

ESTUDO DA RESPOSTA ESPECTRAL DE LAGOAS COSTEIRAS
DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.

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

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo informar de maneira preliminar quais os principais fatores ambientais que afetam a coloração das lagoas costeiras localizadas na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, utilizando dados de Sensoriamento Remoto e métodos convencionais de amostragem. Parâmetros ambientais de qualidade da água de duas destas lagoas foram investigados in situ e comparados aos valores digitais, obtidos através da leitura automática da imagem. Observou-se que os parâmetros responsáveis pela resposta espectral das lagoas estão relacionados à granulometria e concentração do sedimento em suspensão, bem como as altas concentrações do material orgânico particulado em suspensão e, principalmente dissolvidos. As diferenças, tanto qualitativas, quanto quantitativas estariam associadas às declividades de ambas as bacias, tipos de solos e drenagem, as quais estão intimamente relacionadas à geomorfologia da área.

ABSTRACT

The main objective of this article is to find out, in a preliminary way, the principal environmental factor controlling the water color of Rio Grande do Sul coastal lagoons, using remote sensing and conventional sampling techniques. Comparisons between water quality parameters and remotely sensed data obtained from two lagoons have shown that dissolved and particulate organic matter, suspended sediments, and granulometry influence the upwelled signal received by the Landsat sensor. Other factors, such as local topography soil types, and drainage basins may also contribute to explain their spectral signature differences.

1. INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras ocupam 13% da área a litorânea do mundo (Barnes, 1980). Na planície costeira gaúcha esta porcentagem é bem maior, acima de 40%, onde apresentam uma relevante importância ecológica, particularmente como manancial de águas disponíveis às indústrias, consumo antrópico e agricultura. Assim, é muito importante, oneroso e muitas vezes inviável realizar o monitoramento da qualidade da água através dos métodos convencionais de limnologia e, neste sentido, a utilização das técnicas de sensoriamento remoto tem-se mostrado adequada na análise de alguns parâmetros.

No entanto, segundo Novo et al. (1988a), para se realizar o monitoramento da qualidade da água através de métodos de sensoriamento remoto, é necessário isolar e quantificar todos os fatores que influem no sinal do mesmo, visto que a diferenciada capacidade de interação da radiação eletromagnética com os vários compostos da coluna de água são dependentes das propriedades óticas inerentes a estes, bem como das próprias moléculas da água.

Os sedimentos em suspensão em adição ao material orgânico em suspensão não vivo, substância amarela (gelbstoff) e pigmentos, podem contribuir na modificação do formato do espectro de absorção

total ou de reflexão da luz no range visível e originar, por consequência, variações na cor dos corpos de água (Morel e Prieur, 1977; Jerlov, 1976).

A captação dessas substâncias por meio de sensoriamento remoto, tem se mostrado significativas à nível aéreo e orbital e tem possibilitado, além do monitoramento da qualidade da água, a confecção de algoritmos específicos através da obtenção de coeficientes de absorção espectral no range do visível, (Deschamps e Viollier, 1987; Amann et al., 1989; Bricaud et al., 1981).

Portanto, este trabalho tem por objetivo avaliar, de modo preliminar e através de duas áreas-teste, as origens dos variados padrões de comportamento espectral de corpos de água da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, observados em imagens de satélite.

Através da utilização do mapeador temático (TM/Landsat) em conjunto com dados in situ, pretende-se relacionar os tipos de ambientes com os principais constituintes da coluna de água, bem como as suas respectivas concentrações na contribuição da cor das lagoas costeiras e estabelecer os canais mais apropriados para a detecção destes constituintes.

2. MATERIAL E MÉTODO

Para a realização do trabalho foi efetuado um reconhecimento e escolha prévia da área destinada ao monitoramento in situ, utilizando-se de imagens do TM/Landsat (órbita-ponto 221/82) em papel. Estas imagens eram composições coloridas, bandas 2,3 e 4, na escala de 1:100.000 e, compreendem os períodos de outono e inverno, obtidas respectivamente nas datas de 03-04-88 e 06-07-87.

Na escolha do local destinado às amostragens (área teste, vide Fig. 1), levou-se em consideração principalmente as lagoas com extremos de coloração, tendo em vista obter possivelmente um maior range na concentração dos principais fatores ambientais que originariam essas diferenças de cor, (Fig. 1).

O trabalho propriamente dito envolveu análise automática de fitas CCTs no Q. C da imagem TM/Landsat obtida em 11-07-89. A extração dos níveis digitais foi realizado no SITIM 150 do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM).

Utilizaram-se ainda mapas geomorfológicos na escala 1:100.000 (Projeto Lagoa dos Patos/Geologia, 1988) e cartas topográficas na escala 1:250.000 da área de interesse.

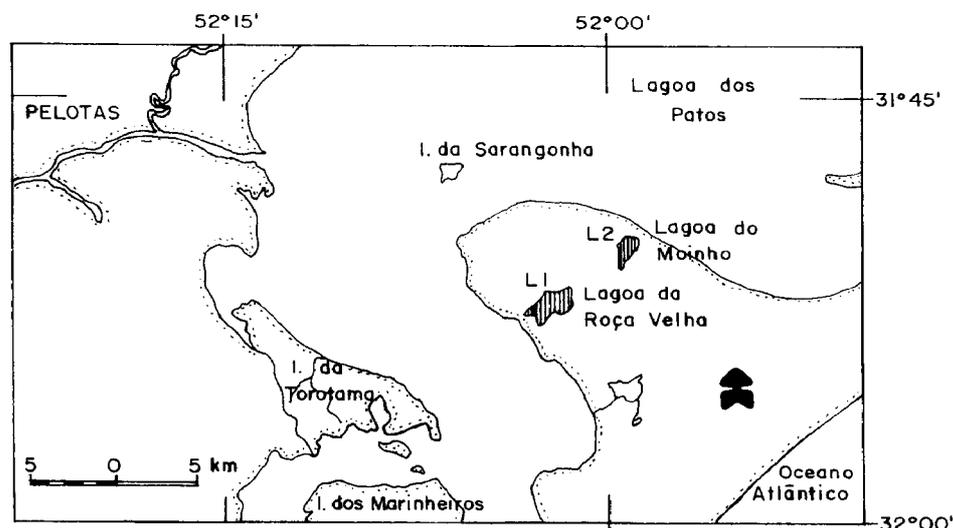


Fig. 1 - Localização da área e das áreas teste. (Lagoas hachuradas)

Na Tabela 1 estão sumarizados os parâmetros de qualidade da água analisados. Esses parâmetros foram obtidos através de coletas periódicas entre julho de 1989 e janeiro de 1990 na data de passagem do satélite, onde a única imagem satisfatória referente ao período amostral ocorreu em 11 de julho de 1989.

TABELA 1
VERDADE DE CAMPO

FISICO

Temperatura (ar e água)
Transparência (Secchi)
Material em Suspensão
Sólidos Totais
Côr do MS (Rock Collor Chart)
Condições do vento
Granulometria do MS

QUIMICO

pH
Eh
Salinidade
Condutividade
Carbono Orgânico
Elementos Maiores (Ca⁺, Na⁺, K⁺)
Ion Ferro

BIOLÓGICO-FITOPLANCTON

Identificação das espécies
Concentração de clorofila-a
Concentração de feofita-a
Estado de aglomeração celular

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Planície Costeira do Rio Grande do Sul é uma extensa região sedimentar originada pelas regressões e transgressões marinhas, bem como pela atuação eólica do quaternário (Villwock, 1972).

As centenas de lagoas costeiras desta planície, possuem variados tamanhos e com coloração muito variada, situadas na maioria entre dois extremos de níveis de cinza (Tabela 2). Acredita-se que esta variabilidade possa ser originada pelo diferente aporte tanto qualitativo quanto quantitativo de material que chega particulado e dissolvido, provenientes das suas respectivas bacias de drenagem, bem como por materiais de origem autóctone.

Esses corpos de água, bem como seus entornos, situam-se sobre as chama-

TABELA 2
NÍVEIS DE CINZA MÉDIO DAS LAGOAS
DA ROÇA VELHA-L1 E DO MOINHO-L2.

NC	BANDA 1	BANDA 2	BANDA 3	BANDA 4
L1	37	12	9	3
L2	51	24	24	6

das barreiras lagunares e isso, segundo dados in situ associados a mapas geomorfológicos, sugerem uma certa influência dessas barreiras na cor das águas no que se refere a mineralogia do sedimento. Porém, são necessários estudos mais detalhados e conclusivos a esse respeito.

Também a declividade e a morfometria das lagoas e áreas emersas adjacentes, parecem relacionar-se às suas origens geomorfológicas, onde esses fatores determinariam igualmente diferenças na concentração de vários compostos inclusive quantitativas (Gorham et al., 1986; Engstrom, 1987), tais como: Sedimento em Suspensão(SS), concentração de Matéria Orgânica Dissolvida(MOD) e Particulada(MOP); influenciando consequentemente na condutividade da água. Esses parâmetros seriam decorrentes, portanto do variado grau de diluição desses compostos na água. A declividade e a morfometria determinariam ainda a competência das lagoas e dos seus eventuais efluentes, influenciando na textura do sedimento carreado.

As informações de verdade de campo das duas áreas-teste encontram-se descritas a seguir.

3.1 - LAGOA DA ROÇA VELHA-L1

Caracteriza-se por uma transparência relativamente elevada (Secchi 1,7m) baixa concentração de material em suspensão, alta concentração de substâncias húmicas. As características ambientais desta sugerem uma condição distrófica (Naumann, 1931). Esse material em suspensão apresenta elevada porcentagem de matéria orgânica particulada(MOP) e, aliado a isto, algumas características ambientais indicam altas concentrações de matéria orgânica dissolvida(MOD) genericamente conhecidas por "Gelbstoff" ou "Yellow Substance" (Kalle, 1938) e que notabilizam-se por suas propriedades de absorver a luz, sobretudo na faixa

dos menores comprimentos de onda (Tassan, 1987; Bricaud et al., 1981; Marees et al., 1989; Carder et al., 1989) originando inclusive, uma diminuição na transparência da água (Amann et al. 1989)

A cor desta lagoa seria ocasionada principalmente, por material alóctone proveniente de uma extensa área de banhados recobertos por gramíneas que rodeiam este corpo de água, e por ocasião das chuvas carreiam seu material para a lagoa.

Um dos principais materiais arrastados seriam os detritos orgânicos, principalmente a MOD, tendo em vista o baixo declive destas zonas alagadas que acelerariam esta degradação e, pelo fato do seu solo ser formado por sedimento arenoso e, portanto, com elevada granulometria dificultando assim o seu transporte.

Rasmussem, et al., 1989, prevê a ocorrência de um contínuo e acelerado processo de decomposição orgânica em ambientes planos e molhados, onde se acredita que fato semelhante ocorra na área adjacente a esta lagoa.

Nos locais de maior depressão e umidade nos entornos da L1, ocorre uma maior concentração de humus, com a formação de matéria orgânica reduzida, em adiantado processo de formação de turfeiras.

A relação profundidade/área desta lagoa é muito baixa, facilitando assim a concentração de materiais e, aliado a isto, outras características ambientais possibilitam uma elevada taxa de degradação do húmus na água. A degradação do húmus é normalmente lenta devido à sua complexa composição química (celulose e lignina), porém, além da degradação biológica a atuação fotoquímica também deve atuar nesta decomposição (Engstrom, 1987), propiciado pela maior transparência da água.

Amostras do fundo da lagoa de sedimento revelam que este é composto principalmente por areia fina, onde observa-se extratos de matéria orgânica oxidada.

A velocidade de decomposição da MOP aumenta com o aumento da temperatura média anual (Swift et al., 1979).

O decréscimo da MOP, observado ao longo do ano à partir do inverno (Fig. 2), deve ser ocasionado principalmente pela gradativa diminuição pluviométrica, porém o simultâneo aumento médio da temperatura neste período, deve atuar decisivamente neste decréscimo.

De maneira geral as demais lagoas da Planície Costeira que seguem o padrão da L1, possuem semelhantes características ambientais, conforme observado em outras lagoas da área.

3.2 - LAGOA DO MOINHO-L2

Esta possui muitas diferenças ambientais em relação a L1. A começar pela sua morfometria, bem como dos seus entornos, que apresentam maior declividade do terreno. Como consequência disto a L2 possui maior razão profundidade/área e, portanto, um incremento na capacidade de captação de água e por consequência maior poder de diluição dos materiais lançados em seu meio por efluentes.

Tal como na L1, esta lagoa possui gramíneas adjacentes, porém, ocorrendo principalmente em solo mais seco, visto que os banhados são menos frequentes em decorrência do maior declive do solo.

O sedimento da área emersa e, principalmente do fundo da lagoa é de textura muito fina (argila siltosa). Isto provoca uma elevada variância na concentração do MS ao longo do ano (Fig. 2), seja por ressuspensão do sedimento de fundo pela ação do vento ou, o que é mais provável, em decorrência do transporte de materiais lixiviados do solo nas épocas de chuva, que devem ocorrer com maior facilidade justamente em decorrência da baixa granulometria do solo. E, mais uma vez, o declive dos entornos deve provocar maiores vazões por unidade de tempo, aumentando a competência do escoamento da água superficial.

A análise automática revela altos valores para os níveis de cinza (Tab. 2) que estariam associados a alta concentração de sedimento em suspensão. No entanto ao longo do ano, a concentração do MS variou muito (Fig. 2), onde a ocorrência de um tipo específico de MS muito fino (coloidal), abundante de cor branca e natureza inorgânica, este-

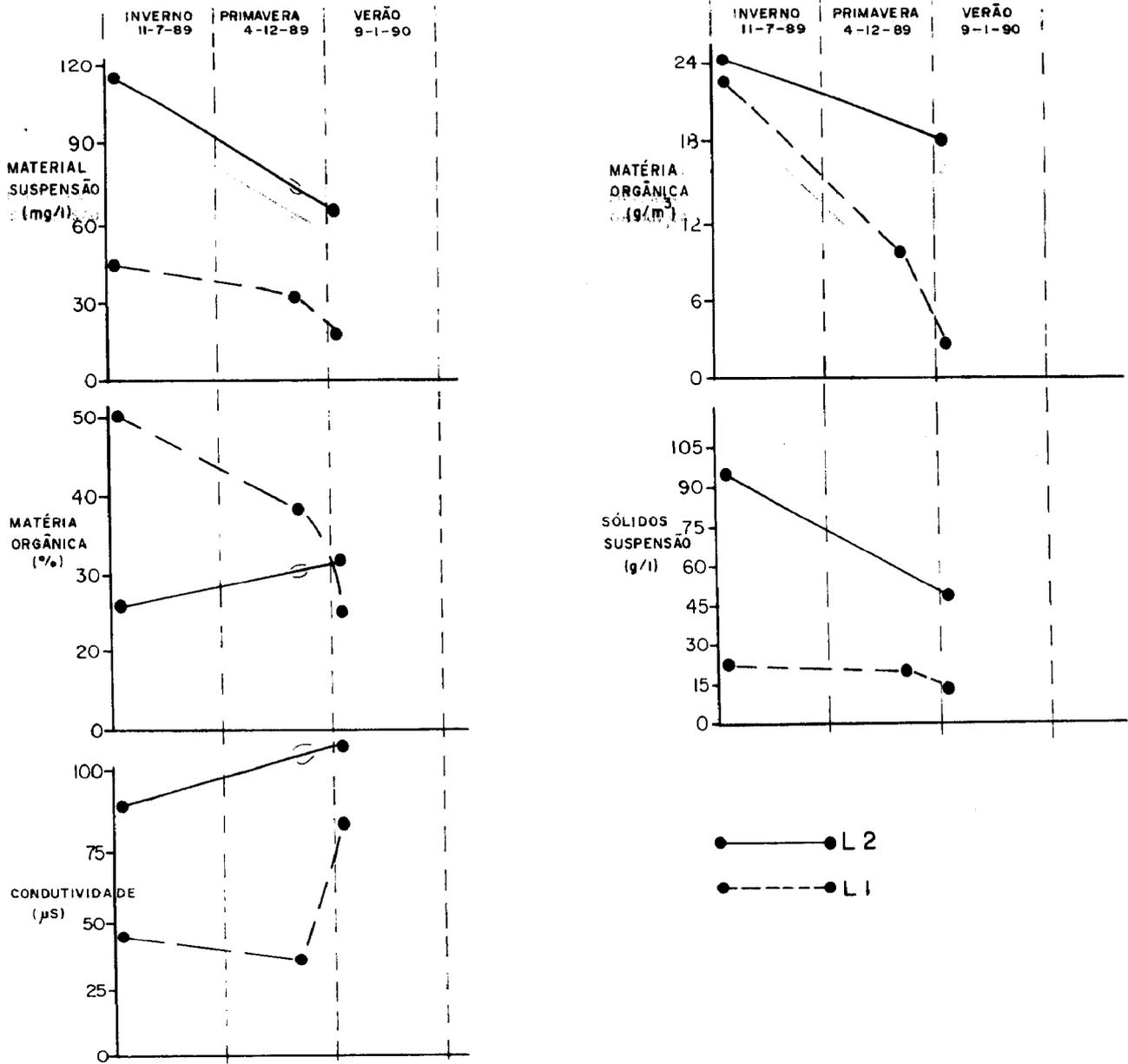


Fig. 2 - Resultados sazonais obtidos in situ e em laboratório de ambas as lagoas (L1 e L2). As datas correspondem aos dias de amostragem.

ve constantemente presente porém, sua concentração não foi determinada. É possível que a presença constante deste material muito fino no meio, possibilite uma menor variância nos níveis de cinza da L2, devido às propriedades óticas deste material (Novo et al., 1988a) que promovem intenso espalhamento da luz.

Conforme anteriormente mencionado na L2 são escassas as regiões adjacentes alagadas ou úmidas e, isto além da sua baixa transparência (0,20 m em média), dificulta os processos de decomposição da MO e conseqüente ocorrência de MOD. Porém a MOP ocorre com concentrações semelhantes a L1 (Fig. 2).

As análises de nutrientes revelam maiores concentrações na L2 do que na L1, ainda que com baixos níveis. Mesmo assim já se observa nas suas margens, maior biomassa de vegetação (principalmente Juncus sp.) e, até a concentração de fitoplâncton é maior do que na L1

Desta forma partículas orgânicas autóctones devem desempenhar uma maior influência na L2, até porque na época de menor pluviosidade, ao invés de ocorrer uma diminuição na percentagem desta o que se verifica é um aumento (Fig. 2). Estas informações agrupadas sugerem um maior tempo de residência da MOP na L2.

4 - CONCLUSÕES

As diferenças de níveis de cinza entre ambas as áreas teste (Tab. 2) da ordem de 14 na banda 1; 12 na b.2; 15 na b.3 e de 3 na b.4, sugerem a existência de tipos de águas com características químicas e físicas diferenciadas.

Observa-se a existência de uma relação direta entre a coloração da água com a geomorfologia e características ambientais dos entornos das lagoas e que esta condição se deve repetir para as demais.

Portanto, os resultados são condizentes e, de certa forma correlacionáveis com os parâmetros de qualidade da água medidos in situ, conforme anteriormente discutidos, servindo de base para estudos das demais lagoas existentes na região.

Confirma-se desta forma, que dados de Sensoriamento Remoto utilizados em

conjunto aos obtidos in situ, representam uma ferramenta muito útil e viável para melhor compreender e, inclusive, prever mudanças que possam ocorrer em ambientes aquáticos costeiros, por ação natural ou antrópica, contribuindo desta forma para o manejo adequado de vastas áreas, como é o caso dos existentes na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM) pela possibilidade de utilização do SITIM-150 e ao Conselho Interministerial de Recursos do Mar (CIRM) e Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo apoio financeiro.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANN, V.; DOERFER, R.; HELBIG, H.; CADRI, T.M.; VAN DER PIPEN, H.; VAN DER PIEPEN J.S. & SOEJOETI, Z. Remote Sensing of water parameters in Madura bay. Netherlands Journal of Sea Research 23 (4):473-482, 1989.
- BARNES, R.S.K. Coastal Lagoons, Cambridge University Press, Cambridge, 166 pp, 1980.
- BRICAUD, A.; MOREL, A. & PRIEUR, L. Absorption by dissolved organic matter in the sea (yellow substance) in the IV and visible domains. Limnology Oceanography, 26:p. 43-53, 1981.
- CARDER, K.L.; STEWARD, R.G. & ORTNER, P.B. marine humic and fulvic acids: Their effects on remote sensing of ocean chlorophyll, 1989.
- DESCHAMPS, P.Y. & VIOLLIER, M. Algorithms for ocean colour from space and application to CZCS data, 1987.
- ENGSTROM, D.R. Influence of vegetation and hydrology on the humus budgets of Labrador lakes. Can. J. Fish. Aquatic Sci., 44:1306-1314, 1987.
- GORHAM, E.; UNDERWOOD, J.K.; MARTIN, F. B. & OGDEM III, J.G. Natural and anthropogenic causes of lake acidification in Nova Scotia. Nature, 324:451-453, 1986.

- JERLOV, N.G. Marine Optics. Elsevier Oceanography Series, 14; Amsterdam, 1976.
- KALLE, K. Zum problem des Meereswasser farble. Ann. Hydrology Marine Mitt., 66:1-13, 1938.
- LUDGREN, B. Measurements in the Baltic with a spectral transmittance meter. Univ. Copenhagen, Inst. Phys. Oceanography Rep., 30:28 pp, 1976.
- MAREES, G.; SPITZER, D.; WERNAND, M.R. & DIRK, R.W.J. Interpretation of Remote Sensing Measurements over Madura Bay from in situ radiometric and biochemical data. Netherlands Journal of Sea Research, 23(4):483-492, 1989
- MOREL, A. & PRIEUR, L. Analysis of variations in Ocean color. Limnology Oceanography, 22:709-722, 1977.
- NAUMANN, E. Limnologische terminologie Berlin, 1931.
- NOVO, E.M.N.; HANSOM, J.D. & CURRAN, P.J. The effect of sediment type on the relationship between reflectance and suspended sediment concentration. International Journal of Remote Sensing, 1988 (no prelo).
- PROJETO LAGOA DOS PATOS-SUB-PROJETO GEOLOGIA, FURG, Relatório Anual, FURG, 1988.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell, 1979.
- RASMUSSEN, J.B.; GODBEUT, L.; SCHALLENBERG, M. The humic content of Lake water and its relationship to watershed and lake morphometry. Limnology Oceanography, 34(7), 1343-1351, 1989
- TASSAN, S. The effect of dissolved "yellow substance" on the quantitative retrieval of chlorophyll and total suspended sediment concentration from remote measurements of water colour. Satellite Hydrology, 1987.
- VILLWOCK, J.A. Contribuição á Geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Porto Alegre, UFRGS, 133p. Tese de Mestrado, 1972.