

## **Avaliação das mudanças na linha de costa na foz do rio Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar da Barra do Icapara (litoral sul de São Paulo - Brasil) utilizando dados do Landsat MSS, TM e ETM+**

Recibido: 7 de enero de 2008. Aceptado en versión final: 13 de marzo de 2008.

Fernando Shinji Kawakubo\*

**Resumo.** Dados multitemporais gerados pelos sensores MSS, TM e ETM+ foram utilizados para avaliar as mudanças morfológicas relacionadas à linha de costa na foz do rio Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar da Barra do Icapara, litoral sul do Estado de São Paulo (Brasil). Imagens fração representando as proporções de solo, sombra/água limpa e vegetação foram geradas para cada conjunto de dados por meio de um Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) e relacionadas com as feições erosivas e deposicionais. As imagens frações foram classificadas utilizando uma técnica de segmentação por crescimento de regiões e

classificação supervisionada por regiões. A comparação das classificações (1976, 1980, 1993 e 2000) permitiu avaliar a dinâmica dos processos que atuam na área. Os resultados mostraram que os processos erosivos e deposicionais são extremamente dinâmicos e as feições geomórficas podem mudar num curto intervalo de tempo.

**Palavras chave:** Dinâmica costeira, entidades geomórficas, Landsat multitemporal, imagens-fração, classificação por regiões, detecção de mudanças.

## **Evaluación de los cambios en la línea de la costa en la hoz del río Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar de la Barra do Icapara (litoral sur de São Paulo - Brasil) usando imágenes Landsat MSS, TM e ETM+**

**Resumen.** Se utilizaron imágenes multitemporales generadas por los sensores MSS, TM e ETM+ para la evaluación de los cambios morfológicos relacionados con la línea de costa en la desembocadura del río Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar de la Barra do Icapara, litoral sur del Estado de São Paulo (Brasil). Se crearon imágenes fracción representando las proporciones del suelo, sombra/agua limpia y vegetación para cada conjunto de datos por medio de un modelo lineal de mezcla espectral (MLME) relacionándolas con las formas erosivas y de deposición. Las imágenes fracción fueron clasificadas usando una técnica de segmentación por crecimiento

de regiones y clasificación supervisada por regiones. La comparación de las clasificaciones (1976, 1980, 1993 y 2000) permitió evaluar la dinámica de los procesos que actúan en esa región. Los resultados mostraron que los procesos erosivos y de deposición son extremadamente dinámicos y las entidades geomórficas son susceptibles a los cambios en un cuarto intervalo de tiempo.

**Palabras clave:** Dinámica costera, entidades geomórficas, Landsat multitemporal, imágenes fracción, clasificación por regiones, detección de cambios.

---

\*Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto (LASERE), Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, Avenida Professor Lineu Prestes, nº 338, Cidade Universitária, Cep: 05508 – 000, São Paulo (SP), Brasil. E-mail: fsk@usp.br; fskgeo@gmail.com

## Coastline change assessment at Ribeira de Iguape outlet and Barra do Icapara lagoonal mouth (southern coastal region of the State of São Paulo, Brazil) using Landsat MSS, TM e ETM+ images

**Abstract.** Multitemporal Landsat MSS, TM e ETM+ data were used to assess the morphological coastline changes at Ribeira de Iguape River outlet and Barra do Icapara lagoonal mouth, Southern coastal region of the State of São Paulo, Brazil. Fraction images of soil, shadow/water and vegetation were created through a Spectral Linear Mixture Modeling (SLMM) and related with erosive and depositional features. After that, the fraction images were classified using a region growing segmentation and a supervised classification by re-

gion. Comparing the classifications generated (1976, 1980, 1993 and 2000) was possible to assess the dynamic actions which occur in the area. The results show that erosive and depositional processes are extremely fast and the geomorphic features can be changed in a short period of time.

**Key words:** Coastal dynamic, geomorphic features, multi-temporal Landsat, fraction images, classification by region, change detection.

### INTRODUÇÃO

A ausência de medições sistemáticas a respeito de ondas e marés tem dificultado o estabelecimento de modelos físicos de circulação litorânea para os diferentes segmentados da linha de costa brasileira. Isto porque, segundo Muehe (1998), os dados disponíveis restringem-se na maioria das vezes à localização de portos, não havendo portanto, um recobrimento suficiente para um monitoramento detalhado da circulação de ondas e marés.

Alguns critérios como a forma da linha de costa e as feições deposicionais associadas, como banco de areias e esporões arenosos, têm sido frequentemente utilizados como geo-indicadores rápidos e seguros da direção predominante das correntes (Suguio e Tessler, 1983).

Alguns estudos tem mostrados, todavia, que em locais de desembocadura lagunar nem sempre a direção das feições deposicionais podem ser diretamente relacionadas como a direção predominante das correntes que atuam na área em questão. Isto porque os fluxos fluviais e intralagunares exercem grande influência no desenvolvimento destas feições geomórficas (Tessler, 1988; Tessler e Mahiques, 1993).

O monitoramento destas feições e as conseqüentes mudanças na posição da linha de costa podem ser feitos por observações em campo (medições da largura da praia utilizando estacas ou sistema de posicionamento global GPS), mapas ou por meio

de produtos de sensoriamento remoto tais como fotografias aéreas obtidas por câmeras métricas e imagens de satélite (Morton, 1996).

Ainda hoje as fotografias aéreas têm sido utilizadas com maior frequência que as imagens de satélite para a identificação de geo-indicadores que remetem tanto a circulação hidrodinâmica quanto a estabilidade do ambiente, como por exemplo, alinhamentos de vegetação e dunas. O motivo que leva a escolha na utilização de fotografias aéreas deve-se provavelmente a elevada resolução espacial que as fotografias oferecem (com alguns centímetros, dependendo da escala da foto). Por outro lado, imagens de resolução moderada como a do satélite Landsat TM e ETM+ (30 metros) tem mostrado grande potencial em razão do seu baixo custo de aquisição, periodicidade e na possibilidade de realce de diferentes informações em razão do seu caráter multiespectral (Kawakubo e Luchiar, 2002).

O objetivo deste trabalho consiste em realizar uma análise das mudanças morfológicas na foz do rio Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar da Barra do Icapara utilizando imagens Landsat num período de aproximadamente 20 anos. Foram utilizadas imagens Multispectral Scanner System (MSS) do Landsat-1 e -2 (resolução de 80 metros), Thematic Mapper (TM) do Landsat-5 e Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) do Landsat-7. A metodologia utilizada padroniza as imagens por meio de modelagem de mistura espectral, seguida por aplicação de técnica de segmentação e clas-

sificação supervisionada por regiões. Os mapas produzidos para cada ano são comparados em analisados.

## ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo está localizada no litoral sul do estado de São Paulo (região sudeste do Brasil) inserida no macro compartimento do Litoral das Planícies Costeiras Estuarinas (Silveira, 1964). A região é mais conhecida como vale do rio Ribeira de Iguape.

Conforme pode ser observado na Figura 1, duas importantes feições geográficas são encontradas na área de estudo: a desembocadura lagunar da Barra do Icapara (delimitada por uma ilha barreira chamada de Ilha Comprida) e a foz do rio Ribeira de Iguape. Esta área é caracterizada por um intenso processo morfodinâmico de crescimento da Ilha Comprida para Nordeste (NE), erosão da Ilha de Iguape na margem esquerda da desembocadura lagunar da Barra do Icapara e crescimento de um esporão arenoso no sentido Sudoeste (SW).

Estudos realizados pela Geobrás SA (1966) mostram que entre os anos de 1882 a 1965 a Ilha

Comprida cresceu aproximadamente 2800 metros em sua direção predominante (NE), ou seja, 35 metros por ano. No entanto, este crescimento se fez de modo irregular ao longo dos anos. Já o recuo da ilha de Iguape provocada pelos processos erosivos em suas margens foi considerado mais regular que o crescimento da Ilha comprida, havendo uma retração média de 32 metros por ano. Cálculos realizados indicam que cerca de 60 000 m<sup>3</sup> de sedimentos arenosos foram removidos anualmente da Ilha de Iguape.

Na região Sul do Estado de São Paulo, a direção predominante do transporte de sedimentos ao longo da linha de costa ocorre para NE (correntes de deriva litorânea geradas por sistemas de ondas incidentes de S-SE). No canal lagunar, a corrente de maré vazante possui o mesmo sentido da corrente de deriva litorânea, ou seja, NE. A interação destas duas correntes na desembocadura lagunar provoca, segundo Tessler e Mahique (1993), o crescimento da Ilha Comprida para NE e a erosão da Ilha de Iguape.

A erosão da Ilha de Iguape ocorre porque a corrente de maré vazante funciona como um sistema fluvial, erodindo a margem côncava do canal (margem esquerda da Ilha de Iguape). Os

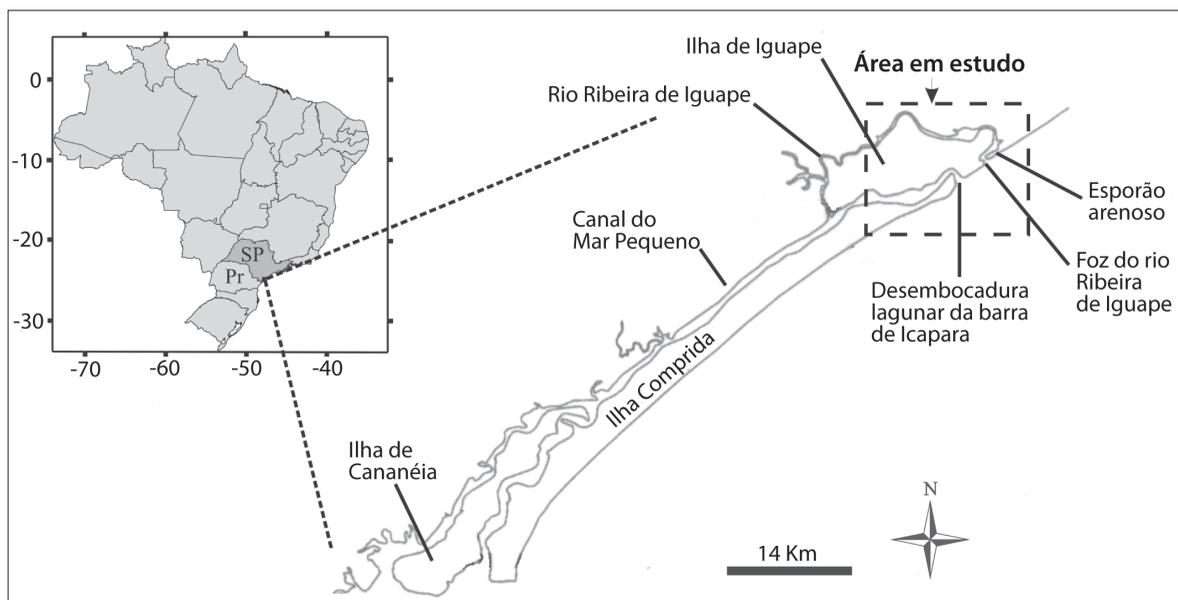


Figura 1. Localização da área em estudo.

sedimentos removidos são então transportados para o oceano e barrados pela ação das ondas, formando um conjunto de bancos de areia submersos paralelos à linha de costa.

Na desembocadura lagunar e na foz do rio Ribeira de Iguape, as correntes de deriva litorânea sofrem um bloqueio resultante dos fluxos da maré vazante e fluvial, que além de reter o deslocamento dos sedimentos para NE também interfere nas características hidrodinâmicas locais (Tessler, 1988; Tessler e Mahique, 1993).

Uma outra feição geomórfica importante que chama a atenção refere-se ao crescimento de um esporão arenoso localizado na margem esquerda da foz do rio Ribeira de Iguape. Este esporão arenoso cresce no sentido SW, contrário ao sentido da corrente de deriva litorânea. A explicação para este crescimento está relacionado a “interrupção” da corrente de deriva litorânea para NE resultante do bloqueio lagunar e fluvial associada com a frequente incidência de ondas provenientes de NE-E que geram correntes orientadas para SW (Tessler e Mahique, 1993).

## MATERIAIS E MÉTODO

Neste trabalho foram utilizados imagens Landsat dos sensores Multispectral Scanner System (MSS) de 1976 e 1980 (órbita 237 ponto 77), Thematic Mapper (TM) de 1993 e Enhanced Thematic Mapper (ETM+) de 2000 (órbita 220 ponto 78). Os programas utilizados para o processamento das imagens foram o Integrated Land and Water Informations System (ILWIS) e o Sistema de Informações Georreferenciadas (SPRING). Ambos podem ser baixados gratuitamente nos respectivos sites: [www.itc.nl/ilwis](http://www.itc.nl/ilwis) e [www.inpe.br](http://www.inpe.br).

Inicialmente, as imagens foram pré-processadas como forma de reduzir as variações temporais ligadas à resposta do sensor e ao ângulo zenital solar. Utilizando os valores de calibração do sensor disponível na literatura (Markham e Baker, 1986; Irish, 2000; Chander e Markham, 2003), as imagens MSS, TM e ETM+ foram convertidas para unidades de radiância espectral. Em seguida, essas imagens foram transformadas para refletância

exatmosférica segundo Markham e Barker (1987). Um procedimento de retificação radiométrica proposto por Hall *et al.* (1991) foi aplicado sobre as imagens refletância tomando como referência a imagem TM (esta imagem foi escolhida em razão da sua menor interferência atmosférica). Amostras de pixels claros e escuros foram selecionadas para cada conjunto de imagens e calculadas os coeficientes utilizados na transformação linear.

A correção geométrica das imagens foi feita por meio de pontos de controles identificados na imagem e na base cartográfica de escala 1:10 000 do IGC (1989). Após o georeferenciamento, uma transformação *affine* foi ajustada aos pontos de controles, adquirindo um erro inferior a 1 pixel. Em seguida, as imagens foram reamostradas com o interpolador vizinho mais próximo. Todas as imagens foram reamostradas com 30 metros de resolução.

Imagens frações derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) foram geradas para cada ano como forma de reduzir o número de dados e realçar alvos de interesse. Assim, foram geradas imagens fração representando a proporção de solo, água limpa ou sombra e vegetação em cada elemento pixel da imagem. Os *endmembers* necessários para a estimativa de mistura foram coletados diretamente nas imagens tomando-se o cuidado de selecionar alvos representativos de cada classe. A proporção de cada componente (solo, água limpa ou sombra e vegetação) dentro do pixel foi calculada utilizando a técnica dos mínimos quadrados, segundo Shimabukuro e Smith (1991).

A detecção de mudanças na linha de costa foi feita com a classificação das imagens fração utilizando segmentação e classificação supervisionada por regiões. Antes de realizar a segmentação, uma filtragem espacial mediana foi aplicada sobre as imagens fração com o intuito de reduzir a variância e ao mesmo tempo não perder as informações de bordas que são importantes para o bom desempenho da segmentação (Hill e Food, 1994; Nascimento e Almeida Filho, 1996).

A segmentação utilizada neste trabalho utiliza a técnica do crescimento de regiões (*region growing*) que particiona as imagens em regiões homogêneas ao mesmo tempo em que as propriedades

espectrais, tonais, geométricas e contextuais são extraídas (Bins *et al.*, 1996). O crescimento das regiões é controlado pelos valores de similaridade (expressa a distância euclidiana entre os números digitais médios de duas regiões) e o tamanho da área mínima (expresso por número mínimo de pixels de uma região). Ambos os valores são definidos pelo usuário e a sua escolha é feita normalmente de forma interativa e visual, testando-se diferentes valores até chegar num resultado satisfatório.

Diferentemente da abordagem convencional pixel a pixel, neste trabalho a etapa de treinamento adota os parâmetros estatísticos de cada região (Rodríguez-Yi *et al.*, 2000). Quatro classes foram definidas: Água e Sombra, Vegetação, Solo Exposto-1 (terra firme) e Solo Exposto-2 (bancos de areia submersos). O classificador por regiões que foi utilizado baseia-se na distância de Battacharya que adota os parâmetros estáticos de cada região (média e matriz de covariância) como medida de separabilidade entre classes (Jensen, 1996).

## RESULTADOS

Conforme pode ser observado na Figura 2, as imagens fração geradas pelo MLME mostraram-se de grande valia no mapeamento e análise de feições geomórficas relacionadas à dinâmica dos processos costeiros. A fração solo realçou as linhas de praia, arruamentos e os bancos de areia submersos. A fração água limpa/sombra delimitou os corpos d'água com cinza claro, os bancos de areia submersos com cinza médio e os bancos de areia emersos com cinza escuro. A fração vegetação realçou as áreas cobertas por vegetação de restinga e de mangue. Pequenas manchas de vegetação podem ser observadas na composição colorida nas proximidades da linha de costa, constituindo um importante indicador de evolução e estabilidade do ambiente (Morton, 1996).

Conforme foi mencionado na metodologia, quatro categorias foram definidas na classificação: Água e Sombra, Vegetação, Solo Exposto-1 e Solo

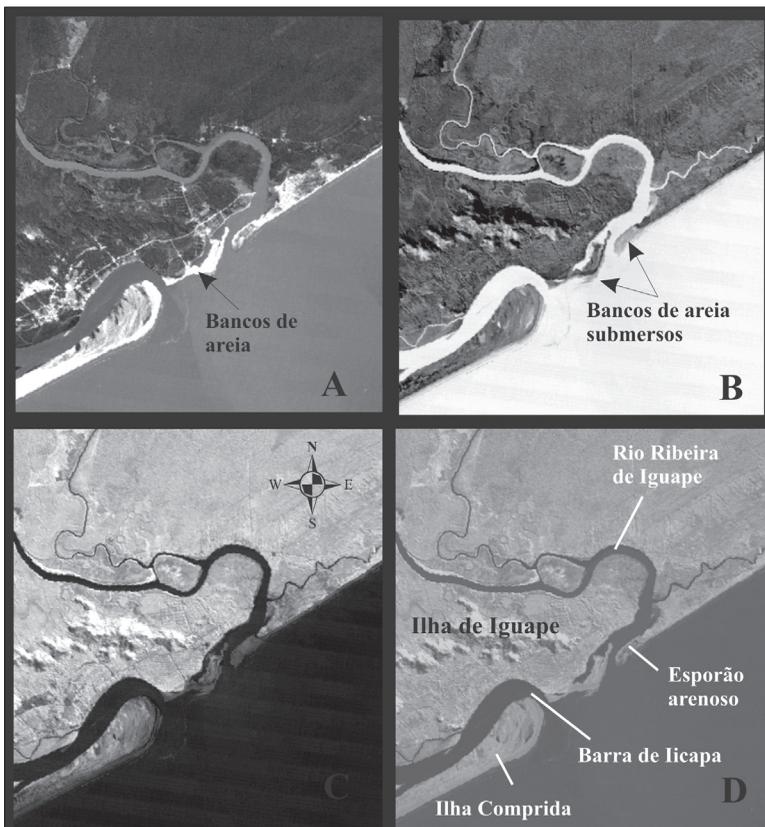


Figura 2. Imagens fração geradas pelos dados do Landsat-TM de 1993: A) fração solo, B) fração água limpa/sombra, C) fração vegetação e D) composição colorida das frações solo (R), Vegetação (G) e água limpa/sombra (B).

Exposto-2. A classe solo exposto-1 corresponde à faixa de praia e os bancos de areia emersos. O solo exposto-2 refere-se aos bancos de areia submersos e que sofrem influência direta da ação das ondas e marés.

Analisando a Figura 3 observam-se mudanças significativas na forma da linha de costa entre os anos analisados (imagem de 1976, 1980, 1993 e 2000). Nota-se tanto o crescimento da Ilha Comprida para a direção Nordeste (provocado pelas correntes de deriva litorânea originárias do quadrante S-SE) quanto do esporão arenoso para Sudoeste (provocado pelas correntes de deriva litorânea originárias do quadrante NE-E). Na margem esquerda da Ilha de Iguape constata-se o contínuo processo erosivo ocasionado pelo refluxo da maré vazante.

Comparando os mapas produzidos com as informações de arruamentos e de praias extraídas das cartas topográficas, observa-se que as classificações

geradas a partir das imagens do MSS são bastante condizentes com o posicionamento das feições extraídas das cartas topográficas. As resoluções tanto espaciais quanto espectrais mais limitadas do MSS (quando comparado com os dados do TM) não comprometeram significativamente os resultados da classificação, porém, alguns problemas como superestimativa da classe Solo Exposto-2 e aparência serrilhada nas bordas das classes são observadas.

Em 1993, a erosão na margem esquerda da ilha de Iguape e a formação de bancos de areia (Solo Exposto-1 e Solo Exposto-2) na margem oposta (voltada para a desembocadura do rio Ribeira de Iguape) já são evidentes. Além do crescimento da ilha comprida, há acréscimo do esporão arenoso.

Em 2000 a erosão da margem esquerda da Ilha de Iguape se pronuncia e os depósitos arenosos observados na margem voltada para a foz do rio Ribeira de Iguape são erodidos. Com o alargamento das desembocaduras lagunar e fluvial, a Ilha de

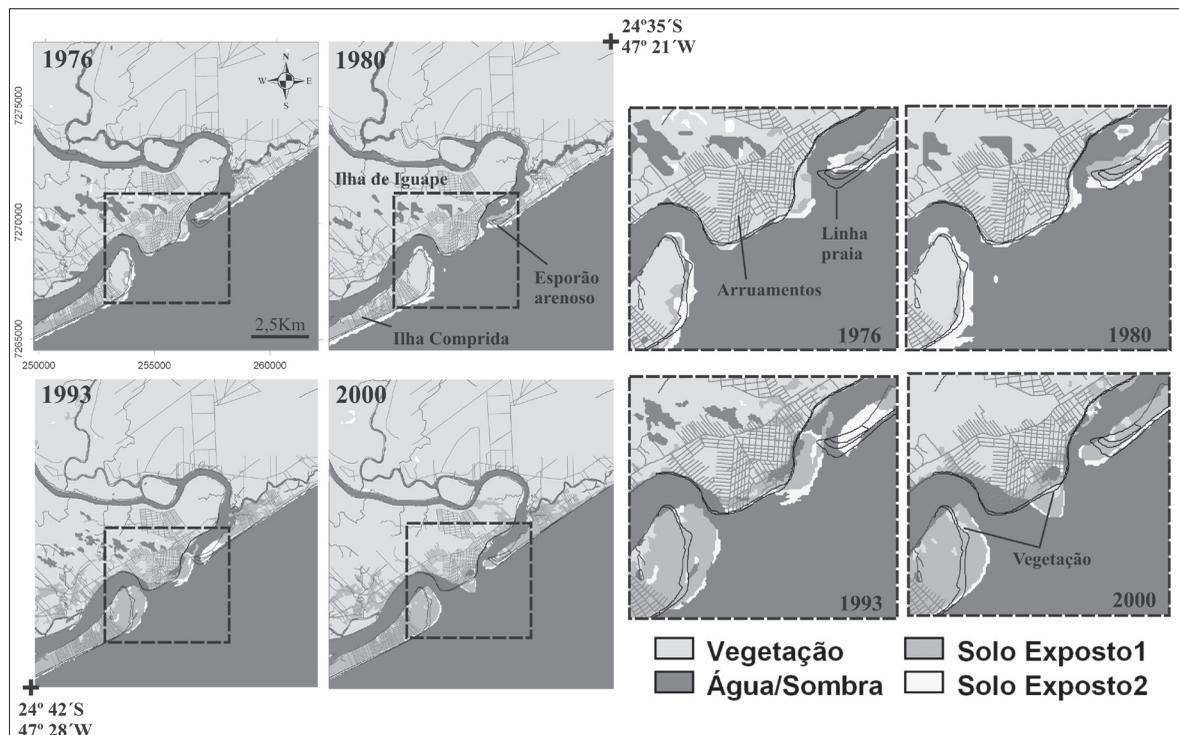


Figura 3. Evolução geomórfica da foz do rio Ribeira de Iguape/desembocadura lagunar da Barra do Icapara (litoral sul do estado de SP) em 1976, 1980, 1993 e 2000. As informações de arruamento e linha de praia (representadas por linhas vermelhas e pretas, respectivamente) foram extraídas das cartas topográficas de escala 1:10 000 (IGC, 1989). Estas cartas foram restituídas como uso de fotografias aéreas de 1980/1981.

Iguape sofre um “afunilamento” na sua forma. Além disto, o esporão arenoso se consolida como bancos de areia emersos (Solo Exposto-1)

Para facilitar a análise e a visualização das mudanças que ocorreram ao longo dos anos, os mapas foram reclassificados em duas categorias: Terra e Água (Figura 4). A classe Terra engloba a Vegetação, o Solo Exposto-1 e o Solo Exposto-2. Em seguida, um gráfico foi construído ao longo do transecto (direção de maior crescimento) interligando o esporão arenoso com a Ilha Comprida (Figura 5). A retração da Ilha de Iguape não é considerada neste gráfico.

Analisando o gráfico apresentado, observa-se que entre os anos de 1976 e 1980 não houve mudanças significativas na Ilha Comprida. De 1980 a 1993 a Ilha Comprida cresceu 590 metros e retraiu 220 metros de 1993 a 2000. No caso do esporão arenoso, de 1976 a 1980 houve um crescimento de 465 metros seguido por uma retração de 620 metros em 1993. De 1993 a 2000 o esporão arenoso cresceu 730 metros.

É difícil de estabelecer um modelo de evolução utilizando apenas os dados disponíveis, até porque os intervalos das imagens são bastante grandes frente às rápidas mudanças que a área está sujeita. Porém, é possível observar que tanto o crescimento da Ilha Comprida para Nordeste quanto do esporão arenoso para Sudoeste não se dá de forma contínua nem regular, havendo retração em alguns momentos de sua evolução.

Considerando apenas os anos de 1976 e 2000 (intervalo de 24 anos), a Ilha Comprida cresceu 15,5 metros por anos e o esporão arenoso 24 metros por ano. A taxa de crescimento observada na Ilha Comprida é bem menor que a encontrada pela Geobrás SA (1966), que estipulou um crescimento

anual de 35 metros por ano entre 1882 a 1965.

Vários fatores podem ter contribuídos para explicar esta grande diferença, como por exemplo: uma mudança no sistema de circulação hidrodinâmico, uma vez que as taxas foram calculadas durante períodos diferentes; o intervalo de tempo contemplado é bem menor que o da Geobrás SA (1966); as imagens analisadas não seguem intervalos regulares o que dificulta o estabelecimento de padrões de evolução.

Além das observações mencionadas, devem-se verificar ainda as situações de ondas e marés durante a aquisição das imagens e as condições meteorológicas que antecederam a tomada de imageamento. Conforme foi constatado, as feições geomórficas são extremamente dinâmicas e podem sofrer mudanças num curto intervalo de tempo.

Estudos mais detalhados ainda devem ser feitos para obtenção de conclusões menos especulativas a respeito da dinâmica dos processos erosivos e deposicionais relacionadas à linha de costa na área em questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada mostra-se de grande valia para o estudo da dinâmica dos processos erosivos e deposicionais relacionados às mudanças na linha de costa. Dados de sensoriamento remoto permitem o registro e o monitoramento das rápidas mudanças geomórficas que ocorrem na interface continente oceano. A geração de imagens fração derivadas do Modelo Linear de Mistura Espectral constitui-se numa técnica alternativa para padronizar as imagens em termos de proporção de solo, água



Figura 4. Reclassificação do mapa de evolução geomórfica da foz do rio Ribeira de Iguape/ desembocadura lagunar da Barra do Icapara (litoral sul do Estado de SP) representada por duas categorias: Terra e Água.

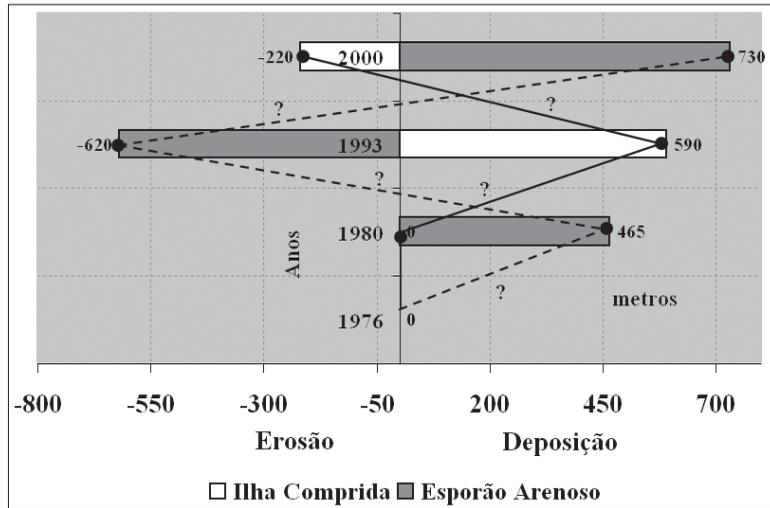


Figura 5. Gráfico do crescimento (deposição) e retração (erosão) da Ilha Comprida e do esporão arenoso considerando os anos de 1976, 1980, 1993 e 2000. Conforme pode ser observado, o crescimento de ambas as feições não se dá de forma regular e contínua, havendo momentos de retração. O símbolo com interrogação (?) significa que não se sabe o que acontece entre os anos considerados.

limpa/sombra e vegetação. Estas imagens por sua vez podem ser relacionadas com feições geomórficas erosivas e deposicionais. A segmentação e classificação supervisionada por regiões forneceram resultados consistentes para o monitoramento das mudanças na linha de costa. Estudos mais detalhados ainda devem ser feitos numa tentativa de identificar padrões de evolução e assim propor modelos evolutivos para a área em questão.

## AGRADECIMENTOS

O autor expressa os seus mais sinceros agradecimentos a Rubia G. Morato, Mônica Pavão e Maria Lúcia c. Gomide pelas valiosas sugestões que muito contribuíram para a elaboração deste artigo.

## REFERÊNCIAS

Bins, S. A., L. M. G. Fonseca, G. J. Erthal and F. M. Li (1996), "Satellite imagery segmentation: a region growing approach", *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, pp. 33-62.

Chander, G. and B. Markham (2003), "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges", *IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing*, vol. 41, núm. 11, pp. 2674-2677.

Geobrás S. A. (1966), *Complexo Valo Grande, mar Pequeno, rio Ribeira de Iguape*, 2 v., Geobrás, São Paulo.

Hall, F. G., D. E. Strelbel, J. E. Nickeson and S. J. Goetz (1991), "Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multitemporal, multisensor images", *Remote Sensing of Environment*, vol. 35, pp. 11-27.

Hill, R. A. and G. M. Food (1994), "Separability of tropical rain-forest types in the Tambopata Candamo reserved zone, Peru", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 15, pp. 268-2693.

IGC (1989), *Cartas topográficas*, 1:10 000, Folhas Mar Pequeno ou Mar de Iguape III, Praia da Ilha Comprida, Barra do Ribeira, Barra do Icapara, Rio Picuru, Praia da Juréia y Praia da Ponta da juréia, Instituto Geográfica e Cartográfico do Estado de São Paulo, Brasil.

Irish, R. R. (2000), "Landsat 7 science data user's handbook" [<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook.html>, acessado em maio de 2006], USA.

Jensen, J. (1996), *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*, Ed. Prentice Hall, Saddle River, NJ, USA.

Kawakubo, F. S. e A. Luchiari (2002), "Estudo da morfodinâmica da Barra do Icapara – SP com apoio de imagens obtidas por meio de sensoriamento remoto orbital", *Revista Brasileira de Oceanografia*, núm. 50, pp. 59-62.

Markham, B. L. and J. L. Barker (1987), "Radiometric properties of U.S. processed Landsat MSS data", *Remote Sensing of Environment*, no. 22, pp. 39-71.

Muehe (1998), "O litoral brasileiro e sua compartimentação", in Cunha, S. B. y A. J. T. Guerra (eds.), *Geomorfologia do Brasil*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 207-230.

- Morton, R. A. (1996), "Geoindicators of coastal wetlands and shorelines", in Berger, A. R. y W. J. Iams (eds.), *Geoindicators: assessment rapid environmental changes in earth systems*, A. A. Balkema, Netherlands, pp. 207-230.
- Nascimento, P. S. R. e R. Almeida Filho (1996), "Utilização de técnica de segmentação em imagens TM/Landsat visando otimizar a técnica de interpretação visual", *Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, pp. 215-218.
- Rodriguez Yi, J. L., Y. E. Shimabukuro and B. F. T. Rurdoff (2000), "Image segmentation for classification of vegetation using NOAA AVHRR data", *International Journal of Remote Sensing*, vol. 21, núm. 1, pp. 167-172.
- Shimabukuro, Y. E. and J. A. Smith (1991), "The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data", *IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing*, vol. 29, no. 1, pp. 16-20.
- Silveira, J. D. (1964), "Morfologia do litoral", in Azevedo, A. (ed.), *Brasil: a terra e o homem*, Companhia Edibra Nacional, São Paulo, Brasil, pp. 253-305.
- Suguió, K. and M. G. Tessler (1983), "Intense coastal sedimentation and erosion in the Cananéia outlet, southern state of São Paulo, Brazil", *Boletim do Instituto Oceanográfico*, vol. 31, núm. 1, Instituto Oceanográfico, USP, Brasil, pp. 71-75.
- Tessler, M. G. (1988), *Dinâmica sedimentar quaternária no litoral sul paulista*, tese de Doutorado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Tessler, M. G. and M. M. Mahiques (1993), "Utilization of coastal geomorphic features as indicators of longshore transport: examples of the Southern Coastal region of the state of São Paulo, Brazil", *Journal of Coastal Research*, vol. 9, no. 3, pp. 823-830.