

ESTUDO POR SENSORIAMENTO REMOTO DAS "FRENTES" COSTEIRAS
NA REGIÃO DA DESEMBOCADURA DA LAGUNA DOS PATOS, RS.

Carlos Hartmann e Osman Fernandes da Silva
Fundação Universidade do Rio Grande-FURG
96200-Rio Grande-RS.

Carlos André Bulhões Mendes
Universidade Federal de Alagoas-UFAL
57000-Maceió-AL.

Vitor Haertel e José Carlos Nunes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS/CEPSRM
90000-Pôrto Alegre-RS.

RESUMO

"Frentes" costeiras representam limites entre diferentes tipos de água, feições muito comuns nos ambientes de transição, como é o caso da desembocadura da Laguna dos Patos. Considerando a importância que o estudo das frentes costeiras representam para a dinâmica local e suas implicações ambientais, este trabalho tem a finalidade de mostrar a utilidade do emprêgo das técnicas de sensoriamento remoto para esclarecer a localização, frequência de ocorrência, extensão e movimento, além de avaliar suas implicações na dispersão e concentração de poluentes. Os resultados mostraram a grande utilidade de desta técnica no monitoramento destas feições na região.

ABSTRACT

Coastal fronts represent the limit between different water types, which is a common feature in a transition system like the Patos Lagoon mouth. Since coastal front studies may elucidate local dynamics and their environmental implications, this work aims to demonstrate the applicability of remote sensing monitoring technics to depict and localize the occurrence, frequencies, movement and extension of fronts, and also to evaluate the concentration and dispersion of pollutants. The results show the high utility of this method in monitoring front features in this region.

1. INTRODUÇÃO

"Frentes" são o resultado do encontro entre diferentes massas de água que, devido aos seus constituintes, apresentam-se com características físicas, químicas e biológicas distintas, com implicações ecológicas.

Podemos dividir as frentes em dois tipos básicos: as frentes oceânicas e as costeiras. As primeiras são o resultado do encontro de massas de água com variações na salinidade, temperatura e densidade, sendo de grandes dimensões e de pequena variação no tempo. Já as frentes

costeiras, de águas rasas, são encontradas nos estuários e, por isto denominadas de frentes estuarinas e as frentes das plumas, que são o resultado das descargas dos rios no Oceano ou em outro corpo de água qualquer. As frentes costeiras são consideradas de pequena dimensão, com grande variação no tempo (Bowmar. Esaias, 1977).

Frentes estuarinas são geralmente localizadas paralelas ao eixo do estuário, podendo estender-se longitudinalmente por dezenas de quilômetros e, as

frentes das plumas são formadas na interface entre as águas doces oriundas da descarga dos rios no oceano e das águas marinhas. Dependendo da taxa de descarga e da geomorfologia da região, esta mistura pode se localizar no interior do estuário ou diretamente no Oceano, (Bowman e Iverson, 1977).

As mudanças nas proximidades ao longo das frentes, são radicais. A forte convergência das correntes nestas frentes, são muito eficazes na acumulação de matéria orgânica e detritos. Assim, as massas de água separadas pelas frentes, freqüentemente diferem na turbidez, e nas propriedades espectrais que podem ser observadas à distância, bem como outras feições que ocorrem junto às frentes, como- temperatura, refração de ondas, espuma, dejetos diversos, além de outras.

Desta forma, as frentes, bem como as demais feições associadas, podem ser observadas através de imagens obtidas de aeronaves e satélites, principalmente devido ao alto contraste de tonalidade existente ao longo da frente, nas quais se atribui diferenças na concentração do material em suspensão relacionados, principalmente, aos sedimentos e ao fitoplâncton, além de outros (Bowman e Iverson, op. cit.; Klemas e Polis, 1977 Klemas, 1980).

Na Laguna dos Patos a interação de diferentes massas de água na sua extremidade sul (Hartmann e Sano, 1988), proporcionam na formação de frentes do tipo estuarina e, a descarga de água doce pela desembocadura da Laguna no Oceano Atlântico, determina a formação de uma pluma com características espectrais bem distintas da água marinha, delimitada por duas linhas bem definidas, que correspondem as frentes da pluma.

A pluma pode ser observada na maior parte do ano, podendo inclusive, não ocorrer, estando diretamente relacionada às condições meteorológicas e oceanográficas locais (Hartmann e Fernandes da Silva, 1988).

Considerando a importância que estas feições costeiras representam para a dinâmica local e suas implicações ambientais, este trabalho tem por finalidade

de mostrar a utilidade das técnicas de sensoriamento no monitoramento das frentes costeiras (Fig. 1), para obter sua localização, freqüência de ocorrência, extensão e movimento, além de avaliar suas implicações na dispersão e concentração de poluentes.

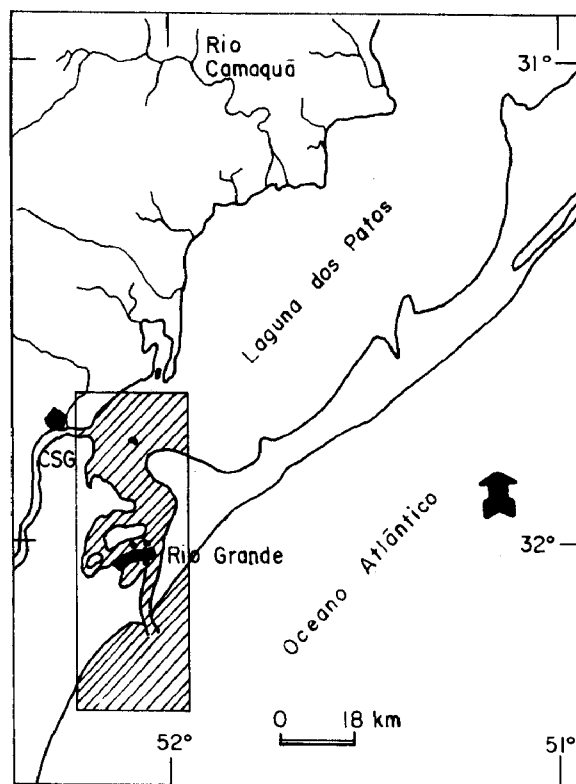


Fig. 1 - Localização da área.

2. MORFOLOGIA DA FRENTE

As frentes representam regiões de fortes gradientes ou descontinuidades dos parâmetros físicos, sendo os mais importantes a velocidade da água e as mudanças de densidade. As frentes estuarinas são similares às frentes atmosféricas onde, os fluidos mais densos tendem a descer sob os fluidos mais leves, determinando desta forma, uma interface inclinada.

A Fig. 2 mostra a dinâmica produzida por uma convergência marcada na superfície, onde se observa que as linhas de convergência concentram espuma, películas de substâncias diversas - mistura complexa de compostos orgânicos e metais, como: Cr, Cu, Ag, Zn, Pb - na superfície além de outros poluentes, como concentrações de óleo, segundo observado por Klemas e Polis, 1977, na Baía de Delaware. Os limites das linhas representam tonalidades diferentes e das espumas, são paralelas e distintas, separadas por alguns metros.

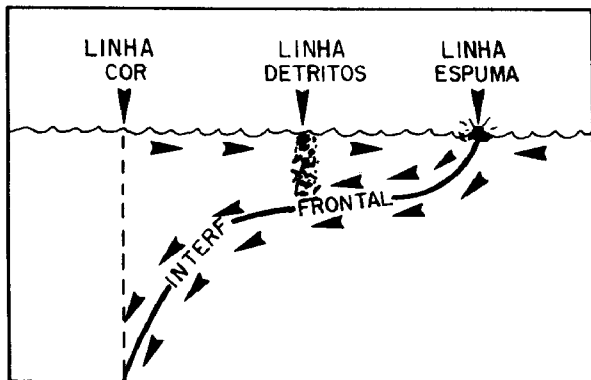


Fig. 2 - Frente costeira de água rasa. Corte esquemático. São identificadas: linha de espuma, linha de detritos e linha de cor.
Fonte: Klemas e Polis, 1977

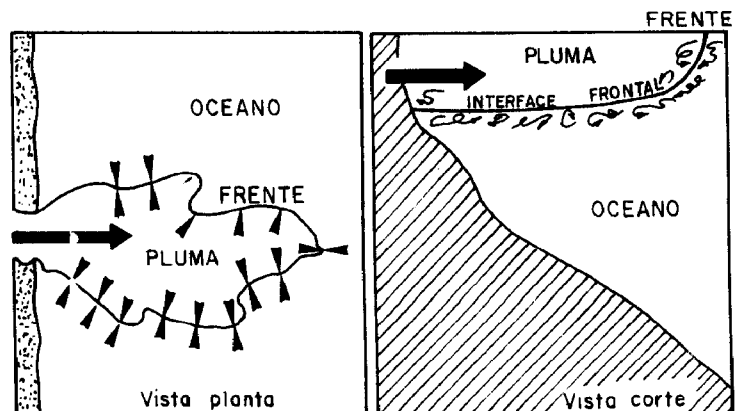


Fig. 3 - Diagrama esquemático da frente da pluma introduzida pela propagação da água doce e fricção interfacial.
Fonte: Bowman e Iverson, 1977

A Fig. 3 representa a formação da frente gerada pela entrada de água doce no oceano e a fricção interfacial entre as massas de água. A água doce irá se misturar, de maneira gradual, com águas marinhas. O decréscimo da velocidade da água doce é gradual, dependendo do volume e velocidade da corrente e, ocorre tanto no sentido longitudinal ao longo do eixo da pluma, quanto no sentido transversal.

A dispersão do material trazido em suspensão pelas águas doces irá depender das condições oceânicas e, a manutenção do volume de água doce pode ser mantido por muitos quilômetros para dentro do oceano, embora ocorra decréscimo de velocidade. Aspectos sobre o desenvolvimento das plumas na desembocadura da Laguna dos Patos, pode ser visto em Hartmann e Fernandes da Silva, 1988.

A configuração esquemática da formação das frentes estuarinas localizadas paralelas ao eixo do estuário, segundo Bowman e Iverson, 1977, é mostrada na Fig. 4. Estas frentes são formadas pelo encontro de duas massas de água com características físicas e químicas distintas e, em geral, seu limite frontal é definido pelos canais, como mostrado pela frente de inverno do Canal São Gonçalo (CSG) (Fig. 6).

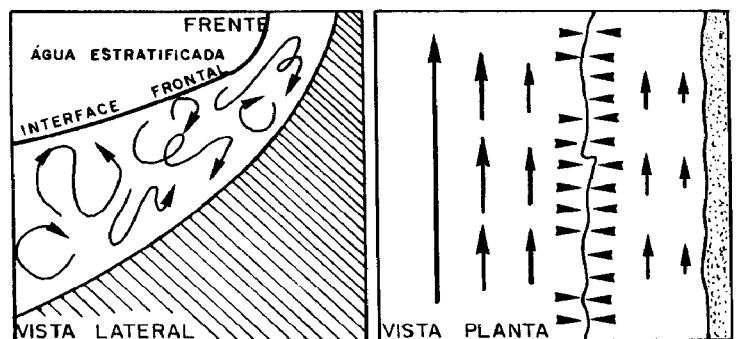


Fig. 4 - Diagrama esquemático de uma zona de frente estuarina. As linhas curvas representam a turbulência junto ao fundo.
Fonte: Bowman e Iverson, 1977

3. MATERIAL E MÉTODO

As informações sobre as frentes, descritas neste trabalho são o resultado da fotointerpretação direta de imagens MSS 5 e TM 3 do satélite Landsat, obtidas no INPE/SJC/SP, como transparências negativas 70 mm e ampliadas para a escala aproximada de 1:250.000. Também, foram utilizadas imagens em papel colorido falsa cor nas bandas 2, 3 e 4 do TM/Landsat, na escala 1:100.000 e de fitas CCT, cobrindo um período de 12 anos (1976 - 1988) (Tabela I). Nem todas as imagens analisadas constam na Tabela I.

As frentes foram identificadas e definidas de acordo com a sua ocorrência

TABELA 1

IMAGENS UTILIZADAS NA ANÁLISE DA PLUMA DE SEDIMENTOS E RESSUSPENSÃO
DADOS DE VENTO, DESCARGA MÉDIA MENSAL E MORFOLOGIA DA PLUMA

Nº	DATA	ESTAÇÃO	VENTO (m/s)	PLUMA			DESCARGA GUATBA (m ³ /s)	OBSERVAÇÕES
				DIREÇÃO (°)	DIMENSÃO (km)	ÁREA (km ²)		
1	02/04/79	Outono	E 1,5 (2)	-	-	-	?	Baixa turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
2	29/04/79	Outono	W 8,0 (2)	S	21,0	248	?	Média turbidez laguna e desembocadura
3	28/07/79	Inverno	NE 2,0 (2)	S	26,4	580	?	Baixa turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
4	20/09/79	Primavera	NE 2,7 (2)	SW	14,0	96	?	Média turbidez laguna e na desembocadura
5	22/07/80	Inverno	W 5,2 (2)	E	16,8	322	?	Média turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
6	09/08/80	Inverno	SW 3,8 (2)	ENE	27,0	572	?	Média turbidez laguna e alta na desembocadura - Ressuspensão de sedimentos
7	27/08/80	Inverno	N 3,2 (2)	ENE	8,0	27	?	Alta turbidez laguna e média na desembocadura - Ressuspensão de sedimentos
8	25/11/80	Primavera	S 3,5 (2)	-	-	-	?	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
9	24/05/81	Outono	S 1,4 (2)	SSW	17,6	189	?	Média turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
10	22/08/81	Inverno	NE 2,1 (2)	S	23,8	374	?	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
11	17/03/82	Verão	NE 6,0 (1)	S	13,2	91	100	Baixa turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
12	28/05/82	Outono	SW 1,5 (2)	NE	8,0	21	200	Baixa turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
13	04/10/82	Primavera	W 4,6 (2)	SSE	18,0	258	3500	Alta turbidez laguna e desembocadura
14	20/10/82	Primavera	E 4,0 (1)	S	20,0	267	3500	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
15	21/11/82	Primavera	SW ? (1)	NE	27,0	152	2100	Alta turbidez laguna e desembocadura
16	09/02/83	Verão	MNE 4,7 (1)	SSW	24,3	375	100	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
17	13/03/83	Verão	SW 5,3 (1)	NE SW	5,4 16,2	31 4	1100	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
18	14/04/83	Outono	WSW 2,7 (1)	-	-	-	1800	Média turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
19	30/04/83	Outono	NW 2,7 (1)	NE SW	12,4 16,2	40 35	1800	Alta turbidez laguna e desembocadura
20	17/06/83	Inverno	ENE 6,0 (1)	SSE	36,5	375	6000	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
21	03/07/83	Inverno	WNW 10,0 (1)	NNE	13,5	26	8100	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
22	04/08/83	Inverno	ESE 3,0 (1)	SSE	36,3	748	6500	Alta turbidez laguna e desembocadura
23	21/09/83	Primavera	NE 5,0 (1)	SSE	30,0	415	4500	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
24	24/11/83	Primavera	NNE 3,7 (1)	SW	15,0	43	1800	Média turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos
25	06/07/87	Inverno	N ?	SE	26,3	176	1800	Alta turbidez laguna e desembocadura Ressuspensão de sedimentos

VENTO: (1) estação Rio Grande

(2) estação Felotas

Fonte: Hartmann e Fernandes da Silva, 1988.

cia, com base nos gradientes de radiância, proporcionados pelo alto contraste entre as diferentes massas de água tendo como base as bandas MSS 5 (0,6 a 0,7 μm) e TM 3 (0,63 a 0,69 μm) da luz visível porque, é nesta região do espectro (faixa do vermelho), que as variações na concentração do material em suspensão são melhor identificadas, e pelo fato de que as informações, nesta região do espectro, são obtidas no primeiro metro da coluna de água (Klemas e Pólis, 1977). Resultados da classificação automática das imagens em fita CCT, foram estudadas, utilizando os programas disponíveis no I-100 e SITIM.

Considera-se, ainda, na discussão dos resultados e na ocorrência das frentes, as informações das amostragens e de fotografias aéreas 35 mm in situ, obtidas durante o Projeto Material em Suspensão, Fases I, II e III (Hartmann et alii, 1985; Hartmann, 1985; Paim e Möller Jr., 1986).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Tipos e ocorrências de frentes na área.

As frentes costeiras são comuns na região e são facilmente identificadas por sensoriamento remoto a nível de campo, aeronave ou orbital, estando relacionadas com as dimensões do fenômeno a ser estudado.

Na extremidade sul da Laguna dos Patos, imagens orbitais do Landsat, permitem identificar, principalmente, as frentes geradas pela entrada de água doce do CSG na região estuarina e na área externa aos molhes da Barra, às formadas pela pluma de sedimentos que saem pela embocadura da Laguna no Oceano, Fig. 5.

As diferentes frentes formadas na embocadura do CSG na região estuarina da Laguna dos Patos são mostradas na Fig. 6. Estas tem origem na entrada de uma massa de água proveniente do CSG com características espectrais distintas (menores níveis digitais) das águas da Laguna dos Patos. As frentes das plumas, nesta região se orientam e tem seu desenvolvimento e dispersão, de acordo com as características morfológicas da área (topografia do fundo), dos fluxos de água de vazante do canal e da Laguna dos patos.



Fig. 5 - Frente estuarina formada na embocadura do CSG e na região externa aos molhes no Oceano. Imagem MSS 5, obtida em 22 Agosto de 1981.

Além destas, são muito importantes a direção, duração e intensidade dos ventos que irão influenciar sobremaneira na formação das frentes.

De acordo com as imagens temporais analisadas (Tab. I) observa-se que as frentes são sazonais, sendo mais importantes as que ocorrem nos períodos de inverno e primavera. Estas são as épocas que coincidem com os maiores índices de precipitação e vazão dos tributários da Laguna Mirim (Fig. 6). Considerações sobre a entrada de sedimentos em suspensão pela foz do CSG na região estuarina da Laguna dos Patos, bem como sua influência para o estuário é mostrada por Hartmann e Harkot, 1989.

Da mesma forma que na região da embocadura do CSG, as frentes formadas pela pluma no oceano, possuem características sazonais, mais intensas nos períodos de inverno e primavera. Maiores detalhes sobre as características das plumas são mostrados por Hartmann e Fernandes da Silva, 1988. Na Fig. 7 são apresentadas as diferentes frentes, com base na interpretação visual das imagens MSS 5 e TM 3 Landsat, listadas na Tab. I.

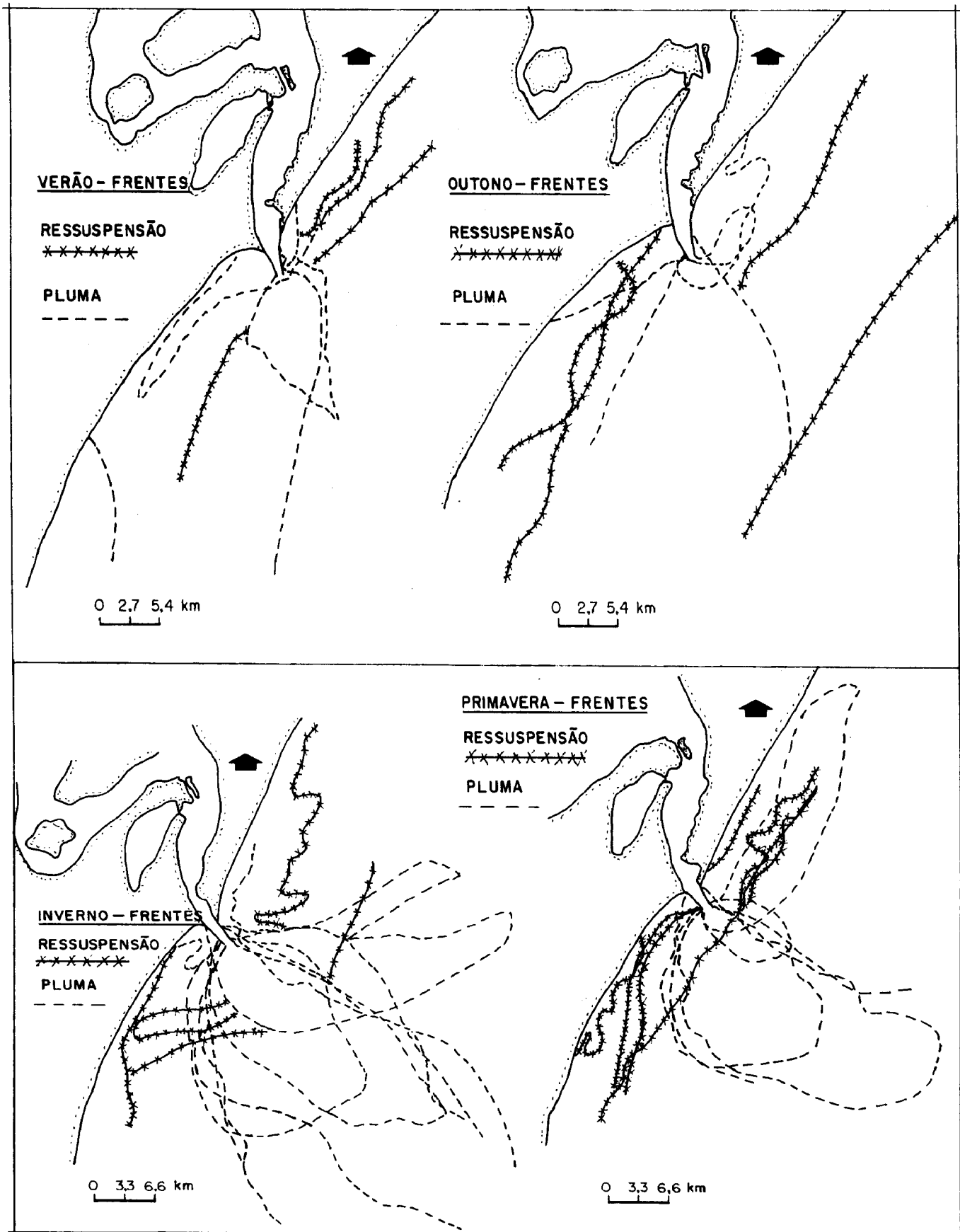


Fig. 7 - Frentes sazonais formadas pela pluma de sedimentos, obtidas da interpretação visual das imagens MSS e TM/Landsat. Também são mostradas as frentes resultantes da ressuspensão de sedimentos na região.

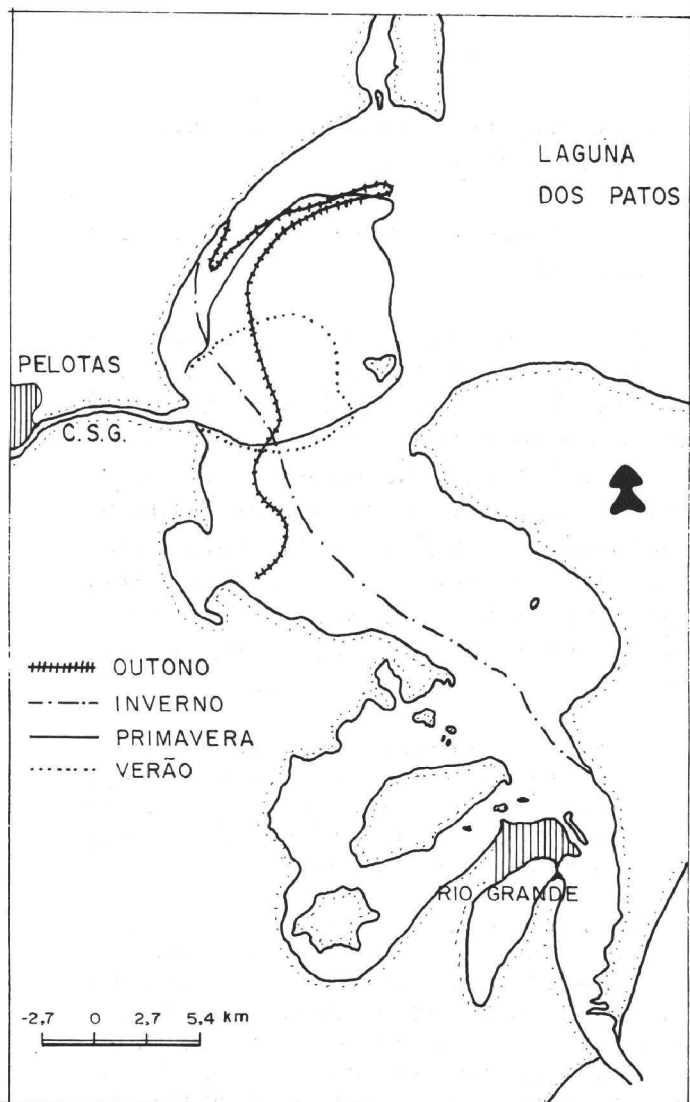


Fig. 6 - Esquema das frentes estuárias formadas pela pluma de sedimentos do CSG no estuário da Laguna dos Patos. Estão representados os tipos de frentes mais comuns.

Dependendo do nível de detalhe desejado, o emprêgo de fotos aéreas 35 mm obtidas de aeronave a baixa altura são muito úteis, apesar de terem um custo maior.

4.2 - Frente formada por ressuspensão.

Na região oceânica costeira rasa, também é comum a formação das frentes formadas a partir da ressuspensão dos sedimentos gerados pelas ondas e correntes costeiras, que ocorrem principalmente, devido a ação de ventos fortes do quadrante sul (Fig. 8). Nesta região a ressuspensão é observada a partir da isóbata de 20 metros, conforme mostrado por Hartmann e Fernandes da Silva, 1988.

A ocorrência destas frentes, iden



Fig. 8 - Imagem MSS 5 Landsat obtida em 03 de Julho de 1983. Observa-se a frente formada na região litorânea pela ressuspensão de sedimentos, por ventos do quadrante Sul.

tificadas nas imagens analisadas Landsat, também possuem um carácter sazonal e são mostradas na Fig. 8.

Informações sobre ondas e transporte litorâneo, são praticamente inexistentes na região. Sobre este aspecto destacam-se os estudos realizados por Motta, 1967, na região de Tramandaí e, mais recentemente Alvarez et alii, 1981 que estudaram o transporte litorâneo na praia a nordeste do molhe de Rio Grande.

Motta op. cit. concluiu que é considerável o transporte litorâneo em todos os sentidos da costa (de SW para NE e de NE para SW). Os registros de ventos dominam de N e NE, com frequência anual de 45% e, intensidades em geral, compreendidas nas faixas de 2 a 9 m/s e 9,5 a 15,5 m/s, nunca inferiores a 2 m/s.

Conclusões muito importantes decorrentes dos estudos de Motta, sobre as observações de ondas e correntes relacionadas ao transporte litorâneo, é

que "apesar dos ventos reinantes virem de NE, as ondas mais frequentes, de maior poder de transporte e de maior agressividade para a costa provém de SE".

Conclui este autor que "isto se deve a tais ondas não serem geradas pelos ventos locais, e sim a de se terem propagado para fora de suas distantes zonas de geração. Estas ondas ocorrem mais frequentemente no inverno e primavera, associada às frentes frias".

Das observações de Motta op. cit., o período mais frequente e significativo das ondas é de 9 segundos, o que equivale a comprimentos de onda com aproximadamente 126 metros em profundidades superiores a 63 e de 70 metros para profundidades inferiores a 61 metros para águas rasas.

Estes resultados mostram que a ação das ondas sobre o fundo é muito intensa na região, onde a declividade da plataforma é reduzida (1:1000) e a ocorrência de fácies arenosas e silticas (Calliari e Abreu, 1984), proporcionam a ressuspensão dos sedimentos com zonas de alta turbidez, alto contraste, o que são facilmente identificadas nas imagens

Por outro lado, são muito importantes as frentes formadas por ressuspensão de sedimentos na região da desembocadura (estuário), devido a variação da topografia, onde 82,3% da área tem profundidades inferiores a 3,0 metros (Hartmann, 1988). Elas são muito comuns na área e ocorrem pela remobilização dos sedimentos já depositados por ação dos ventos locais. Em geral a frente é delimitada pelas maiores profundidades, que em geral, representam os limites dos canais.

4.3 - Frente formada pela entrada de água salgada.

A entrada de água salgada na região estuarina também proporciona a formação de frentes, principalmente durante os períodos de estiagem nas bacias versantes. Em geral se desenvolvem longitudinalmente aos canais e são indicadas pela formação de linhas de espuma e outra de cor, representando concentrações diferentes de sedimentos. Estas foram identificadas em muitas ocasiões

quando das amostragens in situ realizadas na área, (Hartmann, 1985).

4.4 - Sensoriamento Termal no estudo das frentes.

A faixa do espectro mais utilizada pelos sensores remotos na atualidade para a obtenção de informações costeiras é principalmente a faixa do visível, entre o azul e o laranja. No entanto, dentre os vários aspectos a serem considerados nos estudos das regiões costeiras, principalmente das frentes, situa-se a variação de temperatura das massas de água e que é de interesse primário para as aplicações de sensoriamento remoto.

Para esta finalidade o satélite Landsat 5, tem a bordo um sensor que opera na região do IVT banda 6 na faixa de 10,2 a 12,4 μm , com uma resolução espacial de 120 metros e radiométrica 0,5°C.

Na região em estudo a utilização do Termal pode ser aplicado nos estudos das frentes, principalmente na embocadura da Laguna dos Patos, devido às suas dimensões e, em épocas de inverno, principalmente, quando são maiores as diferenças de temperatura entre as diferentes massas de água.

A Fig. 9 representa a imagem termal obtida pelo Landsat, fotografada do vídeo do I-100. Nesta época do ano a temperatura superficial da água no estuário era da ordem de 13°C. A água da pluma está representada pelos tons mais escuros e portanto, com temperatura mais elevada do que a água costeira. Dificuldades na calibração dos dados não permitiram, até o momento o uso do termal de forma regular na área, no entanto, será objeto de estudos num futuro próximo.

4.5 - Resultados obtidos da análise automática.

A análise automática se constitui no melhor método para o estudo das frentes, havendo a possibilidade do uso de programas que permitem discriminar detalhes não perceptíveis com outros métodos e, desta forma possibilitar uma definição mais clara dos limites entre as massas de água, como mostrado na Fig. 10.

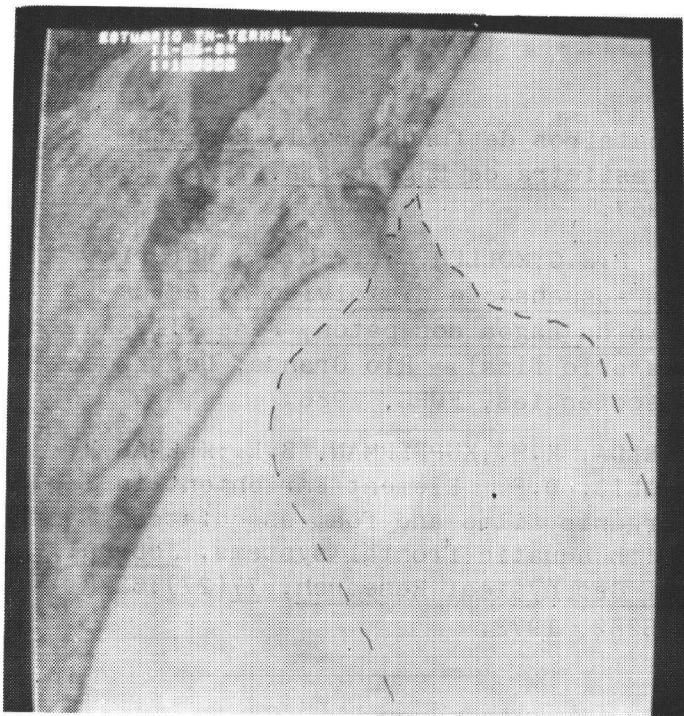


Fig. 9 - Imagem Termal fotografada do vídeo do I-100, obtida em 11-06-1984, época de inverno sem nenhum processamento.

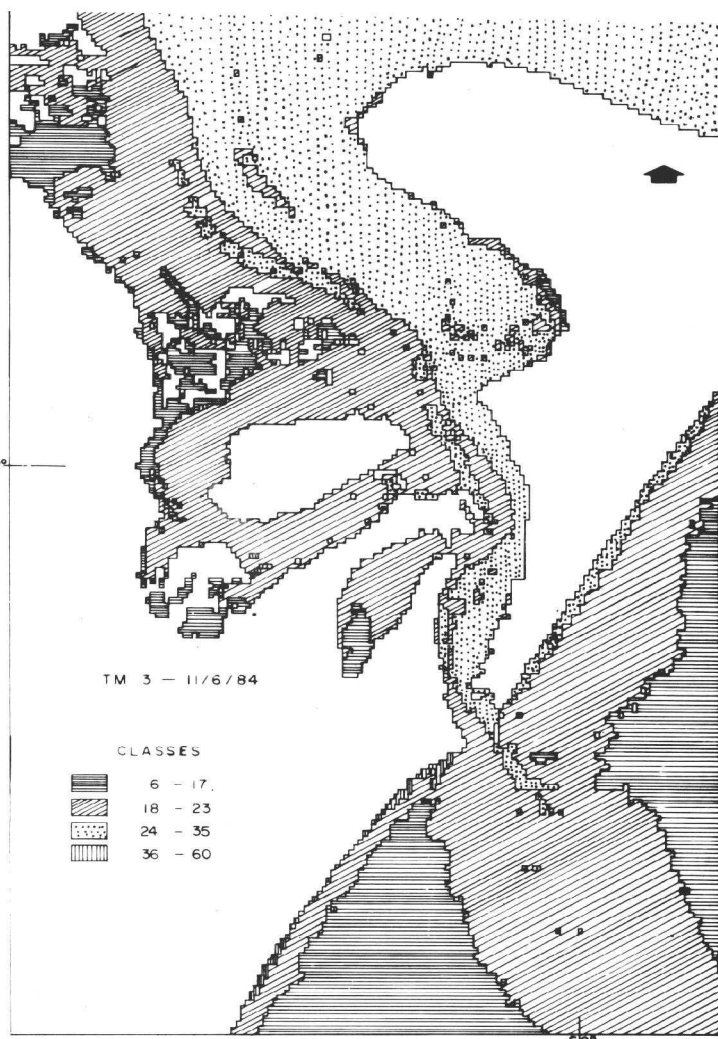


Fig. 10 - Gray map resultado da classificação temática célula única por amostragem de pixel.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Procuramos neste trabalho mostrar a utilidade das técnicas de sensoriamento remoto para o estudo das frentes costeiras na região da desembocadura da Laguna dos Patos, resultantes da convergência de massas de água com características físicas e químicas e, das geradas por fatores meteorológicos.

Estas feições com diferentes origens, são particularmente acessíveis quando são utilizadas técnicas de sensores remotos, tanto a nível orbital, quanto in situ e de aeronave.

Sua importância aumenta, quando sabemos que junto a estas feições (zonas de convergência) encontramos os locais mais adequados para a acumulação de poluentes de origem artificial (Klemas, 1980; Klemas e Polis, 1977) e, inclusive no acúmulo de compostos orgânicos e inorgânicos que são poluentes (Szekielda, 1972).

Entretanto, apesar das técnicas dos sensores remotos serem grandes aliados para o estudo das frentes na região, somente à análise das imagens não são suficientes, quando se deseja, além de conhecer sua morfologia e dispersão, algo como avaliar seus constituintes.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALVAREZ, J.A.; GRÉ, J.C. e TOLDO Jr, E.T. Estudos da praia a nordeste do molhe de Rio Grande-RS, Pesquisas, Porto Alegre, 14:131-147, 1981.
- BOWMAN, M.J. e ESAIAS, W.E. Oceanic fronts in Coastal Processes, Summary and recommendations. Proceedings of a workshop held at the Marine Sciences Research Center, May 25-27, New York 1977.
- BOWMAN, M.J. e IVERSON, R.L. Estuarine and plume fronts, IN: Oceanic Fronts in Coastal Processes. Proceedings of a workshop held at the Marine Sciences Research Center. Ed. by Malcolm J. Bowman and Wayne E. Esaias and coauthored by the participants, New York, pp. 87-104, 1977.

- CALLIARI, L.J.; ABREU, J.G.N. Litologia da plataforma continental interna adjacente a cidade do Rio Grande, RS, através da interpretação de registros de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. Anais do XXXIII Congresso Bras. de Geologia, Rio de Janeiro, 4:1553-1564, 1984.
- HARTMANN, C.; CALLIARI, L.J.; MOLLER Jr., O.O. Material em suspensão no estuário da Laguna dos Patos, RS-Fase I. Observações preliminares, abril 1979 à março de 1980. Relatório, Rio Grande, Dept^o de Geociências-FURG, 1985.
- HARTMANN, C. Estudo do material em suspensão e dissolvido no estuário da Laguna dos Patos, RS, Fase II, maio de 1982 à dezembro 1983. Relatório, Rio Grande, Dept^o de Geociências-FURG, 1985.
- HARTMANN, C; SANO, E.E. Estudo da hidrologia e evolução das massas de água na Laguna dos Patos, através de imagens MSS/Landsat. Revista Brasileira de Geofísica, 4: 215-228, 1986.
- HARTMANN, C.; FERNANDES DA SILVA, O. Dinâmica sazonal da pluma de sedimentos na desembocadura da Laguna dos Patos, analisada através de imagens Landsat. IV^o Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, RN, 4, No prelo, 1988.
- HARTMANN, C. Utilização de dados digitais do mapeador temático para obtenção dos padrões de distribuição do material em suspensão na desembocadura da Laguna dos Patos. Tese de Mestrado, INPE, 190p., março de 1988.
- HARTMANN, C; HARKOT, P.F.G. Influência do Canal São Gonçalo no aporte de sedimentos para o estuário da Laguna dos Patos, RS. Revista Brasileira de Geociências, no prelo, 1989.
- KLEMAS, V.; POLIS, D.F. A study of density fronts and their effects on coastal pollutants. Remote Sensing of Environment, 6: 95-126, 1977.
- KLEMAS, V. Remote sensing of coastal fronts and their effects on oil dispersion. Int. Journal of Remote Sensing, 1(1): 11-28, 1980.
- MOTTA, V.F. Estudo em modelo reduzido para a regularização da embocadura Lagunar de Tramandaí. In: Modelos Costeiros de fundo móvel; Revista Brasileira de Engenharia, 1985, 238p 1967.
- PAIM, P.S.G; MOLLER, Jr., O.O. Material em suspensão e dissolvido no estuário da Lagoa dos patos, Fase III, Relatório final. Rio Grande, Dept^o de Geociências, FURG, 1986.
- SZKIELDA, K.H.; KUPFERMAN, S.L.; KLEMAS, V. POLIS, D.F. Element Enrichment in organic films and foam associated with aquatic frontal systems. Journal of Geophysical Research, 77(27):5278-5282, 1972.