

**Análise da expansão urbana na mesorregião Norte fluminense
entre os anos de 1994 e 2007 utilizando dados de contagem
populacional e imagens orbitais Landsat-5 TM**

Daniel Carlos dos Santos Machado¹
Marcelo Bueno de Abreu¹
Carla Bernadete Madureira Cruz¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/CCMN, LabESPAÇO.
Ilha do Fundão, prédio CCMN, bl I, s/ 12 – CEP 21941-590 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
daniel.carlos.machado@gmail.com
buenodeabreu@yahoo.com.br
carlamad@gmail.com

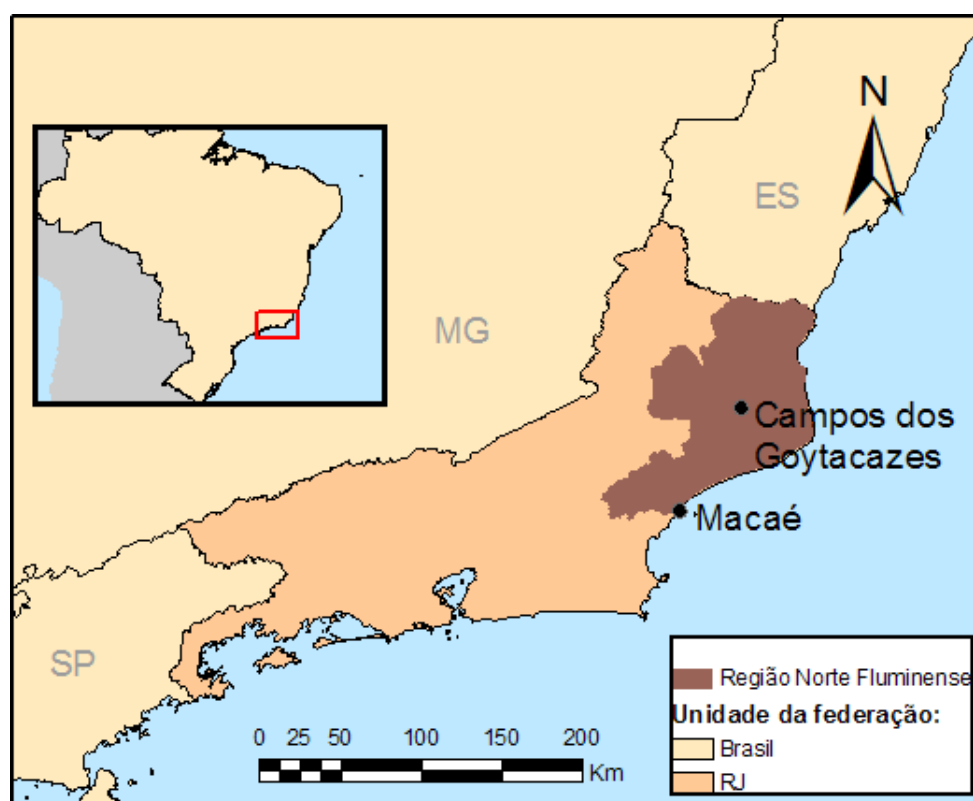
Abstract. The Rio de Janeiro state experienced in the first decade of this century significant changes in its urban spatial arrangement. The metropolitan area's redefinition, including municipalities then belonged at other mesoregion as Tanguá and Maricá, was consequence of the change process in the orientation of the economic axis of the Rio de Janeiro. As result, a denser and a very significant urban expansion pointed to another direction, forming an axis between the mainly state's metropolitan area and the Campos Basin, having on the center of this process with Macae by its oil exploration. This mesoregion comprises the municipalities of Goytacazes, Carapebus, Cardoso Moreira, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, São Fidelis, São João da Barra and São Francisco de Itabapoana of which are all now deeply dependent on that economy. In continuation of studies carried out on changes in use and land cover in the Rio de Janeiro's state, this study aims to examine the changes in these urban counties in a gap of 13 years (1994-2007). To this end we used Landsat images from the years quoted, in which made the classification of land cover and use, emphasizing three levels of intensity of occupation (high, medium and low). The goal is also to involve quantitative raised by comparing these maps with census data to trying to understand the processes behind these changes. A geographic database at a municipal level will be organized so that they can make comparisons and analysis.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, use and land cover, sensoriamento remoto, processamento de imagens, Uso e cobertura da Terra.

1. Introdução

O estado do Rio de Janeiro viveu nessa primeira década do século XXI mudanças significativas quanto ao seu arranjo espacial urbano. A redefinição da região metropolitana, incluindo municípios que até então compunham outras mesorregiões (segundo a fundação CIDE) como Maricá e Tanguá, foi consequência de um processo de mudança de orientação do eixo econômico fluminense. Como resultado espacial, houve um adensamento e uma expansão urbana significativos apontando para outra direção, que não ao tradicional eixo Rio São Paulo. Esse novo eixo, identificado entre a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e a Bacia de Campos, apresenta Macaé como centro de exploração do petróleo do estado do Rio de Janeiro.

Isto se deve a consolidação de uma importante área que se encontra sob grande influência do capital oriundo dos royalties do petróleo. Esta mesorregião é composta pelos municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Cardoso Moreira, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, São Fidélis, São João da Barra e São Francisco de Itabapoana. Atualmente estes municípios se encontram profundamente dependentes desta economia.



Figural: Mapa de localização da área de estudo.

Em continuidade aos estudos desenvolvidos sobre mudanças no uso e cobertura da terra no estado do Rio de Janeiro, o presente trabalho visa analisar as alterações ocorridas no espaço urbano destes municípios em um intervalo de 13 anos (1994 a 2007). Para tal utilizou-se imagens Landsat TM referentes aos anos citados, com as quais se efetuou a classificação do uso e cobertura da terra, enfatizando três níveis de intensidade de ocupação (alta, média e baixa), em atendimento a escala 1:50.000.

1.1. Objetivo geral

Efetuar uma análise espaço-temporal da expansão urbana, entre 1994 e 2007, através da discretização e quantificação dos dados gerados com base em imagens orbitais.

1.2. Objetivos específicos

- Mapear, na escala 1:50.000, a cobertura urbana da mesorregião norte fluminense para os anos de 1994 e 2007.
- Analisar as alterações da expansão urbana através da discretização e quantificação dos dados gerados com base em imagens do Landsat-5 TM.
- Comparar os resultados extraídos pela classificação com informações oriundas da Contagem Populacional do IBGE de 1996 e 2007.
- Estruturar um banco de dados geográficos, em nível municipal, de modo a que se possam efetuar comparações e análises diversas.

2. Metodologia de Trabalho

Para o mapeamento temático dos dois anos de referência teve-se o cuidado de escolher imagens de um mesmo período do ano, no caso o período seco, de forma a minimizar a influência da nebulosidade e diferenças radiométricas causadas por variações de umedecimento.

Para abranger o estado do Rio de Janeiro foram necessárias sete cenas de três orbitas do satélite Landsat-5. Das órbitas 218 e 217 foram utilizadas as cenas 74 e 75, enquanto que da órbita 216, foram utilizadas as cenas 76, 75 e 74. Para o ano de 1994, todas as cenas são referentes aos meses de junho, julho e setembro, enquanto que para 2007, todas foram de agosto. O recorte do presente estudo, a mesorregião norte fluminense, tem aproximadamente 9.730,443 km², possui nove municípios e localiza-se no contexto do estado de acordo com o apresentado na figura 1.

Como os mapas originais para o estado do Rio de Janeiro objetivaram a escala 1:100.000, optou-se por detalhá-los, apenas para o recorte de interesse, de modo a se alcançar uma área mínima de mapeamento de 2ha, aproximando-se da escala 1:50.000. Este detalhamento foi efetuado através de uma nova interpretação da imagem, com apoio de leituras no Google Earth. Outro enfoque assumido foi o das classes de interesse. Para o presente estudo detalhou-se apenas as áreas de ocupação urbana, classificadas em 3 níveis de intensidade: baixa, média e alta. O suporte das imagens de alta resolução do Google Earth e de fotografias disponíveis no Panorâmio e em sites de Prefeituras, foi importantíssimo para a compreensão dos diferentes tipos de ocupação e edição final.

Destaca-se aqui que a grande maioria das imagens de alta resolução presentes no Google Earth para a região é do ano de 2007, fato que ajuda ainda mais na produção de um mapeamento preciso sobre cobertura urbana, mesmo que utilizando imagens de média resolução.

2.2 Critérios e definição dos tipos de cobertura urbana

As imagens de sensoriamento remoto registram os diferentes tipos de cobertura da terra, sendo sensíveis à composição e arranjo dos materiais que se encontram na superfície. Para o caso da ocupação urbana, a densidade de construções, representada pela verticalização e proximidade das mesmas, é o principal fator diferenciador da resposta espectral em imagens de média resolução espacial, como o Landsat.

A figura 2 sintetiza os três níveis de urbanização adotados no mapeamento com representações através de fotos, imagens de alta resolução e do Landsat. Tal generalização possui limites tênues entre as classes, dificultando a sua determinação. Por este motivo adotou-se todos os recursos disponíveis para diminuir dúvidas e ampliar a confiança do mapeamento.

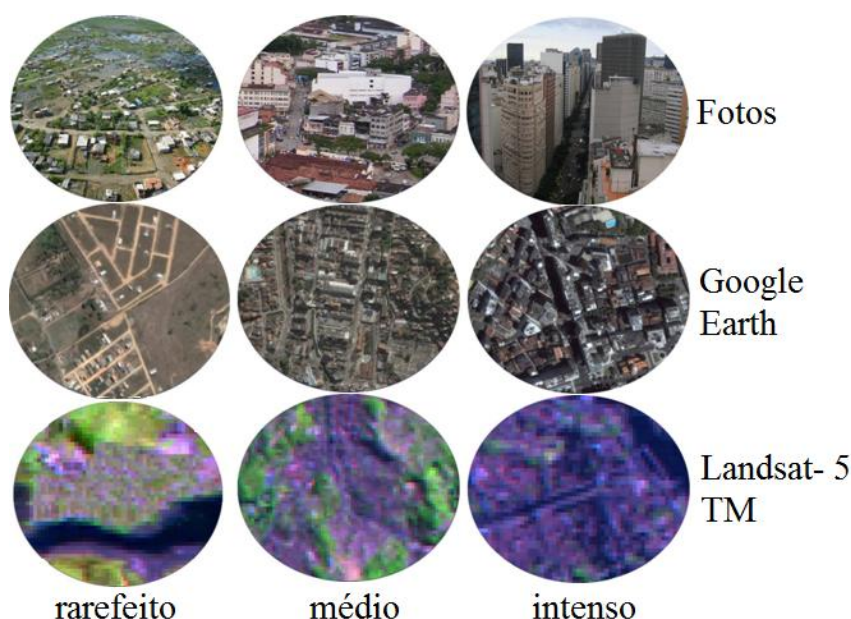


Figura 1: Exemplos dos três tipos de intensidade de ocupação urbana

Analisando a figura 2, verifica-se que são apresentadas, a título de exemplo, três localizações no estado do Rio de Janeiro que foram escolhidas em um site de busca. A primeira coluna – da esquerda para direita – exemplifica uma ocupação irregular em Campos dos Goytacazes, A segunda, um recorte do centro da cidade de Nova Friburgo e terceira, a famosa Avenida Rio Branco, localizada no centro da cidade do Rio de Janeiro. Abaixo de cada foto, os mesmos lugares são visualizados através do Software livre Google Earth e, abaixo destas, por recortes da composição colorida 3B4G5R do Landsat-5.

Pode-se perceber, que nas cenas do Landsat, os três lugares apresentaram diferentes comportamentos espectrais com relação a variação de cor, tonalidade, forma e textura. Enquanto que o urbano rarefeito é marcado com tonalidades heterogêneas apresentando misturas de rosa e verde, os outros exemplos quase não possuem a tonalidade verde nesta composição para as áreas de maior intensidade de ocupação urbana.

A materialidade enquanto forma urbana é visivelmente perceptível no exemplo intenso, pouco visível no modelo de média intensidade e menos ainda no rarefeito, onde somente ruas e estradas são identificadas. As principais marcas do urbano rarefeito são a presença de vazios urbanos, fraca modificação da paisagem e ausência de verticalização. Já no urbano intenso acontece o inverso, enquanto o médio se enquadra num meio termo entre os dois extremos.

2.3. Intensificação x Expansão

A incorporação de áreas, que antes não eram urbanas e passaram a ser em 2007, foi considerada nesta análise como expansão da cobertura urbana, independentemente do grau de urbanização preestabelecido. Nestes casos, outros tipos de cobertura (pasto, agricultura, floresta, dentre outros) foram substituídos por uma das três classes de intensidade de ocupação. As áreas que já se encontravam urbanizadas em 1994 e apresentaram intensificação da densidade de ocupação, seja do urbano rarefeito para o médio ou intenso ou do urbano médio para o intenso, foram identificadas como áreas de intensificação da cobertura urbana.

2.4. Processamento dos dados finais

Após a finalização da edição dos dois mapas, procedeu-se, no ArcGIS 9.3, com o cruzamento das duas datas, de forma a se obter as modificações percebidas no período. Para isto utilizou-se a ferramenta Union entre cada data e os limites municipais e entre as duas

datas. Na análise por município, deu-se ênfase para Macaé e Campos, principais pólos da região.

Para a quantificação de áreas foi utilizado o XToolsPro, do Arcgis, com a projeção cônica equivalente de Albers, que minimiza deformações em área.

3. Resultados e Discussão

Numa primeira análise, verificou-se o crescimento das áreas urbanas em todos os municípios da região. A expansão horizontal incorporou 37,75 km² de área urbana, crescimento equivalente a 43,9%. Já a intensificação urbana correspondeu a 10,95 Km², o que significa uma mudança de nível de 12,7% de toda cobertura urbana existente. Para se ter uma noção do que significa tal crescimento, o trabalho anterior identificou intensificação de 10,7% no estado do Rio de Janeiro no período entre 1994 e 2007. Já os dados de expansão revelaram uma diferença ainda maior, crescimento de 27,1% para todo o estado.

A tabela 1, a seguir, apresenta os primeiros dados produzidos no estudo:

Tabela1: Dados gerais de cada município

Municípios	1994	2007	Expansão		Intensificação		Inalterado	
	Km ²		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Campos dos Goytacazes	45,56	61,53	15,96	25,9	6,14	10,0	39,42	64,1
Macaé	19,33	30,32	10,95	36,1	3,43	11,3	15,94	52,5
São João da Barra	6,82	11,14	4,32	38,7	0,75	6,7	6,07	54,5
São Francisco de Itabapoana	6,49	9,93	3,44	34,6	0,18	1,9	6,31	63,5
Quissamã	1,82	3,00	1,18	64,8	0,29	9,7	1,53	51,0
São Fidelis	2,14	2,85	0,71	25,0	-	-	2,14	75,0
Conceição de Macabú	1,59	2,28	0,69	30,4	0,08	3,3	1,51	66,2
Carapebus	1,11	1,69	0,58	34,2	0,36	21,7	0,75	44,5
Cardoso Moreira	1,16	1,34	0,18	13,7	-	-	1,15	86,2
TOTAL	86,2	124,1	37,75	43,9	10,95	12,7	75,37	

Trabalhar com cobertura urbana utilizando imagens de média resolução é difícil, como no caso em questão, o do Landsat, que por possuir uma resolução de 30x30m, sua classificação e consequente identificação de objetos intra-urbanos acabam sendo prejudicadas. Segundo a agência de pesquisa norte americana USGS (*United States Geological Survey*), uma imagem Landsat nos permite, identificar manchas urbanas, que podem ser correlacionadas com a predominância de áreas residenciais, industriais, comerciais dentro da paisagem urbana. (Anderson et al.(1976) apud Jensen(2009)).

Diante da incerteza na identificação detalhada da cobertura urbana, surgiu a idéia de utilizar dados da contagem populacional realizada pelo IBGE dos anos de 1996 e 2007. Esses dados foram comparados com os resultados provenientes da classificação, de acordo com tabela 1, para tentar estabelecer uma correlação entre o crescimento populacional e o crescimento urbano.

Tabela2: dados da contagem populacional feita pelo IBGE para os anos de 1996 e 2007.

Municípios	Pop. Total de 1996	Pop. Total de 2007	Crescimento	%
Campos dos Goytacazes	389.547	426.154	36.607	9,4
Macaé	112.971	169.513	56.542	50,0
São João da Barra	28.129	28.889	760	2,7

São Francisco de Itabapoana	35.810	44.475	8.665	24,2
Quissamã	12.583	17.376	4.793	38,1
São Fidelis	36.534	37.477	943	2,6
Conceição de Macabú	18.206	19.477	1273	7,0
Carapebus	8.124	10.677	2.553	31,4
Cardoso Moreira	11.940	12.206	266	2,2

Pode-se perceber que é possível estabelecer uma relação entre os dados obtidos pelos mapeamentos e os dados da contagem populacional do IBGE. Verifica-se que os municípios com crescimento em torno de 1 Km² tiveram também os menores registros de crescimento populacional. É perceptível que áreas que estão com alto percentual de cobertura inalterada como Cardoso Moreira (86,2%) e São Fidelis (75,0%), obtiveram o menor crescimento populacional durante o período. Quissamã foi o município que teve maior expansão e intensificação urbanas, entre os menores municípios, apresentando também o maior crescimento populacional deste grupo.

No segundo nível, os dois municípios São Francisco de Itabapoana e São João da Barra apresentaram características distintas. Enquanto que primeiro teve crescimento populacional correspondente com o crescimento urbano (acréscimo de 8.665 pessoas e crescimento urbano de 4,5Km²), São João da Barra apresentou crescimento urbano semelhante entretanto houve apenas acréscimo de 760 pessoas.

Por fim, os dois maiores municípios da região foram os que mais apresentaram mudanças na sua estrutura urbana e crescimento populacional, sendo analisados a seguir.

3.2 Estudo de caso: Campos dos Goytacases

O município de Campos dos Goytacazes, como consta na tabela 1, obteve o maior crescimento urbano dentre os nove municípios da mesorregião. Entretanto, o aumento dos 15,96Km² de área urbana não ocorreu como nos demais municípios, que se concentrou praticamente nas cidades, dentro do perímetro urbano.

A população dispersa neste município ainda é bastante significativa. Como as bases territoriais são oriundas da expansão da produção açucareira do século XIX, inicialmente apoiada nos engenhos a vapor e mais tarde substituída por usinas, o município possui distritos que adquiriram pequena autonomia frente à cidade. Dispondo de 14 distritos, Campos dos Goytacases que também é o maior município do estado do Rio de Janeiro, não poderia ser apenas analisado através de seu recorte municipal. Para um estudo mais detalhado, o perímetro urbano segundo consta no último plano diretor da cidade foi utilizado.

Foram observados que, assim como na cidade, o crescimento de área construída na parte rural foi grande. Não como na cidade, obviamente, mas significativo ao ponto de perceber que a cidade de Campos expandiu menos que a cidade de Macaé, com 10,01Km² e 10,44Km², respectivamente.

3.3 Estudo de caso: Macaé

Diferentemente de Campos, a história de Macaé começou a ser escrita recentemente com a inserção da exploração do petróleo na região. Possuindo apenas 6 distritos, a estrutura urbana é praticamente inserida na cidade. Esse arcabouço resultou uma estrutura rural de apenas 2,8% (dez vezes menor que Campos).

Não houve nenhum registro de intensificação em área rural, ao contrário de Campos. Quanto aos dados de expansão, Macaé cresceu 0,51 Km², 11 vezes menos se comparado com o mesmo tipo de crescimento em Campos.

Já na cidade, esse valor foi de 3,42 Km². Menor que Campos, que intensificou 5,77Km² em toda a sua estrutura urbana.

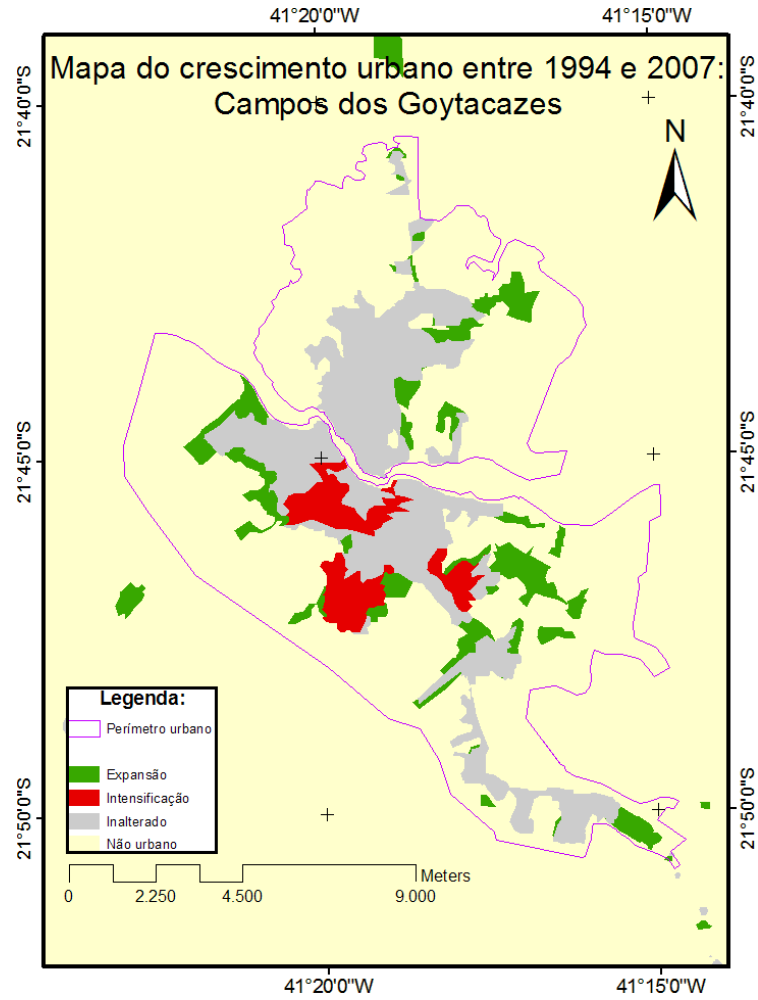


Figura 3: Campos dos Goytacazes

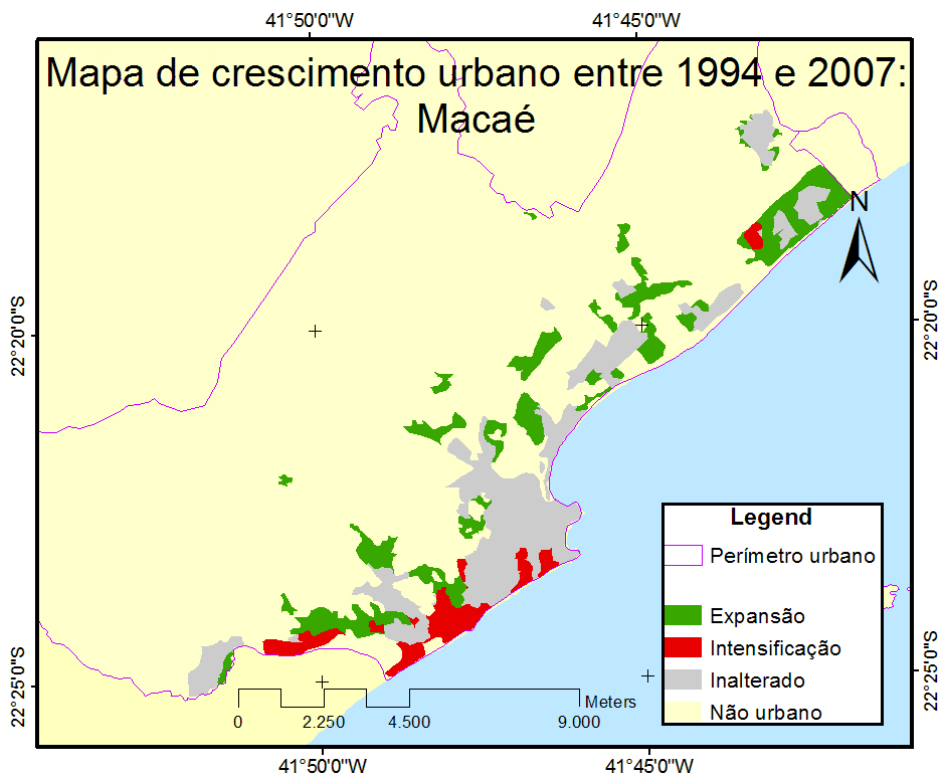


Figura 4: Cidade de Macaé.

4. Considerações finais

Com relação à detecção de mudanças na ocupação urbana na região, de 1994 a 2007, verificou-se um crescimento populacional no perímetro urbano dos municípios, prioritariamente no entorno das cidades. Nas áreas rurais, este crescimento foi diagnosticado, majoritariamente, ao longo das rodovias RJ-216 e BR-101, entre Campos e o limite do estado do RJ com ES. Uma outra área significativa de crescimento populacional está localizada próximo a divisa entre os municípios de São João da Barra e São Francisco de Itabapoana.

É importante ressaltar que a disponibilidade de imagens de alta resolução através do Google Earth em muito ajudou a resolver dúvidas quanto aos limites de cada classe, trabalhadas em um primeiro momento através de classificação orientada a objetos sobre imagens do Landsat-5.

Soluções híbridas tem sido cada vez mais adotadas, pois viabilizam a redução de custos e tempo de produção de dados.

Referências Bibliográficas

Dados de contagem populacional para os anos de 1996 e 2007 disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/>: Acesso em: 22 de Maio de 2010.

Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente, Uma perspectiva em recursos terrestres. **Sensoriamento remoto da paisagem urbana**. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2007. cap. 13, p. 445-511.

IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de influências das cidades 1993**. Rio de Janeiro: 2000.

IBGE - FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Regiões de influências das cidades 2007**. Rio de Janeiro: 2010.

Machado, D. C. dos S. Análise da Expansão e Intensidade de Ocupação Urbana no Estado do Rio de Janeiro entre os anos 1994 e 2007. 2009

Abreu, M. B. "Mudanças do uso e Cobertura da Terra no estado do Rio de Janeiro entre os anos 1994 e 2007." Dissertação Mestrado – Rio de Janeiro. 2009