

O AVANÇO DA URBANIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE NITERÓI (RJ) ENTRE 1987 E 2007

MARTA EICHEMBERGER UMMUS
PAULO PEREIRA OLIVEIRA MATOS
SILVIA CRISTINA DE JESUS

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
{marta, oliveira, silviac}@dsr.inpe.br

RESUMO - Nas últimas duas décadas, a cidade de Niterói (RJ) passou por um processo de urbanização causado por um crescimento demográfico relativamente alto. Tal incremento exerceu forte pressão sobre áreas protegidas e de vegetação nativa. Este trabalho teve como objetivo quantificar e analisar o crescimento da zona urbana no período de 1987 a 2007 através de imagens TM/Landsat.

ABSTRACT - In the last two decades, the city of Niteroi (RJ) experienced the march of urbanization inland. This march was caused by a moderated-high demographic growing that put pressure on vegetation and protected lands. Using three sets of Landsat images, acquired on, this work quantifies and analyses the growth of the urban lands since 1987, by comparing the classified images resultant from the use of the Maximum Likelihood method and by the comparison of the SWIR bands of different images.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de satélite é uma ferramenta valiosa para o planejamento urbano, principalmente em nível municipal. A utilização de técnicas de Processamento Digital de Imagens proporciona aos usuários subsídios para estudos em diversas áreas de conhecimento como o urbanismo, hidrologia, meio-ambiente, entre outras.

Em relação aos ambientes urbanos, o Sensoriamento Remoto desempenha um papel fundamental para o entendimento das dinâmicas internas dos municípios, uma vez que permite comparações multitemporais da ocupação de áreas urbanas e rurais, gerando assim estudos aprofundados e projetando tendências. Possibilita ainda, uma visão sinótica e global da situação, facilitando as comparações intra e inter-regionais, que serão de grande valia para as políticas de desenvolvimento urbano e de ocupação do solo. O município de Niterói, localizado na região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro, configura uma dinâmica interna diferenciada, uma vez que possui Áreas de Proteção Ambiental esparsas, ocupações ilegais, hidrografia complexa, manchas urbanas de consolidação antiga e nova, além de encostas (o relevo escarpado domina grande parte do município) e vegetação abundante. A co-existência de todas estas feições e a pressão por um planejamento urbano realista, que impeça a ocupação desordenada de áreas protegidas e que possibilite o manejo sustentável do meio ambiente, fazem do município uma excelente área de estudo para a

aplicação das técnicas de Processamento Digital de Imagens.

A expansão urbana do município de Niterói foi ocasionada pelo alto crescimento demográfico enfrentado pela cidade nas últimas décadas. Este crescimento aconteceu devido a uma série de fatores, entre eles o esvaziamento da capital do estado, a cidade do Rio de Janeiro, devido a questões sócio-econômicas. Além deste fator, os excelentes índices de desenvolvimento e qualidade de vida de Niterói atraem habitantes de municípios próximos, que vêm em Niterói uma cidade organizada e com ótimas possibilidades de emprego e de moradia.

Porém, esta expansão desordenada teve um preço: a ocupação irregular, a favelização, o avanço sobre áreas protegidas e o desmatamento, que colocam em risco o equilíbrio ambiental do município.

O objetivo deste trabalho é avaliar a expansão urbana do município de Niterói no período compreendido entre 1987 a 2007 a partir da análise multitemporal de dados orbitais e técnicas de Processamento Digital de Imagens,

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O município de Niterói, na região Metropolitana do Rio de Janeiro foi fundado em 1573, sendo uma das mais importantes cidades fluminenses. Nos séculos XVII e XVIII, com o nome de Vila da Praia Grande, teve

destacada importância na produção sucroalcooleira, e pesca. Historicamente, o primeiro núcleo de povoação deu-se na região de São Lourenço, expandindo-se na direção das freguesias de Praia Grande, Icaraí, São Gonçalo e Jurujuba.

A condição de capital da província fez com que Niterói se desenvolvesse e recebesse investimentos e planos urbanísticos. A cidade modernizou-se e tornou-se uma das primeiras cidades brasileiras com iluminação pública, abastecimento de água e bondes elétricos entre outras inovações. Permaneceu como capital do estado até a fusão dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, em 1974. Experimentou então, um processo de esvaziamento e decadência, que começou a ser revertido com pesados investimentos em infra-estrutura em meados da década de 80.

A área de estudo para a presente pesquisa corresponde ao município de Niterói, localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro e compreendido entre as coordenadas geográficas 22°59'11" e 22°51'11" de latitude sul e 43°08'28" e 42°57'00" de longitude oeste. Tem como limites ao norte o município de São Gonçalo, a oeste o município de Maricá, ao sul o oceano Atlântico e a leste a baía da Guanabara. Estende-se por 129km² e dista 10,9 km da capital do estado, com a qual está interligada através da ponte Rio-Niterói (Figura 1).

Figura 1 – Localização e regiões administrativas de Niterói Adaptado de : Prefeitura Municipal de Niterói

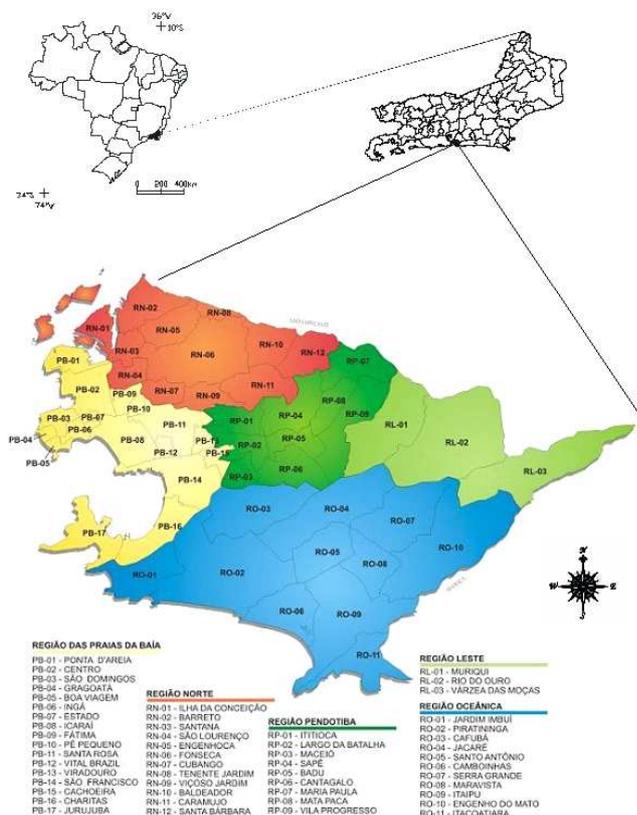
Niterói possui um relevo escarpado, com maciços predominando na porção sudeste do município (Serras da Tiririca, do Malheiro e do Calaboca) e uma planície costeira pouco pronunciada, acompanhando os limites com a baía da Guanabara e o oceano Atlântico. O relevo é fator preponderante na ocupação urbana, constituindo uma barreira natural à presença humana. Deste modo, a planície costeira é a área mais densamente povoada do município, apresentando centenas de prédios residenciais e comerciais.

Niterói é o quinto município mais populoso do Estado, contando com 474.002 habitantes (IBGE, 2008) e densidade demográfica de 3674,4 hab/km². Atualmente, possui 49 bairros, divididos em cinco regiões administrativas: Praias da Baía, Norte, Pendotiba, Oceânica e Leste (NITERÓI, 2008). No período de 1991-2000, a população de Niterói teve uma taxa média de crescimento anual de 0,60%, passando de 436.155 em 1991 para 459.451 em 2000. A taxa de urbanização diminuiu 0,00, mantendo-se 100,00%. Em 2000, a população do município representava 3,19% da população do Estado, e 0,27% da população do país (PNUD, 2008).

Apesar de possuir o melhor Índice de Desenvolvimento Humano do Estado do Rio de Janeiro (Tabela 1), 34% do total de domicílios niteroienses localizam-se em favelas (PNUD, 2008). O crescimento demográfico nos últimos 30 anos foi de 41,70%, tornando o município densamente povoado e propenso a ocupações irregulares em áreas de vegetação e de conservação ambiental.

Tabela 1. Índice de Desenvolvimento Humano de Niterói e municípios adjacentes

Município	IDH-M
Niterói	0,886
Rio de Janeiro	0,842
Maricá	0,786
São Gonçalo	0,782
Duque de Caxias	0,753
Magé	0,746
Guapimirim	0,739



2.2 Aquisição e análise dos dados

Foram utilizadas imagens TM/Landsat, órbita/ponto 217/76, datadas de 11/08/1987, 09/10/1997 e 12/04/2007).

O registro teve como base as imagens pré-registradas disponibilizadas pela NASA (GEOCOVER, 2007). Foi empregado o algoritmo do vizinho mais próximo de modo que o erro quadrático médio (RMS) fosse inferior a um pixel. Foi aplicado o contraste linear

nas três imagens, de forma que sua qualidade visual permitisse enfatizar as características de interesse específico para este estudo, ou seja, as áreas urbanas.

Foi utilizado o método de segmentação por crescimento de regiões, a qual é realizada nas imagens em níveis de cinza, baseando-se em suas características intrínsecas como descontinuidade e similaridade. Para a definição de critérios de aceitação para avaliar quais os melhores limiares a serem utilizados foi utilizada a metodologia proposta por Gonzales e Woods (2000), sendo analisadas a separação dos objetos através da sobreposição da imagem segmentada à imagem utilizada para sua geração. Desta forma, o limiar de similaridade foi definido com 12 níveis de cinza e área igual a 10 pixels.

Concluída a segmentação, foram realizados testes de classificação supervisionada e não-supervisionada. Foram realizadas a classificação supervisionada por *pixel* (MAXVER e MAXVER-ICM e Distância Euclidiana) e a classificação não-supervisionada baseada em regiões (ISOSEG).

O classificador ISOSEG é um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionados, aplicado em um conjunto de regiões caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área. Essas regiões são agrupadas considerando-se uma certa medida de similaridade entre si, utilizando-se a distância de Mahalanobis entre as classes e as regiões candidatas a uma relação de pertinência com determinadas classes temáticas pré-estabelecidas. Esse classificador tenta simular o comportamento de um fotointérprete em relação ao reconhecimento das regiões homogêneas na imagem através das propriedades espectrais e espaciais de cada cena (INPE, 2007). A classificação ISOSEG foi feita por meio da partição em regiões da imagem digital através da segmentação. Posteriormente, todos os pixels existentes em uma determinada região foram agrupados a uma mesma classe.

O classificador MAXVER advém do método estatístico da Máxima Verossimilhança e considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, utilizando-se para tanto de parâmetros estatísticos. O classificador MAXVER-ICM (Iterated Conditional Modes), além de associar classes considerando pontos individuais da imagem, considera também a dependência espacial na classificação, ou seja, os valores da classificação são atribuídos pontualmente mas também em relação ao contexto (pixels vizinhos). O método da Distância euclidiana é definido como um procedimento de classificação supervisionada, que utiliza esta distância para associar um "pixel" a uma determinada classe (INPE, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de verificar qual classificação seria a mais indicada para a utilização neste trabalho, foi feita uma comparação entre os índices KAPPA encontrados em diversas classificações da imagem de 2007 (CAMPBELL, 1987;

MA e REDMOND, 1995). As Tabelas 2 e 3 mostram o resultado obtido.

Imagem	Nº de amostras	KAPPA	Qualidade da Classificação
2007 - Isoseg	120	0,62	MUITO BOA
2007 - MaxVer	120	0,65	MUITO BOA
2007 - MaxVer ICM	120	0,58	BOA

Tabela 2 – Qualidade da classificação das imagens TM/Landsat classificadas de 2007

CLASSE (2007 – MaxVer)	KAPPA	VAR(KAPPA)
Vegetação	0,6429	0,007744
Mancha Urbana	0,6768	0,008425
Água	0,8131	0,014048
Solo Exposto	0,7341	0,012937
Costão Rochoso	0,4231	0,018029

Tabela 3 – Qualidade da classificação das classes da imagem TM / Landsat de 2007

Verificou-se, então, que a classificação que alcançou a melhor qualidade foi a que utilizou o critério da Máxima Verossimilhança (KAPPA = 0,65). Deste modo, utilizou-se este critério para a classificação de todas as imagens utilizadas no trabalho.

Dentre as classes da imagem de 2007, a que apresentou maior acerto na classificação foi a classe ÁGUA, com KAPPA = 0,8131, enquanto a classe com menor qualidade de classificação foi a classe COSTÃO ROCHOSO, com KAPPA = 0,4231. Isto pode ser explicado pela característica espectral destas duas feições: enquanto a água proporciona um retorno escuro e típico, o costão rochoso apresenta um retorno muito próximo ao retorno da mancha urbana e do solo exposto.

A Figura 2 compara as imagens TM/Landsat classificadas (Máxima Verossimilhança) de 1987, 1997 e 2007, possibilitando a quantificação do aumento da mancha urbana municipal e da alteração nas demais feições.

Tabela 4 – Quadro comparativo entre as áreas (km²) das classes das imagens TM/Landsat.

	1987	1997	2007
ÁGUA	4,56	4,13	3,78
SOLO EXPOSTO	6,58	6,56	5,58
VEGETAÇÃO	55,59	55,67	52,47
MANCHA URBANA	59,89	60,06	62,41
COSTÃO ROCHOSO	0,60	0,56	0,78
NÃO-CLASSIFICADO	2,20	2,44	3,67

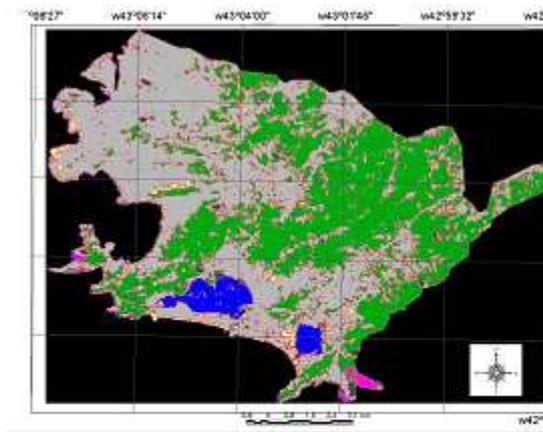


Imagem 1987

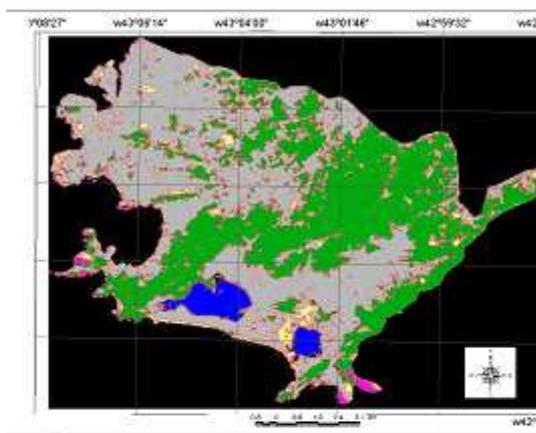


Imagem 2007



Figura 2 – Comparação entre as imagens TM/Lansat classificadas

A Tabela 4 apresenta a evolução da área das classes consideradas. A expansão urbana do município de Niterói possui uma frente facilmente distinguível: a região Oceânica, com predominância nos bairros de Engenho do Mato, Itaipu (nas margens da lagoa de Itaipu) e Serra Grande (na encosta da serra do Calaboca). Além destas áreas, nas duas últimas décadas, houve um adensamento das favelas na região de Pendotiba, principalmente nos bairros de Sapê e Vila Progresso.

A expansão urbana na região Oceânica tem como características a incorporação de áreas mais afastadas, através de loteamentos e condomínios horizontais de médio padrão construtivo e baixa densidade. Em sua grande maioria, são casas e possuem quintais. No bairro de Itaipu, a expansão urbana atingiu os limites alagáveis

da lagoa de Itaipu, onde antigamente existiam vegetação e solo exposto. Nesta área, casas de alto padrão foram construídas e loteamentos continuam sendo postos à venda.

Na região de Pendotiba, o adensamento de favelas ocorreu nas proximidades da estrada Caetano Monteiro e da estrada Muriqui Pequeno. Nestes locais, moradias de baixo padrão foram construídas nas encostas de morros e seguindo a via pública.

Tais resultados podem ser verificados na comparação entre bandas gerada com as imagens dos anos de 1987 e 2007 (Figura 3). Em vermelho encontra-se a expansão urbana nas décadas analisadas. Conforme descrito acima, distingue-se uma forte expansão na região Oceânica, principalmente em Itaipu e Engenho do Mato.

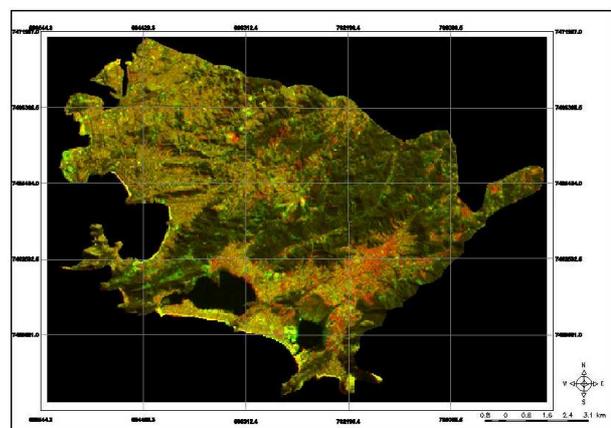


Figura 3 – Composição das bandas TM7 1987 (G) e TM7 1997 (R)

A concentração da expansão urbana na região Oceânica da cidade ocorre devido aos seguintes fatores principais:

- A saturação das regiões de ocupação urbana mais antiga, como a região das Praias da Baía e a região Norte. Nestas áreas, o crescimento populacional se dá verticalmente, com a substituição de prédios mais antigos por edifícios mais modernos e mais altos.
- As demais regiões apresentam relevo mais escarpado, enquanto a região Oceânica ainda possui terrenos relativamente planos e desocupados que podem ser utilizados para a construção de moradias e comércio diverso.

Devido a estes fatores, a tendência é que o crescimento urbano do município continue se concentrando nesta área, que sofre intensa especulação imobiliária.

4 CONCLUSÃO

Nos dias atuais, nenhum planejador deve dispensar, em seu processo de tomada de decisões, as informações que as imagens de satélites proporcionam, sob o risco de deixar de contemplar importantes dados espaciais de fontes e naturezas diversas. O ambiente urbano, com suas

complexas relações, necessita ser estudado a luz de todas as possibilidades, e só um projeto que vislumbre a utilização das ferramentas de Geoprocessamento e Processamento de Imagens Digitais é capaz de gerar dados suficientes para este propósito.

Neste trabalho, a utilização conjunta de técnicas de processamento digital de imagens, recursos dos sistemas de informações geográficas e imagens orbitais de média resolução demonstrou um bom potencial para aplicação em estudos voltados às questões ambientais e populacionais. Estes resultados, porém, podem e devem ser explorados e aprofundados à luz de sensores de alta resolução e escalas maiores, com mais detalhamento. Isto proporcionará maior precisão na estimativa de expansão urbana e no monitoramento ambiental.

Os resultados obtidos demonstram a possibilidade de se desenvolver uma metodologia de monitoramento de expansão da ocupação urbana a baixo custo, utilizando imagens orbitais como fonte de dados para subsidiar a complexa gestão e planejamento urbano em municípios de todas as regiões.

REFERÊNCIAS

CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford, 1987. 551p.

GEOCOVER. Disponível em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>. Acesso em 26 ago. 2007.

GONZALES, R.C.; WOODS, R.E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Bluncher Ltda, 2000. 509p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.ibge.gov.br.htm>. Acesso em 01 abr 2008

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SPRING – Manuais**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso em: 15 set. 2007.

MA, Z., REDMOND, R. L. Tau coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.61, n.4, p. 435-439, Apr. 1995.

NITERÓI. **Plano Diretor de Niterói, Lei n° 1157, promulgada em 29 de dezembro de 1992**. Disponível em <http://www.urbanismo.niteroi.rj.gov.br>. Acesso em 01 abr. 2008.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Disponível em www.pnud.org.br. Acesso em 01 abr 2008.