
MAPEAMENTO DIGITAL NO SISTEMA SPRING A PARTIR DE DADOS GPS E IMAGENS SENSORIAIS IKONOS DA ZONA COSTEIRA MERIDIONAL DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DA BARRA - RJ, COMO REQUISITO PARA O PLANEJAMENTO TERRITORIAL

TADEU CORRÊA PINHEIRO
ANA MARIA BRANDÃO MILEZE
GILBERTO PESSANHA RIBEIRO

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ
Faculdade de Engenharia - FEN
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação\Geomática, Rio de Janeiro - RJ
{tadeutcp, anamariabrm, gilberto.pessanha}@gmail.com

RESUMO - O plano diretor de São João da Barra, município localizado no norte-fluminense, estabelecido em 2006, não contempla por completo o mapeamento de uso da Terra e o conseqüente zoneamento ambiental da área de restinga com propósitos preservacionistas e de controle dos impactos das intervenções humanas. O IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes em 2003 iniciou o processo de criação de duas unidades de conservação que cobrem grande parte da zona costeira desse e de outro município vizinho: São Francisco do Itabapoana. Uma dessas unidades – "Área de Proteção Ambiental do Complexo Lagunar de Grussaí, Iquipari, Açú e Salgado" – está atualmente em fase de demarcação definitiva e contém o 5º distrito de Açú de São João da Barra. O mapeamento digital concluído inclui grande parte da restinga onde serão executadas duas grandes obras de engenharia: mineroduto e complexo portuário de Açú. O mapeamento aqui descrito foi desenvolvido a partir de dados GPS adquiridos no campo (modo relativo e estático) para permitir o georreferenciamento de imagens sensoriais IKONOS do ano de 2001 e também para definir a configuração espacial de feições costeiras importantes para interpretações de processos de ocupação e erosivo lá localizados, e em curso. É apresentada metodologia empregada nesse mapeamento e seus resultados, como requisito imprescindível para o planejamento territorial.

ABSTRACT - São João da Barra's managing plan, a city located in the north of the state of Rio de Janeiro, established in 2006, it does not completely contemplate the mapping of use of the Land and the consequent environmental zoning of the sandbank area with intentions of preservation and control of the impacts of the interventions human beings. The Regional IBAMA/Office of Campos dos Goytacazes in 2003 initiated the process of creation of two units of conservation that cover great part of the coastal zone of this and of another neighboring city: São Francisco do Itabapoana. One of these units - "Area of Environmental Protection of the Complex of Lagoons of Grussaí, Iquipari, Açú and Salgado" - is currently in phase of definitive landmark and contains 5º district of Açú of São João da Barra. The concluded digital mapping includes great part of sandbank where two great workmanships of engineering will be executed: mineralogical duct and port complex of Açú. The described mapping was developed from data GPS acquired in the field (relative and static way) to allow the act of georeference of sensorial images IKONOS of the year of 2001 and also to define the space configuration of important coastal shape for interpretations of processes of erosion and occupation located there, and in course. Methodology used in this mapping and its results is presented, as requisite essential for the territorial planning.

1 INTRODUÇÃO

A partir de cenários não pesquisados do ponto de vista de mapeamento digital, decidiu-se em 2006 promover estudos formais sobre o ambiente da restinga localizada na parte meridional do município de São João da Barra, no norte-fluminense. Trata-se do seu 5º distrito

– Açú – onde serão executadas muito em breve duas grandes obras de engenharia: mineroduto e complexo portuário do Açú [1] [2]. A partir de dados GPS e imagens sensoriais do sistema orbital IKONOS, com data de aquisição de 2001, foi planejado e executado o mapeamento digital aqui descrito de forma sucinta.

Os resultados desse mapeamento podem efetivamente contribuir para um planejamento mais consistente, envolvendo revisão do plano diretor municipal apoiado em projeto de lei [3], que apontou necessidade de zoneamento do território, mas de forma muito geral, sem desdobramentos sobre o uso da Terra e a ocupação humana futura.

Este artigo consiste na apresentação de metodologia e resultados a partir desse mapeamento digital, com apoio também em levantamentos de campo executados com rastreadores geodésicos GPS por alunos do curso de Engenharia Cartográfica da UERJ, supervisionados pelo segundo autor.

Os resultados apresentados são inéditos e identificam como a zona costeira da restinga se encontra diante das intervenções humanas e de eventos naturais diante de forçantes meteorológicas, oceanográficas e astronômicas (vento, onda e marés, respectivamente). Houve foco no recorte espacial representado pela zona costeira da praia do Açú e também no entorno da lagoa do Salgado. Essa lagoa tem grande valor paleontológico [4] uma vez que há algas até os dias de hoje que têm produzido fósseis de origem biológica - os estromatólitos.

No verão de 2007 essa área do 5º distrito sofreu com fortes alagamentos e inundações diante do alto índice pluviométrico observado no baixo curso do rio Paraíba do Sul e em sua sub-bacia hidrográfica, dificultando ações do Estado, inclusive da Defesa Civil em resgate e suporte à população residente atingida.

O referido mapeamento possui também como propósito a espacialização de pontos críticos identificados, que foram percorridos em campo em 2007, pelos autores e pela equipe da Defesa Civil municipal, que impõem ações emergenciais de obras de engenharia em minimizar as consequências provocadas por essas intempéries.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram executadas três grandes campanhas no município em 11, 12 e 13 de novembro/2006; 8, 9, 10 e 11 de março; 16, 17 e 18 de junho; 15, 16, 17 de julho; 07, 08 e 09 de setembro; 09, 10 e 11 de novembro/2007 [5]. O mapeamento teve apoio de levantamentos GPS a partir de uso intensivo de três rastreadores geodésicos GTR-A/TechGeo (gentilmente cedidos pela UFF), dois rastreadores Reliance/Ashtech e um rastreador ProMark2/Ashtech da UERJ, no modo relativo, tanto estático, para pontos de controle destinados ao georreferenciamento de imagens IKONOS, como também cinemático, para demarcação de linha d'água e escarpa erosiva (falésia) na praia do Açú, onde se observou nos últimos anos erosão marinha, relatados pela imprensa local, com destruição de parte da infraestrutura urbana (figuras 4 e 5).

Os levantamentos GPS tiveram os seguintes parâmetros iniciais de configuração dos equipamentos: taxa de armazenamento de dados de 2; máscara de

elevação de 10°; e condição de, no mínimo, de 4 satélites para o armazenamento de dados.

O material onde foram realizadas as análises do trabalho ocorreu em 2 imagens da plataforma IKONOS II, nomeadas respectivamente de SJB3 (mais ao norte) e SJB4 (mais ao sul), referentes ao ano de 2001, fusionadas e com 1 metro de resolução espacial, cedidas pela UFRJ-COPPE.

Foram também utilizados os softwares de SIG SPRING 4.3.3 e o ArcGIS 9.2 para a realização das classificações das imagens e geração de mapas, como produto final.

3 DESENVOLVIMENTO

A partir de imagens IKONOS disponíveis e dos levantamentos de campo planejados foi estabelecida estratégia de ação para o mapeamento tendo como base o diagrama de referência abaixo apresentado (Figura 1).



Figura 1 – Diagrama das etapas do mapeamento.

O mapeamento foi executado adotando-se o sistema geodésico SAD-69 e o sistema de coordenadas UTM, considerando o fuso de projeção 24, com longitude do meridiano central 39°W.

As figuras 2 e 3 a seguir ilustram momentos de levantamentos estáticos GPS de pontos previamente materializados no terreno com o propósito de aquisição de coordenadas geodésicas.



Figura 2: Levantamento geodésico no campo – estação Base “PU_Açú”.



Figura 3: Levantamento geodésico no campo – estação Rover “PU_Mato_Escuro”.

A figura 4 a seguir refere-se a uma fotografia aérea panorâmica tirada em 19 de julho de 2006, apresentando parte da área urbana na praia do Açú onde, nos últimos dois invernos, foi submetida a intensos ataques de ondas, na ocasião de ocorrência frentes frias. A foto foi gentilmente cedida pelo engenheiro florestal Osmane P. Ribeiro, colaborador desta pesquisa.



Figura 4: Visão panorâmica de parte da área urbana da praia do Açú.

A figura 5 a seguir ilustra cenário da praia do Açú para a época de 11 de novembro de 2006, onde houve registro fotográfico de consequências imediatas do processo erosivo em curso sobre a Avenida Atlântica. A escarpa erosiva (falésia) está evidente e tem sido monitorada a sua configuração espacial pelos autores por meio de levantamentos GPS eventuais a cada três meses, aproximadamente.



Figura 5: Escarpa erosiva (falésia) na praia do Açú.

A figura 6 a seguir ilustra visão panorâmica de margem da lagoa do Salgado para a época de 14 de outubro de 2006, onde se localiza um sítio geológico com riqueza paleontológica, marcado com ocorrências raras de estromatólitos, que são rochas de origem orgânica formadas por alterações químicas a partir de algas que ainda habitam esse ambiente até hoje. O uso da Terra na zona do entorno da lagoa é alvo desta pesquisa e buscará também identificar áreas irregulares de cultivo agrícola (predominantemente maxixe, quiabo e abacaxi).



Figura 6: Margem da lagoa do Salgado (estromatólitos).

O cálculo das taxas erodidas se deu pela diferença nas medições das linhas de falésia realizadas nas épocas de novembro de 2006 e julho de 2007.

O propósito do uso do sistema SPRING é a modelagem dos dados geográficos relativos ao mapeamento digital e o processamento de imagens sensoriais. Nele foi realizado as etapas de registro de imagens, utilizando alguns pontos de apoio obtidas em campo, a segmentação (pelo método de Crescimento de Região) e classificação (pelos métodos não supervisionado e supervisionado, isoseg e bhattacharya

respectivamente) das imagens sensoriais IKONOS.

O sistema ArcGIS foi empregado para geração das linhas de falésia a partir de dados GPS e na produção de mapas, uma vez que imagens foram processadas previamente no sistema SPRING. Dados GPS de campo foram pós-processados com sistemas computacionais específicos [EzSurv (PostProcessor e Graphics)].

As análises espaciais envolvendo esse conjunto de dados cartográficos e geográficos estão podendo ser feitas, com destaque para o suporte aos administradores locais na gestão territorial. A Defesa Civil municipal passará a ter empenho permanente no uso de mapas temáticos, o mesmo acontecerá com técnicos da Secretaria de Meio Ambiente.

4 RESULTADOS ALCANÇADOS E SUAS INTERPRETAÇÕES

Como resultados do mapeamento há documentos cartográficos que indicam a configuração espacial de feições costeiras importantes para interpretações geomorfológicas, e também de cunho ecológico. O projeto tem tido apoio parcial da prefeitura local e total suporte do IBAMA/Escritório Regional de Campos dos Goytacazes, inclusive autorizado por este. Apoio também os autores têm tido do prof. Dr. Aristides Arthur Soffiati Neto, historiador ambiental que em suas explicações freqüentes permitem uma pertinente contextualização regional e reflexões importantes sobre a ação antropogênica nessa área de restinga.

As figuras 7 e 8 a seguir apresentam mapas de localização (distribuição e densidade) de pontos de controle até o momento levantados no campo com o sistema GPS, com precisão estimada de $5\text{mm} \pm 0,5 \text{ ppm}$ (estático). Tais estações representam conjunto de pontos de controle a serem candidatas ao georreferenciamento das imagens IKONOS. Foi feita a análise da qualidade dos rastreamentos e as coordenadas geodésicas dessas estações estão apresentadas na tabela 1 e na tabela 2.

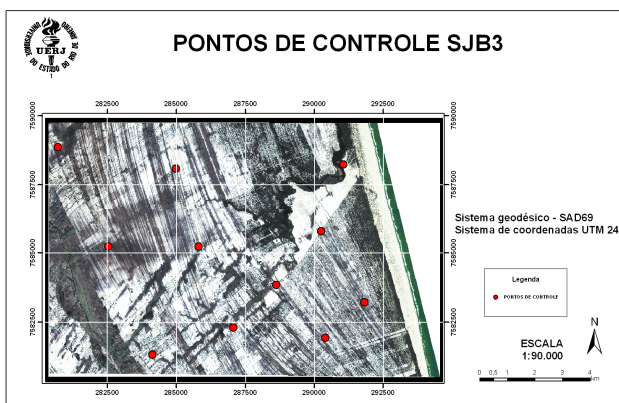


Figura 7: Pontos de Controle SJB3.

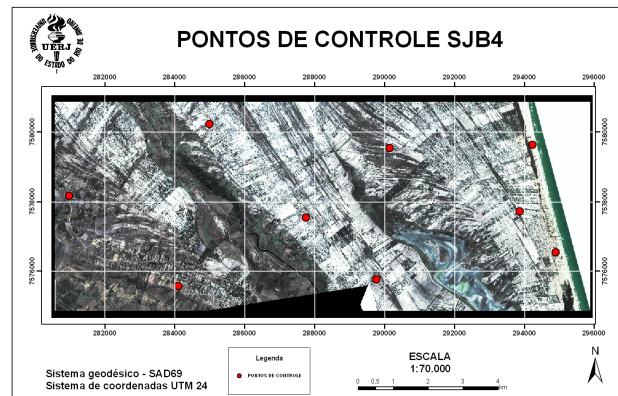


Figura 8: Pontos de Controle SJB4.

Tabela 1 – Coordenadas dos pontos estáticos.

Ponto Rover	Latitude geodésica	Longitude geodésica	Alt. Elipsoidal
PU_Açu	-21° 54' 12,02358"	-40° 59' 07,75847"	8,626 m
INSP_Açu	-21° 53' 53,85296"	-40° 59' 07,35666"	9,735 m
PU_Mato_Escuro	-21° 53' 37,02753"	-41° 03' 16,04446"	10,359 m
Água Preta (EEFAT)	-21° 52' 08,00359"	-41° 04' 50,69880"	10,355 m
PU_Sabonete	-21° 53' 12,97550"	-41° 07' 11,66178"	9,711 m
Capela_S M	-21° 54' 38,52652"	-41° 05' 23,98770"	9,100 m
Bar São José	-21° 54' 35,00610"	-41° 02' 06,53280"	10,000 m
CEDAE	-21° 53' 34,04797"	-40° 59' 42,87469"	9,459 m
Mourão	-21° 52' 32,57004"	41° 01' 51,75959"	8,209 m
Casa_Grande	-21° 52' 31,29097"	-40° 59' 29,42772"	12,095 m
V_4047 (Saco_Dantas)	-21° 50' 12,90584"	-40° 59' 59,44740"	9,760 m
RN 3047 (Pedra_fundamental)	-21° 47' 27,94014"	-41° 00' 45,82466"	9,113 m
Ponto_1	-21° 47' 25,37700"	-41° 07' 15,85312"	10,375 m
Ponto_2	-21° 51' 31,42178"	-41° 05' 19,95360"	12,435 m
Ponto_3	-21° 51' 01,36130"	-41° 03' 37,54948"	10,216 m
Ponto_4	-21° 50' 12,02971"	-41° 02' 42,38720"	9,452 m
Ponto_5	-21° 49' 09,678997"	-41° 01' 45,10917"	8,809 m

Ponto Rover	Latitude geodésica	Longitude geodésica	Alt. Elipsoidal
Ponto_6	-21° 47' 52,85580"	-41° 04' 47,35316"	10,522 m
Ponto_7	-21° 49' 25,55935"	-41° 04' 20,24249"	10,413 m
Ponto_8	-21° 51' 14,45330"	-41° 01' 41,27802"	9,556 m
Ponto_9	-21° 49' 24,19188"	-41° 06' 13,75131"	10,018 m
Ponto_10	-21° 47' 50,28171"	-41° 01' 15,99017"	8,943 m
Ponto_11	-21° 50' 33,65269"	-41° 00' 51,54521"	9,306 m

Após o pós-processamento dos dados GPS, modo cinemático, pelo software EzSurv, gerou-se um arquivo texto contendo um contador, data, hora, coordenada X, coordenada Y e PDOP (índice de diluição do cálculo da posição). Esse arquivo foi utilizado para geração de um arquivo tipo SHAPE no ambiente da ArcGIS, onde foi realizado a análise da taxa erodida. Nas figuras 9 e 10 estão apresentados os resultados da geração das linhas de falésia.

Tabela 2 – Erro médio quadrático dos pontos de controle.

Etapa de processamento	Ponto Rover	Erro Padrão do pós-processamento (m)
SJB3	PU_Açu	0,016
	INSP_Açu	0,006
	PU_Mato_Escuro	0,011
	Água Preta (EEFAT)	0,010
	PU_Sabonete	0,011
	Capela_SM	0,013
	Bar São José	0,007
	CEDAE	0,007
	Mourão	0,007
	Casa Grande	0,007
	V_4047 (Saco Dantas)	0,006
RN 3047 (Pedra fundamental)	0,010	
SJB4	Ponto_1	
	Ponto_2	0,015
	Ponto_3	0,009
	Ponto_4	0,015
	Ponto_5	0,009
	Ponto_6	0,013
	Ponto_7	0,009
	Ponto_8	0,012
	Ponto_9	0,019
	Ponto_10	0,016
	Ponto_11	0,009

* Em amarelo os pontos que não foram utilizados como ponto de controle.

* Em laranja os pontos que serviram para testar o georreferenciamento.

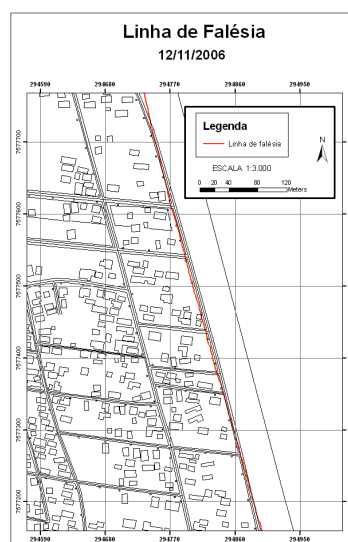


Figura 9: Linha de falésia 12/11/2006.

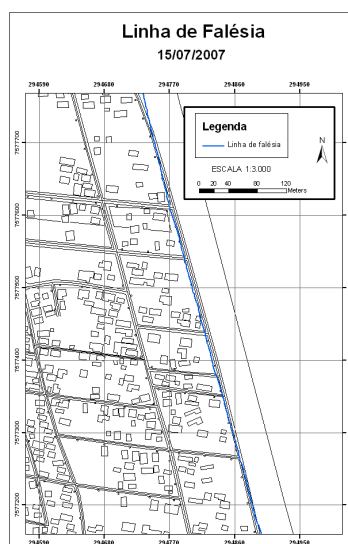


Figura 10: Linha de falésia 15/07/2007.

A partir das imagens SJB3 e SJB4 foi realizada a classificação não supervisionada (Isoseg) e supervisionado (Bhattacharya) do SPRING. Nesse processo teve-se que dividir essas duas imagens em pedaços, ver figura 11, pois se tratando de imagens de alta resolução o tempo de processamento se torna improvável de ser realizado de uma só vez.

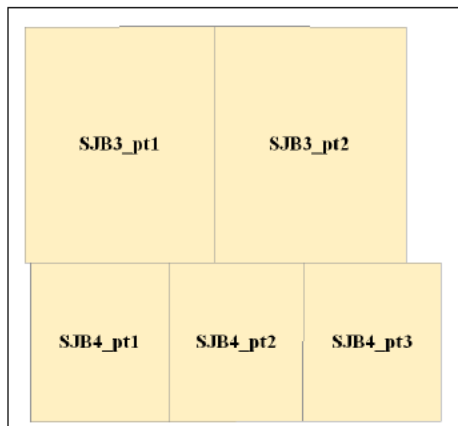


Figura 11: Divisão das imagens.

Com base do manual de uso da Terra [10] foram adaptadas e definidas classes pertinentes ao local de trabalho. São elas: Área urbanizada, Vegetação de restinga, Vegetação de mangue, Área agrícola, Praia – Areia, Oceano Atlântico, Lagoa do Açú, Lagoa do Salgado, Laguna de Iquipari. A seguir nas figuras 12, 13, 14 e 15 serão apresentados os resultados das classificações das áreas de maior importância dessa região, região ao redor da lagoa do salgado e praia do Açú.

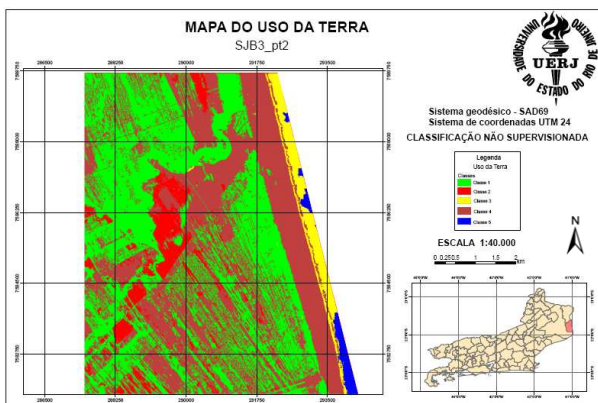


Figura12: Classificação não supervisionada SJB3_pt2.

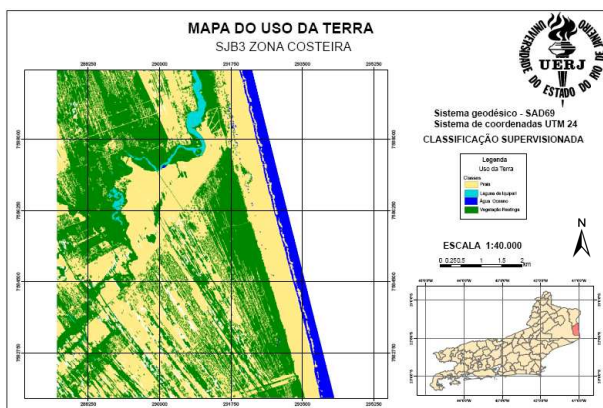


Figura13: Classificação supervisionada SJB3_pt.

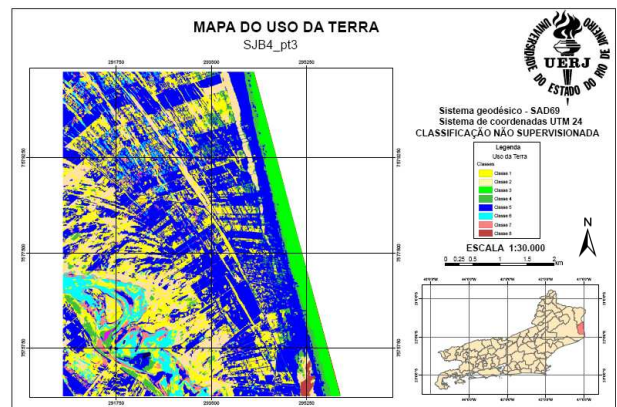


Figura14: Classificação não supervisionada SJB4_pt3.

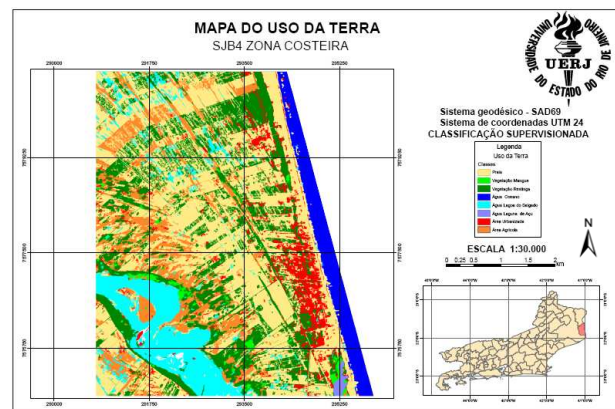


Figura15: Classificação supervisionada SJB4_pt3.

5 CONCLUSÕES

Do ponto de vista cartográfico as etapas do processo de mapeamento puderam ser planejadas e executadas com exploração completa de recursos do sistema GPS e também das funcionalidades dos SIG empregados. O estudo de caso do distrito de Açú representa oportunidade de aplicação de conhecimentos voltados para o domínio de uso dessas tecnologias, em contexto dos problemas que hoje são identificados e enfrentados pelos administradores locais.

O mapeamento executado tem contribuído para suporte aos administradores locais a se empenharem na reflexão sobre aspectos preservacionistas dessa zona da restinga ameaçada por obras de engenharia impactantes sobre os ambientes lá encontrados do manguezal da lagoa do Açú, lagoa do Salgado e da praia [6] [7] [8].

Tal pesquisa despertou interesse da comunidade local em geral sobre análise geográfica integrada, com foco na ocupação humana no ambiente da restinga. A instalação das obras de engenharia já citadas nessa zona costeira interferirá nesse ambiente de forma significativa.

Segundo os autores há itens importantes que devem ser considerados e monitorados: desmatamento do remanescente da restinga; ampliação da área urbana por

estímulo esperado ao setor de serviços; reestruturação e ampliação da malha viária; alteração na biota do ambiente do manguezal da lagoa do Açú; taxa de sedimentação marinha e de transporte de sedimentos; possível mudança na direção da deriva da corrente litorânea; alterações na morfologia dos perfis de praia; possibilidade de formação de novas barreiras arenosas submersas na plataforma continental adjacente; etc...

O rigor do mapeamento costeiro feito tem apoio no uso de tecnologias digitais de geoprocessamento auxiliado por metodologia validada por [9]. Diante da complexidade da área de aplicação há ainda questões em aberto, que caracterizam desdobramentos para pesquisas futuras. O projeto gerou frentes de trabalho importantes para o plano diretor municipal, destacando:

- Estratégia de ação para medidas emergenciais em zonas críticas diante da ocorrência de alagamentos e inundações no ambiente da restinga (caraterizada por depósito de sedimentos não consolidados, com alta porosidade), onde a elevação do lençol freático é bem rápida;

- Necessidade de promover o zoneamento ambiental com foco nas unidades de conservação em fase de criação: “Área de Preservação Ambiental do Complexo Lagunar de Grussaí, Iquipari, Salgado e Açú” e “Sítio Paleontológico da lagoa do Salgado”;

- Estabelecimento da localização precisa de áreas fragmentadas de remanescentes de vegetação de restinga. Esse tema tem relação direta com pesquisas em desenvolvimento por outras universidades (UFRJ e UENF);

- Capacidade de monitoramento e controle do avanço urbano e possibilidade de planejamento de sua infra-estrutura; e

- Investimentos imediatos no turismo sustentável local.

BIBLIOGRAFIA

[1] MMX Minas-Rio Mineração e Logística LTDA., 2006a Mineroduto Minas-Rio Estudo de Impacto Ambiental.

[2] MMX Minas-Rio Mineração e Logística LTDA., 2006b Relatório de Impacto Ambiental. Instalação e Operação de Mineroduto.

[3] Prefeitura Municipal de São João da Barra Projeto de lei – Plano Diretor do Município de São João da Barra, RJ, 2006.

[4] Srivastava, N. K. Proposta de sítio geológico do Brasil para registro no patrimônio Mundial (World Heritage Committee – UNESCO) Lagoa Salgada (Rio de Janeiro) Estromatólitos Recentes.

[5] Pinheiro, T. C. Mapeamento digital a partir de imagens sensoriais no município de São João da Barra (RJ) Projeto de graduação Curso de Engenharia

Cartográfica Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2007.

[6] Ribeiro, G. P. Avanço do mar causa destruição na região Entrevista concedida para matéria jornalística jornal Folha da Manhã, edição de 15/07/2007.

[7] Ribeiro, G. P. A natureza e seus mistérios. O fenômeno do avanço do mar em Atafona atrai pesquisadores que buscam uma solução para o problema Entrevista concedida para matéria jornalística jornal Monitor Campista, edição de 16/09/2007.

[8] Ribeiro, G. P. Preservando para o futuro. Pesquisa da UERJ e da UFF analisa erosão na região do rio Paraíba do Sul Entrevista concedida para matéria jornalística para Informativo Semanal da Diretoria de Comunicação Social da UERJ / Comuns, edição de 17 a 21/09/2007, Ano XII No. 426.

[9] Ribeiro, G. P. Tecnologias digitais de geoprocessamento no suporte à análise espaço-temporal em ambiente costeiro Tese de doutorado, Universidade Federal Fluminense, 2005.

[10] IBGE. Manual técnica de uso da terra. Disponível em: 2006.