foram feitos licenciamentos e concessões de lavras para a exploração de areia naquela área, mais precisamente no município de Seropédica, fatos que causam o aparecimento de lagos artificiais. Segundo Tubbs et al. (2011), esses lagos formam um ambiente peculiar devido a sua acidificação. Uma comparação, entre os teores dos componentes das águas subterrâneas da região com as águas dos lagos de extração de areia, indica que o processo da atividade de extração de areia desencadeia mudanças na química da água. Poços localizados próximos aos areais podem ter a água contaminada para consumo, com elementos químicos em excesso, como alumínio, manganês e ferro (TUBBS et al. , 2011).

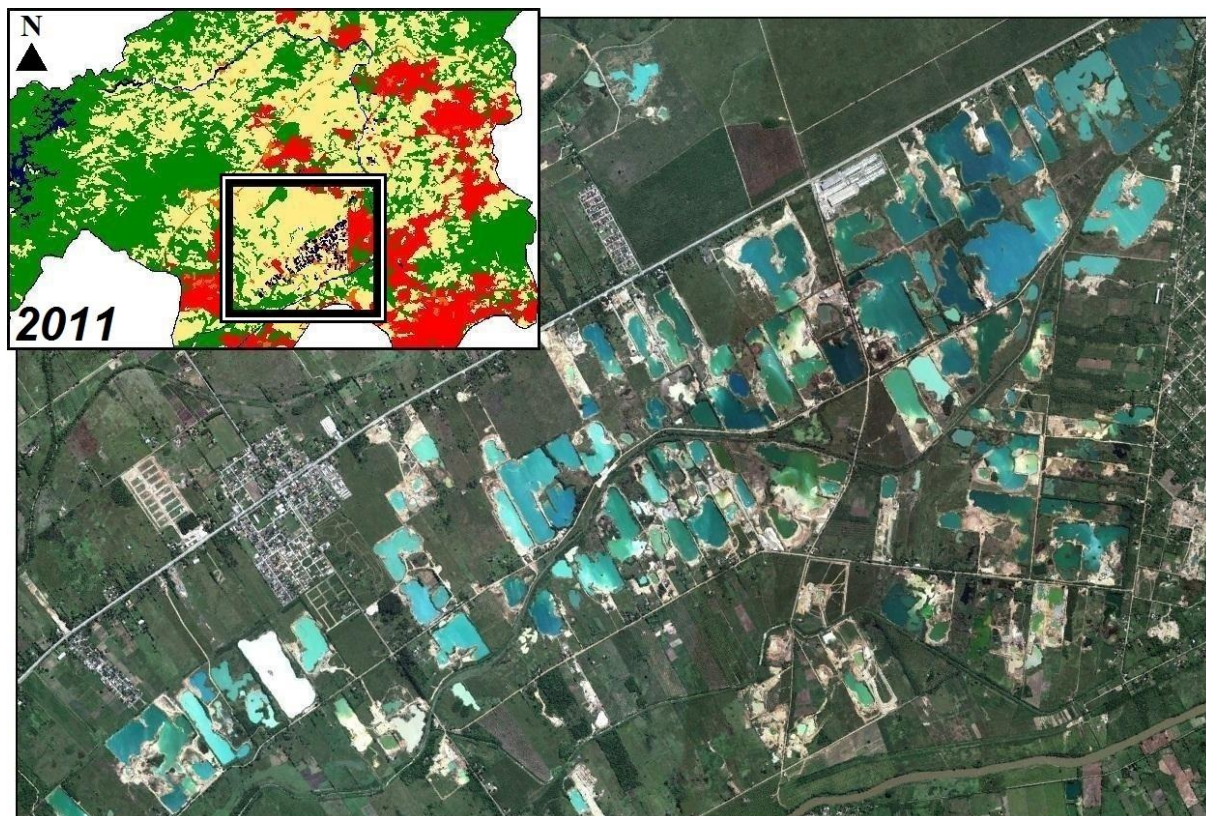


Figura 9. Lagos artificiais de extração de areia. Fonte: Google Earth (2012).

A bacia do Rio da Guarda destacou-se também pelo inverso de uma tendência observada na bacia do Guandu: a redução da classe pastagem/agricultura, de 185,51 km² em 1975 para 182,81 km² em 2011, provavelmente devido a uma estagnação das atividades agropecuárias nessa área. Além disso, foram observados também reflorestamentos, em áreas antes campestres, nas proximidades de Piranema. Apesar desse reflorestamento, não houve um aumento da área total de matas, mas sim uma redução, de 151,24 km² para 115,11 km². Respondendo como uma classe que emergiu – não necessariamente ocupando o mesmo espaço da área antes florestada – a classe urbana aumentou de 29,49 km² para 45,46 km² (60,02 km² se contabilizado o solo exposto), com o aumento dos aglomerados urbanos de Seropédica e Itaguaí.

A bacia do Rio Guandu Mirim foi, entre as três, a que apresentou o maior aumento de percentual da classe urbana em relação à área total da bacia. As áreas urbanizadas passaram de 62,72 km² em 1975 para 83,37 km² em 2011 (90,99 km² contabilizando o solo exposto), representando um aumento de 13,62% numa área de 207,26 km². Este aumento foi acompanhado de uma redução de 89,92 km² para 66,87 km² da classe florestal. A bacia abrange bairros do município do Rio de Janeiro que apresentaram altos graus de expansão imobiliária nas últimas décadas, como Campo Grande e Santa Cruz. Além disso, um dos fatores determinantes

para o aumento da área urbana foi a construção da CSA (Companhia Siderúrgica do Atlântico), numa área muito grande se levado em consideração o tamanho total da bacia, a menor das três pesquisadas.

Na bacia do rio Guandu Mirim localizam-se também classes de pastagem e agricultura que passaram de 54,18 km² em 1975 para 48,96 km² em 2011. A diminuição desta classe também é resultado do avanço da classe de ocupação urbana, com muitas áreas loteadas. Apesar disso, a redução da classe de pastagem e agricultura não foi tão intensa, e na região, considerada historicamente uma área rural do município do Rio de Janeiro, ainda se localizam tradicionais cultivos agrícolas de variados tipos, principalmente de mandioca e coqueiros, conforme observações de campo realizado em outubro de 2012 (Figuras 10a e 10b).

Plantações de mandioca e coqueiros são encontradas também em áreas das bacias dos rios Guandu e da Guarda. Os problemas causados pela presença da CSA afetam tanto as áreas residenciais como as áreas agrícolas. As famílias da colônia de agricultores do bairro de Santa Cruz relataram que, além da poluição do ar causada após a instalação da indústria, a CSA desviou o curso do canal de São Fernando, um antigo canal de irrigação da área agrícola, para o Canal de São Francisco (Rio Guandu), ocasionando o refluxo de águas nas cheias e na maré alta, afetando negativamente a área de cultivo.

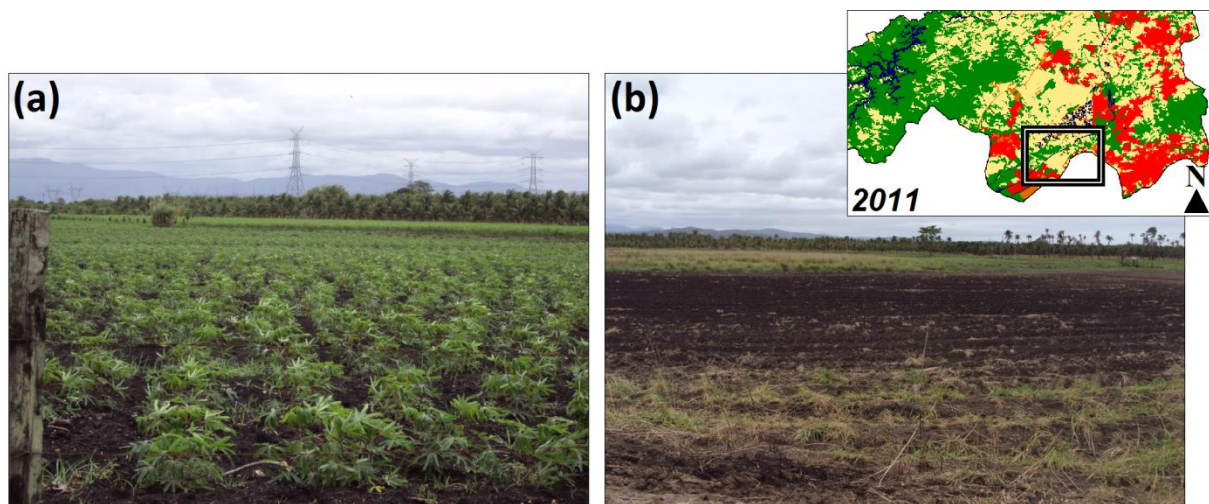


Figura 10. Cultivo de mandioca e coqueiros: Área plantada (a); Solo exposto do tipo terra preta (b).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observamos que as análises de evolução da paisagem a partir dos mapas de Uso e Cobertura da Terra gerados apresentaram os resultados esperados para a área de estudo. A evolução da paisagem pesquisada nestas três bacias acompanhou a tendência de avanço da malha urbana a partir da região metropolitana do Rio de Janeiro, causando assim maior impacto sobre a vegetação florestal, e dando lugar à ampliação de classes de uso que tendem a desequilibrar a dinâmica do sistema bacia hidrográfica, como aglomerados urbanos e áreas de solo exposto, estas associadas ao crescimento da urbanização.

O surgimento de inúmeros lagos artificiais também exerce influência no sistema por não corresponder à dinâmica natural da bacia, podendo ser responsável por degradação dos rios e contaminação do lençol freático, conforme visto em pesquisas abordadas anteriormente. A diminuição de áreas agrícolas, observada nos resultados da pesquisa, é também uma tendência dessa região, que não se caracteriza por expansões desta classe, mas sim pela substituição destas pelas áreas urbanas. Apesar disso, ainda se mantiveram muitas atividades agropecuárias tradicionais da região, que também sofrem com os avanços da urbanização, bem como da instalação de indústrias.

A metodologia e os materiais utilizados atenderam aos objetivos, reforçando a eficiência das geotecnologias em relação a este tipo de pesquisa, tendo disponíveis, gratuitamente, imagens de satélite e softwares dotados de recursos. Apesar disso, as limitações encontradas, principalmente em relação à acurácia da imagem do sensor *MSS* do *Landsat*₁, de 1975, impediram um maior detalhamento de classes, já que houve a impossibilidade de identificação de diferentes níveis de urbanização e de adensamentos de vegetação, bem como a distinção precisa entre uma vegetação de manguezal e de floresta.

Desta maneira, o embasamento técnico-científico deste estudo contribuiu para uma melhor observação e análise das bacias, comprovando uma ampliação da ocorrência espacial de usos e coberturas originários de processos antrópicos, entre 1975 e 2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP – ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. Decreto Estadual nº 31.178, de 03 de Abril de 2002. Disponível em: <<http://www.agevap.org.br/downloads/guandu/Decreto%2031.178%2003-04-2002.pdf>> Acesso em: Outubro de 2012.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Plano de Recursos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim. Disponível em:

- <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/planoderecursos/PBH-Guandu.aspx>> Acesso em: Outubro de 2012.
- CEDAE – COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO DE JANEIRO. Estação de Tratamento de Água do Guandu. Disponível em: <<http://www.cedae.com.br/img/guandu/guandu.pdf>> Acesso em: Novembro de 2013.
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos. CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (Org). Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1998.
- DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. SIGMINE. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>> Acesso em: Março de 2013.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasil em Relevo. SRTM. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>> Acesso em: Junho de 2012.
- FLORENZANO, T.G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.
- GLCF – GLOBAL LANDCOVER FACILITY. ESDI – Earth Science Data Interface. Disponível em: <<http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>> Acesso em: Janeiro de 2012.
- GONÇALVES, L.F.H.; GUERRA, A.J.T. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico de Uso da Terra. Número 7. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE CDDI, 2006.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: Novembro de 2013.
- IMPAGLIAZZO, M. Gestão dos Recursos Hídricos do Rio Guandu: A sustentabilidade ambiental da água consumida no município do Rio de Janeiro. Anais do II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina, 2011.
- INEA – INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. Sub-bacia do Rio Guandu. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/fma/sub-bacia-guandu.asp>> Acesso em: Outubro de 2012.
- INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Tutorial do Spring. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>>. Acesso em: Novembro de 2013.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/sistema-nacional-de-ucs-snuc>> 2012. Acesso em: Março de 2013.
- SALAMENE, S. Estratificação e Caracterização Ambiental da Área de Preservação Permanente do Rio Guandu, RJ. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.
- SONDOTÉCNICA, Engenharia de Solos. Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/downloads/pb_guandu_cap_1.pdf> Acesso em: Janeiro de 2013.
- TUBBS, D.; GOMES, O.V.O.; CUZZATTI, T.G.; SILVA-FILHO, E.V. Impacto da mineração de areia sobre a química das águas subterrâneas, distrito areeiro da Piranema, municípios de Itaguaí e Seropédica, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geociências: 41(3). pp.472-485. 2011.

- TUCCI, C.E.M. Água no Meio Urbano. pp.399-432. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas Doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras, 1999.
- VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.