

Carga Antrópica da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara

CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ¹
ALEXADRE JOSÉ DE ALMEIDA TEIXEIRA¹
RAFAEL SILVA DE BARROS¹
MAURO SÉRGIO FERNANDES ARGENTO¹
LETÍCIA MARIA MAYR¹
PAULO MÁRCIO LEAL DE MENEZES¹

¹ UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Brigadeiro Trompovsky, s/n, Cidade Universitária - Ilha do Fundão, RJ, Brasil
{cmad, rbarros}@igeo.ufrj.br

Abstract. The aim of this paper is to achieve a holistic view of Guanabara Bay integrating the study of environmental quality of its ecosystem considering its body of water and watershed.

In this study techniques of Digital Image Processing and Geographical Information System are used together with the Anthropic Transformation Index (ATI) of Lèmechev, which allows the characterisation of the main sub watersheds of Guanabara Bay in regard of its anthropogenic load. The achieved results duly mapped in regard to different classification, facilitate a spatial and integrated view of the area.

Keywords. Environmental Quality, Remote Sensing, Guanabara Bay, Anthropic Transformation

1. INTRODUÇÃO

A cidade do Rio de Janeiro cresceu às margens da Baía de Guanabara em função de vários aspectos positivos, representados não só por sua geomorfologia e rede de drenagem, que garantiam a penetração além da linha de costa, como também, por suas águas limpas, resultantes de um eficiente sistema de auto-depuração, responsável pela reciclagem do volume de despejos urbanos daquela época pretérita (Mayr, 1989). Com a rápida expansão urbano-industrial ocorrida nestas últimas décadas (a partir de 40), esta capacidade de renovação foi superada em alguns pontos da baía, onde o processo de renovação e circulação de suas águas ficou prejudicado devido aos assoreamentos e aterros efetuados em suas margens, gerando áreas fortemente degradadas.

A falta de qualidade ambiental da baía vem também acarretando uma perda de qualidade de vida da população que vive em função de seus recursos naturais, e com isso, causando o prejuízo de suas atividades econômicas e sociais. O estudo integrado de todas as condicionantes envolvidas, numa visão holística, deve considerar não só a avaliação da qualidade de seu corpo d' água, mas também o comprometimento de sua bacia de drenagem.

Assim, com o objetivo de promover uma visão holística da Baía de Guanabara, este trabalho complementa o estudo das transformações ambientais ocorridas nesta baía nas últimas 5 décadas

(Cruz et al., 1996), que gerou um Mapa de Sensibilidade Natural quanto à capacidade de renovação de suas águas. São usadas técnicas de Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, aliadas ao Índice de Transformação Antrópica (ITA) de Lèmechev, modificado por Mateo (Sanchez, 1997), para estudar o comportamento das principais sub-bacias hidrográficas da baía. Os resultados são então confrontados com a qualidade das águas da baía, obtida a partir do estudo de parâmetros hidrobiológicos por Mayr.

Especificamente, este trabalho objetiva:

- a determinação numérica da carga antropogênica a que se encontra submetida a paisagem, com a aplicação do ITA, baseado na efetuação da classificação digital quanto ao uso da terra para toda a bacia hidrográfica da baía;
- e o relacionamento dos resultados obtidos com a qualidade das águas e as áreas de sensibilidade da baía quanto a capacidade de renovação das mesmas.

A Área de Estudo:

A bacia hidrográfica da Baía de Guanabara atinge uma das áreas mais expressivas do país, social, econômica e culturalmente. Sua área de aproximadamente 8600km², abrange, parcialmente ou totalmente, os municípios do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, Belford Roxo, Duque de Caxias, Magé, Petrópolis, Itaboraí, São Gonçalo, Niterói, Rio Bonito, Teresópolis e Cachoeiras de Macacu, abarcando uma concentração urbana de quase 10 milhões de habitantes (**vide figura 1**).

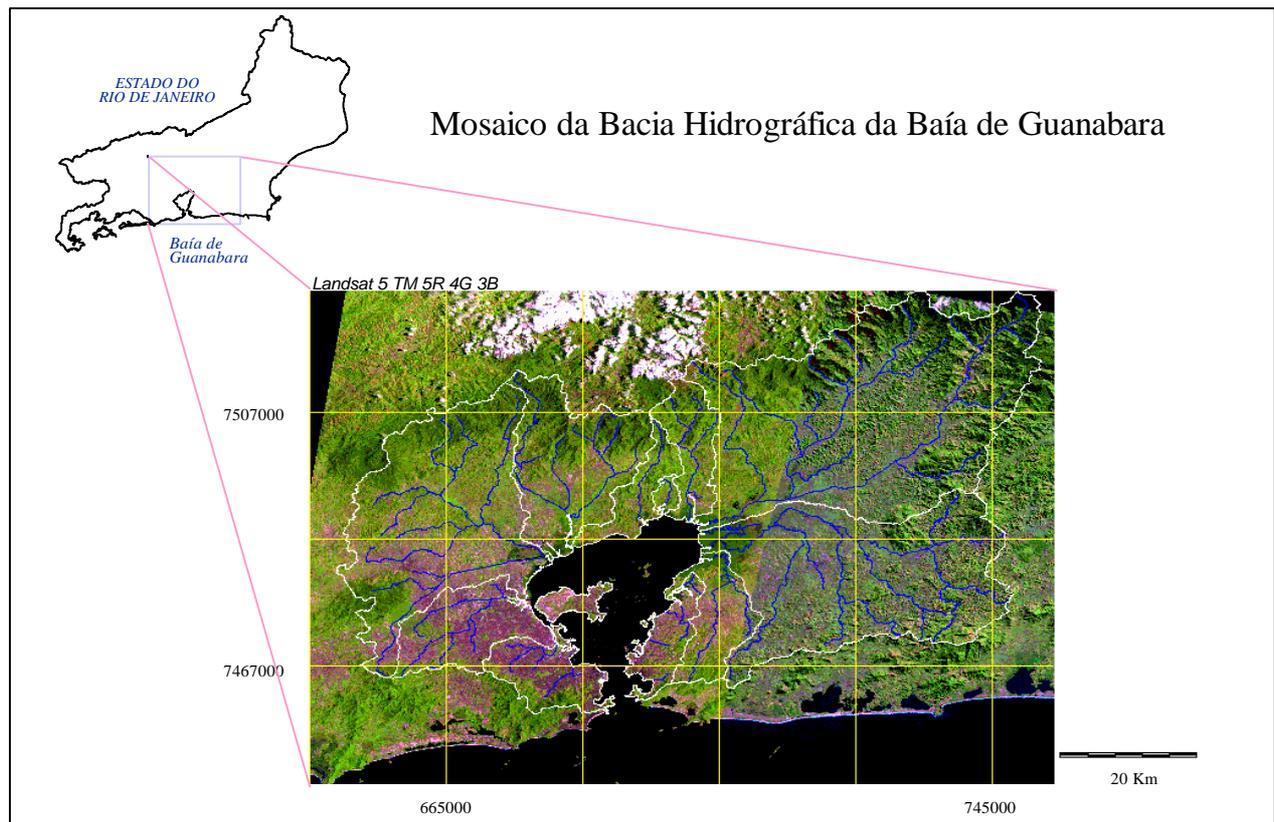


Figura 1: Esquema de localização e Mosaico

2. MÉTODOS E TÉCNICAS

2.1 Definição das Bases Espaciais

De modo a cobrir toda a área de interesse (a bacia hidrográfica), foram necessários dois quadrantes da imagem LANDSAT-5 TM (1995) - bandas 3, 4 e 5 - o 217-076b e o 216-076a. As funções de processamento digital das imagens foram efetuadas nos sistemas SITIM-340/INPE e Idrisi for Windows, com o objetivo máximo da geração de uma classificação temática quanto ao Uso da Terra para toda a bacia hidrográfica da baía. O procedimento realizado se encontra esquematicamente apresentado a seguir (vide **figura 2**):

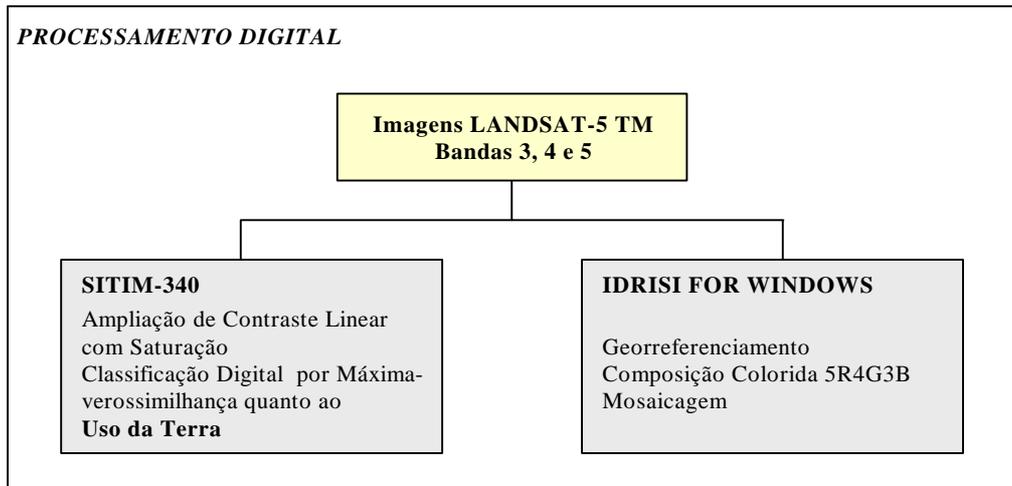


Figura 2: Esquema Geral do Processamento Digital de Imagens

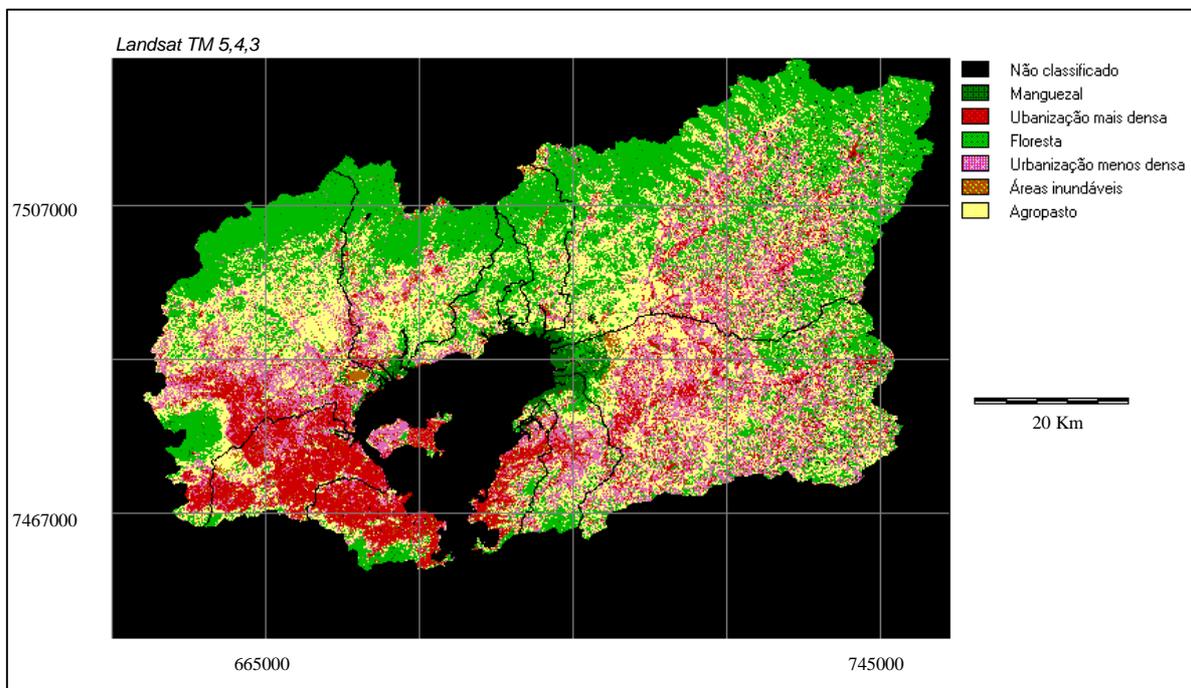


Figura 3: Classificação Digital quanto ao Uso da Terra

As classes de uso da terra definidas para a carta temática (vide **figura 3**), foram obtidas a partir de áreas de treinamento determinadas pelo prévio conhecimento da área, e consistiam dos seguintes itens: Mangue, Urbanização mais densa, Urbanização menos densa, Floresta, Área inundada e Agropasto.

Paralelamente, foram digitalizados no sistema SGI/INPE, com base no mapeamento sistemático na escala 1:50000, os limites da bacia hidrográfica e sub-bacias principais da baía, assim como, os principais canais fluviais. Este procedimento possibilitou a geração da base espacial de referência para o entrecruzamento com a carta temática de uso da terra, com vistas à quantificação de cada tema por sub-bacia (vide **figura 4**).

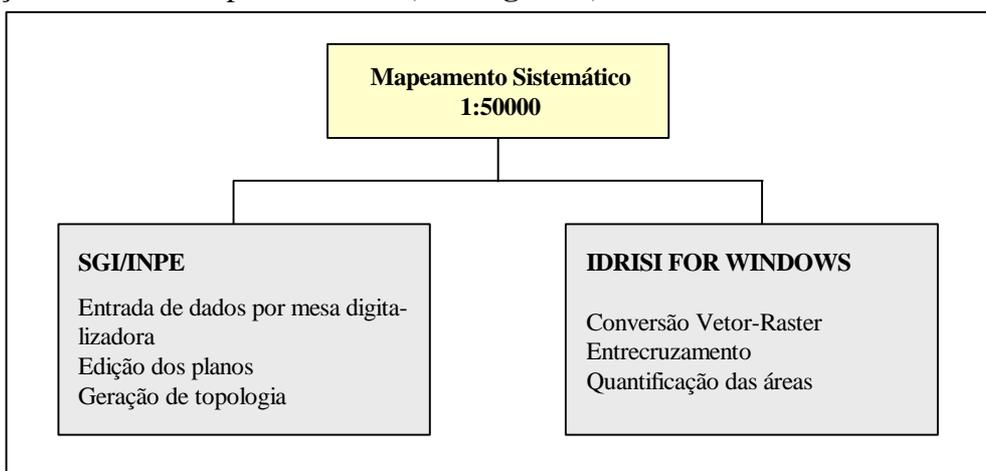


Figura 4: Geração da Base de Sub-bacias

A necessidade de conversão do plano de informação contendo as sub-bacias para o formato raster (matricial), é devida ao fato do sistema Idrisi efetuar (em 95% dos casos) operações de manipulação com este tipo de estrutura gráfica. É o caso da sobreposição do plano temático (classificado) com o de sub-bacias, realizada com a função *Overlay*; e da quantificação de áreas (função *Area*). Vide **figura 5**.

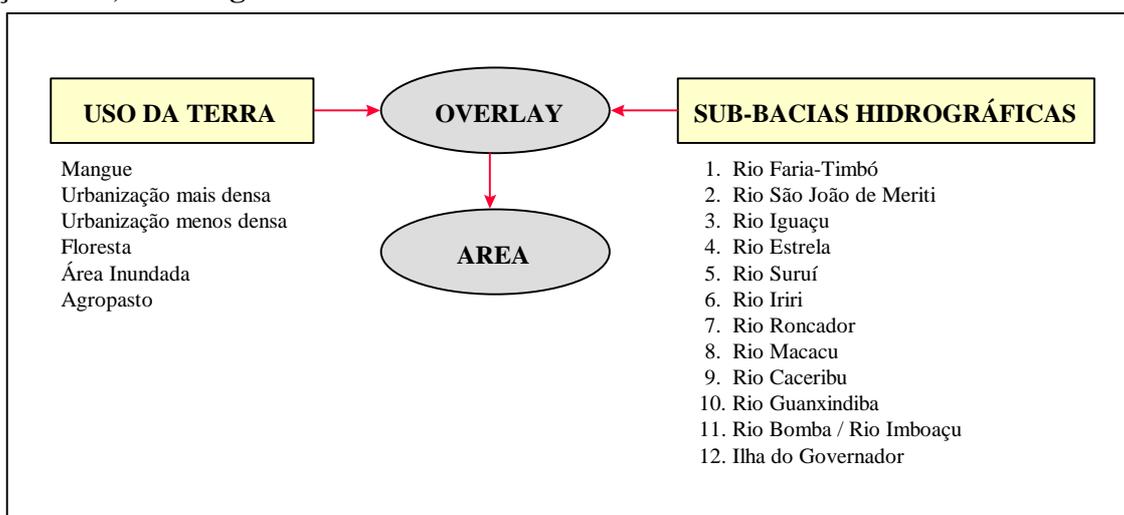


Figura 5: Quantificação dos Temas por Sub-bacias

2.2 O Índice de Transformação Antrópica (ITA)

A magnitude ou grau em que a paisagem é modificada pode ser usada na avaliação da qualidade ambiental. Para quantificar tal magnitude, faz-se uso de indicadores, como é o caso do Índice de Transformação Antrópica (ITA) proposto por Lèmechev (1982) e modificado por Mateo (1991):

$$ITA = \sum_{i=1}^n (r_i p_i) / 100$$

onde,

r_i = nível de transformação antrópica da paisagem para um determinado tipo i de uso da terra;

p_i = área (em %) do tipo de uso da terra nas sub-bacias;

n = quantidades máximas de tipos de uso da terra.

O nível de transformação antrópica r , determinado pelo método de expertos¹, funciona como um peso dado a cada tipo de uso, variando de 1 a 10, que representa uma maior modificação antrópica quanto maior for o seu valor. Sanchez (1997), ponderou estes níveis em intervalos de valores, de modo a permitir uma diferenciação subjetiva que possibilitasse o atendimento às particularidades de cada área de estudo. Neste caso, considerando o tipo de uso da terra encontrado na bacia hidrográfica da Baía de Guanabara, estabeleceu-se o seguinte conjunto de pesos:

Uso da Terra	r
Floresta	2
Mangue	3
Áreas inundadas	4
Agropasto	8
Urbanização menos densa	9
Urbanização mais densa	10

A definição da variável p é dada a partir da quantificação das áreas de cada tema por sub-bacia (valores absolutos), transformadas para valores percentuais ou relativos, o que permite a comparação das sub-bacias.

2.3 Classificação das Sub-bacias quanto a Carga Antropogênica

Com o uso de banco de dados, junto ao sistema Idrisi for Windows, calculou-se os índices das 12 sub-bacias definidas, classificando a área como um todo, de duas formas distintas:

¹ Também conhecido como Método Delphi (técnica usada para definição de notas ou pesos, baseada na experiência de diferentes especialistas).

Em Quartis:

- Pouco degradado (0 a 2,5)
- Regular (2,5 a 5)
- Degradado (5 a 7,5)
- Muito Degradado (7,5 a 10)

E quanto ao Afastamento da Média, para identificação da situação de cada sub-bacia em relação à caracterização geral da área:

- Abaixo (menos antropizada)
- Acima (mais antropizada)
- Dentro do intervalo (similar)

3. RESULTADOS OBTIDOS

Conforme o já explicado, o ITA representa a participação areal, em cada sub-bacia, dos diferentes tipos de uso da terra, previamente ponderados. Em relação a este índice que varia de 1 a 10, a bacia hidrográfica da Baía de Guanabara apresenta um valor médio de 6, com um desvio padrão de 1,55, tendo sido encontrada para as suas sub-bacias, uma variação de 4,0 a 8,6. Este resultado é explicado pela variabilidade da situação das sub-bacias, quanto a intensidade de ocupação observada na área. O quadro a seguir apresenta os totais de área em valores relativos (%) para cada tema, e o ITA encontrado para cada sub-bacia:

Sub-bacias	Mangue	Urbano mais denso	Urbano menos denso	Floresta	Área inundada	Agropasto	ITA
1	0	54,65	9,22	14,917	7,143	12,435	7,8
2	0	56,172	16,067	3,66	7,091	16,499	8,6
3	0,914	10,285	17,457	35,326	4,349	31,177	5,8
4	2,09	3,616	10,935	49,961	4,071	28,914	4,7
5	2,48	1,9	10,017	49,101	4,116	32,034	4,6
6	6,042	1,497	4,992	43,575	2,525	41,05	4,7
7	3,146	1,671	5,992	58,485	3,766	26,614	4,0
8	0,625	5,17	14,44	48,08	2,529	29,14	4,5
9	2,38	11,352	28,174	18,444	3,94	34,517	6,8
10	7,769	9,767	26,998	20,542	5,468	28,732	6,2
11	2,808	31,614	21,440	12,307	11,498	18,897	7,2
I. Governador	0,565	31,92	34,652	8,873	10,281	12,033	7,8

A classificação das sub-bacias segundo o Índice de Transformação Antrópica (ITA) em quartis gerou e seguinte plano temático (**vide figura 6**):

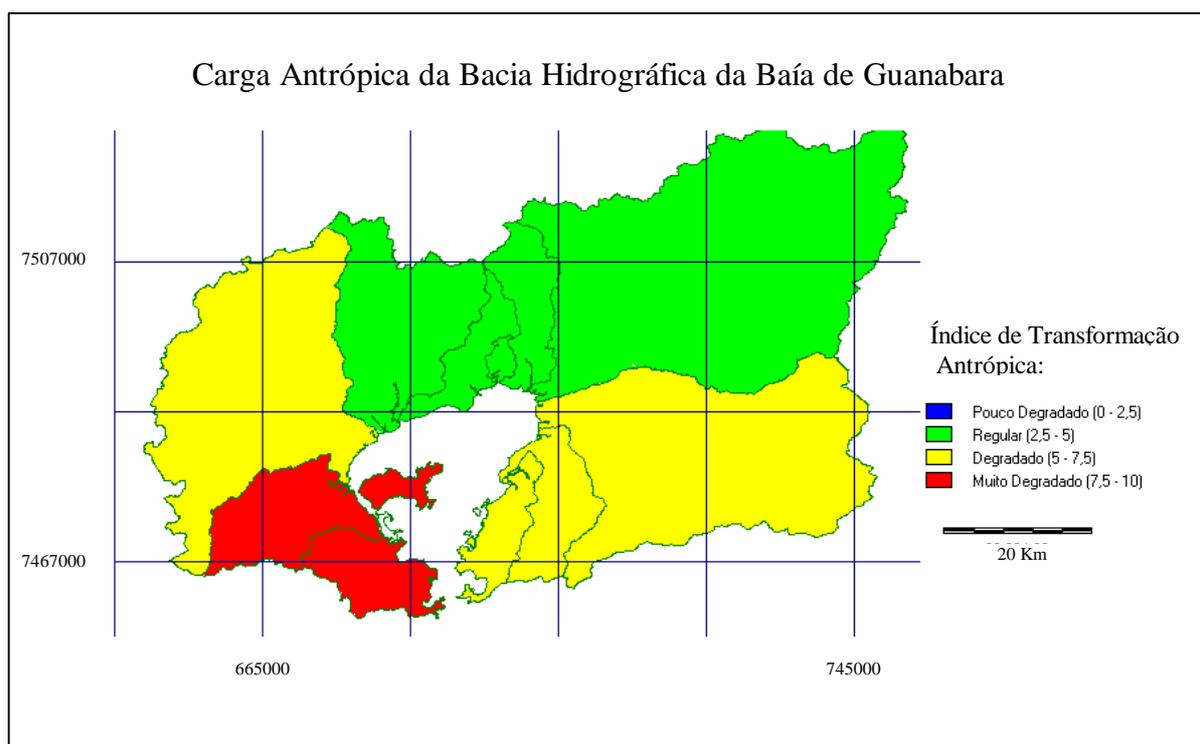


Figura 6: Classificação segundo os quartis

Como pode-se observar, nenhuma sub-bacia encontrou-se na situação de Pouco Degradada (ITA variando de 0 a 2,5). As sub-bacias ao norte da baía são as que apresentaram menores índices ou mais baixa antropia (classe Regular), enquanto que as duas sub-bacias a sudoeste mais a Ilha do Governador, áreas de intensa ocupação urbana, foram as que apresentaram os maiores índices (classe Muito Degradado). As demais áreas, caracteristicamente bem antropizadas, encontraram-se com valores entre 5 e 7,5, sendo classificadas como Degradadas.

Outrossim, a classificação do ITA segundo o afastamento em relação à media geral gerou um novo plano temático que pode ser visualizado na **figura 7**.

Quanto a esta classificação, pôde-se observar que as sub-bacias 1 e 2, respectivamente relacionadas ao Rio Faria Timbó e Rio São João de Meriti, e a Ilha do Governador (**figura 8**), mais uma vez se destacam como as áreas mais antropizadas de toda a bacia, se encontrando acima do desvio padrão da área. De outra forma, a sub-bacia 7, referente ao Rio Roncador (**figura 9**), destaca-se por se encontrar abaixo do desvio, sendo portanto, entre todas as sub-bacias classificadas como Pouco Degradadas, a menos antropizada.

Acima do Intervalo Médio		Abaixo do Intervalo Médio	
Sub-bacias	ITA	Sub-bacias	ITA
1. R. Faria Timbó	7,90	7. Rio Roncador	4,05
2. R. São João de Meriti	8,67		
12. Ilha do Governador	7,89		

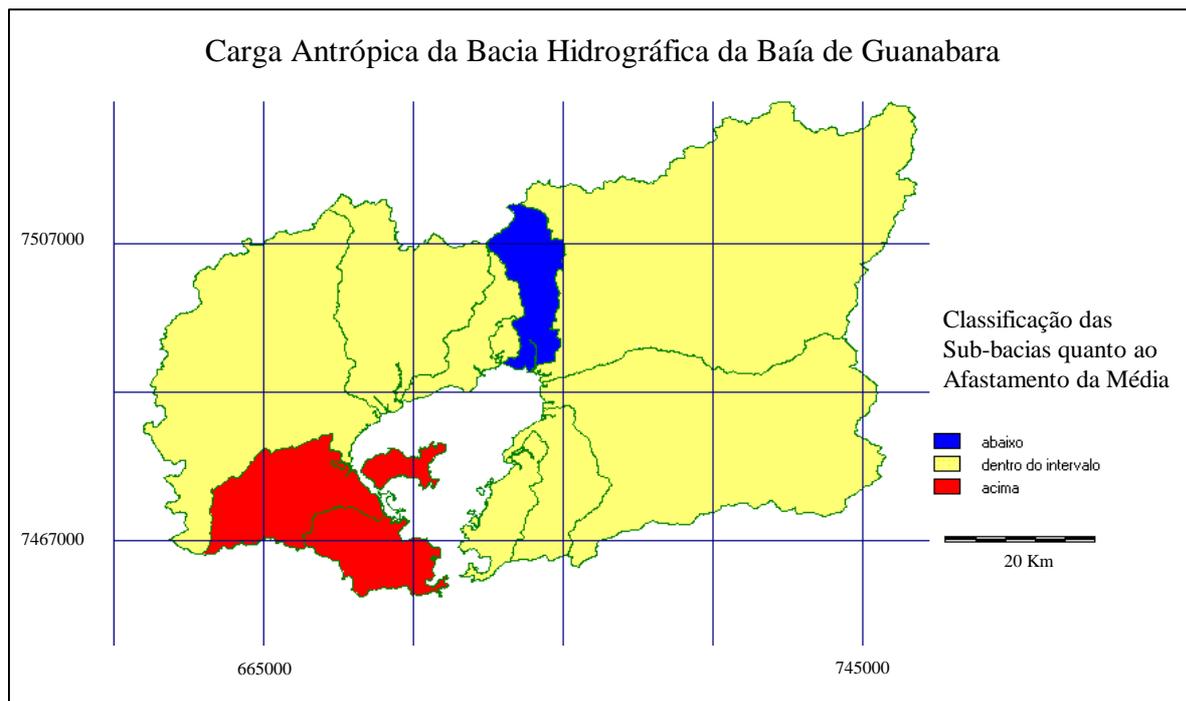


Figura 7: Classificação segundo o afastamento em relação à média

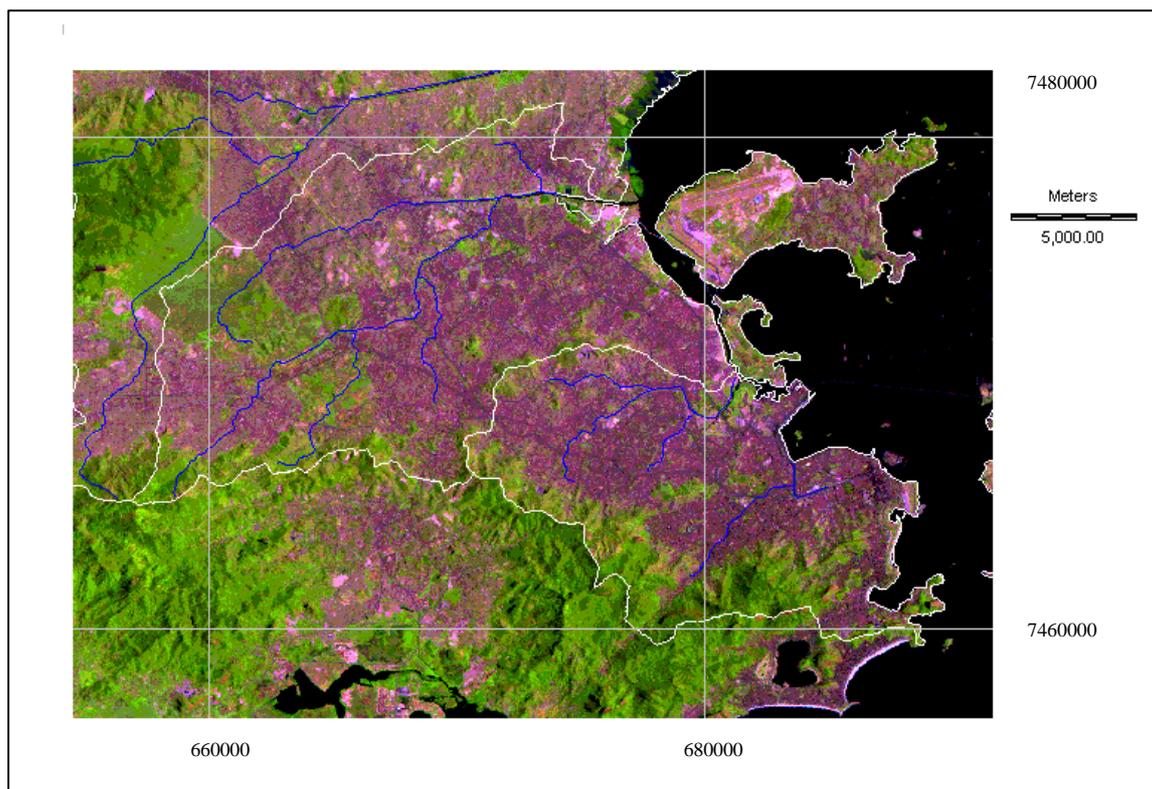


Figura 8: Bacias dos Rios Faria Timbó e S. João de Meriti, e I. do Governador

Como pode ser visto nas figuras 8 e 9 (janelas retiradas da imagem em composição colorida), a densidade de ocupação urbana é bastante diferenciada para as áreas que se destacam da situação média da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. Nestas imagens, observa-se em tons de rosa - quanto mais escuro maior é a intensidade - as manchas urbanas, e nos tons de verde as áreas com diferentes cobertura vegetal. Fica claro, desta forma, que as sub-bacias referidas possuem diferentes concentrações de tipos de uso da terra.

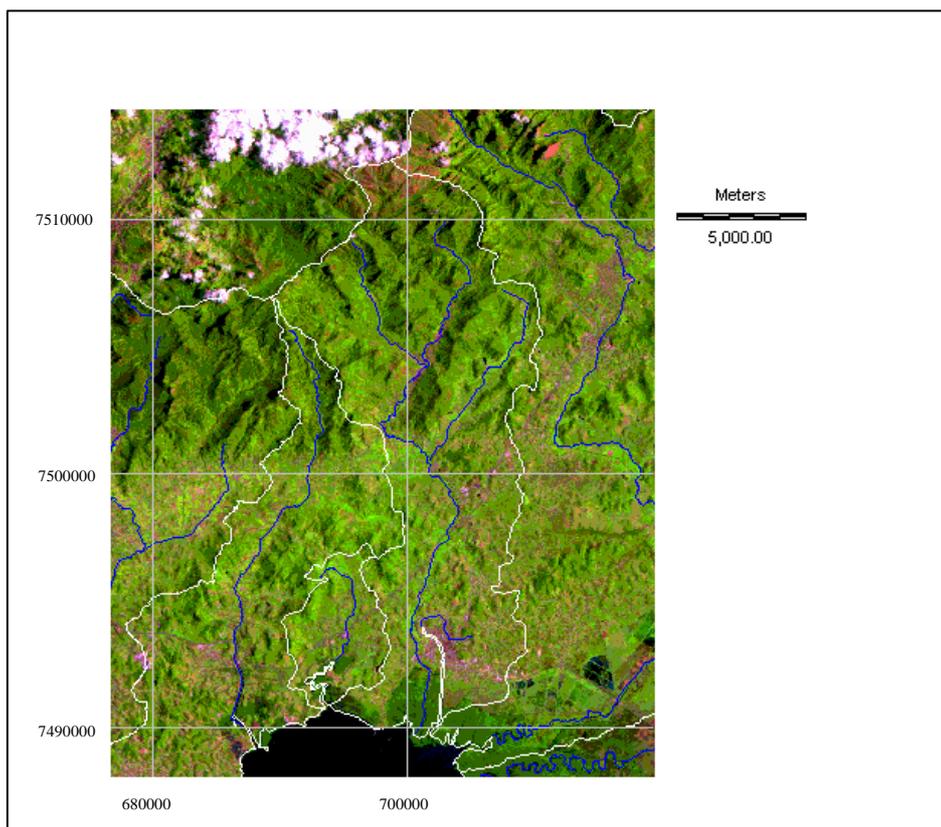


Figura 9: Bacia do Rio Roncador

O comportamento da distribuição do ITA foi confrontado com o Mapa de Sensibilidade Natural da Baía de Guanabara (Cruz, 1996), indicador dos níveis de sensibilidade diagnosticados em seu corpo d' água (**figura 10**), que apresenta como área crítica a região de contribuição das sub-bacias mais degradadas. Estes resultados também foram comparados com os mapas temáticos referentes aos parâmetros hidrobiológicos: salinidade, fósforo total e coliforme fecal, da mesma forma indicadores da qualidade ambiental da baía (**figura 11**). Tanto o fósforo quanto o coli, apresentam altas concentrações nesta região, enquanto a salinidade é mais baixa, o que vem a confirmar o quadro de mais baixa qualidade das águas.

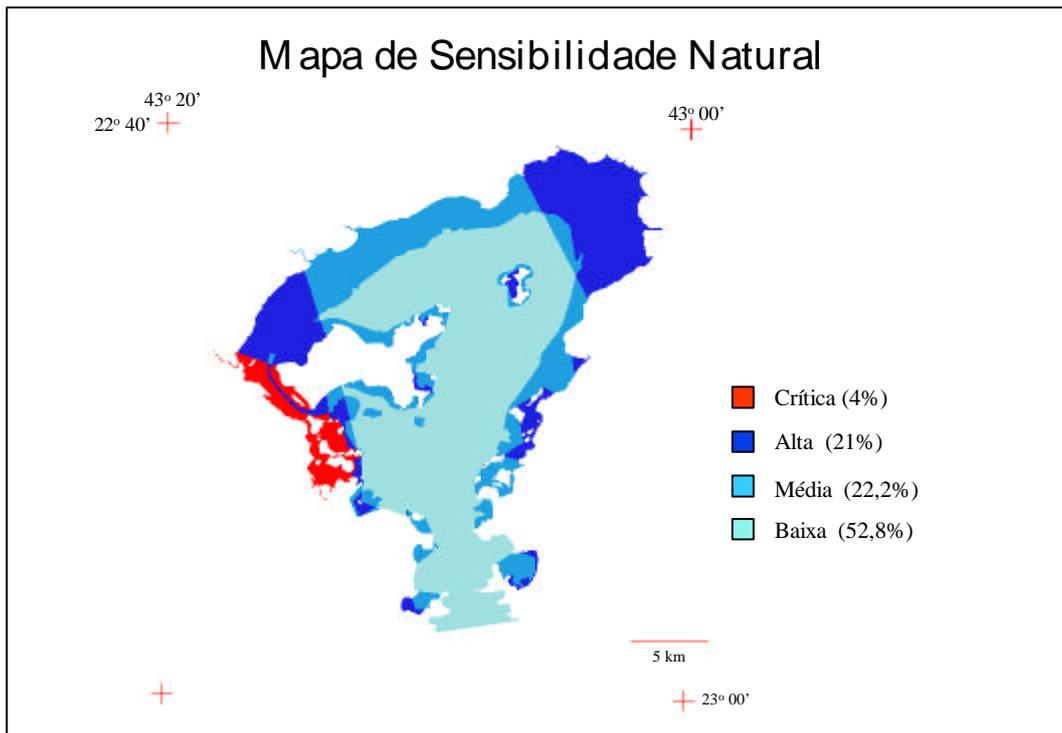


Figura 10: Mapa de Sensibilidade Natural da Baía de Guanabara (Cruz, 1996)

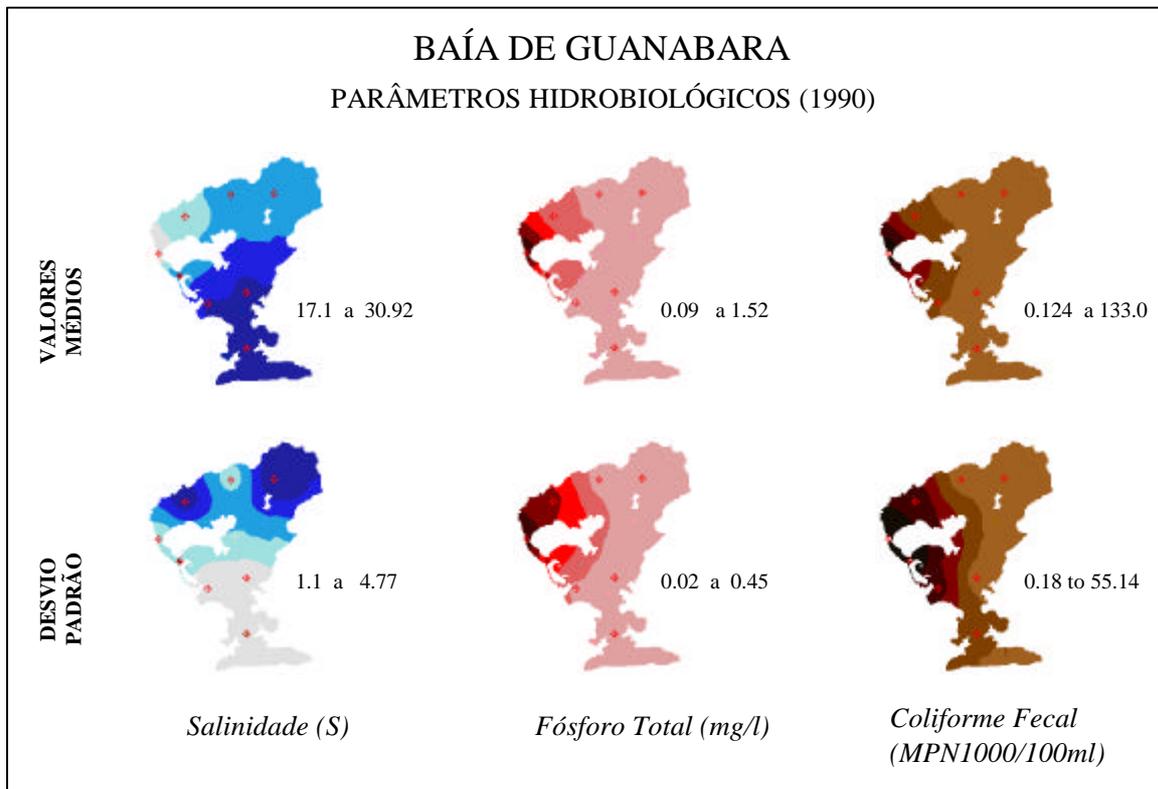


Figura 11: Mapeamentos temáticos dos parâmetros hidrobiológicos (Cruz, 1996)

4. CONCLUSÕES

4.1 Quanto à metodologia

A proposta de Lèmechev (1982) em quantificar o grau de transformação ambiental, se adaptou de forma satisfatória às técnicas de geoprocessamento. O que inclui o uso de classificadores digitais sobre imagens orbitais. Apresenta a vantagem de indicar as áreas mais modificadas, na constituição de suas formas, porém leva em consideração apenas um tipo de variável (uso da terra), tendo como desvantagem principal o fato de não explicar as funcionalidades inseridas em cada processo. Quanto a isso, indica-se uma complementação a nível de levantamento de dados fluviométricos nos canais estudados, principalmente no caso dos que se encontram nas sub-bacias mais antropizadas.

4.2 Quanto aos resultados obtidos

As sub-bacias com ITA mais elevados, de fato coincidem com as áreas mais impactadas do espelho d' água da baía, definidas a partir dos parâmetros indicadores de despejos domésticos e industriais: coli fecal e fósforo total.

Apesar da sub-bacia 1, Rio Faria Timbó e Canal do Mangue, ter sido classificada como uma das áreas mais degradadas da bacia, a situação das águas da baía em sua proximidade não é tão grave, dado que a fragilidade da baía nesta área não encontra-se crítica; o que se justifica pelo fato da circulação e renovação das águas serem favorecidas por sua proximidade com a entrada da baía e por sua maior profundidade (o acesso da cunha salina é facilitado).

BIBLIOGRAFIA

- Cruz, C. B. M.; Mayr, L. M.; Barros, R. S.; Argento, M. S. F. & Senna, C. A. P. (1996) Transformações Ambientais na Baía de Guanabara - uma Abordagem com Suporte de Geoprocessamento.** Anais da I Semana Estadual de Geoprocessamento (p.342-347).
- Cruz, C. B. M.; Argento, M. S. F. & Mayr, L. M. (1995) Um Modelo de Eutrofização para a Baía de Guanabara.** Anais do VI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada (vol.1, p.544-552).
- FEEMA (1990) Dados Hidrobiológicos da Baía de Guanabara no período de 1980 a 1990.** Não publicados.
- Mateo, J. (1991) Geocologia de los Paisajes.** Universidad Central de Caracas. Monografia.
- Mayr, L. M.; Tenenbaum, D. R.; Villac, M. C.; Paranhos, R.; Nogueira, C. R.; Bonecker, S. & Bonecker, A. (1989) Hidrobiological Characterization of Guanabara Bay.** In: Magoon, O. and Neves, C. (eds). Coastlines of Brazil. New York: American Soc. of Civil Engineers (p.124-138).
- Sanchez, R. (1997) O Transporte de Sedimentos em Suspensão como parte da Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mazomba.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado.