

EVOLUÇÃO DA PAISAGEM NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS CONTRIBUINTES DA BAÍA DA ILHA GRANDE

Cristiano Figueiredo Limaⁱ
Doutorando em Geografia
Universidade Federal Flumi-
nense (UFF)

Resumo

Este estudo apresenta a metodologia e resultados de avaliação da evolução da paisagem nas bacias hidrográficas contribuintes da baía da Ilha Grande, no litoral sul do estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 2004 e 2018, com auxílio de mapas de Cobertura do Solo. Também foram considerados fatores de restrições e/ou induções do crescimento urbano e a indicação de áreas com maior crescimento urbano no período indicado. Os resultados identificam (i) o crescimento de áreas de florestas nos municípios paulistas, ao contrário do que foi verificado nos municípios fluminense; (ii) o elevado crescimento urbano significativo a menos de 500 metros de vias de acessos existentes, (iii) a influência das Unidades de Conservação na contenção da expansão urbana; e (III) a expansão urbana em áreas de encostas. Assim, o presente estudo mostra-se como importante ferramenta para a aplicação de políticas públicas voltadas para o ordenamento territorial, especialmente relacionado à expansão urbana na bacia de contribuição da baía da Ilha Grande.

Palavras-chave: Evolução da paisagem; Cobertura do Solo; Crescimento Urbano; Zona Costeira e Baía da Ilha Grande

Abstract

This study aimed to present the methodology and the results of the evaluation of the landscape evolution in the contribution basin of the Ilha Grande Bay, on the coast of the state of Rio de Janeiro, between 2004 and 2018, with the support of landcover maps. Restriction factors and/or inductions of urban growth and indication of areas with higher urban growth in the study area were also considered. The results identify (i) the growth of forest areas in the municipalities of São Paulo, contrary to what was observed in the municipalities of Rio de Janeiro; (ii) as major changes in urban land cover occur less than 500 meters from existing access roads, (iii) Conservation Units act effectively in the urban sprawl area; and (iii) an urban expansion in the sloping areas that are increasing. Thus, the present study shows how important is the tool for the applica-

ⁱ *Endereço institucional:* Rua Gal. Milton Tavares, s/n Sala 508
Boa Viagem – Niterói (RJ) CEP 24210-346.
Endereço eletrônico:
cristiano.oceano@gmail.com

tion of public policies aimed at territorial planning, especially related to urban expansion in the urban contribution basin of the Ilha Grande Bay.

Keywords: Landscape evolution; Landcover; Urban Growth, Coastal Zone and Ilha Grande Bay

Introdução

O crescimento populacional na zona costeira do estado do Rio de Janeiro não é acompanhado, de modo geral, pela oferta de serviços de saneamento básico e saúde, entre outros. O que resulta na perda de qualidade ambiental e impactos socioambientais e culturais expressivos, que devem ser avaliados à luz de suas sinergias, associadas à evolução da paisagem. Nesse sentido, destacam-se alguns trechos ao longo da faixa litorânea fluminense, com elevadas taxas de crescimento populacional anual nas últimas décadas, de acordo com dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2000 a 2018 (IBGE, 2019), superiores a 3% ao ano nos municípios de Macaé, Rio das Ostras, Búzios, Cabo Frio, Maricá e Angra dos Reis (a taxa média estadual é de 1,32% ao ano entre 1991 e 2000). Outros trechos ao longo da faixa litorânea fluminense destacam-se pela baixa taxa de esgotamento sanitário como os municipais da região norte fluminense, Araruama (63,1%), Saquarema (54,6%) e Paraty (56,4%), de acordo com dados de 2010. Nesses casos, é significativa a influência da contaminação dos corpos d'água por efluentes domésticos, inviabilizando o uso do recurso hídrico para atividades como o lazer, turismo, maricultura e preservação.

Na baía da Ilha Grande, o lançamento de efluentes domésticos não tratados é uma realidade, em uma região que se destaca pela riqueza cultural, beleza paisagística, preservação ambiental e presença das Usinas Nucleares Angra I e II. Entre as principais atividades econômicas da região está o turismo (comércio e serviços), especialmente histórico, bem como as atividades maricultoras, com cultivos de ostras e mexilhões. Destaca-se ainda a significativa importância ecológica da região representada pela ampla abrangência de Unidades de Conserva-

ção, Áreas de Preservação Permanente, territórios indígenas e quilombolas, o Corredor Ecológico da Serra do Mar e a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, na área de estudo. No ambiente marinho também estão presentes Unidades de Conservação, que atuam principalmente no controle da pesca predatória e do turismo, que podem contribuir com a degradação da fauna marinha. Neste caso, destaca-se a Estação Ecológica Tamoiois (ESEC Tamoios), que abrange 29 áreas emersas e seus respectivos entornos marinhos, com distâncias de 1km, representando 5,69% da baía da Ilha Grande.

De acordo com o IBGE (2019), em 2010 o esgotamento sanitário classificado como “adequado” em Paraty correspondia a 56,4% de domicílios e em Angra dos Reis a 84,9%, quando a população total era de 37.533 e 169.511 pessoas em 2010 e estimada em 43.165 e 203.785 pessoas, em 2019, nos dois municípios, respectivamente. Quando avaliado o crescimento populacional entre 2010 e 2018, nota-se que Paraty e Angra dos Reis estão entre os municípios com maiores taxas, com 13,5 e 18,2%, respectivamente, sendo que o Estado do Rio de Janeiro apresenta taxa de 6,8% no mesmo período.

Conseqüentemente, os boletins de balneabilidade de praias do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) revelam o crescimento de praias impróprias para banho na baía da Ilha Grande nos últimos anos, com destaque para os registros de Coliforme Fecal (Termotolerante), acima daquele permitido pela legislação em vigor (INEA, 2019). De acordo com dados de abril de 2017, por exemplo, foram consideradas impróprias para banho as seguintes praias em Angra dos Reis (11): Bonfim; Anil; Jacuecanga; Mambucaba; Enseada; Frade; Garatucaia; Bexiga; Intinga; Biscaia; e Vermelha. Em Paraty, foram consideradas impróprias, no mesmo período, as seguintes praias (5): Jabaquara; Tarituba; Prainha de Mambucaba; Praia Grande de Corumbê; e Praia do Meio (Trindade).

As informações supracitadas, dentre outras, evidenciam a necessidade de especial atenção do poder público para a adoção de ações imediatas e integradas de ordenamento territorial e gestão ambiental, visando à prevenção, controle, mitigação e à recuperação de impactos ambientais associados ao crescimento

populacional desordenado em municípios da zona costeira fluminense, como aqueles que integram a região da baía da Ilha Grande.

Objetivos

O presente estudo visa a apresentação da evolução da paisagem na bacia de contribuição da baía da Ilha Grande, entre os anos de 2004 e 2018, com destaque para a avaliação do crescimento de áreas urbanas, de modo a contribuir com as ações de gestão ambiental e ordenamento territorial, adotando-se técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e fotointerpretação.

Os objetivos específicos dessa avaliação são:

- a avaliação crítica sobre a metodologia utilizada para o estudo da evolução da paisagem;
- a avaliação de fatores de restrições e/ou induções do crescimento urbano na área em estudo; e
- a indicação de áreas com maior crescimento urbano, no período indicado.

Área de Estudo

A Baía da Ilha Grande totaliza 2.272,23 km², sendo compreendida pelos municípios de Paraty (922 km²), Angra dos Reis (816 km²) e parte dos municípios de Mangaratiba (18,31 km²), no Estado do Rio de Janeiro, além de parte dos municípios de Cunha (55,39 km²), São José do Barreiro (327,15 km²) e Bananal (132,41 km²), pertencentes ao Estado de São Paulo (**Figura 1**). A área corresponde aos limites das bacias hidrográficas de rios afluentes da baía da Ilha Grande, com destaque para as bacias dos rios Paca Grande, Ariró e Mambucaba, que nascem no Estado de São Paulo. Vale destacar que também foram con-

sideradas nessa área, as sub-bacias hidrográficas do município de Paraty em trecho voltado diretamente para o mar, a Ilha Grande e demais Ilhas da região e sub-bacias hidrográficas localizadas em parte do município de Mangaratiba, em um trecho de transição com a baía de Sepetiba, consideradas significativas para o estudo em tela.

De acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico da baía da Ilha Grande (ZEE, 2015, p.36) a baía apresenta um clima do tipo megatérmico superúmido, com elevadas temperaturas e alta pluviosidade, concentrada principalmente no verão, a qual é influenciada pela Serra do Mar, que constitui uma importante barreira orográfica, interpondo-se à trajetória de sistemas frontais e linhas de instabilidade. A ação sinérgica destes fatores resulta em índices de pluviosidade que chegam em torno de 2.000 mm/ano. As temperaturas da região chegam a máximas climatológicas mensais que ultrapassam 30°C no mês de fevereiro, enquanto os valores mínimos são registrados no inverno, entre maio e setembro, oscilando entre 12,2°C e 19,6°C.

O relevo é bastante acidentado, formado basicamente por áreas mais elevadas compostas por granitos, charnokitos e ortogneisses de diferentes tipos, com amplitudes topográficas superiores a 500 m e as reduzidas áreas de planícies costeiras onde são identificados depósitos sedimentares inconsolidados dos tipos aluvionar, coluvionar, fluvio-marinho e de mangue, bem como, típicos cordões arenosos de praia. Vale destacar que essas áreas de planície costeira são significativamente requeridas para fins urbanísticos, dentre outros usos socioeconômicos, em especial nas proximidades dos rios de maior porte, que drenam diretamente para o mar. Em suas encostas destaca-se a presença de exuberante Mata Atlântica, composta predominantemente por floresta ombrófila densa, embora também devam ser considerados trechos de remanescentes de floresta ombrófila de terras baixas, densa submontana, montana, mista de alto montana, que contribuem com a manutenção da elevada riqueza da fauna e flora da região.

Em termos fisiográficos, a Baía da Ilha Grande constitui um corpo d'água marinho semi-confinado, devido à presença da Ilha Grande, a qual é separada do

continente por um estreito, associado a uma grande depressão batimétrica, conhecida como Canal Central. A batimetria é caracterizada por extensas áreas rasas com profundidades de até 40 m, sendo o setor leste da Baía da Ilha Grande o que apresenta profundidades médias menores, de cerca de 20 m, contrastando com as profundidades maiores (entre 20 m e 30 m) observadas no setor oeste, enquanto às áreas mais próximas à costa na enseada de Paraty apresentam cota média de 10 m. Destaca-se ainda que o arquipélago da Ilha Grande incorpora um total de 187 ilhas, ilhotes, lajes e parcéis.

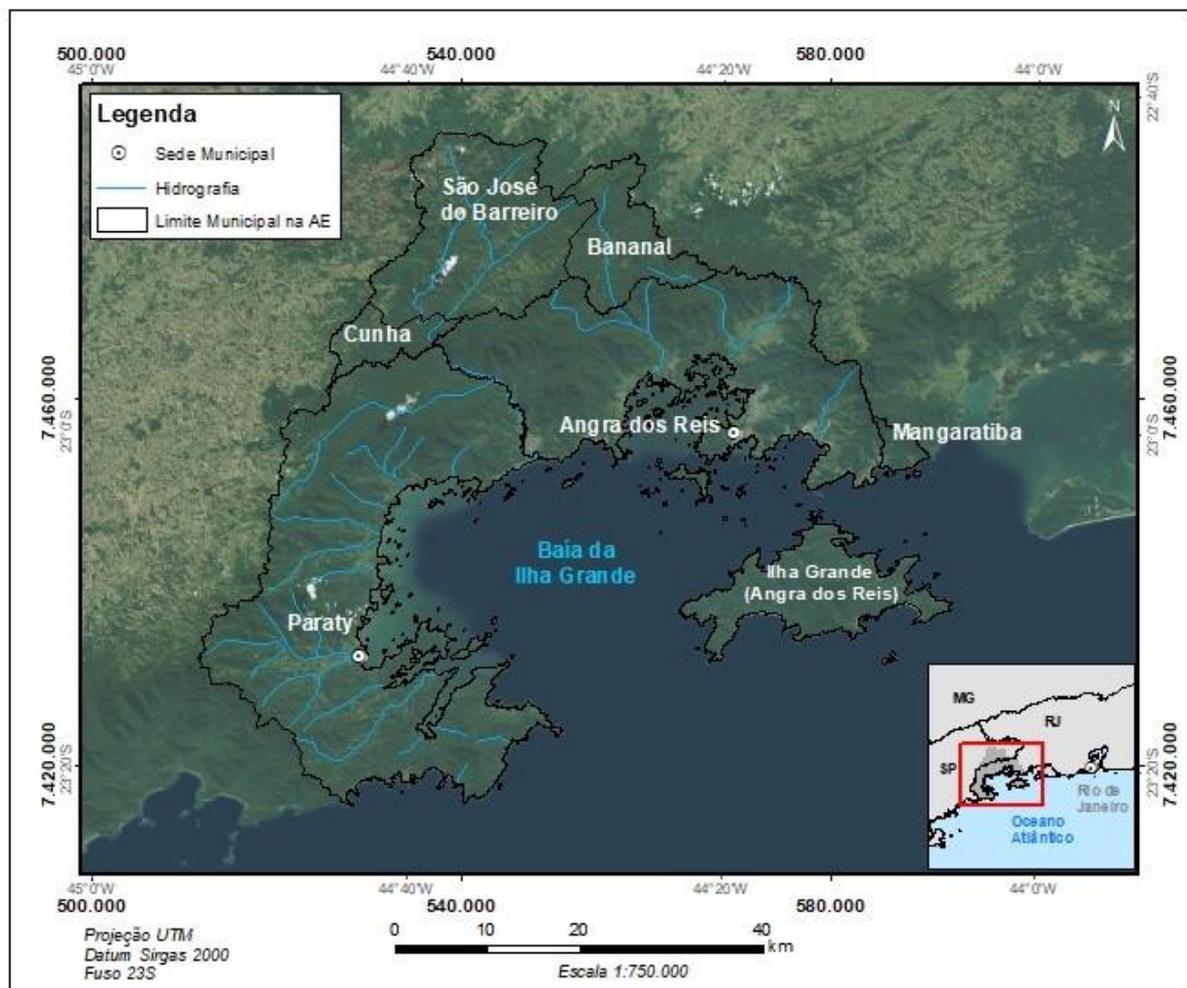


Figura 1: Localização da Área de Estudo (AE).

Base Teórico-conceitual

Para os estudos da evolução da dinâmica da paisagem destacam-se inicialmente as contribuições de geotecnologias destinadas às avaliações geográficas pretendidas, bem como as metodologias empregadas para as referidas avaliações. De acordo com Veldkamp & Lambin (2001, p.2), a elaboração de um modelo de predição de mudança da paisagem exige a seleção de variáveis adequadas representadas em escalas cartográficas apropriadas.

De acordo com Souza (2012, p.9) a escala de mapeamento de uso e cobertura do solo deve estar de acordo com as dimensões da área de estudo, a escala dos dados cartográficos e das imagens de satélites utilizados. A **Tabela 1** apresenta a relação entre a resolução espacial e a precisão cartográfica recomendada para estudos geográficos, conforme definição da Associação Cartográfica Internacional (adaptado de CHUVIECO, 2002). Convém destacar que essa relação entre a escala e a resolução espacial é importante do ponto de vista da cartografia, pois diz respeito à unidade mínima que pode ser cartografada dentro de uma determinada precisão planimétrica.

Tabela 1: Relação recomendada entre a resolução de imagens

Resolução Espacial	Escala de Trabalho
0,60m	1:2.000
3m	1:5.000
10-20m	1:25.000
30m	1:50.000
80m	1:200.000
1000m	1:1.500.000

Fonte: Adaptado de Chuvieco (2002).

Souza (2012, p.3) destaca entre as diferentes classes de cobertura do solo, as áreas urbanas, que não podem ser caracterizadas por um comportamento espectral padrão, diferente de outros tipos de coberturas ou alvos, como a vegetação, os corpos aquáticos e os solos, que são superfícies relativamente homogê-

neas em termos de cobertura. As áreas urbanas são formadas por uma grande diversidade de materiais, prevalecendo a heterogeneidade das coberturas. Deste modo, o potencial de uso dos dados de sensoriamento remoto para estudos urbanos depende, principalmente, da resolução espacial. Em imagens com resolução espacial média (10-50 m), a mancha urbana se distingue por apresentar altos valores de reflectância na faixa do visível. Entretanto, dependendo das condições, o solo exposto, apresenta um comportamento padrão semelhante às áreas urbanas, dificultando sua distinção.

À título de exemplo, em Sampaio et. al. (2014) foram empregadas técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e modelagem de dados visando a elaboração de um modelo de dinâmica de cobertura do solo para simular cenários de expansão urbana no Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e a verificação das influências espaciais da implantação de infraestruturas de acessibilidade previstas neste espaço, considerando o horizonte preditivo para 2031. No estudo foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT-5 dos anos de 2001, 2006 e 2011, com resolução espacial de 30 metros, para o mapeamento do uso e cobertura do solo. Foram realizadas atividades de correção geométrica das imagens, pré-processamento digital, seguida da aplicação de realce. Posteriormente a classificação das imagens foi baseada na análise dos segmentos e treinamento supervisionado, com o uso do programa SPRING, versão 5.1.8. e adoção de pontos de controle obtidos em campo, com receptores GPS. Entretanto, os autores destacaram a necessidade de pós-classificação, com edição vetorial de significativos quantitativos dos polígonos classificados erroneamente, a partir do método mencionado. As referências utilizadas foram as imagens de alta resolução disponibilizadas na base do aplicativo *Google Earth*, com resolução espacial de 1 metro.

Outras diversas técnicas são indicadas na literatura, para estudos de evolução da paisagem, como a aplicação de técnicas de correções geométricas e radiométricas, segmentação de áreas homogêneas, fointerpretação e modelagem ambiental. Entretanto, considera-se de significativa importância, a avaliação crítica

tica do pesquisador quanto à escolha das melhores técnicas a serem aplicadas, não deixando de observar o “custo-benefício” de aplicação dessas técnicas em relação aos objetivos pretendidos. Nesse sentido, Weckmuller R. & Vicens R.S. (2006, p.884), indicam que existem muitas técnicas de análise que podem ser empregadas para a avaliação da evolução da paisagem e que, cada uma possui uma forma própria de lidar com a extração e com a classificação das mudanças, não existindo um método universalmente aceito. Os parâmetros de escolha dessas técnicas dependem do objetivo da pesquisa e/ou da preferência por parte do pesquisador por determinada ferramenta (JENSEN, 2009, p.598).

Para os estudos da dinâmica da paisagem também se considera pertinente a observação da influência de uma série de fatores físicos, bióticos, socioeconômicos e culturais que interagem entre si ao longo do tempo.

Nesse sentido, a adoção de fatores de restrições e/ou induções do crescimento urbano tem se mostrado uma poderosa ferramenta na modelagem preditiva, de acordo com diversos estudos. Por exemplo, Firozjahi *et al.* (2019) considera os seguintes fatores aplicados à cidade de Babol no Irã: a) distância para as estradas principais; b) distância para o centro da cidade; c) distância para o rio; d) distância para a construção existente; e) áreas restritas à urbanização. Tripathy (2019) considera os seguintes fatores em Délhi, na Índia: a) Uso e Cobertura do Solo; b) Proximidade das Principais Vias de Acesso; c) Proximidade ao Distrito Comercial Central; d) Declividade do Terreno; e d) Densidade Populacional.

Por fim, Pollete & Silva (2003, p.27) afirmam que o Gerenciamento Costeiro Integrado, coerente com a realidade em que vivemos, deve compatibilizar a utilização e a ocupação da zona costeira brasileira de forma organizada e de acordo com os mais diversos interesses políticos, sociais, econômicos e conservacionistas. O que revela a influência também de questões políticas, muitas vezes relacionadas a ferramentas de ordenamento territorial, como por exemplo, de Planos Diretores Municipais, Zoneamentos Ecológicos Econômicos, entre outros.

Metodologia

A metodologia de avaliação espacial adotada no presente estudo é apresentada em forma de fluxograma, na **Figura 2** a seguir.

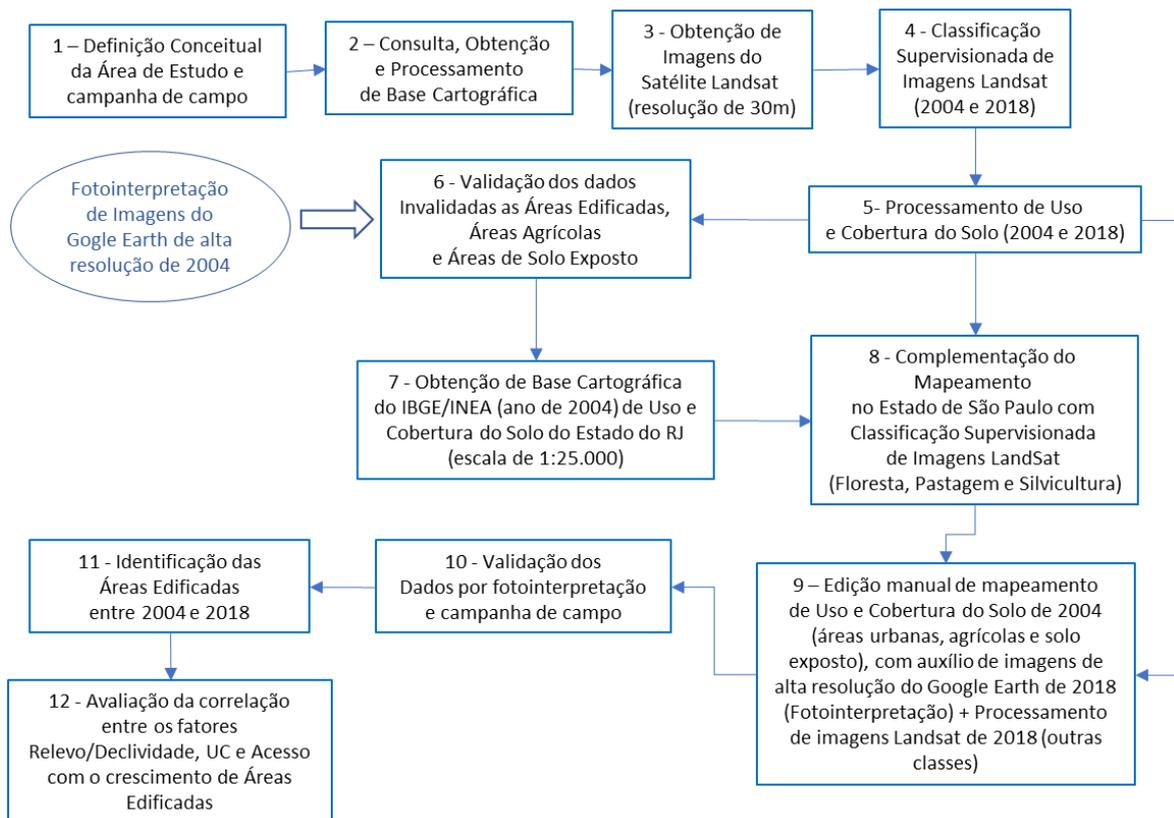


Figura 2: Metodologia adotada e prevista para a execução do presente estudo.

Em um primeiro momento foi definida a Área de Estudo, visando a indicação das localidades que mais influenciam a qualidade das águas na baía da Ilha Grande. Para tanto foram considerados os divisores das bacias hidrográficas dos rios que desaguam suas águas na baía da Ilha Grande, incluindo-se parte do município de Paraty, cuja drenagem é voltada para o mar, bem como, um trecho do município de Mangaratiba, em área limítrofe entre a baía da Ilha Grande e a baía de Sepetiba.

De modo a subsidiar a referida delimitação da Área de Estudo, bem como da avaliação da paisagem e mapeamento do uso e cobertura do solo, foi realizada

campanha de campo em janeiro de 2019, quando da definição conceitual da área de estudo e em agosto de 2019, na etapa final de processamento dos dados.

A base cartográfica adotada foi gerada em escala de 1:25.000, a qual é correspondente ao mapeamento disponibilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (Inea), concluído em 2016 através do Projeto RJ25, uma parceria entre o IBGE e o Governo do Estado do Rio de Janeiro. A base cartográfica foi gerada a partir de interpretação de imagens (na escala aproximada de 1:30.000), levantamentos em campo e dados de órgão setoriais parceiros, seguindo as diretrizes da Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (CONCAR, 2017).

As imagens de satélite e fotografias aéreas utilizadas no Projeto RJ25, que abrangem todo o Estado do Rio de Janeiro, correspondem a diferentes datas, entre 1996 e 2011, as quais foram disponibilizadas por diferentes instituições. A partir da avaliação comparativa, por fotointerpretação, dos resultados do mapeamento do uso e cobertura do solo disponibilizado no Projeto RJ25, com imagens pretéritas disponibilizada no Google Earth, nota-se que as imagens disponibilizadas pelo Inea, correspondentes à área de estudo, são do ano de 2004.

Como o mapeamento do Projeto RJ25 abrange apenas o Estado do Rio de Janeiro e a área de estudo abarca parte dos municípios de Cunha, São José do Barreiro e Bananal, no Estado de São Paulo, também foram utilizados dados cartográficos do mapeamento sistemático brasileiro, gerados na escala de 1:50.000, de onde foram obtidos dados dos temas hidrografia, hipsometria, limites políticos, localidades e acessos. Tratam-se das cartas Bananal (2743-1), Cunhambebe (2743-3), Rio Mambucaba (2742-4) e São José do Barreiro (2742-2), disponibilizadas no site do IBGE (IBGE, 2019), em formato vetorial.

Na sequência foram obtidas imagens Landsat (resolução espacial de 30m) disponibilizadas pela *United States Geological Survey – USGS*, no aplicativo *Earth Explorer*. As imagens utilizadas correspondem ao satélite Landsat 5, de 31 de julho de 2004 e Landsat 8, de 23 de agosto de 2018. As cenas foram escolhidas nas referidas datas especialmente por não apresentarem cobertura de nuvens. Tam-

bém foram utilizadas imagens de alta resolução disponibilizadas pelo *Google Earth*, com escala espacial inferior a 5 metros, referentes ao período de 2001 a 2019.

As imagens Landsat foram processadas com auxílio do software Envi 5.2 da *SulSoft*, sendo adotada a composição das bandas 5-4-3 (RGB), para a imagem do satélite Landsat 5 e as correspondentes bandas 6-5-4 (RGB) para a imagem do satélite Landsat 8, compreendidas pelas bandas do infra-vermelho próximo, vermelho e verde, respectivamente. Não foram realizadas correções geométricas e radiométricas ou outro processamento das imagens para a avaliação inicial pretendida. Posteriormente foram aplicadas máscaras, visando posteriores classificações supervisionadas apenas da área de estudo.

Na sequência foram realizadas classificações supervisionadas orientadas a objeto, das imagens Landsat de 2004 e 2018, com auxílio do software eCognition Developer 9, da Trimble. O processamento consiste basicamente em atividades de (i) segmentação da imagem de interesse, com a indicação do fator de escala que melhor represente o nível de detalhamento da classificação; (ii) coleta de amostras, para que o processador reconheça os diferentes tipos de uso e cobertura do solo de interesse; (iii) classificação da imagem; e (iv) tratamento das imagens classificadas.

O processamento das imagens landsat foram adotados apenas para a área compreendida em território paulista, onde os usos e coberturas do solo restringem-se basicamente às classes floresta, pastagem e silvicultura. Para as demais áreas, no estado do Rio de Janeiro, foi utilizada a classificação do Projeto RJ25. Posteriormente, o mapeamento de toda a área de estudo foi conferido e ajustado por fotointerpretação, com auxílio de imagens do Google Earth, para as duas datas de avaliação (2004 e 2018). Também foi realizada atividade de campo em agosto de 2019 para a validação do mapeamento final.

Resultados e Discussão

Os resultados do mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica Contribuinte da Baía da Ilha Grande são ilustrados a seguir, para os anos de 2004 (**Figura 3**) e 2018 (**Figura 4**).

Nota-se o amplo predomínio de floresta na área de estudo, com trechos de campo/pastagem mais concentrados nas proximidades das sedes municipais de Paraty e Angra dos Reis, bem como em área rural do município de São José do Barreiro. As áreas edificadas estão concentradas majoritariamente nas sedes municipais dos dois municípios fluminense, bem como nas comunidades de Bracuí, Frade, Praia Brava, Mambucaba, Perequê, Prainha e São Gonçalo, entre outras localidades.

Verifica-se também que não são identificadas vilas ou aglomerados de edificações nos municípios paulistas, na área de estudo. As áreas compreendidas pela silvicultura estão localizadas basicamente no município de Bananal, com alguns registros pontuais em São José do Barreiro, enquanto as áreas agrícolas são muito pouco representativas na área de estudo, com a ocorrência pontual principalmente nas imediações da comunidade do Perequê e da sede municipal de Paraty.

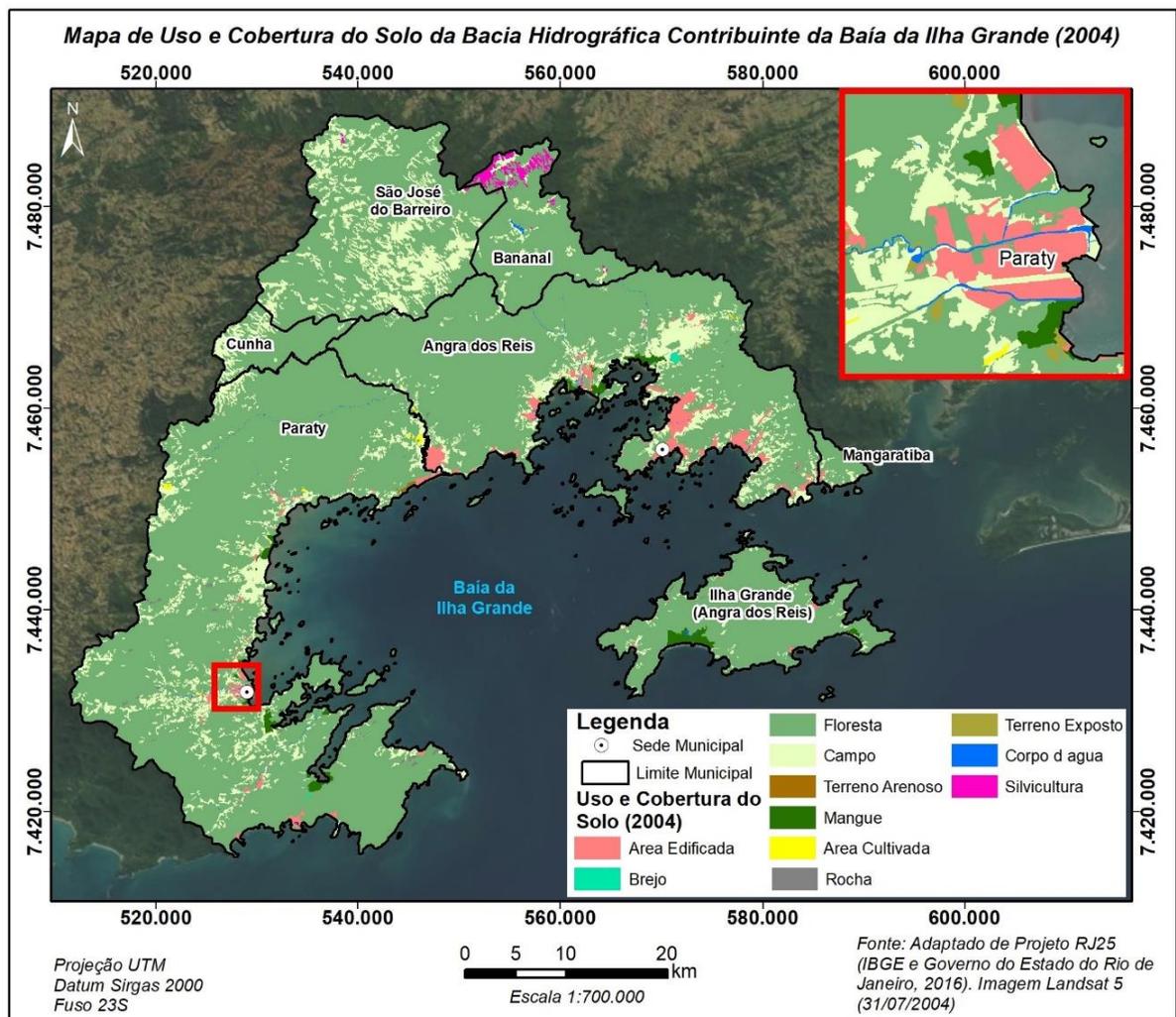


Figura 3: Mapa de Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica Contribuinte da Baía da Ilha Grande (2004).

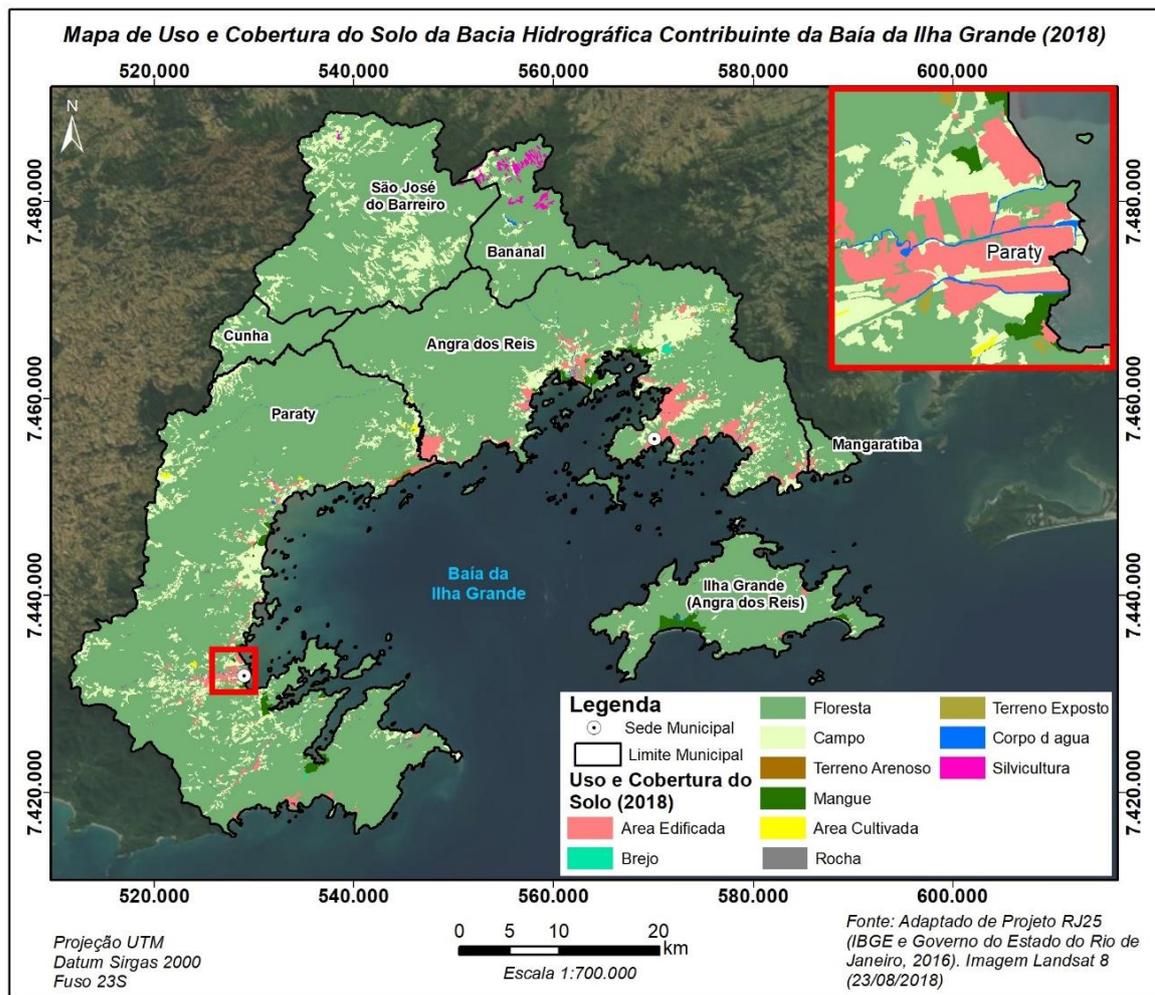


Figura 4: Mapa de Uso e Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica Contribuinte da Baía da Ilha Grande (2018).

Também são pouco expressivas as áreas classificadas como solo exposto, afloramento rochoso, brejo, corpos d'água e mangue. O mapeamento de praia e costões não foram mapeados em detalhe, pela escala espacial adotada e objetivos do estudo, embora essas formações sejam contempladas em trechos mais expressivos da linha de costa. Visando avaliações comparativas dos quantitativos de áreas correspondentes a cada classe de uso e cobertura do solo mapeada, é apresentada a Tabela 2, que além das áreas em km² apresenta o percentual de alteração no ano de 2018, em relação ao ano de 2004.

Tabela 2: Quantitativo do Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica Contribuinte da Baía da Ilha Grande (2004).

<i>Uso e Cobertura do Solo</i>	2004 (km ²)	2018 (km ²)	Crescimento (%)
Área Cultivada	2,07	2,11	1,91
Área Edificada	49,29	60,93	23,62
Brejo	0,86	0,86	0,00
Campo	292,10	244,35	-16,35
Corpo d'Água	5,46	5,42	-0,79
Floresta	1877,54	1917,40	2,12
Mangue	18,71	18,64	-0,34
Rocha	7,76	7,76	0,00
Silvicultura	10,71	7,89	-26,34
Terreno Arenoso	1,78	1,75	-1,65
Terreno Exposto	0,58	0,58	0,03

Destaca-se o crescimento discreto das áreas caracterizadas por florestas (2,12%), que está relacionado à redução das áreas de campo/pastagem (-16,35%) e silvicultura (-26,34%). Por outro lado, também se destaca o crescimento de áreas edificadas (23,62%). As demais classes de uso e cobertura do solo obtiveram variações pouco significativas, ou seja, menores que 2%, entre os anos de 2004 e 2018.

Para fins de ordenamento territorial é relevante que a avaliação seja realizada de acordo com os limites municipais da área de estudo, conforme apresentado na **Tabela 3**, cuja avaliação representa as classes com variações mais significativas e em termos percentuais.

Tabela 3: Variação das principais classes do Uso e Cobertura do Solo nas bacias hidrográficas contribuintes da baía da Ilha Grande entre 2000 e 2018 (%).

<i>Uso e Cobertura do Solo / Município</i>	Paraty	Angra dos Reis	Mangaratiba	Bananal	S.J. Barreiro	Cunha
Área Cultivada	11,3	-15,8				
Área Edificada	69,2	11,5	31,0			
Campo	-5,9	-3,8	-11,7	-5,0	-35,6	-62,8
Floresta	-0,1	-0,1	-0,8	3,0	12,8	16,9
Mangue		-0,6				
Silvicultura				-26,0	-31,4	

Quanto às áreas de coberturas florestais, foi verificado o crescimento nos municípios paulistas e diminuição nos municípios fluminenses. No primeiro caso, destaca-se em termos percentuais o município de Cunha, com 16,9%, equivalente a 7,4 km². Mas em termos quantitativos destacam-se as áreas anteriormente ocupadas por campo/pastagem e que se encontram em processo de revegetação, em São José do Barreiro, correspondendo a pouco mais de 30 km². Nestes dois últimos municípios, vale indicar a substituição de áreas anteriormente destinadas à silvicultura e que foram convertidas em áreas de florestas. Já as áreas de campo/pastagem apresentaram reduções em termos percentuais em todos os municípios da área de estudo, de 2004 para 2018, com destaque para os municípios de Cunha (-62,8%) e São José do Barreiro (-35,6%).

Por sua vez, destaca-se o crescimento das áreas edificadas no município de Paraty (69%), principalmente no entorno da sede municipal. No município, o crescimento corresponde a cerca de 7 km² e em Angra dos Reis, a cerca de 4 km², especialmente no entorno da comunidade do Bracuí. O mapa da **Figura 5** representa as localidades com crescimento de áreas edificadas entre os anos de 2004 e 2018, a partir no mapeamento do Uso e Cobertura do Solo da área de estudo.

Outras avaliações geoespaciais foram realizadas com intuito de identificar fatores socioambientais que estejam relacionados à expansão de áreas edificadas na área de estudo. Conforme apresentado a seguir, foram relacionadas as áreas de expansão das edificações com (i) relevo/declividade do terreno, (ii) unidades de conservação e (iii) vias de acesso.

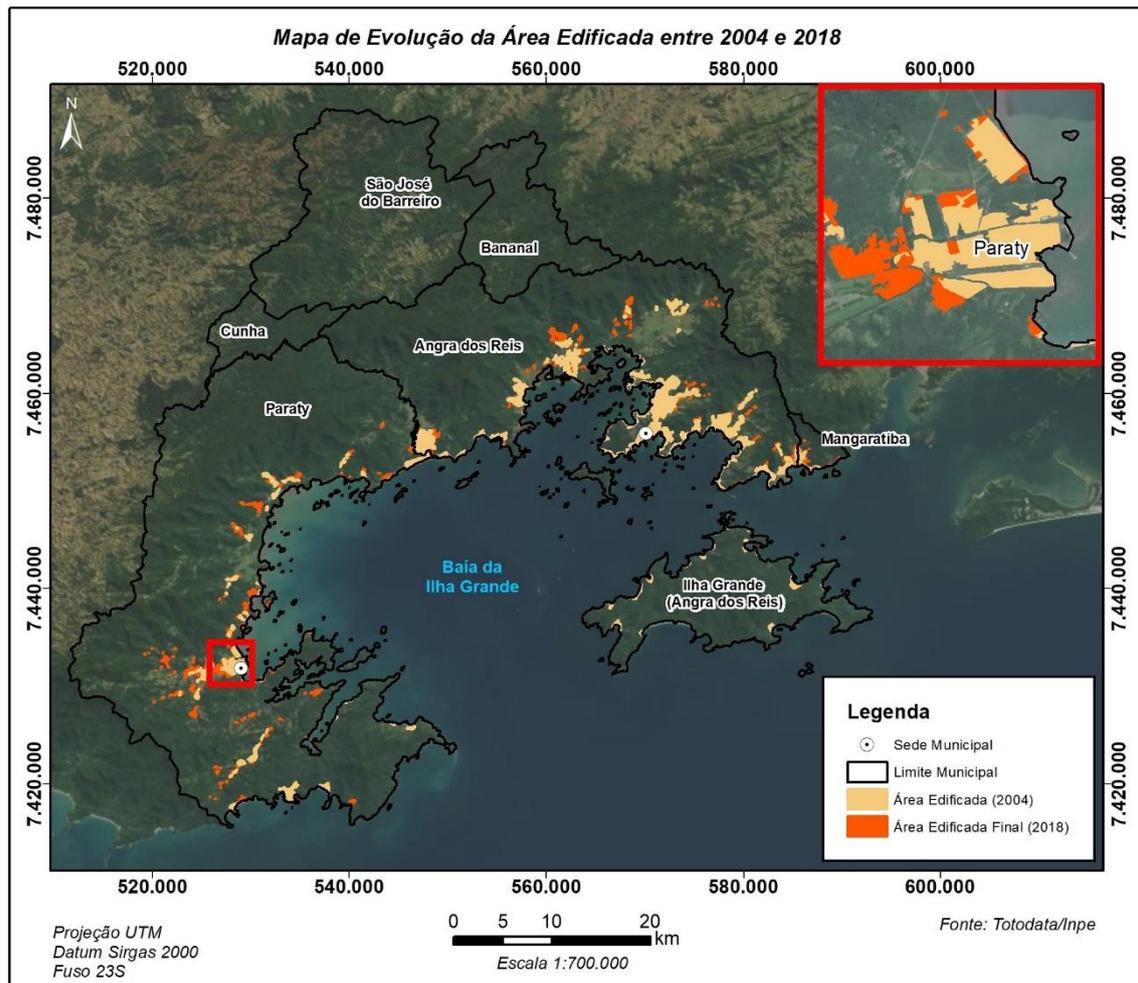


Figura 5: Mapa da Evolução de Áreas Edificadas entre os anos de 2004 e 2018.

Quando observado o mapa de declividade da área de estudo (**Figura 6**), nota-se que se trata de um terreno movimentado, onde a escarpa da Serra do Mar exerce significativa influência sobre a ocupação antrópica. Verifica-se ainda, que as áreas com declividade inferior a 8% (4,6 graus) são restritas, mas bastante procuradas para a expansão urbana, haja visto que as maiores concentrações estão localizadas nessas áreas, correspondendo a 54,6% da superfície edificada em 2004 e 44,8% entre 2004 e 2018.

Também se destacam as áreas de encostas com declividade entre 15 e 45% (8,5 e 24 graus), que correspondem a 23,2% das superfícies edificadas em 2004 e 30,2% entre 2004 e 2018. Por sua vez, as áreas edificadas em declividade entre 45

e 100% (24 e 45 graus) equivalem a menos de 3%, as quais merecem especial atenção do poder público pelos maiores riscos relacionados à instabilidade de encostas.

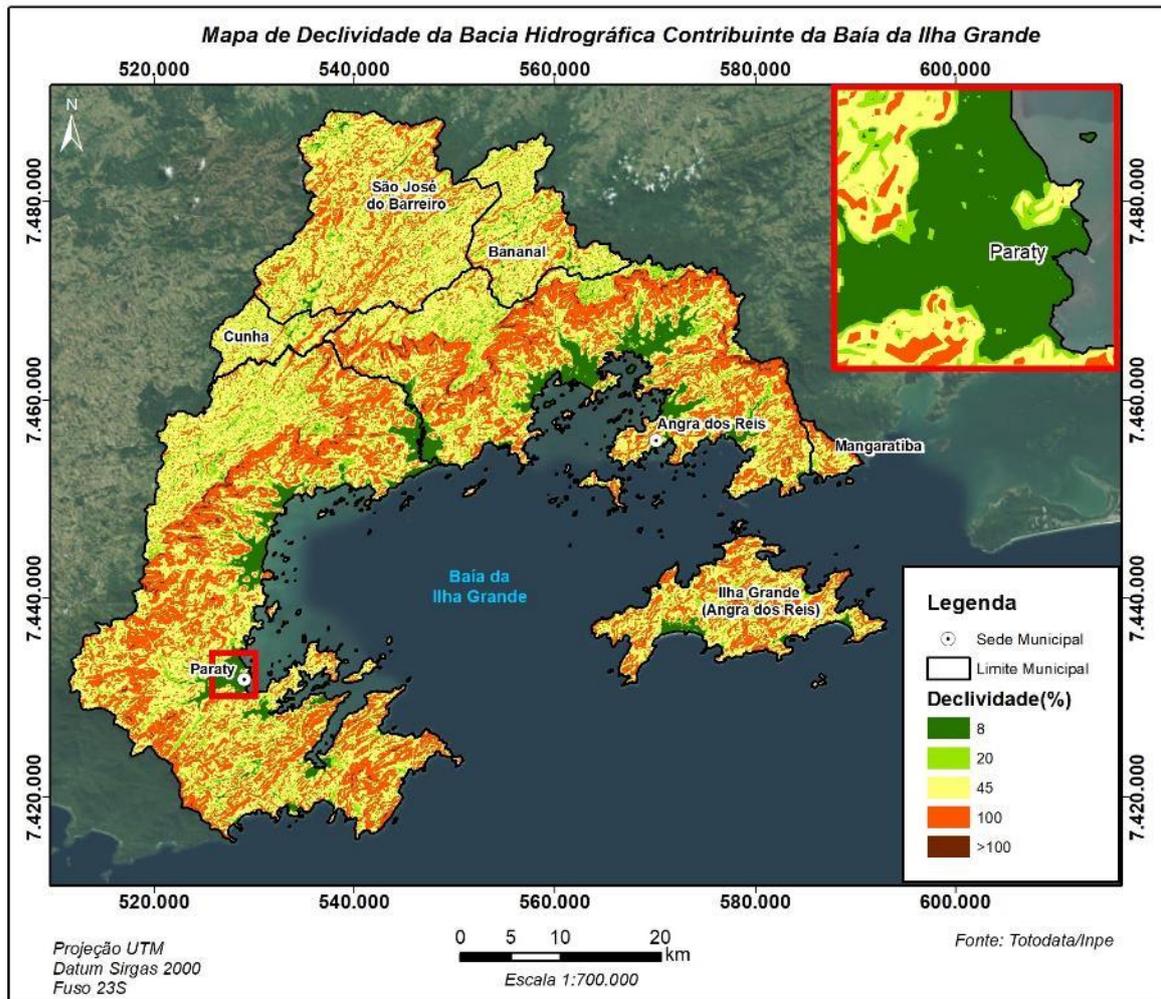


Figura 6: Mapa de Declividade da Área de Estudo.

Posteriormente foi avaliada a correlação entre as áreas edificadas, entre 2004 e 2018, e as áreas compreendidas por Unidades de Conservação (UC), sejam elas de Proteção Integral ou de Uso Sustentável (vide **Lei 9.985/2000**) na área de estudo (**Tabela 4**), de acordo com dados cartográficos disponibilizados pelo **Inea (2019)**.

Entre as UCs de Proteção Integral estão: o Parque Nacional da Serra da Bocaina e a Estação Ecológica de Tamoios, federais; Reserva Ecológica Estadual

da Juatinga, Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Parque Estadual da Ilha Grande e Parque Estadual Cunhambebe, estaduais. Entre as UCs de Uso Sustentável estão: a Área de Proteção Ambiental (APA) de Cairuçu (Federal); APA de Mangaratiba, APA de Tamoios, APA de Mangaratiba, Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro, estaduais; e APA da Bacia Hidrográfica do Rio Japuíba e o Parque Natural Municipal da Mata Atlântica, municipais.

Tabela 4: Quantitativo de áreas edificadas em 2004 e 2018, por classes de declividade.

Declividade x Área Edificada	2004		Evolução entre 2004 e 2018	
	Área(km ²)	%	Área (km ²)	%
0-8%	26,7618	54,6	5,201	44,8
8-20%	9,6187	19,6	2,682	23,1
20-45%	11,3503	23,2	3,5116	30,2
45-100%	1,2842	2,6	0,2257	1,9
>100%	0	0,0	0	0,0

Na **Tabela 5** e na **Figura 7**, nota-se que 66% da bacia hidrográfica contribuinte da baía da Ilha Grande (1.509 km²) encontra-se abrangida por UCs, de um total correspondente a 2.272,23 km². Em 2004, as áreas edificadas estão muito pouco presentes em UCs de Proteção Integral (2,88%), diferentemente em relação às UCs de Uso Sustentável (57%). Por sua vez, a maior parte das áreas edificadas estão fora da abrangência de Unidades de Conservação na área de estudo (67%).

Quando avaliada a variação do percentual de áreas edificadas entre 2004 e 2018, verifica-se um crescimento em áreas não abrangidas por UCs, passando de 67,19 em 2004 para 75,60%, em 2018. Em UC de Uso Sustentável as áreas edificadas passaram de 57,37% em 2004 para 29,64% em 2018, o que se mostra bastante significativo. Por sua vez, as áreas edificadas em UC de Proteção Integral mantiveram percentuais aproximados no período avaliado.

Tabela 5: Quantitativo de Unidades de Conservação em Áreas Edificadas em 2004 e 2018.

Área Edificada (km ²)		Em UC de Proteção Integral	%	Em UC de Uso Sustentável	%	Fora de UC	%
2004	49,29	1,42	2,88	28,28	57,37	33,12	67,19
2018	60,93	1,59	2,61	31,73	52,08	41,92	68,80
2018-2004 ^a	11,64	0,17	1,46	3,45	29,64	8,8	75,60

a- Expansão de Área Edificada entre 2004 e 2018.

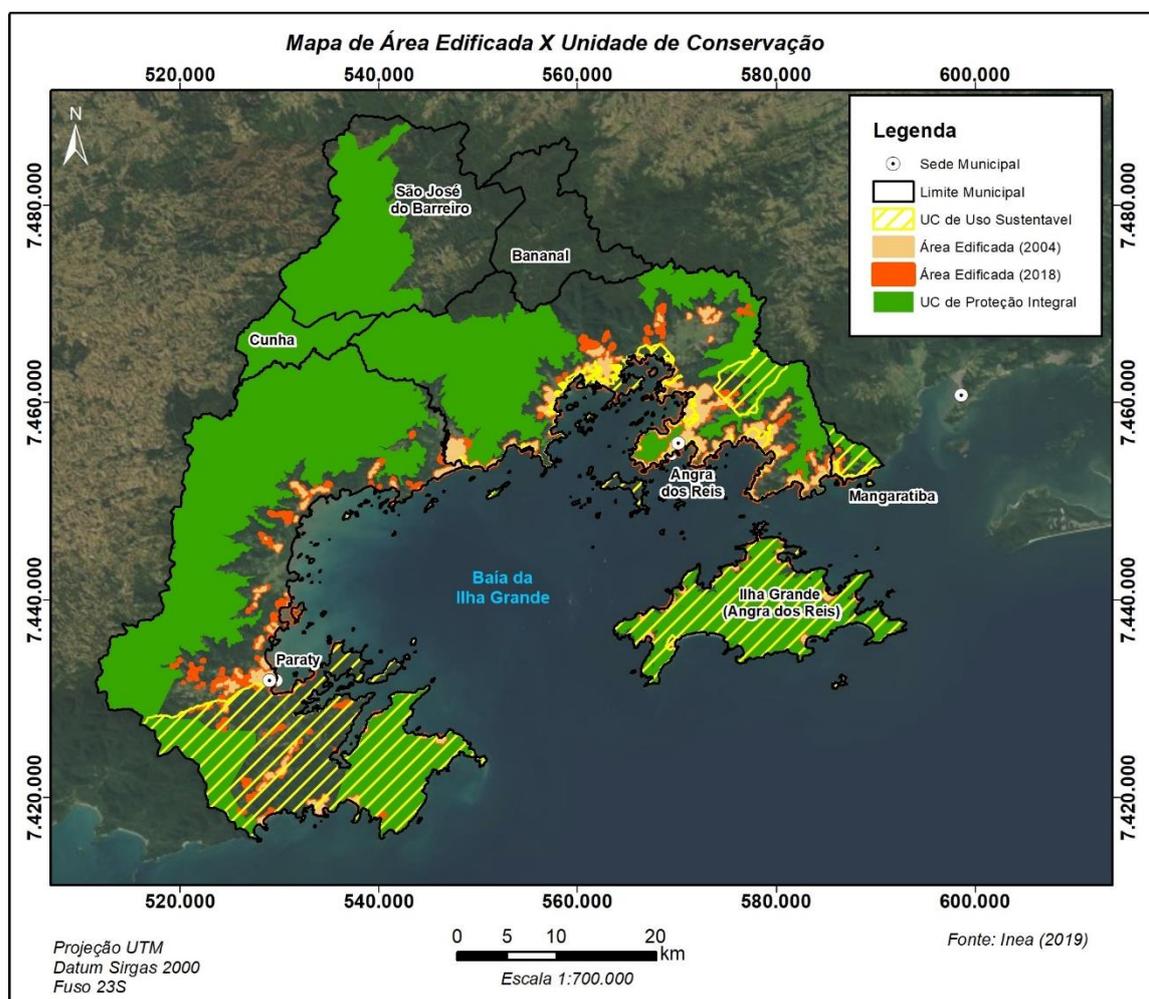


Figura 7: Mapa de Áreas Edificadas x Unidades de Conservação.

Outra avaliação realizada no presente estudo refere-se à correlação entre as áreas edificadas e as distâncias de vias de acesso principais da área de estudo, considerando-se neste caso, a hipótese de que as vias de acesso contribuem sig-

nificativamente para a expansão de áreas edificadas, bem como, com o desmatamento. Na área de estudo verifica-se que as vias de acesso vêm dando origem a populações difusas, em áreas de chácaras e sítios, por exemplo, as quais vão adensando-se com o passar do tempo. Esse modelo é apresentado por Walker et al. (2013, p.244), como o modelo (A) da árvore geradora mínima ou *minimum spanning tree* (MST), que compreende o conjunto de estradas, produzindo o custo de minimização de rede. Este modelo apresenta uma forma de crescimento orgânica, com menor investimento em estradas e menor impacto sobre áreas vegetadas do entorno.

A partir das principais vias de acesso da região, foram então geradas áreas de entorno (“buffers”) das vias em intervalos de (i) de 500 metros; (ii) de 500 a 1000m; (iii) de 1000 a 2000m; e (iv) acima de 2000m (**Tabela 6**). Neste caso, foram realizadas avaliações geográficas restritas às áreas de expansão de áreas edificadas entre os anos de 2004 e 2018. Nota-se que 92,85% dessas áreas encontram-se a menos de 500 m de uma das vias de acesso mapeadas. A partir de 500 m das vias de acesso, as taxas de expansão de áreas edificadas não chegam a 3%. O que se revela um fator bastante significativo, para o conhecimento da dinâmica urbana e projeções da expansão urbana em momentos futuros para a área de estudo.

Tabela 6: Correlação entre as áreas de expansão urbana e distância de vias de acesso.

Distância de Vias de Acesso	Crescimento Urbano (entre 2004 e 2018)	
	Área(km ²)	%
500m	10,81	92,85
500 a 1000m	0,33	2,86
1000 a 2000m	0,24	2,06
>2000m	0,25	2,22
Total	11,64	100

Conclusão

De acordo com a metodologia apresentada no presente estudo, o mapeamento de uso e cobertura do solo apresentado no Projeto RJ25, apresenta-se, de modo geral, satisfatório para a escala de 1:25.000, embora seja recomendada a realização de conferência, por fotointerpretação ou avaliações de campo, de algumas classes que demandam maior atenção para sua identificação, como de áreas urbanas, áreas agrícolas e solo exposto, a depender do nível do detalhamento pretendido pelo pesquisador. Também se mostra pertinente, para a conferência do mapeamento apresentado no Projeto RJ25, a identificação da data do mapeamento na área de estudo, já que o Projeto foi realizado com auxílio de diferentes dados e metodologias ao longo do estado do Rio de Janeiro, em um período de mais de 10 anos.

Quanto às técnicas de sensoriamento remoto aplicados à avaliação da evolução da paisagem, verifica-se que as imagens Landsat apresentam elevado potencial para mapeamentos com escala espacial menor que 1:50.000. Para estudos com escala espacial entre 1:25.000 e 1:50.000 é recomendada a conferência, por fotointerpretação, de algumas classes que apresentam relativa heterogeneidade das respostas espectrais, a depender do nível de detalhamento previsto pelo pesquisador, como de áreas urbanas.

Os resultados do mapeamento da evolução da paisagem na bacia de contribuição da baía da Ilha Grande, entre os anos de 2004 e 2018, revelam algumas características gerais a serem destacadas: (i) o crescimento significativo de áreas de florestas nos municípios paulistas de Cunha, São José do Barreiro e Bananal, majoritariamente em áreas anteriormente caracterizadas por pastagem, ao contrário do que foi verificado nos municípios fluminense de Paraty, Angra dos Reis e Mangaratiba, embora em níveis com pequena variação; (ii) a elevada expansão urbana em Paraty e em menores taxas em Angra dos Reis e Mangaratiba; e (iii) a redução de práticas de silvicultura em São José do Barreiro e Cunha, assim como verificado em relação às áreas de pastagem.

Destacam-se ainda, como indutores da expansão urbana na área em estudo (i) declividade do terreno, (ii) Unidades de Conservação e (iii) vias de acesso. Quanto à declividade do terreno, as áreas onde foram identificadas maiores taxas de crescimento urbano (entre 2004 e 2018) são aquelas com declividade entre 20 e 45%, seguidas das áreas com declividade entre 8 e 20%, enquanto nas áreas planas (menor que 8%), constata-se um decréscimo na taxa de edificação, embora ainda representem as áreas mais procuradas para esse fim. O que pode refletir, a maior valorização dos imóveis em áreas planas, especialmente procuradas para a construção de condomínios residenciais, merecendo maior aprofundamento da pesquisa em tela.

A avaliação revela a significativa influência de UCs na restrição da expansão de áreas edificadas, especialmente daquelas enquadradas na categoria de Proteção Integral, mais restritivas. Nas UCs de Uso Sustentável, embora seja possível a ocupação para fins residenciais, o crescimento urbano reduziu na última década, alcançando valores bem menores que fora dos limites de UCs, na bacia de contribuição da Ilha Grande.

Destaca-se ainda a influência das vias de acesso na indução da expansão urbana, especialmente no trecho de 500 metros em seu entorno, corroborando com o modelo de expansão da “árvore geradora mínima”, mais comum na área em estudo, que por sua vez favorece o menor impacto sobre áreas vegetadas do entorno.

Por fim, ressalta-se a contribuição do presente estudo no âmbito metodológico, o qual poderá subsidiar avaliações complementares na região da baía da Ilha Grande, ou estudos semelhantes em outras áreas, bem como, subsidiar políticas públicas voltadas para a gestão ambiental e ordenamento territorial. Como exemplo, destacam-se ações de controle e minimização de impactos derivados da ausência e/ou carência de saneamento básico e a determinação da capacidade de suporte de determinadas localidades frente à expansão urbana.

Referências

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – SNUC: 3. ed. aum. Brasília: MMA/SBF, 52p. 2003.

COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV)**. NCB – CONCAR. NCB-CC/E 0001Bo8. Disponível em: http://www.geoportal.eb.mil.br/portal/images/PDF/ET-EDGV-3_o_210518.pdf
Acesso em 18 de maio de 2019.

CHUVIECO, Emilio Salinero. **Teledetección ambiental – la observación de la tierra desde el espacio**. Barcelona: Ariel. 2002.

FIROZJAEI, Mohammad Karimi. *et al.* A geographical direction-based approach for capturing the local variation of urban expansion in the application of CA-Markov model. **Cities**, v. 93, p. 120-135. ISSN 0264-2751. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275118315075>. Acesso em 01 de outubro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <https://ibge.gov.br> . Acesso em: 03 de setembro de 2019. 2019a.

_____. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Último acesso em: 03 de setembro de 2019. 2019b.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Diagnóstico do Setor Costeiro da Baía da Ilha Grande** – Subsídios à Elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – Volume I (Versão Preliminar). Rio de Janeiro. 2015.

GeoPUC, Rio de Janeiro, v. 12, n. 22, p. 9-35, jan.-jun. 2019

_____. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/balneabilidade-das-praias/> Acesso em: 03 de setembro de 2019. 2019.

JENSEN Jhon. R. **Remote sensing of the environment** – an Earth Resource Perspective. New Jersey, Prentice Hall, 544p. 2000.

WALKER Robert. et al. **Modeling spatial decisions with graph theory: Logging roads and forest fragmentation in the Brazilian Amazon.** in Ecological Applications. 2013.

WECKMULLER Rômulo. & VICENS Raul Sánches. Método Híbrido de Detecção de Mudanças: Uma Associação entre Classificação Baseada em Objetos e Baseada em Pixels. **Revista Brasileira de Cartografia** (2016). Nº 68/5: 883-899. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. ISSN: 1808-0936., 2006.

POLLETE Marcus & SILVA Liliana Pagetti. Análise comparativa entre as metodologias de gerenciamento costeiro integrado. **Revista da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**, nº4 Tema e Tendências: Gestão das Águas, p. 27-30. 2003.

SAMPAIO Daniel Martins. et al. Modelagem da dinâmica da expansão urbana no vetor norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte e análises sobre as novas infraestruturas viárias previstas até 2031. **Revista Geografias**. Belo Horizonte, Volume 10, n. 2, 2014.

SOUZA Íris de Marcelhas e. **Sensoriamento Remoto Orbital Aplicado a Estudos Urbanos**. INPE. São José dos Campos. 2012.

TRIPATHY, Pratyush; KUMAR, Amit. Monitoring and modelling spatio-temporal urban growth of Delhi using Cellular Automata and geoinformatics. **Cities**, v. 90, p. 52-63, 2019/07/01/ 2019. ISSN 0264-2751. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275118303871>.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY – USGS – **EarthExplorer**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Último acesso em 03 de setembro de 2019.

VELDKAMP, Antonie; LAMBIN, Eric. F. *Predicting land-use change*. Agriculture Ecosystems & Environment, p. 1-6, 2001.

Recebido em 11 jan. 2019

Aceito em 3 mar. 2019.