

Técnicas de realce de imagens orbitais, evidenciando  
as variações espectrais da massa de água superficial  
das baías de Paranaguá e Antonina - PR

MAURO RIBEIRO MARTINS 1  
JUÉRCIO TAVARES DE MATTOS 2  
FREDERICO PEREIRA BRANDINI 3

1 Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa  
Catarina - LARS/SC  
Rua Tenente Silveira, 94 5. andar  
88010-300 Florianópolis, SC, Brasil

2 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos, SP

3 Centro de Estudos do Mar - CEM  
Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Pontal do Sul, Paranaguá, PR

**Abstract** - In 1991, ten field campaigns were made with the aim of collecting data and samples of the surface of water of Paranagua and Antonina bays. Always at the same time and day of Landsat TM-5 passage. All together there were 63 sample stations searching throughly these campaigns one passage of the satellite (10/07/1991) was obtained by means of favorable meteorological conditions which enabled an orbital product in good working conditions. Upon this image some digital treatment criteria were used among which pre-processing enhancing and thematical classifications.

## Introdução.

O interesse de aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto aos ambientes costeiros, podem ser evidenciados nas diferentes linhas de atuação, quer no estudo da qualidade da água e produtividade primária (BRAGA, 1988; RODRIGUES & MARTINS, 1992), caracterização das formas de fundo (CABRAL, 1991), estimativas de parâmetros hidrográficos (MENDES et al., 1990), tratamento digital de imagem (CABRAL et al. 1990) entre outros. Publicações internacionais também apresentam um quadro de constante avanço na compreensão das variações ambientais via informações orbitais (NOVO et al. 1989; NANU & ROBERTSON, 1990; FROIDEFOND et al. 1991; FISCHER & DOERFFER, 1991 entre outros).

O litoral do estado do Paraná, apesar de sua pequena extensão, com aproximadamente 100 km, apresenta segundo as considerações de ANGULO (1992), um razoável nível de conhecimento nas áreas de pesquisa em ambientes costeiros, porém poucos trabalhos envolvem estudos com sensores orbitais. MARTINS et al. (1992) iniciaram uma pesquisa ao qual o presente estudo é parte integrante, de investigação das Baías de Paranaguá, Antonina e Canal da Galheta, comparando com parâmetros hidrográficos na faixa superficial da massa de água com dados orbitais.

## A Área de Estudo

O Complexo Estuarino-Lagunar de Paranaguá-Cananéia com seus aproximadamente 5000 km<sup>2</sup> de bacias hidrográficas e áreas submersas entre os estados de São Paulo e Paraná, é limitado por um lado pelo Oceano Atlântico com praias, costões rochosos e ilhas, e por outro, pela Serra do Mar com escarpas por vezes íngremes atingindo mais de 1000 m de altitude onde repousa os últimos vestígios da Mata Atlântica. A planície litorânea é composta predominantemente por depósitos quaternários encaixados nos recortes dos maciços granitóides atualmente em franco processo de suavização do relevo bem como de retilinização da linha de costa e sedimentação costeira (BIGARELLA, 1978). Na margem sul da baía de Paranaguá, encontra-se a cidade histórica homônima a qual comporta o maior terminal exportador de grãos do sul do país - O Porto de Paranaguá. Especificamente as Baías de Paranaguá, Antonina e Canal da Galheta, se encontram entre os paralelos 25° 20' 00" e 25° 35' 00" e os meridianos 48° 20' 00" e 48° 45' 00" perfazendo um corpo aquoso semelhante a um "braço de mar" penetrando continente a dentro conforme figura 1, e recebendo influências marinhas e continentais. Não foi escolhida a região de mar aberto, bem como as baías de Laranjeiras e Guaraqueçaba adjacente à Baía de Paranaguá por não ter sido alvo das coletas

amostrais de água por ocasião da obtenção da imagem e também por não oferecerem significativa influência na região estudada (SOARES 1990).

O ambiente se encontra em franco processo de assoreamento dos leitos dos reservatórios de água, devidos a processos naturais e intensificados pela presença do homem ocupando porções ao longo das margens (BIGARELLA op cit.).

### **Materiais.**

Para este trabalho, foi utilizada a cena 220/78, quadrante N com as bandas 1,2 e 3 adquiridas junto ao INPE, bem como o Sistema de Tratamento de Imagem e Sistema de Informações Geográficas - SITIM/SGI.

Os dados de campo, utilizados como verdade terrestre para serem comparados com os dados orbitais, encontram-se em MARTINS et al. (1992), onde consta a determinação e localização dos pontos amostrais, definição dos parâmetros hidrográficos, processamento e análises das amostras, geração de grades regulares e modelos numéricos do terreno (MNT). A base Cartográfica utilizada, foi as Cartas Náuticas feitas pela D.H.N. n. 1822 e 1823 em escala 1:25000 de 1989, onde foram retiradas informações sobre a batimetria do corpo aquoso em estudo.

### **Método.**

Procurou-se neste estudo, trabalhar de forma paralela, em duas abordagens de

avaliação do corpo aquoso: fazer uma análise estatística preliminar através de correlações simples entre os dados orbitais e os dados de campo; e também gerar um produto cartográfico que exemplificasse sob forma de um mapa temático as variações espaciais das diferentes características da massa de água da área em questão.

### **O tratamento estatístico**

Para a análise estatística, foi feita uma leitura dos níveis de cinza das imagens brutas sem qualquer tipo de tratamento digital e imagens tratadas pelos procedimentos descritos a seguir, nas 63 estações amostrais (n) definidos por MARTINS et al. (op cit.). Estando as imagens registradas segundo a mesma base cartográfica utilizada na época de localização dos pontos de amostragem dos parâmetros hidrográficos, adotou-se aqui na leitura dos níveis de cinza uma amostra de 5x5 pontos e registrado seu valor médio. Através do índice de Correlação de Pearson (r), e pelo número de graus de liberdade (n-1), determinou-se o intervalo de r onde foram identificado quais parâmetros de qualidade da água obtiveram melhor associação às respostas espectrais das bandas 1, 2 e 3 do sensor TM, com 99% de confiança.

### **O pré-processamento.**

Consiste inicialmente, em etapas ainda realizadas no

momento de aquisição e gravação dos dados no INPE, em sua unidade em Cachoeira Paulista, onde são feitas calibrações radiométricas, correções geométricas e redução de ruídos (Pinto 1991). De posse do produto digital, dentro do quadrante escolhido, foi selecionado uma área de 1500 colunas por 750 linhas abrangendo todo o corpo aquoso de interesse. As bandas selecionadas, 1 (um) correspondendo à faixa do azul, 2 (dois) representando a faixa da radiação de cor verde e a 3 (tres) de radiação vermelha, do espectro eletromagnético na faixa do "visível" sofreram uma nova etapa de redução de ruídos função esta oferecida pelo sistema (SITIM/SIG), substituindo o ponto (pixel) ruidoso pela média dos vizinhos mais próximos, adotando-se aqui a opção de "default" para os valores de limiar inferior e superior. Enquadrando-se nesta etapa, foi feito um registro da imagem com a Base Cartográfica definida como referência para o cruzamento das informações das diferentes fontes. Através de 30 pontos definidos, coincidentes na imagem e na carta, efetuou-se o "casamento" entre estes produtos obtendo-se um erro médio de 0.353, na direção horizontal de 0.271 e na direção vertical de 0.226. Como etapa final desta fase de pré-processamento, foi digitalizado sobre a base cartográfica, a delimitação estrita do corpo aquoso de interesse para posterior subtração na imagem das porções emersas marginais às baías restando somente uma

imagem de satélite com apenas a massa de água.

### O tratamento digital.

Nesta fase foram executados, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto, tres procedimentos: a remoção do efeito da atmosfera, o realce por ampliação linear de contraste e por fim o realce por filtragem.

A correção do efeito da atmosfera, à luz das experiências de Pinto (1991), e Schowengerdt (1983), foram avaliados os níveis de cinza de alvos negros como sombras e adotou-se o método dos histogramas mínimos. Através de operações aritméticas, foi removido uma constante para cada banda em todos os pontos da imagem correspondendo ao efeito de espalhamento da luz devido ao pacote de atmosfera que a radiação luminosa atravessa até atingir o sensor orbital. Este efeito produzido pela atmosfera, é mais agravante nas faixas do espectro de menor comprimento de onda (azul). Assim para a banda 1 (um) foi subtraído 31 níveis de cinza, para a banda 2, 13 níveis e para a banda 3, 9 níveis. Como resultado esperado, a imagem ficou visualmente escurecida.

Em seguida, para melhor individualizar os alvos de interesse a imagem passou por um realce por ampliação linear de contraste (JENSEN, 1986). Basicamente este procedimento realiza uma transformação radiométrica pixel a pixel através de uma expansão do range de níveis

utilizar os 256 níveis disponíveis. Assim, a ampliação adotada conferiu aos maiores índices de níveis de cinza que apresentavam uma frequência significativa (igual ou maior que 0,1% do total aproximadamente) correspondente ao nível 52 para a banda 1; 55 para a banda 2; 53 para a banda 3, o valor 180 para o novo range de níveis de cinza. Com isto além da melhor resposta espectral, também eliminou-se o efeito de escurecimento da imagem resultado do procedimento anterior.

Por fim, o tratamento final aplicado sobre a imagem, foi o realce por filtragem. Este procedimento se torna necessário devido ao efeito de ruído "striping" muito comum em imagens de corpos aquosos. Este ruído ocorre em imagens adquiridas por sensores de vários detectores, por apresentarem diferentes respostas para diferentes alvos variando assim o ganho e offset do sensor promovendo o aparecimento do "striping". São faixas horizontais caracterizadas por uma alteração dos níveis de cinza na direção perpendicular à linha de varredura do sensor prejudicando a interpretação dos dados obtidos. Adotou-se aqui, a procedimento de CABRAL et al. (1990) e CABRAL (1991), utilizando filtros passa-baixa do tipo mediana recursivo 7x3 nas três bandas do sensor TM.

### **A Classificação**

Nesta etapa, a partir das

imagens tratadas, foram feitas classificações por fatiamentos equidistantes sobre a distribuição dos níveis de cinza, de modo que cada classe fosse composta aproximadamente com a mesma população de pixels. Assim a partir da amplitude dos histogramas de frequência, foram determinadas 5 classes para a banda 1, 6 classes para a banda 2 e 7 classes para a banda 3.

Para melhorar visualmente as bandas classificadas, estas sofreram uma uniformização de temas retirando-se assim pontos isolados, isto é, pontos com classificação diferentes dos seus vizinhos. Também aqui foram utilizados os valores "default" de peso e limiar oferecidos pelo sistema.

### **Resultados e Conclusões**

Devido ao número de pontos amostrais, obteve-se o valor de "r" -0,3 e +0,3 FISCHER (1948). A banda 1 por se tratar da faixa de menor comprimento de onda, apesar de possuir a propriedade de maior penetração na coluna de água, também é a que sofre maior influência do sinal espectral devido à camada atmosférica que separa o alvo do sensor (KIRK, 1983). Com isto, esta banda além de sofrer maior mascaramento das respostas espectrais, também foi a que passou por tratamentos digitais de maior magnitude. As bandas 2 e 3 mostraram por motivos inversos aos expostos para a banda 1 uma maior correlação com os parâmetros de campo. Para a data específica da obtenção da imagem, observou-se a

da imagem, observou-se a grande interferência do ruído tipo "striping" em todas as bandas que foram trabalhadas.

Devido à forma do contorno das baías, nota-se tanto nos dados de campo, como nas imagens classificadas, que na Baía de Antonina, o gradiente longitudinal de variação de qualidade da água apresenta-se mais intenso, se comparado à Baía de Paranaguá. A contribuição continental por parte das três bacias hidrográficas relativas aos rios Nhundiaquara, Cachoeira e Faisqueira, que desaguam na baía de Antonina, é acentuada devido à maior declividade de seus leitos (BIGARELLA, 1978). Os horizontes de manguezais, comuns e em grandes extensões nas margens destas baías, também contribuem para modificar a assinatura espectral das porções aquosas contíguas, através dos processos decompositores da matéria orgânica produzindo entre outros, ácidos úmicos (KIRK 1983)

Para trabalhos envolvendo comparações de informações "in situ" e orbitais simultâneas, recomenda-se fazer um estudo prévio das épocas de melhores condições atmosféricas, a fim de se minimizar os esforços nas campanhas de campo e obter bons resultados. Na região estudada, a média de obtenção de bons produtos orbitais, oscila em torno de duas passagens por ano, geralmente na estação seca (inverno).

Devido à baixa transparência da água nas regiões rasas, tanto a

morfologia de fundo como os tipos sedimentológicos de fundo, não foram identificados pelos sensores orbitais.

Por outro lado, a concentração de sais apesar de não apresentar um fator de reflectância significativo exercendo pouca influência sobre a atenuação da luz, sua distribuição ao longo do corpo aquoso se mostrou intimamente associada à distribuição dos níveis de cinza das bandas 2 e 3. Isto sugere que as variáveis da massa superficial da água que levaram ao comportamento espectral destas bandas forma, estão relacionadas com a concentração de sais na água ou com processos intrínsecos que levam a esta distribuição.

O material particulado em suspensão na sua fração mais fina (abaixo de 4µ) mostrou-se também um forte influenciador da resposta espectral nas faixas relativas às bandas 2 e 3 na área de estudo, através dos altos índices de correlação.

#### **Agradecimentos**

Agradecemos ao Centro de Estudos do Mar CEM-UFPR e ao IBAMA de Paranaguá-PR pelo pronto auxílio às etapas de campo.

#### **Referências**

ANGULO, R. J.. Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. **Tese de Doutorado**. (Instituto de Geociências - USP), São Paulo, 334 p. 1992.

BIGARELLA, J. J.. A Serra do

- Mar e a porção oriental do Estado do Paraná ... um problema de segurança ambiental e nacional. Curitiba: Secretaria de Estado do Planejamento; Associação de Defesa e Educação Ambiental, 248p. 1978
- BRAGA, C. Z. F.. Utilização de imagens de satélites LANDSAT-5 e NOAA-9 na identificação de parâmetros físico-químicos da água na Baía de Guanabara. **Dissertação de Mestrado**. INPE-4761-tdl/349 São José dos Campos SP 1988 - 115p.
- CABRAL, A. P.; MANTOVANI, J. E.; COSTA, M. P. F.; LIMA, R. A. F.. Redução do "striping" de imagens TM-Landsat de ambientes aquáticos através de técnicas de filtragem espacial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Manaus AM. p.833-839p. 1990
- FISCHER, R. A.. Statistical methods for research workers. London, Oliver Bloyd. Ltda. 1948.
- FISCHER, J.; DOERFFER, R.. Remote Sensing of Water Substance in Rivers, Estuarine and Coastal Waters. In: Biochemistry of Major World Rivers. SCOPE. 25-55p. 1991
- FROIDEFOND, J. M.; CASTAING, P.; MIRMAND M.; RUCH, P.. Analysis of the Turbid plume of the Gironde (France) based on SPOT Radiometric data. Remote Sensing Environ. 36:149-163 (1991).
- KIRK, J. T. D.. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems. Cambridge University, 1983.
- MARTINS, M. R.; dal Santo, M. A.; MATTOS, J. T.; BRANDINI, F. P. Hydrodynamic modelling by utilizing GIS in Parangua Bay, PR Brasil. ISPRS. In: Proceedings v.XXIX, p.42-49 1992.
- MENDES, A.; HAERTEL, V.; HARTMANN, C.; CENTENO, J.. Estimativa de Parâmetros de qualidade da água através de técnicas de sensoriamento remoto e métodos de análise multivariada. In: VI Simp. Bras. de S.R.. Manaus v.4 840-848p.
- NANU, L.; ROBERTSON, C. Estimating suspended concentrations from spectral reflectance data. Int. J. Remote Sensing. v.II.n.5. 913-920p. 1990.
- NOVO, E. M. M.; HANSOM J. D.; CURRAN P. J.. The effect of viewing geometry and wavelength on the relationship between reflectance and sediment concentration. INT. J. Remote Sensing, v.10, n.8. 1357-1372p. 1989
- PINTO, S. A. F.. Sensoriamento Remoto e integração de dados aplicados no estudo da erosão dos solos. contribuição metodológica. Tese de Doutorado, INPE 5311-tee/09. Instituto de Filosofia C. e L. USP-1991.- 134p.

RODRIGUES, R. M.; MARTINS, M. R.. Application of orbital remote sensing techniques in studying the water quality in Lagoa da Conceição SC- Brasil. In: ISPRS. Washington D.C. v.XXIX, p. 95-100. 1992

SCHOWENGERDT, R. A.- Techniques for processing and classification in remote sensing. London Academic, 249p. 1983.

SOARES, C. R. Natureza dos sedimentos da superfície de fundo das baías de Laranjeiras e Guaraqueçaba- Complexo estuarino da baía de Paranaguá- PR. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências e C.E.. UNESP- Rio Claro SP. 137p. 1990.

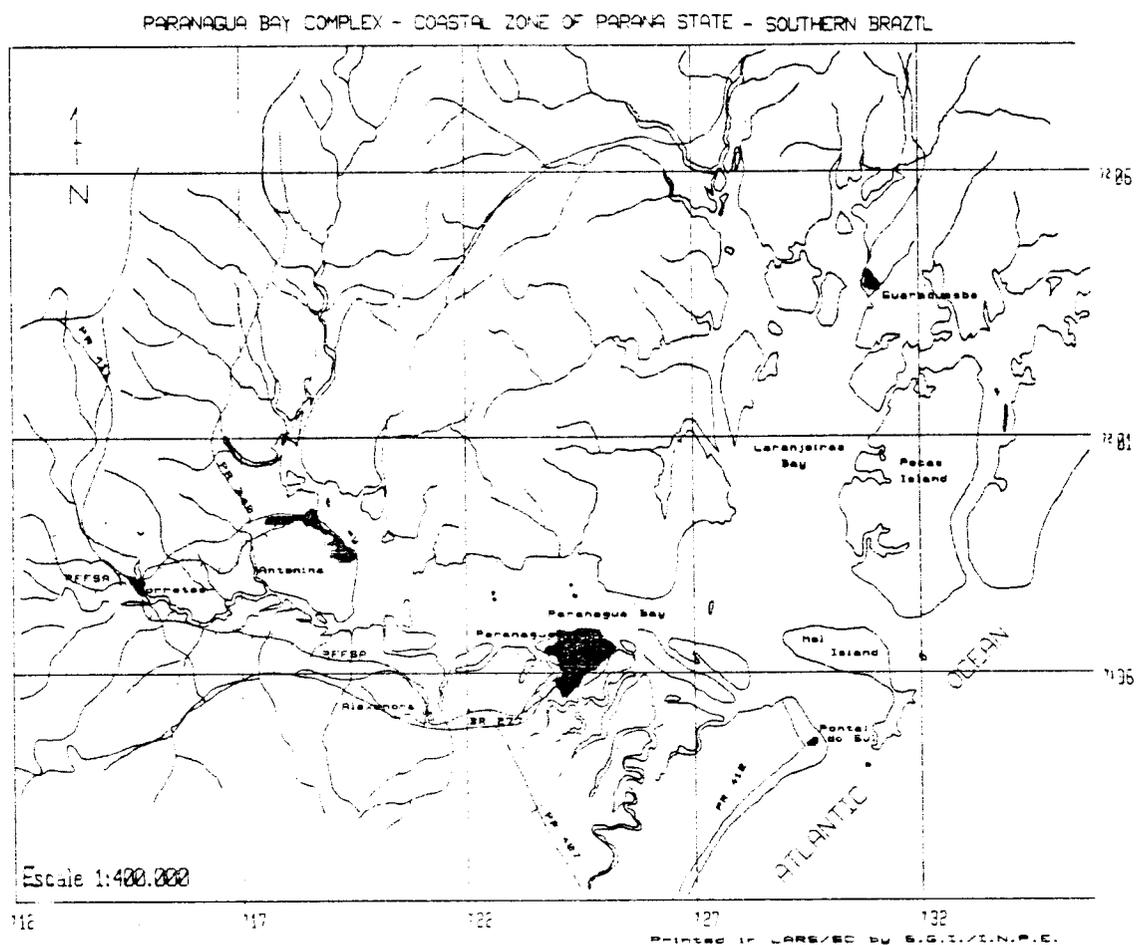


Fig. 1 - Location map

Mapa de localização

fonte: Martins et al. (1990)

Figura 2- Imagem classificada Banda 1

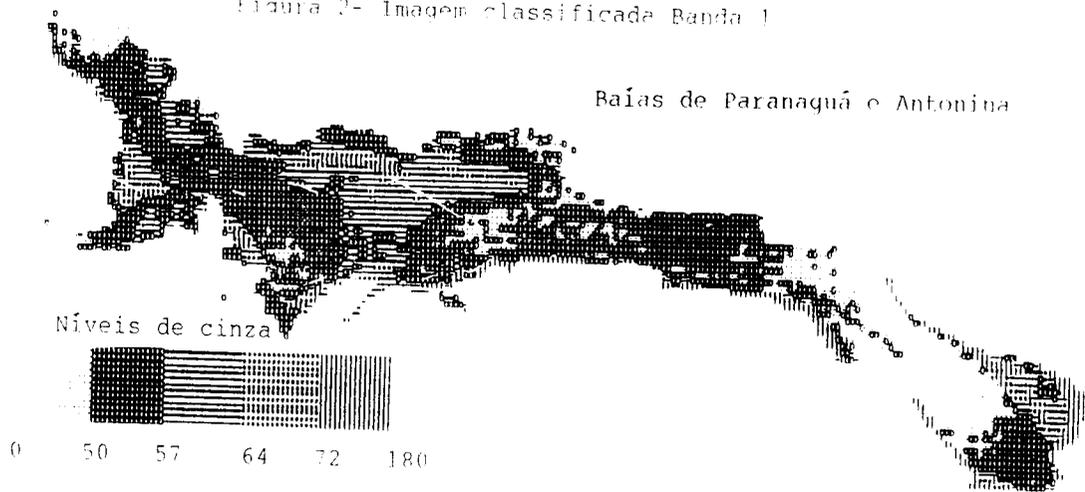


Figura 3- Imagem classificada Banda 2

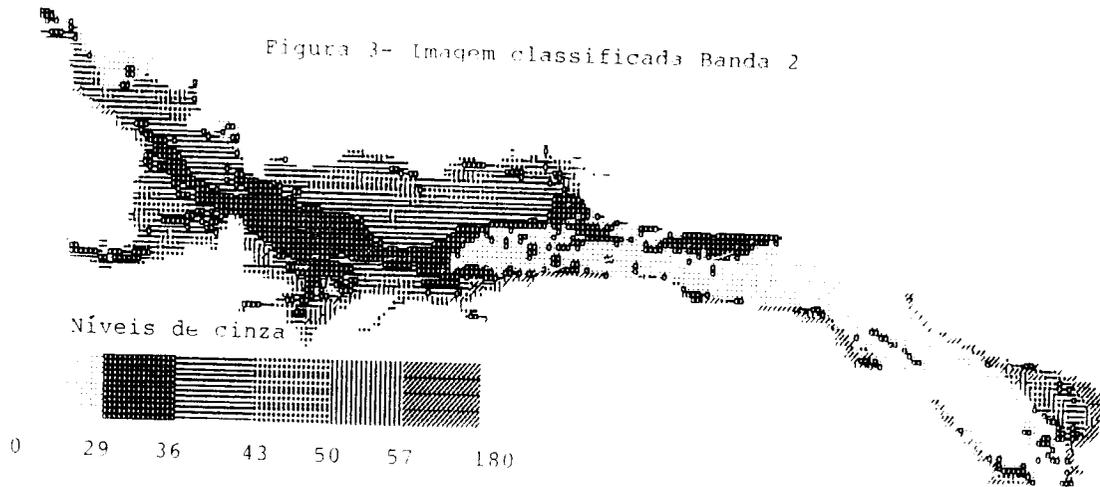


Figura 4- Imagem classificada Banda 3

