

PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE ESTUDO DO SISTEMA LAGUNAR DA COSTA RIOGRANDENSE  
POR ANÁLISE AUTOMÁTICA E REPETITIVA DE DADOS ORBITAIS

R. Herz\* e K. Tanaka

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
12.200 - São José dos Campos, SP, Brasil

J. A. Alvarez

UFRGS - Centro de Estudos Costeiros e Oceanográficos  
9.000 - Porto Alegre, RS, Brasil

O. O. Möller Jr.

UFRGS - Base Oceanográfica Atlântica  
96.200 - Rio Grande, RS, Brasil

RESUMO

O sistema lagunar da planície Costeiro do Rio Grande do Sul está associado a uma extensa rede de drenagem que mantém, juntamente com as águas marinhas da margem continental, um regime hidráulico bastante complexo. As pesquisas, já concluídas, conduzem os resultados de análise de imagens multiespectrais a um esquema de trabalho que somente será atingido com a realização de levantamentos simultâneos de apoio terrestre e sobrevôo de plataformas do tipo LANDSAT. Das interpretações visuais que antecederam esta proposição, admite-se que é fundamental o detalhamento dos setores nordeste e sudoeste da laguna dos Patos, com o propósito de estabelecer os padrões de circulação das águas de superfície do estuário do Guaíba e do canal de Rio Grande. As elevadas concentrações de frações finas do conteúdo sedimentar, transportado por águas fluviais, lagunares e marinhas, nessa região, proporcionam as condições necessárias para acompanhar os processos, a partir do

---

\* e também do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP - São Paulo - SP - Brasil.

seu comportamento espectral decorrente de variações nas propriedades óticas dessas águas. O processamento automático da informação orbital pelo sistema IMAGE-100 oferece a possibilidade de construção de mapas temáticos quantitativos, quando apoiado por algumas amostras pontuais, especialmente levantadas em posições representativas do sistema.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema lagunar da planície costeira do Rio Grande do Sul é o centro cumulativo do resultado de processos interativos continente/oceano de extensa região que envolve a plataforma continental adjacente e as vertentes orientais que compõem os complexos hidrográficos Patos e Mirim. Dos 400,000 km<sup>2</sup> que abrangem essa superfície integrada, 14.109 km<sup>2</sup> representam a laguna dos Patos e lagoa Mirim, supridas de água doce por bacias de drenagem que somam 197.770 km<sup>2</sup>.

O regime hidráulico do mencionado sistema fica sujeito a complexas variações que dependem, principalmente, do ritmo climático que comanda a distribuição das chuvas e dos ventos regionais, da dinâmica das correntes costeiras e de marés. As diferentes combinações desses fatores promovem situações hidrológicas próprias, manifestadas especialmente através do canal de Rio Grande que liga o sistema lagunar ao mar adjacente. Para esse canal de acesso, os primeiros trabalhos de pesquisa, realizados no sentido de compreender a dinâmica das águas, foram efetuados durante a construção dos molhes de prolongamento do canal para o litoral [1,2,3,4,5]. Outras publicações mais recentes e menos específicas do que as já citadas definiram algumas das características geológicas e biológicas mais importantes para o ambiente da planície costeira [6,7,8,9,10].

É recente a utilização de imagens orbitais, obtidas por sensores multiespectrais de plataformas LANDSAT e SKYLAB sobre a região, sendo que esta nova técnica foi aplicada ao reconhecimento da compartimentação geológica da planície costeira, bem como aos processos atuais de circulação das águas de superfície, deduzidos por intermédio das tendências de transporte de material em suspensão [11]. Este último fenômeno é detectado pelos sensores na faixa do espectro visível, em razão de propriedades óticas determinadas pela dispersão das partículas na água, podendo-se, em função desse comportamento, utilizá-las como traçador natural de tendências hidrodinâmicas de superfície [12].

A vantagem desse método reside, efetivamente, na capacidade da obtenção de informação com características sinóticas, sobre grandes áreas da costa onde ocorrem múltiplas variações que, na maioria das vezes, justificam-se na análise regional do fenômeno.

Por intermédio de simulação matemática [ 13, 14 ], a generalização dinâmica das águas na bacia da laguna dos Patos também é uma tentativa de produção de dados físicos das águas, numa área extremamente carente de levantamentos diretos, face às dificuldades impostas pelo próprio ambiente.

Um dos obstáculos mais difíceis de serem superados é o problema da extensão da região hidrográfica e a complexidade das bacias desse sistema, além das mudanças que ocorrem nos processos de mistura das águas a curto intervalo de tempo.

A complementação das observações de campo, com o apoio de informações orbitais, pode representar uma alternativa de grande eficiência neste caso, como poderá ser deduzido das evidências apresentadas no decorrer desta proposição.

## 2. PROCEDIMENTO

O regime de circulação da zona compreendida entre os molhes da barra do canal de Rio Grande e o limite interno, que se alinha da Ilha da Feitoria até a ponta dos Lençóis, oferece elementos suficientes, para que seja determinada como área de estudo preliminar para a avaliação do método. É aí que o comportamento diferencial das águas sugere uma pesquisa sistemática, devido à variação nos fluxos de água doce e água salgada que se misturam com maior frequência sobre esta porção da laguna.

A Base Oceanográfica Atlântica da Fundação Universidade do Rio Grande (F.U.R.G.), sediada na área do canal de ligação da laguna dos Patos ao mar, tem organizado, para situações distintas de

enchente e vazante, algumas missões de levantamento direto (pontual), conforme o predomínio do fluxo marinho ou lagunar. Este tipo de levantamento pontual tem limitado os resultados a conclusões parciais, que impedem a discussão ampla das observações, levando a induzir com certa tolerância, a distribuição horizontal e vertical dos parâmetros físicos mais característicos pela salinidade e turbidez.

Com informações produzidas pelo imageador (MSS) Multispectral Scanner de satélites LANDSAT podem ser feitas algumas correlações preliminares com dados do Projeto Lagoa (Base Oceanográfica Atlântica-FURG), coletados "in situ" nos dias 31.12.75, 23.02.76 e 10.11.76 pelos cruzeiros 1,4 e 12. Destes, somente os dois últimos, são absolutamente simultâneos à data de passagem do LANDSAT-2 e correspondem a situações de enchente (verão) com penetração de água marinha pelo setor sudoeste da laguna dos Patos.

Nas situações de vazantes persistentes, de três ou mais dias, os dados obtidos visualmente, com a aplicação do disco de Secchi determinam transparência relativa de 0,1 a 0,3 m, que podem ser consideradas bastante altas para essa zona próxima do canal de escoamento. Nesta circunstância, tanto horizontal como verticalmente, as águas são bastante homogêneas em termos de mistura, apresentando salinidades menores do que 10‰ com um gradiente decrescente que vem do litoral para o interior.

Para ocorrências de enchente, próximo ao banco da Feitoria, é comum o valor de transparência de Secchi entre 0,8 e 0,9 m, com salinidades mais altas que variam de 28‰ (na entrada do canal) a 4‰ para o interior da laguna além do banco mencionado (Figura 1). Tais valores foram obtidos no dia 10.11.76 em treze horas de cruzeiro com grande estabilidade para toda a área levantada.

O gradiente de salinidade em superfície e junto ao fundo é máximo para essa zona do sistema, sendo que se concentra marcadamente numa estreita faixa de 6 km de largura (Ponta dos Lençóis).

Embora a quantidade de pontos amostrados seja insuficiente, em função da extensão da área estudada, é possível verificar que a mistura da superfície ao fundo corresponde a um tipo de circulação bastante homogênea no canal, definindo-se em cunha salina, acima da ilha de Sarangonha com estratificação vertical bastante acentuada.

Na área de transição sobre o contato das duas massas d'água a turbidez diminui sensivelmente, talvez por processos químicos, que alteram a suspensão, precipitando grande parte do material fino em que predominam os minerais de argila.

Nesta correlação, quase sinótica, os ventos de superfície contribuem para o represamento das águas lagunares pelas marinhas, não sendo, no entanto, a única causa da profunda penetração das mesmas na laguna que apresenta baixos níveis fluviométricos num período de estiagem que exige a compensação hidráulica pelo fluxo de enchente.

Na Figura 1 há possibilidade de se verificar uma razoável correlação entre a distribuição dos dados coletados "in situ" e o detalhe de interpretação da distribuição dos valores de turbidez em superfície, a partir de imagem MSS-5 do LANDSAT-2.

Entretanto, cabe dizer que com grande vantagem pode ser alcançado melhor ajuste dos resultados, a partir da expansão do dado pontual para uma superfície bem definida sobre a imagem orbital simultânea, principalmente, para determinar a zona de mistura das águas e sua variação em turbidez.

DETALHE PARCIAL DE IMAGEM MSS-5

LANDSAT - 2

OR 09172 - ORB 192

PONTO 34

10/11/76 - 12 2527 GMT

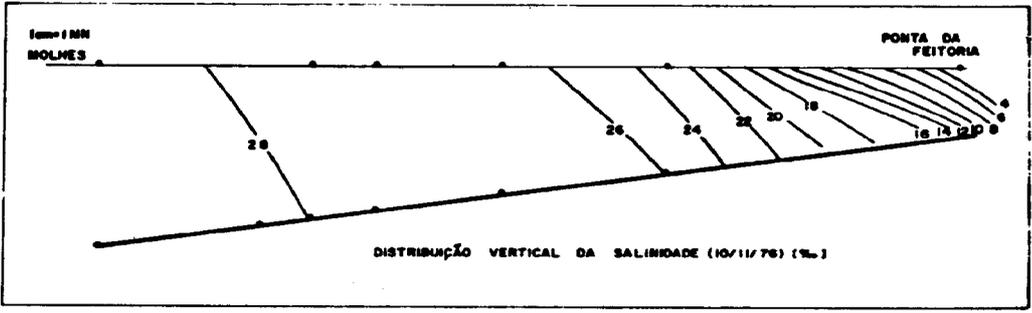
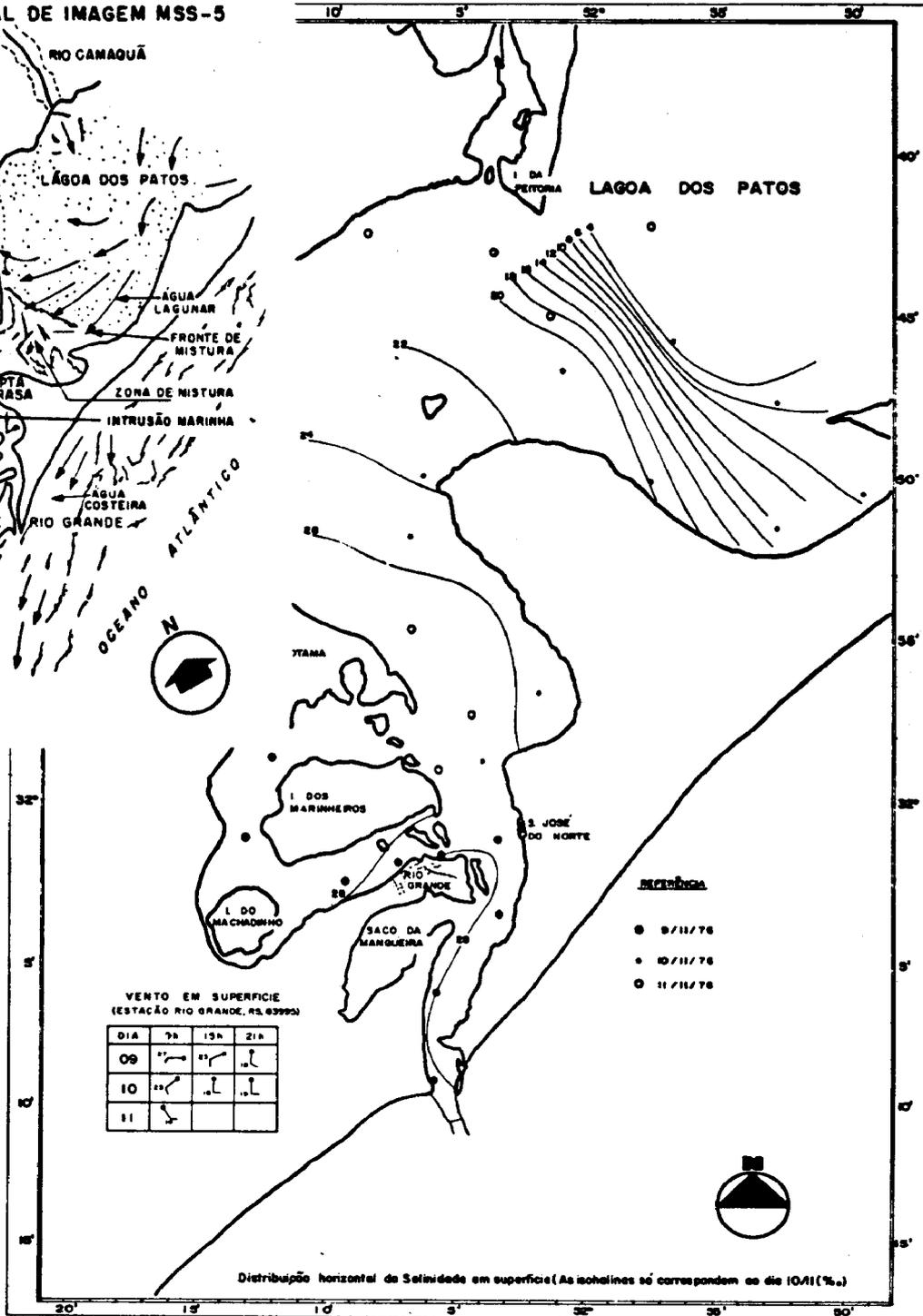
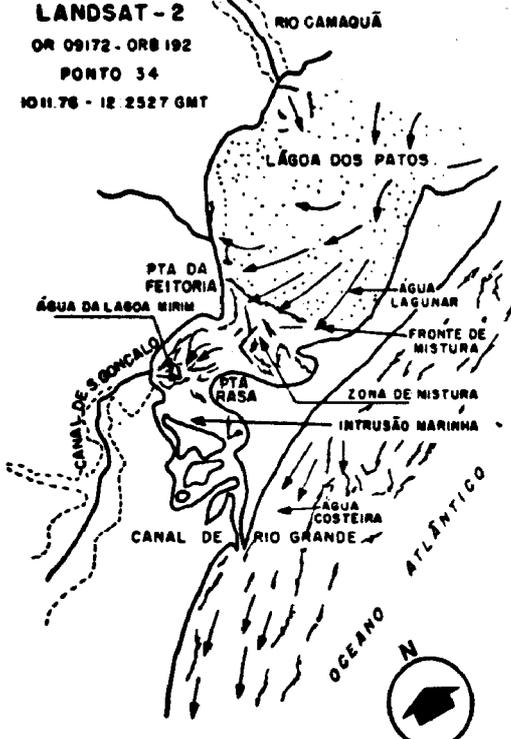


Fig. 1 - Interpretação da imagem LANDSAT obtida em 10 de novembro de 1967 e respectiva distribuição da salinidade de superfície obtida por apoio terrestre simultâneo.

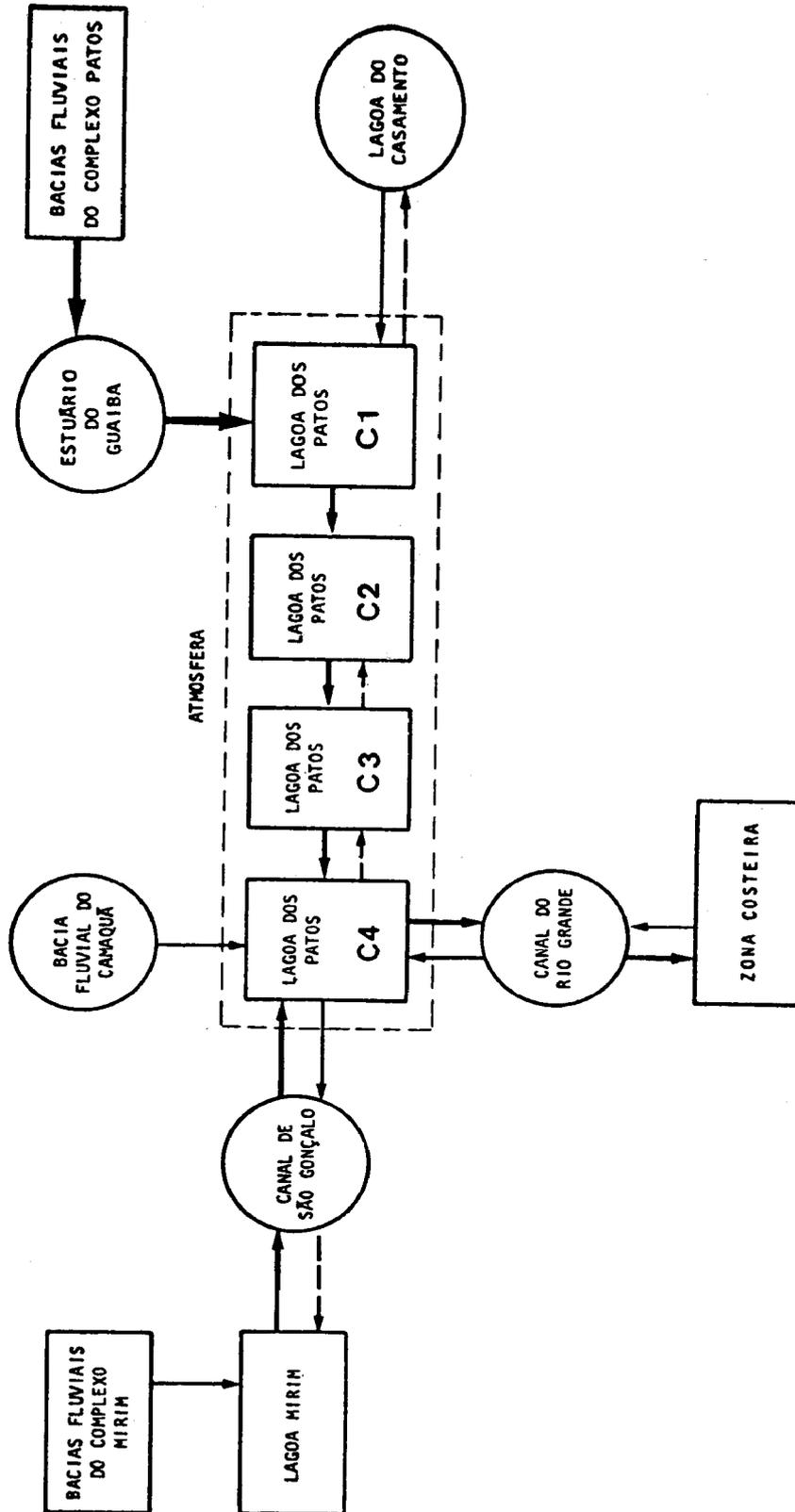


Fig. 2 - Esquema geral das unidades hidrometeorológicas do sistema Lagunar Patos-Mirim

Os dados das plataformas orbitais LANDSAT e SKYLAB acumulados a partir de 1972 levam a reconhecer uma série de padrões de mistura entre águas marinhas e lagunares, o que representa um valioso contingente de informações de grande auxílio na programação do posicionamento de estações de amostragem "in situ".

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta proposição de trabalho resulta um método de estudo que desde análises preliminares [11, 12] tem encaminhado as conclusões para dois setores do sistema lagunar, devendo ser detalhados em trabalhos parciais de investigação, agregados a um programa mais amplo que integraria de uma forma global a área do canal de Rio Grande e do estuário do Guaíba, como saída e entrada principal das componentes hidrológicas do sistema.

O conhecimento dos processos de transporte de material em suspensão pelas águas lagunares e marinhas já é suficiente para se afirmar que, tal estudo deverá ser efetuado em pontos de amostragem distribuídos transversalmente ao eixo principal das duas bacias, face aos gradientes de variação lateral encontrados em todos os casos que foram examinados, para as diversas conjunturas ambientais de vazante e alguns de enchente, na zona do canal.

Todos os resultados parciais levantados separadamente não deveriam permanecer isolados e sim ligados ao demais parâmetros que regem o sistema (Figura 2) absolutamente controlados sob o ponto de vista físico, onde os fatores principais de alteração são função da atuação dos ventos, da distribuição de chuvas, do regime fluviométrico, das ondas e marés, bem como das fontes de fornecimento de material em suspensão.

A programação de levantamentos simultâneos às passagens do LANDSAT na órbita 237 e mesmo outros tipos de satélites foi

iniciada no ano de 1978, atendendo a uma primeira tentativa de corre  
lação de dados terrestres e orbitais.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] MALVAL, M.B. *Travaux du port et de la Barre de Rio Grande, Brazil.* Paris, Leon Eyrolles, 1922.
- [2] GAFFRÉE, C.L. *Relatório sobre predições de correntes ao Inspetor Federal de Portos, Rios e Canais.* Rio Grande, 1927.
- [3] CORTES, C.M. de *Relatório dos estudos de correntes e outros em curso.* Rio Grande, 1929.
- [4] BICALHO, S.M. *Estudos hidrográficos e meteorológicos da Barra do Rio Grande do Sul.* Rio Grande, 1929.
- [5] MOTTA, V.F. *Relatório diagnóstico sobre a melhoria e aprofundamento do Rio Grande.* Porto Alegre, IPH, 1960.
- [6] DELANEY, P.J.V. *Fisiografia e Geologia da superfície da planície Costeira do Rio Grande do Sul.* Porto Alegre. UFRGS. Escala de Geologia, 1965. (Publ. Esp. nº 6).
- [7] CLOSS, D.; MARLY, L.M. *Seasonal variations of Brackish Foraminifera in the Pastos dogoon, southern Brazil.* Porto Alegre, UFRGS. Escola de Geologia, (Pub. Esp. Nº 15).
- [8] MARTINS, L.R. *Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Pastos (R.G.S.)* Porto Alegre, U.F.R.G.S. Escola de Geologia, 1963. (Boletim, 13).
- [9] MARTINS, I.L.R. *Sedimentologia do canal do Rio Grande.* Dissertação de mestrado. Porto Alegre, Escola de Geologia da U.F.R.G.S., 1971.
- [10] WILLVOCK, J.A. *Contribuição a geologia do holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul.* In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 27.*, Aracaju, 1972. Anais. p.

- [11] HERZ, R. Estudo das tendências de circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 28, Porto Alegre, 1974. Anais. p. 140-157.
- [12] ———. *Circulação das Águas de superfície da Lagoa dos Patos. Continuação Metodológica ao estudo de processos lagunares e costeiras do Rio Grande do Sul, através da aplicação de Técnicas de sensoriamento remoto.* Tese de Doutorado. São Paulo, F.F.L.C.H. da USP, 1977.
- [13] BONILHA, N.; BREBBIA, C.; FERRANTE, A. *Computational Hydraulics studies in Rio Grande do Sul.* In: *International Association Hydraulics Research*, São Paulo, 1975. Proceedings. V. 4, 188-196.
- [14] BREBBIA, C.A. Finite element models for coastal engineering. In: *Sem. Hidrodin Computer*, Porto Alegre, 1975. p.