

Aplicação do ITA na análise espaço-temporal do entorno da BR-101 nos municípios de Angra dos Reis e Parati

Stella Procopio da Rocha¹
Carla Bernadete Madureira Cruz²

CENTRAN – Centro de Excelência em Engenharia de Transportes¹
Av. Pres. Vargas, 522/15º andar CEP: 20071-000 Rio de Janeiro/RJ
stella@centran.eb.br

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro²
Av. Brigadeiro Trompowski, s/n Bloco I - s/012 CEP: 21941-590 Rio de Janeiro/RJ
cmad@ufrj.br

Abstract. The environment's valorization and preservation have made part of projects from different groups that search a sustainable development of efficient environmental politics. Encloses in this context the Geotechnologies come to support the results optimization mainly through the use of sensor's of orbital images. GIS has presented various utilities in the scope of studies from land cover mapping and environment estimation, including the possibility of secular analysis using former images. The objective of this work is to study the space and time transformation of land use and cover surrounding the Rio-Santos road (BR-101), connecting the cities Angra dos Reis and Parati, in last the twenty years, with emphasis in the years: 1984, 1994 and 2007, using ITA – Anthropic Transformation Index. The initial hypothesis is that such transformations had become stronger after the implantation of BR-101, stimulating bigger investments directed to tourism, pressuring the Atlantic Forest remainders.

Palavras-chave: orbital images, land cover mapping, , Parati, Angra dos Reis, imagens orbitais, cobertura vegetal.

1. Introdução

Estudos voltados ao planejamento ambiental apresentam como objetivo principal analisar as necessidades da sociedade e as características do meio ambiente através de um estudo prévio sobre estes e a melhor maneira de interagi-los. Uma das formas mais empregadas na atualidade é a utilização das geotecnologias nestes estudos.

Uma das vantagens do uso das geotecnologias é poder trabalhar com dados de datas passadas. A análise temporal considerando dados pretéritos contribui em muito com a avaliação ambiental possibilitando assim a criação de um modelo que possibilite o delineamento de cenários futuros. Este tipo de análise é capaz de evidenciar a transformação que a paisagem natural está sofrendo sob aspectos naturais ou antrópicos.

Dessa maneira, pensou-se em realizar uma análise de uma região que apresenta não só uma grande potencialidade para a atividade turística, mas também um crescimento industrial importante que tem alterado sua paisagem nas duas últimas décadas. Após a construção do segmento da Rio-Santos (BR-101) que liga o estado do Rio de Janeiro a São Paulo, na década de 1970, houve um aumento significativo da população no seu entorno, o que vem causando, grande pressão antrópica sobre os remanescentes florestais da Serra do Mar.

Este trabalho propõe efetuar uma análise espaço-temporal a partir do ITA – Índice de Transformação Antrópica, no entorno da BR-101 no trecho que engloba os municípios de Angra dos Reis e Parati, nos anos de 1984, 1994 e 2007. Os dados utilizados são oriundos de produtos do Sensoriamento Remoto, neste caso, imagens do satélite *Landsat 7* e *5*, sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*) e TM (*Thematic Mapper*) além de bases cartográficas, estruturados em SIG – Sistema de Informação Geográfica, para quantificação e análise espacial. Por fim, a análise

espacial foi gerada a partir do ITA, classificando assim, o quanto antropizada está uma determinada área por meio do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal.

1.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada ao sul do Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Angra dos Reis e Parati, Figura 1, conectados por um trecho da rodovia Rio-Santos (BR-101), definida pelo retângulo envolvente a partir das coordenadas 44° 89' e 23° 84' (CIE) e 44° 08' e 22° 84' (CSD) no fuso 23 Sul.



Figura 1. Localização da área de estudo, os municípios de Angra dos Reis e Parati.

O município de Angra dos Reis possui um histórico de ocupação que remete ao período colonial, “tendo na função portuária e de nó de comunicações; os ciclos do açúcar e do café propiciaram a ocupação das suas terras e seu povoamento” (Bertoncello, 1992).

O município de Parati apresenta duas áreas bem distintas: a área montanhosa da Serra do Mar e as planícies litorâneas formadas pela sedimentação dos depósitos de aluvião vindos da serra, nas quais se concentram os principais núcleos populacionais de Parati (Parati, 1977).

Parati passou por um isolamento econômico de quase cem anos que foi quebrado através da atividade turística. Em 1974 a construção da BR-101 que liga a cidade a São Paulo e ao nordeste do país veio consolidar a atividade turística na região.

2. Metodologia

A metodologia se concentrou na geração das bases necessárias para a delimitação da área de estudo, PDI e classificação das imagens orbitais, quantificação das classes temáticas e aplicação do ITA. O desenvolvimento das atividades se deu em quatro fases:

1. Preparação da base cartográfica,
2. Processamento Digital de Imagens – PDI,
3. Definição da legenda,
4. Entrecruzamento e quantificação das classes de uso e cobertura.

Como apoio ao desenvolvimento deste trabalho utilizou-se:

- a) Limite Municipal de Angra dos Reis e Parati, SINCE, escala 1:25.000, Datum horizontal SAD69, 2000, *Projeção Universal Transversa de Mercator*;
- b) Vetor da BR-101, IBGE, escala 1:25.000, Datum horizontal SAD69, 2000, *Projeção Universal Transversa de Mercator*.

2.1 Estruturação da Base Cartográfica

Na fase da preparação da base cartográfica, foram escolhidas as feições mais adequadas ao estudo proposto, como os limites municipais e a Rodovia BR-101 a partir da qual foram gerados os *buffers* de 3 km e 6 km. Os *buffers* foram gerados no *software* ArcGIS e adotados como zonas de afastamento, a serem usados nos cruzamentos das bases. A escolha das distâncias de 3 km e 6 km baseou-se na distância que é aparentemente mais simples de ser ocupada naquela região devido ao relevo íngreme. A seleção destas distâncias (3 km e 6 km) deu-se pelo fato de que na época do primeiro mapeamento (1984) apenas esta faixa era ocupada, permitindo assim, uma análise mais detalhada por zonas de afastamento da Rodovia.

2.2 Escolha das classes de uso cobertura da terra

Um passo importante no processo da classificação foi a escolha das classes temáticas que comporiam a legenda final do mapeamento do uso e cobertura da terra. Um dos cuidados tomados foi a compatibilização das legendas nas diferentes datas. A classe “urbano alto” foi acrescida ao mapeamento de 2007 por entender-se que nenhuma área teria esta caracterização nas datas de 1984 e 1994. A legenda final compreende um total de nove classes pela limitação da resolução das imagens *Landsat* e a necessidade de detalhamento estabelecida no objetivo deste trabalho. A legenda definida foi:

- 1) **Corpos d’água:** composta por rios, lagoas e águas oceânicas.
- 2) **Cordão Arenoso Litorâneo:** areia das praias.
- 3) **Afloramento rochoso:** os afloramentos de rocha natural, e não os causados pelo homem como as pedreiras
- 4) **Floresta:** corresponde a toda região da Floresta Ombrófila Densa, inclusive as em estágio inicial/avançado de recuperação. Quanto a esta classe houve uma grande dúvida sobre dividi-la em Floresta Preservada e Alterada, mas chegou-se a conclusão de que devido a temática do trabalho seria mais interessante discriminar áreas antrópicas como áreas de pastagem ou urbanas.
- 5) **Maguezal:** corresponde a áreas de manguezais preservados.
- 6) **Áreas de Pastagem:** caracterizada por vegetação gramínea, são áreas nas quais a floresta foi retirada, servindo, atualmente, de pasto.
- 7) **Urbano Baixo:** corresponde a uma área de urbano rarefeito com casas esparsas, porém já se formando uma pequena vila, conforme Figura 2.



Figura 2. Exemplo Barra Grande/Parati, 2005. Fonte: Arquivo Pessoal.

8) **Urbano Médio**: corresponde a áreas com ocupação de maior densidade populacional. Neste caso, temos os Distritos de Japuiba, Frade, Praia Brava, Mambucaba em Angra dos Reis e o condomínio de Laranjeiras em Parati.

9) **Urbano Alto**: corresponde a áreas urbanizadas em estágio avançado para a região de estudo, áreas com construções mais densamente alocadas, com prédios de mais de dois andares em sua maior parcela da área urbana.

A partir desta legenda geraram-se os mapas temáticos finais que foram recortados em função dos planos de informação correspondentes aos limites dos municípios e *buffers*. E, posteriormente calculou-se os valores da área de cada classe por município e por área de afastamento para as quatro datas.

2.3 Construção do Índice de Transformação Antrópica – ITA

O ITA foi desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997), Teixeira (2003) e Richter (2004) em estudos geocológicos com o objetivo de quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais. No caso deste trabalho, o ITA será utilizado para quantificar a pressão antrópica da Rodovia BR-101 sobre a Serra do Mar.

O ITA é calculado a partir do mapa de uso e cobertura da terra (Equação 1):

$$ITA = \Sigma (\% \text{ USO} * \text{PESO})/100 \quad (1)$$

Onde:

uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura,

peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica. Varia de **1 a 10**; onde **10** indica **as maiores pressões**.

Conforme o trabalho de Mateo (1984), cada classe apresenta um peso atribuído em função do conhecimento que o autor tem sobre as mesmas em relação ao grau de antropização.

3. Resultados

A partir das classes temáticas geradas foi permitida uma análise quantitativa da dinâmica do uso e cobertura da terra nos municípios de Angra dos Reis e Parati nas quatro datas. A classe “Corpos D’água” foi retirada da conta percentual por se considerar que esta poderia mascarar a realidade. As Tabelas 1 e 2 apresentam a quantidade (%) das classes para os municípios de Angra dos Reis e Parati.

Tabela 1. Valores (%) das classes de uso e cobertura – Angra dos Reis

CLASSES	1984	1994	2007
Afloramento Rochoso	0,04	0,08	0,28
Cordão Arenoso	0,08	0,14	0,07
Floresta	92,47	88,66	85,95
Mangue	1,36	0,71	0,57
Áreas de Pastagem	3,77	7,30	10,34
Urbano Baixo	0,00	0,24	0,02
Urbano Médio	1,28	0,45	0,87
Urbano Alto	1,01	2,43	1,88
	100	100	100

Tabela 2. Valores (%) das classes de uso e cobertura – Parati

CLASSES	1984	1994	2007
Afloramento Rochoso	0,02	0,02	0,70
Cordão Arenoso	0,03	0,20	0,10
Floresta	93,09	88,20	88,05
Mangue	0,71	0,34	0,54
Áreas de Pastagem	5,57	10,60	9,91
Urbano Baixo	0,00	0,14	0,08
Urbano Médio	0,41	0,03	0,20
Urbano Alto	0,16	0,47	0,41
	100	100	100

Os dados obtidos demonstram que apesar da pressão antrópica na região, a classe “Floresta” ainda representa o maior percentual de cobertura, em média 90% de toda área. O relevo pode ser considerado o principal fator a colaborar na preservação das formações florestais, nesta área, a distância entre o mar e a serra chega, no máximo, a 10km. A intensificação da fiscalização e a maior conscientização com o meio ambiente também deve ser levado em consideração. O próprio fator da atração turística da região proporciona um controle maior por parte das autoridades locais na preservação do meio ambiente.

Um cenário interessante se dá em 1994. Onde havia pequenas vilas residenciais, atualmente há aglomerações populacionais consideradas de urbanização média por conta do crescimento da população. O principal motivo é que os trabalhadores que migram de regiões próximas para trabalhar na construção civil trazem suas famílias e estas, mais tarde, são incorporadas ao quadro de funcionários dos hotéis que ajudaram a construir. O único problema é que nem todos podem ser incorporados nesses trabalhos, o que tem causado um aumento da favelização e do desemprego na região.

Um bom exemplo é o distrito de Mambucaba, em Angra dos Reis. Ele cresceu muito em função da construção da Usina Nuclear, conforme mostra a Figura 4, porém sem nenhuma infraestrutura. Os trabalhadores da Usina que usufruem de uma vila residencial, em breve estarão ameaçados pela massa populacional que cresce em seu entorno sem infra-estrutura e emprego.



Figura 4: Exemplo do crescimento, em área, do distrito de Mambucaba. As áreas em rosa claro representam a área ocupada em 1984, e em rosa escuro, áreas ocupadas em 2007.

Em Parati, as áreas de urbanização de baixa intensidade permanecem com valores parecidos, por se tratar de pequenas vilas, quase que isoladas como a comunidade de Patrimônio e Barra Grande, diferentemente das áreas adjacentes à cidade de Parati, como o bairro Pantanal, que apresentam seus crescimentos vinculados à proximidade com a cidade. A princípio, tais valores podem parecer insignificantes, mas em uma área que não tem para onde crescer, subentende-se que áreas de pastagens estão sendo vinculadas a área urbana ou mesmo, mangues estão sendo aterrados.

3.1 Análise Espacial Através do ITA – Índice de Transformação Antrópica

Para se discutir a relação dos impactos de cada uso no entorno da rodovia, quinze pesquisadores, foram contatados no sentido de participarem na atribuição dos pesos quantificando o grau de antropização através de um consenso. Os técnicos receberam uma matriz a ser preenchida e os pesos finais obtidos encontram-se na Tabela 3. Os valores destes pesos variam de 1 a 10, no qual, o menor valor representa um baixo grau de antropização e valores maiores um alto grau de antropização associado à classe temática.

Tabela 3. Pesos atribuídos às classes de uso e cobertura da terra.

Classes	Pesos
Afloramento Rochoso	1,2
Corpos d'água	1
Cordão Arenoso	1
Floresta	1
Mangue	1,2
Áreas de Pastagem	5,1
Urbano Baixo	5,4
Urbano Médio	7,5
Urbano Alto	8,9

A partir dos pesos estipulados e das áreas avaliadas em valores percentuais, os índices foram calculados para o entorno da Rodovia nas zonas de proximidade de 3km e 6km. Os resultados apresentam um ITA muito baixo, apesar da crescente antropização da área, variando de 1 a 10, na

média, não chega nem a 2 pontos, ou seja menos da metade. O resultado parece ser muito bom, mas levando em conta que a área escolhida para análise cresce em núcleos urbanos isolados, estes valores podem estar dissimulando a realidade. A Figura 5 apresenta os valores de ITA para as zonas de afastamento de 3 km e 6 km.

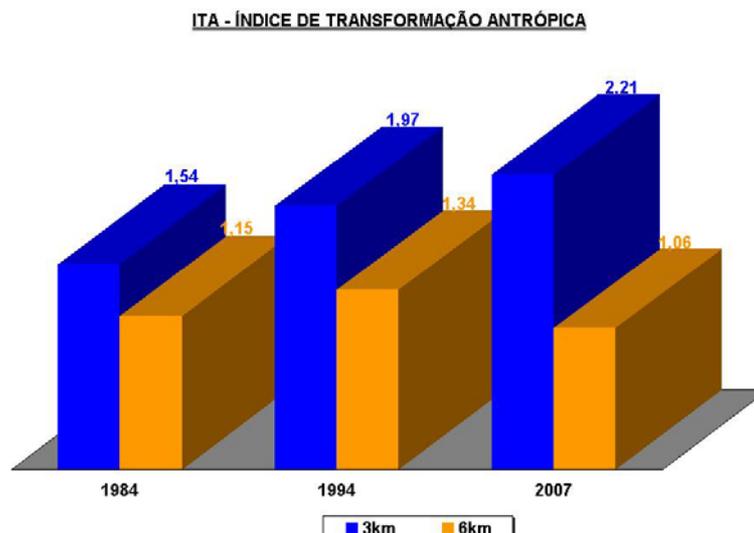


Figura 5. Valores do ITA obtidos para as áreas de proximidade de 3km e 6km da BR-101.

A partir dos valores do ITA pode-se chegar a várias conclusões que apenas com os valores percentuais talvez não fosse possível. Olhando a Tabela 4 a impressão que se tem é que os valores de “Floresta” estão estáveis na faixa dos 70%, e no entanto o ITA para a região dos 3km subiu de 1,54 em 1984 para 2,21. O valor do ITA subiu quase setenta por cento no período. A área da floresta pode até não está sendo perdida, mas a pressão que ela está sofrendo é crescente.

Tabela 4. Valores (%) das classes de uso e cobertura – *Buffer* 3km.

CLASSES	1984	1994	2007
Afloramento Rochoso	0,01	0,06	0,14
Cordão Arenoso	0,08	0,39	0,26
Floresta	85,54	78,65	72,97
Mangue	2,65	1,58	1,52
Áreas de Pastagem	7,54	14,02	19,67
Urbano Baixo	0,00	4,15	0,18
Urbano Médio	2,39	0,54	1,96
Urbano Alto	1,80	0,62	3,30
	100	100	100

Fica claro também que a região apresentou um *boom* no período de 1984 a 1994, e no período seguinte, 1994 a 2007 houve uma recuperação perceptível. Porém os valores de ITA não se estabilizaram e estão em crescimento.

De uma maneira geral, o que se observa é que áreas de pastagens em regiões mais íngremes estão se recuperando, enquanto que em áreas de planície estão se tornando áreas de urbanização de intensidade baixa. E áreas de urbanização de intensidade baixa estão se tornando de intensidade média.

4. Conclusões e recomendações

Este trabalho realizou uma análise espaço-temporal das transformações antrópicas no entorno da BR-101 no trecho que engloba os municípios de Angra dos Reis e Parati, nos anos de 1984, 1994 e 2007.

Os dados utilizados do Sensoriamento Remoto mostraram-se eficazes para a quantificação e análise espacial dos dados. A análise comparativa do uso e cobertura da terra para o período de 1984 a 2007 foi obtida por classificação digital das imagens *Landsat 5ETM* e *7ETM+*, em valores absolutos (km²) e relativos (%) para cada ano, considerando zonas de afastamento em relação a BR-101. A determinação do nível de transformação antrópica pelo ITA e o cruzamento dos diferentes mapas temáticos possibilitaram a geração de uma síntese da dinâmica espaço-temporal da ocupação e uso da terra através de gráficos, mapas-síntese e análise geral dos dados.

O ITA apresentou resultados em valores muito pequenos ao que se previa. A razão provável é que o recorte da área pode ter sido grande demais, levando-se em consideração que a região é salpicada por ocupações pontuais, nem sempre captadas pelo sensor devido a sua resolução espacial.

Uma das conclusões a que se chegou é que a própria atividade dominante na região, o Turismo, pode ter sido preponderante na preservação das áreas naturais. O interessante é que esta mesma atividade também é responsável pela degradação de algumas áreas, como os mangues para a construção de estabelecimentos turísticos.

De uma forma geral, o trabalho alcançou seus objetivos aplicando uma metodologia em ambiente SIG para projetos ambientais. E, mostrando que é possível se fazer uma análise espaço-temporal que analise a dinâmica da paisagem e que dê subsídios ao planejamento ambiental, como a geração de um programa de recuperação de mangues ou análises de áreas propícias a se tornarem APAs por já se encontrarem em região de especulação imobiliária, entre outros.

5. Referências Bibliográficas

Bertoncello, R. V. **Processo de modernização e espaço local: O caso do município de Angra dos Reis (RJ)**. 1992. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1992.

Cruz, C. B. M. **As bases operacionais para a modelagem e implementação de um banco de dados geográficos em apoio à gestão ambiental – um exemplo aplicado à Bacia de Campos**. 2000. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.

Leff, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001. 239 p.

Mateo, J. **Apuntes de Geografia de Los Paisajes**. La Habana: Ed. Universitaria, 1984. 194 p.

Parati, Estudos para o planejamento municipal: **Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: FIDERJ, 1977.

Rocha, S. P. da e Cruz, C. B. M. Monitoramento da cobertura vegetal nas APAs da Mantiqueira e Serrinha do Alambari no Município de Resende com auxílio do Sensoriamento Remoto In: XIII Encontro Nacional de Geógrafos – Por uma Geografia Nova na Construção do Brasil, 18., 2002, João Pessoa. **Anais do XIII Encontro Nacional de Geógrafos**. João Pessoa: UFPB, 2002 Artigo, p. 357.

Vicens, R. S. **Abordagem Geoecológica aplicada as bacias fluviais de tabuleiros costeiros no norte de Espírito Santo: Uma avaliação e gestão de recursos hídricos**. 2003. 252 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.