

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**Caracterização bio-sedimentológica e proposta de
setorização das lagoas de Camacho & Garopaba do Sul
e Santa Marta, Santa Catarina, Brasil.**

Denis Augusto Gonçalves Oliveira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Geografia da Universidade Federal
de Santa Catarina para obtenção do título de
Mestre em Geografia

Orientadora: Prof^a Dra. Carla Bonetti

Florianópolis
2004

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABELAS.....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1 – INTRODUÇÃO.....	8
1.1 – APRESENTAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA TEMÁTICA.....	8
1.2 – OBJETIVOS.....	9
1.3 – ASPECTOS TEÓRICOS.....	10
1.3.1 – Origem e Classificação das Lagunas Costeiras.....	10
1.3.2 - Processos envolvidos na Evolução Lagunar.....	12
1.3.3 – Sedimentologia Lagunar.....	15
1.3.4 – Foraminíferos e Tecamebas em ambiente lagunar.....	16
2- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO.....	18
2.1 - ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	21
2.2 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS.....	22
2.3 - ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS.....	25
3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
3.1- LEVANTAMENTO DE DADOS PRETÉRITOS.....	27
3.2 – ESTUDO MORFOMÉTRICO.....	27
3.3 –BATIMETRIA E MODELO DIGITAL DE TERRENO.....	30
3.4- COLETA DOS DADOS SEDIMENTOLÓGICOS E BIOLÓGICOS.....	30
3.5- PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO.....	31
3.5.1- Análise dos sedimentos superficiais.....	31
3.5.1.1- Carbonato biodetrítico.....	32
3.5.1.2- Matéria orgânica total.....	32
3.5.1.3- Granulometria.....	33
3.5.1.4 – Nutrientes inorgânicos dissolvidos.....	34
3.5.2- Análise dos constituintes biológicos.....	34
3.5.2.1. Pré-Processamento das amostras.....	34
3.5.2.2.Triagem e Identificação.....	35
3.6. MODELO HIDRODINÂMICO.....	35
3.7- PROCESSAMENTO E INTEGRAÇÃO DE DADOS.....	36
3.7.1.Tratamentos Estatísticos Univariados.....	36
3.7.2.Tratamentos Estatísticos Multivariados.....	37
4 – RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 – CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA.....	39
4.2 – BATIMETRIA E MODELO DIGITAL DE TERRENO.....	45
4.3 – CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA.....	48
4.3.1 – Distribuição do diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e da curtose.....	48
4.3.2 – Diâmetro médio x Grau de seleção.....	53
4.3.3 – Distribuição granulométrica dos sedimentos conforme as classificações de FOLK & WARD (1957) e de FLEMMING (2000).....	54
4.3.4 – Interpretação hidrodinâmica das características granulométricas.....	58
4.3.5 – Distribuição dos teores de matéria orgânica total.....	60
4.3.6 – Distribuição dos percentuais de carbonato biodetrítico.....	63
4.3.7 – Nitrogenados inorgânicos dissolvidos no sedimento - <i>NID</i>	65
4.3.8 – Fosfatos dissolvidos no sedimento.....	66
4.3.9 – Sílica dissolvida no sedimento.....	68
4.4 - INDICADORES BIOLÓGICOS.....	69
4.5 – CORRELAÇÃO ENTRE OS DESCRITORES SEDIMENTOLÓGICOS E BIOLÓGICOS.....	74
4.6 – INTEGRAÇÃO DOS DESCRITORES SEDIMENTOLÓGICOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.....	75
4.6.1 – Setor 1.....	77

4.6.2 - Setor 2	80
4.6.3 - Setor 3	82
4.6.4 - Setor 4	84
4.7 - ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS.....	85
4.8 – SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS.	87
5- CONCLUSÃO	88
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
7 – ANEXOS	100
I – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS E MORFOMETRIA.....	100
II – PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS	101
III – BIOINDICADORES	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Modelo de evolução lagunar por meio de processo de segmentação. ZENKOVICH (1959 <i>apud</i> COOPER, 1994).....	11
Figura 02 – Imagem Landsat TM - Localização do complexo lagunar de Santo Antonio, Imaruí e Mirim e da área onde o estudo foi realizado – Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.	17
Figura 03 – Área de estudo com destaque para as lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.	18
Figura 04 – Vista parcial do canal da Barra do Camacho no sentido laguna-oceano.....	20
Figura 05 - Seção geológica e geomorfológica entre o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira do litoral sudeste catarinense (CARUSO, 1995).....	22
Figura 06 -Distribuição dos sedimentos no entorno das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.	23
Figura 07: Exemplo de cálculo da pista efetiva fornecido por HAKANSON (1981).....	27
Figura 08 – Malha amostral, com a indicação das estações de coleta	30
Figura 09 – Localização dos comprimentos máximos e das larguras máximas medidas na área de estudo.	40
Figura 10 - Distribuição espacial dos valores de pista efetiva para o vento NE.....	41
Figura 11 - Distribuição espacial dos valores de pista efetiva para vento Sul.....	42
Figura 12 - Batimetria da laguna do Camacho & Garopaba do Sul.....	44
Figura 13 - Batimetria da laguna de Santa Marta.....	44
Figura 14 – Modelo Digital de Terreno da laguna do Camacho & Garopaba do Sul.....	46
Figura 15 - Modelo Digital de Terreno da Laguna de Santa Marta.....	46
Figura 16 - Distribuição espacial do diâmetro médio dentro da área de estudo.....	48
Figura 17 – Variação do grau de seleção dos sedimentos de fundo nas lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.....	49
Figura 18 – Variação da assimetria dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.....	50
Figura 19 – Variação da curtose dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.....	52
Figura 20 - Variação do diâmetro e grau de seleção dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.....	52
Figura 21 – Distribuição textural dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul, conforme FOLK & WARD (1957).	53
Figura 22 – Distribuição textural dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul, conforme FLEMMING (2000).....	54
Figura 23: Associação dos modelos digitais com a distribuição granulométrica de FOLK & WARD para as lagunas do Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta.	56
Figura 24 - Caracterização textural e hidrodinâmica das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC, baseado no Diagrama de PEJRUP (1988).	58
Figura 25 - Distribuição espacial dos teores de matéria orgânica presente nos sedimentos das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.....	61
Figura 26: Distribuição espacial dos teores de carbonato biodetrítico nos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.....	62
Figura 27 – Distribuição espacial dos valores de <i>NIDs</i> nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).....	64
Figura 28 – Distribuição espacial dos valores de fosfatos nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).....	67
Figura 29 – Distribuição espacial dos valores de Silica nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).....	67
Figura 30 – Riqueza de espécies encontrada nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC.	68
Figura 31 - Distribuição espacial do gênero <i>Miliammina spp</i> nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC (abundância relativa).....	69
Figura 32 - Distribuição espacial do gênero <i>Ammotium spp</i> nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba	70
Figura 33 - Distribuição espacial da porcentagem de testas calcárias nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC (abundância relativa).	70
Figura 34: Distribuição espacial das tecamebas (número absoluto de indivíduos em 50 ml de sedimento).....	71
Figura 35 – Distribuição espacial da razão entre população de foraminíferos vivos sobre população total.	72
Figura 36 – Dendrograma gerado pela análise de agrupamento no modo Q. (entre as variáveis).....	75
Figura 37 – Proposta de setorização baseado em aspectos sedimentológicos das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.....	76
Figura 38– Vista aérea da margem norte da laguna de Santa Marta.....	78
Figura 39 – Vista aérea da margem noroeste da laguna de Santa Marta.....	78
Figura 40 – Vista parcial do setor 2, destacando o campo de dunas ativo (sentido S-N).	80
Figura 41 – Vista aérea parcial do setor 3 – Destaque para o campo de dunas ativas e para o canal de comunicação entre a laguna e o mar (Barra do Camacho).	82
Figura 42 – Vista aérea parcial do setor 4 – destaque para o rio Congonhas.....	84
Figura 43 – Gráfico de vetores referentes a Análise de Componentes Principais	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos das lagunas e suas respectivas unidades de medidas..... 34

Tabela 2 – Matriz de correlação entre os parâmetros físico-químicos dos sedimentos das lagunas.... 66

RESUMO

As lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul encontram-se localizadas no litoral sul do Estado de Santa Catarina, entre os municípios de Laguna, Jaguaruna e Tubarão e apresentam potencial para o desenvolvimento de atividades ligadas à pesca artesanal, rizicultura, maricultura, extração de conchas, turismo e expansão imobiliária. O objetivo central deste trabalho é caracterizar o substrato destas lagunas com o objetivo de identificar setores com padrões sedimentológicos diferenciados. Para isso foram coletadas 5 amostras de sedimentos superficiais na laguna de Santa Marta e 11 em Camacho & Garopaba do Sul. Neste conjunto de 16 amostras foram realizadas análises granulométricas, quantificação da matéria orgânica total, do carbonato biodetrítico total, dos nitrogenados inorgânicos dissolvidos, dos fosfatos dissolvidos e da sílica dissolvida. Foi realizado também um estudo da distribuição de foraminíferos bentônicos e de tecamebas indicadores do balanço fluvio-marinho dentro da área. Estudos morfométricos, como área, volume, perímetro, comprimentos e larguras máximas, profundidade média e máxima e pista de vento foram quantificados para auxiliar nas interpretações sedimentológicas. A integração dos dados foi realizada através de técnicas estatísticas univariadas (correlações) e multivariadas (análise de agrupamento e componentes principais). Baseado nos parâmetros biogeoquímicos e morfométricos foi possível identificar na laguna de Santa Marta dois setores distintos sedimentologicamente – setor 1 e 2 – sendo que o ponto amostral denominado como C6 localizado no sul da laguna de Garopaba do Sul apresentou características semelhantes ao setor 2 e por isso foi agrupado a este. Na laguna de Camacho & Garopaba do Sul foram identificados mais dois setores distintos, os setores 3 e 4. Estes encontram-se dispostos ao longo de um gradiente longitudinal ao eixo lagunar principal, individualizando sedimentologicamente o segmento do Camacho do segmento de Garopaba do Sul. A distribuição destes setores parece estar relacionada com as condições fisiográficas locais e com os agentes hidrodinâmicos atuantes na área, sobretudo a ação eólica.

ABSTRACT

Santa Marta and Camacho & Garopaba do Sul lagoons are situated in southern coast of Santa Catarina state, being comprised by the cities of Laguna, Jaguaruna e Tubarão. They show potential to the development of activities related to artesian fishing, rice cropping, mariculture, shell extraction, tourism and real state ventures. The central objective of this work is to characterize the bottom of these lagoons with the propose of identifying sectors with different sedimentological patterns. For this 05 (five) samples of surface sediments were collected in Santa Marta lagoon and 11 (eleven) in Camacho & Garopaba do Sul. For this group of 16 (sixteen) samples grain size, total organic matter (%), total carbonate (%), inorganic dissolved nitrogen, dissolved phosphate and dissolved silica were determined. The distribution of benthic foraminifera and techamoebians were also studied as an indicator of marine-fluvial balance inside the area. Morphometric measures, like lagoon area, volume, perimeter, lengths and maximum width, medium and maximum depth and effective fetch were quantified to help sedimentological interpretation. The data integration was accomplished by using univariate (correlation) and multivariate (cluster analysis and principal component analysis) statistical techniques. As result, Santa Marta lagoon showed two different sedimentological sectors (sector 1 and 2) and Camacho & Garopaba do Sul presented two additional ones (sector 3 and 4). These sectors were disposed along the longitudinal gradient of the principal axis of the lagoon. In general, their distribution seems to be related to local physiographical conditions and to the hydrodynamics of the area, including aeolian transport.

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Apresentação e Importância da Temática

PHLEGER (1969) já ressaltava a importância social e econômica das lagunas costeiras enquanto recursos naturais. Conforme este autor estas são áreas importantes e propícias para a produção de alimentos, para a extração de pescado, para transporte e recreação.

LAYBAUER *et al.* (2001) chamam atenção para a importância da compreensão dos processos sedimentares responsáveis pelo padrão textural impresso no leito sedimentar, os quais refletem também os principais processos hidrodinâmicos atuantes no meio. Segundo este autor, o desconhecimento dessa dinâmica pode acarretar desperdícios financeiros e conclusões questionáveis acerca da utilização e manejo destes ambientes.

O litoral brasileiro, mais especificamente as lagunas costeiras, tem um grande potencial para atividades ligadas a maricultura. O Brasil pode aumentar sua capacidade na geração de divisas através do cultivo de algas, peixes, moluscos e crustáceos. Conforme MENDONÇA (2003) o Brasil é o país mais eficiente do mundo no cultivo de crustáceos (ex. camarão) por exemplo, cuja produção saltou de 7.200 toneladas no ano de 1998 para algo em torno de 90.000 toneladas ao fim de 2003. Pensando neste potencial esta pesquisa visa contribuir com o avanço do conhecimento acerca de tais ambientes.

As áreas escolhidas para a realização deste trabalho foram as lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul, localizadas no litoral sul-catarinense, por se tratarem de corpos d'água com desenvolvimento potencial para atividades ligadas a rizicultura, carcinicultura e expansão imobiliária, cuja utilização vem gerando conflitos que envolvem diferentes atores, conforme já discutido por PORTO-FILHO (2000).

Além de que, este estudo poderá também contribuir com a Lei N° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos, capítulos 1, 2 e 3, referentes respectivamente aos fundamentos, objetivos e diretrizes de ações para com os recursos hídricos brasileiros, pelo fato de gerar informações inéditas sobre o corpo lagunar estudado.

O fato de haver um número relativamente baixo de trabalhos científicos realizados nestas lagunas, quando comparado à Lagoa da Conceição (SC) por exemplo, também serve como estímulo para a realização desta pesquisa.

1.2 – Objetivos

O objetivo central desta pesquisa é desenvolver um estudo biosedimentológico das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, na tentativa de sintetizar as principais características deposicionais desses corpos d'água.

Através da associação dos descritores físico-químicos e biológicos pretende-se identificar sub-ambientes sedimentologicamente distintos, através da delimitação de sítios preferenciais à acumulação de sedimentos finos. Espera-se que tais resultados contribuam para uma melhor compreensão dos processos hidrodinâmicos e ecológicos da área de estudo, possibilitando a geração de informações que subsidiem programas de utilização e manejo nesses ambientes.

Especificamente, nos propomos ao seguinte trabalho:

- Caracterização morfométrica dos corpos lagunares e a elaboração de um modelo digital de terreno;
- Estudo da distribuição granulométrica dos sedimentos de fundo;
- Determinação dos teores totais de matéria orgânica presente nos sedimentos;
- Determinação dos teores totais de carbonato biodetrítico presente nos sedimentos;
- Determinação das concentrações de nutrientes inorgânicos dissolvidos nos sedimentos (nitrogenados inorgânicos dissolvidos, fosfatos e silicatos);
- Estudo da distribuição de espécies de foraminíferos e tecamebas indicadoras do balanço flúvio-marinho e de enriquecimento orgânico nos sedimentos;

- Identificação de sub-ambientes sedimentologicamente distintos na área de estudo através da aplicação de técnicas de estatística multivariada.

1.3 – Aspectos Teóricos

1.3.1 – Origem e Classificação das Lagunas Costeiras

Existe na literatura uma série de definições e descrições sobre lagunas costeiras, enfocando diferentes aspectos relacionados a sua origem, evolução, fisiografia e hidrodinâmica, entre outros. Todavia, muitas destas definições abordam características em comum e podem ser sintetizadas na seguinte definição genérica: são corpos aquosos aprisionados por algum tipo de barreira paralela a linha da costa, sendo locais onde ocorre a interação de águas provenientes da drenagem continental e do oceano adjacente, estas últimas penetrando através de um ou mais canais de ligação que podem ser perenes ou intermitentes (PHLEGER, 1969; ISLA, 1995 e BIRD, 2000).

Conforme ISLA (1995), as lagunas costeiras são formações geologicamente recentes e estão relacionadas, na maioria dos casos, às variações do nível do mar, através do alagamento de antigas depressões regressivas durante o Quaternário. A maior parte delas têm sua origem relacionada ao desenvolvimento de sistemas barreira, responsáveis pelo isolamento dos corpos lagunares. Estes sistemas barreira consistem em formações arenosas que se acumularam em função da disponibilidade de sedimentos associados à ação do vento e da energia significativa das ondas durante as oscilações no nível do mar.

MIRANDA (2002) coloca que as lagunas costeiras atuais têm sua gênese contemporânea aos estuários, sendo ambientes formados em função das oscilações do nível do mar durante os períodos Pleistocênico e Holocênico, seguido pela posterior formação de barreiras que alteraram a troca de água com a região marinha adjacente.

Conforme BIRD (2000), as lagunas apresentam uma variedade de tamanhos e formas, sendo que tais fatores estão relacionadas às condições da

linha de costa pré-existente e às trocas de energia e matéria a que estão submetidas.

Baseado em processos dominantes ocorridos no interior das lagunas, NICHOLS & ALLEN (1981, *apud* COOPER 1994), identificaram quatro tipos de lagunas costeiras. Conforme esses autores as lagunas podem ser de tipo estuarinas; tipo lagunas abertas; lagunas parcialmente fechadas ou então, tipo lagunas fechadas.

Ainda sobre os fatores que condicionam o desenvolvimento das lagunas, KJERFVE & MAGILL (1989, *apud* ISLA 1995), apontam para a existência de três tipos principais de lagunas: lagunas sufocadas, cujo fluxo dominante em seu interior ocorre por difusão; as lagunas vazadas, caracterizadas pelo domínio de fluxo advectivo; e lagunas do tipo limitadas ou restritas, referentes a ambientes que apresentam tanto fluxo advectivo quanto difusivo em seu interior.

Segundo VILLWOCK (1994), a costa sul brasileira, sobretudo de Santa Catarina ao Rio Grande do Sul, se caracteriza por apresentar uma ampla planície costeira onde um sistema múltiplo e complexo de barreiras arenosas se desenvolveu em função das oscilações do nível do mar durante o Quaternário, aprisionando conseqüentemente sistemas lagunares de proporções consideráveis, como as Lagunas dos Patos e Mirim (RS), as Lagunas de Santo Antonio, Imaruí e Mirim. CARUSO JR. (1995) inclui também entre os principais corpos lagunares da região sul as lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul (SC).

De acordo com BIRD (2000) as barreiras são comumente compostas pela deposição de material clástico, tais como areias e cascalhos, e são mais comuns em costas transgressivas, particularmente onde a margem continental tem uma declividade suave.

Além das oscilações do nível do mar, a formação de sistemas barreira também pode estar relacionada ao crescimento de pontais laterais em um embaiamento, através de processos geomorfológicos, principalmente erosão e sedimentação, capazes de isolarem antigas baías marinhas (ESTEVES, 1998). Estes, por sua vez, se desenvolvem em função da deposição do material transportado em suspensão pelas correntes de deriva litorânea e pelo retrabalhamento dos sedimentos deltaícos flúvio-marinhos, em função da ação das ondas e das marés.

As configurações atuais das lagunas costeiras dependem, sobretudo, da geologia e geomorfologia da planície costeira pré-existente e do clima (COOPER, 1994 e ISLA, 1995), sendo que este último fator interfere na velocidade do processo transgressivo do nível do mar e na disponibilidade de sedimentos e água doce.

Segundo COOPER (1994), se há excesso de sedimento disponível, a barreira pode progredir em direção ao mar formando depósitos de terraços marinhos e lagunares. No entanto, se os sedimentos adicionais são insuficientes, a barreira arenosa tende a ser erodida, devido à ação das ondas ou da descarga fluvial intensa. Existem ainda casos em que a barreira clástica isola completamente a laguna, deixando-a sem conexão com o mar aberto. Isso acontece quando o estoque de sedimento e a capacidade de transporte pela corrente de deriva e pelo vento excedem a competência das correntes fluviais e de maré.

Na opinião de ESTEVES (1998) o isolamento completo destes ambientes é um processo bastante comum em setores costeiros de micro-marés, como é o caso da costa sul-brasileira.

Embora as lagunas costeiras apresentem normalmente setores de baixa energia hidrodinâmica, elas são ambientes dinâmicos, sujeitos a constantes reorientações no que se refere ao aspecto fisiográfico, em função do equilíbrio entre os processos internos e externos de erosão e deposição.

1.3.2 - Processos envolvidos na Evolução Lagunar.

De acordo com a literatura especializada são diversos os processos envolvidos na evolução das lagunas costeiras. Existem casos em que há um único processo reinante, enquanto outros apresentam uma variedade de processos atuando simultaneamente, sendo que a respectiva importância de cada processo é característica particular de cada área (PHLEGER, 1964; COOPER, 1994; BIRD, 2000).

Em estudos realizados no sistema Laguna - Barreira IV da Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul, VILLWOCK e TOMAZELLI (1995)

detectaram que a evolução temporal desses ambientes deposicionais ocorre no sentido "laguna-lago-pantano costeiro". Segundo este estudo, esta tendência evolutiva está diretamente associada a inter-relação de quatro mecanismos principais: 1- as variações do nível de base (nível do mar e lençol freático), 2- o progressivo avanço da vegetação marginal dos corpos aquosos, 3- o aporte de sedimentos clásticos trazidos pelos canais fluviais, e 4- a migração das dunas eólicas que avançam sobre os corpos lagunares e canais de ligação.

Para COOPER (1994) existem cinco processos naturais fundamentais na evolução dos corpos lagunares: a segmentação; a acresção vertical; a progradação de deltas; a acresção lateral e a sedimentação marinha.

A segmentação é um processo que tem a capacidade de converter um corpo lagunar numa serie de células distintas em função da reorientação das margens pela erosão ou deposição de sedimentos, na busca do equilíbrio dentro do raio de ação das ondas interiores. ZENKOVICH (1959 *apud* COOPER, 1994), sugere que esse processo ocorre quando o eixo longitudinal da laguna se dispõe paralelo à direção do vento dominante (Figura 01). Essa segmentação lagunar pode gerar células sedimentares diferenciadas, no que se refere aos aspectos de distribuição granulométrica e características químicas e biológicas presentes nos sedimentos.

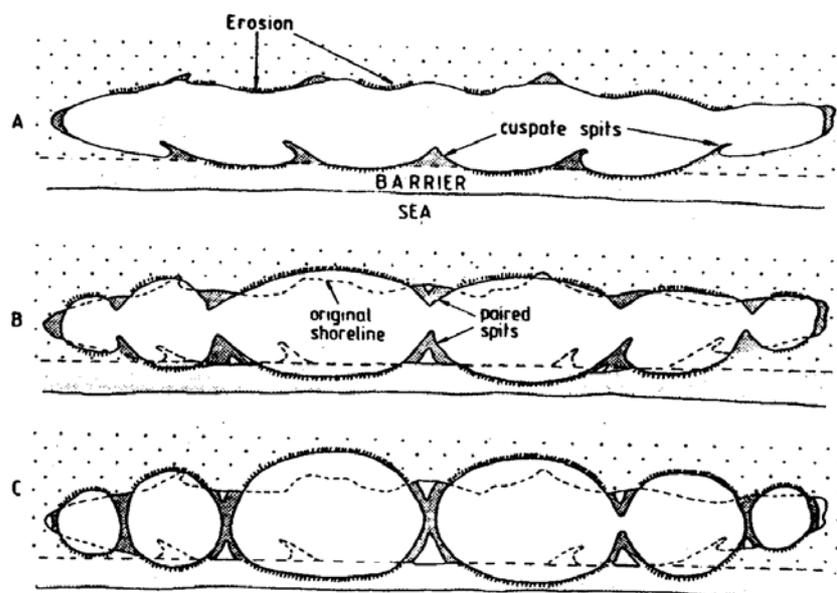


Figura 01 - Modelo de evolução lagunar por meio de processo de segmentação. ZENKOVICH (1959 *apud* COOPER, 1994)

A acreção vertical é outro processo natural e está ligado ao preenchimento do substrato lagunar por sedimentos advindos de diferentes fontes. Geralmente os sedimentos finos, do tipo silte e argila, que foram carregados para dentro da laguna pela ação de rios, se depositam em ambientes calmos no interior da laguna ou áreas de influência desta. A deposição desse material é muitas vezes, intensificada pela floculação das partículas ao encontrarem águas com salinidade mais elevada. Enquanto os sedimentos grossos, estes podem ser carregados para o interior das lagunas, tanto pelos canais de ligação com o mar quanto pela ação eólica. Os biodetritos produzidos dentro das lagunas, nas planícies de marés e áreas do entorno, que foram transportados para dentro do sistema lagunar também interferem no processo de acreção vertical das lagunas. A intensidade deste processo está diretamente relacionada ao processo de colmatção lagunar.

O desenvolvimento de deltas é parte integrante nos processos de formação e evolução das lagunas costeiras. Essas feições deposicionais estão diretamente associadas à dinâmica do transporte de sedimentos no interior das lagunas e área de influência, como acontece no caso de lagunas de grande porte. Esses deltas podem ser do tipo fluvial, quando associados a descarga fluvial ou então tipo deltas de maré (deltas de maré vazante e deltas de maré enchente), quando formados sobre os canais de ligação e áreas de influência do fluxo de maré. O tamanho e a forma desta feição depende largamente do volume de sedimento carregado pelo fluxo em questão e dos níveis de energia no interior das lagunas. Na opinião de GALLOWAY (1975 *apud* COOPER, 1994), a maioria dos deltas lagunares se progradam em direção ao mar.

A acreção lateral está diretamente ligada à redução da área úmida das lagunas em função do desenvolvimento natural de ecossistemas adjacentes e demais formações bióticas e abióticas costeiras, como planícies de maré, campo de dunas ou formações vegetais. Tais ecossistemas são atualmente um dos maiores problemas de manejo da zona costeira, pois na medida em que o depósito de sedimento do entorno vai se consolidando em função do desenvolvimento de formações vegetais pioneiras e da colaboração eólica, vão se formando terraços lagunares e as chances destes terrenos serem utilizados de maneira indevida pelo homem tende a aumentar.

Por fim, o quinto processo de evolução natural de um corpo lagunar citado por COOPER (*op. cit.*), corresponde a formação de depósitos de sedimentos marinhos no interior das lagunas. Estes podem provir diretamente da progradação dos deltas de marés, da lixiviação do sistema de barreiras transgressivas ou então a partir da deposição do material em suspensão.

1.3.3 – Sedimentologia Lagunar

Em termos gerais, sedimentos são depósitos de material sólido inconsolidado, constituídos, sobretudo, por partículas minerais e restos orgânicos. A origem destes depósitos pode estar associada à erosão de rochas pré-existentes distantes do ambiente de deposição, à erosão costeira ao longo do litoral ou através da calcificação de sais minerais dissolvidos na água (SUGUIO, 1973).

No caso dos sedimentos lagunares, estes chegam até as lagunas através de quatro fontes principais: pela descarga fluvial, pelas correntes de marés e de deriva litorânea e pela ação eólica (COOPER, 1994; ISLA, 1995 e BIRD, 2000). Sua composição está diretamente relacionada às características das rochas que estão sendo erodidas na fonte de produção, da distancia entre a rocha matriz e o local de deposição e da natureza dos componentes orgânicos e inorgânicos susceptíveis de se formarem no local da deposição (LAPORTE, 1988).

Conforme SCHETTINI (2000), regiões de clima tropical e com vegetação exuberante geram resíduos sedimentares principalmente por decomposição química, sendo estes de tamanho reduzidos e que são transportados principalmente em suspensão pelos rios.

A distribuição dos sedimentos nas lagunas costeiras é altamente dependente das características da bacia hidrográfica, da barreira arenosa, do número e da distribuição dos canais de ligação, da amplitude da maré, da localização geográfica de depósitos externos, das direções predominantes dos ventos e da própria fonte de sedimento.

Conforme ISLA (1995), o substrato lagunar é usualmente composto por lamas e areias finas, sujeitas a ressuspensão das camadas superficiais pela ação da dinâmica local. Fácies arenosas são mais comuns nas proximidades dos canais de ligação com o oceano e perto das desembocaduras de eventuais rios

que deságuam na laguna ou então próximos às margens. Nestes trechos a hidrodinâmica tende a ser maior, o que dificulta a deposição de partículas finas, com diâmetro inferior a 0,062 mm. Estas partículas são transportadas em suspensão na coluna d'água até alcançarem setores de baixa energia para se depositarem.

1.3.4 – Foraminíferos e Tecamebas em ambiente lagunar.

Os foraminíferos e tecamebas são protozoários pertencentes às ordens Foraminiferida e Arcellinida, respectivamente. Embora sejam unicelulares, estes organismos são complexamente organizados, apresentando uma grande variedade de tamanho, forma e composição de suas testas (ou carapaças). No caso dos foraminíferos, as testas podem ser uni ou pluriloculares e sua construção pode se dar a partir da cimentação orgânica de partículas minerais ou de fragmentos biológicos (por exemplo, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas) disponíveis no meio (subordem Textulariina). Existem também as testas formadas pela secreção de calcário a partir do próprio protoplasma. De acordo com o arranjo interno dos cristais de calcita, as testas calcárias podem ser subdivididas em porcelanáceas (subordem Miliolina) e hialinas (subordem Rotaliina).

Graças a combinação de características tais como (1) bom potencial de preservação e amplo registro geológico, (2) grande distribuição geográfica e (3) alta abundância e diversidade, este grupo tem se destacado no cenário científico como importante ferramenta nos estudos estratigráficos, sedimentológicos, paleoecológicos e oceanográficos.

No caso dos estudos realizados em ambientes lagunares, a associação entre foraminíferos e tecamebas é de suma importância para a avaliação do gradiente flúvio-marinho que se estabelece no interior dos mesmos, uma vez que os foraminíferos apresentam distribuição restrita em águas diluídas (oligohalinas), enquanto as tecamebas são tipicamente de águas doces. Assim, a ocorrência destas últimas nos corpos lagunares pode ser utilizada como traçadora do aporte fluvial.

Os ambientes lagunares sujeitos a influência marinha e continental podem apresentar amplitudes consideráveis nas suas condições ambientais. Desta

forma, os organismos que vivem nestes ambientes devem ser capazes de tolerar tais oscilações, sendo genericamente denominados de euribiontes. Conforme DEBENAY *et al.* (1996), os foraminíferos são organismos marinhos que se distribuem de acordo com as condições ambientais do meio, tendo na salinidade, na temperatura, no oxigênio dissolvido, na turbidez da água, entre outras variáveis, fatores condicionantes para seu desenvolvimento.

Estes organismos podem ser classificados como eurihalinos ou estenohalinos, de acordo com a maior ou menor tolerância às oscilações de salinidade. Embora existam no meio marinho foraminíferos com hábito bentônico e com hábito planctônico, nos ecossistemas costeiros apenas os primeiros encontram-se presentes. Os planctônicos são bastante intolerantes à variação da salinidade e aos altos valores de turbidez, ocorrendo preferencialmente a partir da plataforma continental em direção às regiões mais oceânicas.

Em termos gerais, a fauna encontrada nas lagunas hipohalinas se caracteriza pela baixa diversidade de espécies, dominância dos taxa cosmopolitas (euribiontes extremos), maior importância das testas aglutinantes, grande variabilidade na abundância de testas entre sítios próximos devido a ocorrência de “patches”, entre outros (STEINECK & CASEY, 1990)

Vários autores têm proposto a setorização de ambientes costeiros a partir do estudo da distribuição espacial das associações de foraminíferos. Em Santa Catarina, por exemplo, BONETTI *et al.* (*in press*) utilizaram os foraminíferos, associados a outros descritores sedimentológicos, como indicadores de condições oceanográficas diferenciadas ao longo do Sistema Estuarino-Lagunar do Rio Itapocu (SC), identificando cinco sub-ambientes distintos na área. Com base neste indicador biológico os pesquisadores definiram a ocorrência de um sub-ambiente fluvial, um fluvial-estuarino, um sub-ambiente transicional extremo, um sub-ambiente lagunar e um lagunar restrito, elaborando assim uma proposta de setorização deste sistema.

2- LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

As lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul estão localizadas junto a planície costeira catarinense e fazem parte da Região Hidrográfica 9 (RH9), denominada como Região Hidrográfica Sul Catarinense, segundo SEDUMA (1997). (Figura 2)

Essa Região Hidrográfica é formada pelas Bacias Hidrográficas do Rio Tubarão e do Rio D' Una e drena uma área de aproximadamente 5.991 km². Dentre as principais atividades consumidoras e poluidoras da água desta região, estão a extração e beneficiamento de carvão, o plantio intensivo de arroz irrigado, a concentração agro-industrial, a produção intensiva de suínos e abastecimento e saneamento doméstico (SEDUMA, *op. cit.*).



Figura 2 – Imagem Landsat TM - Localização do complexo lagunar de Santo Antonio, Imaruí e Mirim e da área onde o estudo foi realizado – Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

A usina termoeletrica de Jorge Lacerda, localizada em Tubarão e com capacidade de geração de energia na ordem de 482 mil KW a partir da queima do carvão vapor, contribuí significativamente para a degradação ambiental, uma vez que ao ser queimado, o carvão libera grandes quantidades de enxofre. Este, por sua vez, pode reagir com o oxigênio e com a água presente na atmosfera, formando o que os pesquisadores denominam como “chuvas ácidas”, as quais podem provocar desfolhamentos em plantas, acidificar o solo e até mesmo contaminar sistemas aquáticos menores.

A cobertura vegetal da RH9 é classificada da seguinte maneira: 31% de vegetação primária e secundária, na forma de florestas primárias e vegetação em estágio médio e avançado de recuperação; 1% de reflorestamento, sobretudo de pinus e eucalipto; e 68% envolvendo outras classes, como manguezais, dunas, campos naturais, áreas urbanizadas e áreas de mineração a céu aberto (SEDUMA, 1997).

Nesta região hidrográfica, junto a planície costeira estão localizadas as lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, onde foi realizado o estudo. A figura 3 é um recorte de uma imagem de satélite utilizada para visualização da área.

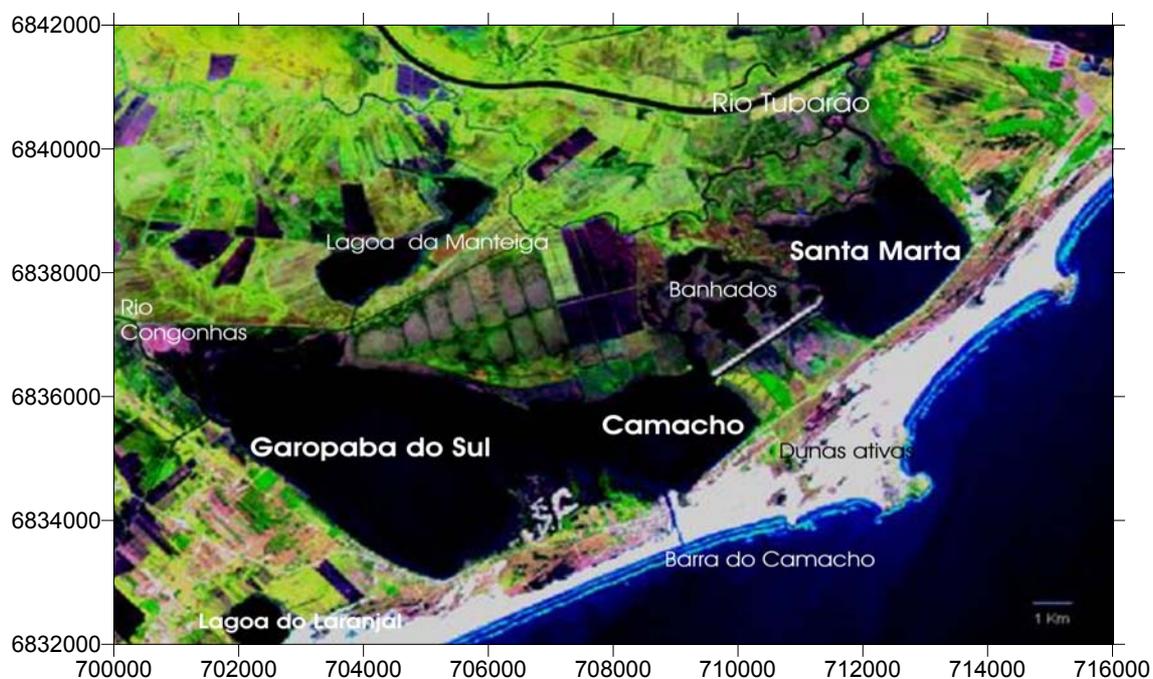


Figura 3 – Área de estudo com destaque para as lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

As lagunas estudadas são corpos d'água salobros que foram isolados do mar por um sistema de barreiras arenosas denominado por VILLWOCK (1994) como Sistema Laguna-Barreira, e estão situadas entre os limites municipais de Laguna, Jaguaruna e Tubarão.

A laguna de Santa Marta se encontra dentro do perímetro municipal de Laguna e tem uma área de 6.96 km², podendo ser considerada uma laguna do tipo fechada, segundo a classificação de NICHOLS & ALLEN (1981 *apud* COOPER 1994), em função da ausência de canal de ligação direto com o oceano. Suas características físico-químicas são determinadas, conforme BELTRAME (2003), pelo balanço entre águas fluviais provenientes do canal de comunicação com o Rio Tubarão e pelas águas mixohalinas provenientes do canal de comunicação com o segmento lagunar do Camacho.

O corpo lagunar denominado Camacho & Garopaba do Sul possui uma área de 24.17 km², sendo que seu segmento leste (Camacho) pertence aos municípios de Laguna e Jaguaruna, enquanto que o segmento oeste (Garopaba do Sul) faz parte dos municípios de Laguna, Jaguaruna e Tubarão. Conforme BONETTI *et al.* (2001), esta laguna é dominada por águas meso-polihalinas (entre 10 e 30 PSU), de aspecto potencialmente produtivo, com grandes densidades de diatomáceas, sobretudo junto aos principais pontos de influencia fluvial. Pela classificação de KJERFVE e MAGILL (1989, *apud* ISLA, 1995) pode ser considerada uma laguna do tipo sufocada ou parcialmente fechada pelo fato de apresentar um único canal de ligação direto com o mar.

Atualmente a laguna do Camacho & Garopaba do Sul possui um único canal de ligação com o mar, denominado como canal da Barra do Camacho (Figura 4). Este canal vem sendo mantido aberto permanentemente pelo poder público desde 1993 através da construção de “molhes” na desembocadura marinha e da utilização de uma draga mecânica móvel, facilitando as trocas entre as águas continentais e marinhas.



Figura 4 – Vista parcial do canal da Barra do Camacho no sentido laguna-oceano.

Essa laguna possui também um canal de ligação com a lagoa da Manteiga e com a laguna de Santa Marta, ambas na margem Norte e com a lagoa do Laranjal, na margem Sul. O principal aporte de água doce dessa laguna é através do Rio Congonhas. De acordo com a classificação de KJERFVE e MAGILL (1989 *apud* ISLA, 1995), este corpo lagunar pode ser considerado do tipo laguna restrita, apresentando tanto fluxo advectivo quanto difusivo em seu interior.

2.1 - Aspectos climáticos

Existem dentro dos limites da RH9 dados climatológicos históricos adquiridos por cinco estações meteorológicas, localizadas nos municípios de Orleans, Tubarão, Jaguaruna, Laguna e Imbituba, todavia atualmente a maioria destas encontra-se desativada.

A média anual da temperatura do ar é de 19,63°C, com médias máximas em Tubarão, 20,82°C, e mínimas em Orleans, com 18,72°C. A média anual da umidade relativa do ar é de 83,44%. Tubarão apresenta a menor média com 81,83% e Orleans a maior com 84,58%. A precipitação anual média da RH9 é de

1.375 mm/ano. A estação de Jaguaruna apresenta a maior média com 1.535 mm/ano, enquanto que a menor média é na estação de Imbituba, com médias anuais de 1.193 mm.

Pela classificação de KOPPEN o clima desta região pode ser classificado como do tipo "Cfa" ou "clima subtropical úmido sem estação seca e com verões quentes".

A média das temperaturas máximas, tanto em Laguna como em Jaguaruna, é maior nos meses de verão, acompanhados dos menores valores na pressão atmosférica – média de 1008,3 mb. Durante essa época do ano, os ventos predominantes sopram do quadrante Norte e as chuvas são principalmente de caráter advectivo e orográfico.

Durante o inverno, de acordo com FONZAR (1994) os sistemas tropicais recuam, sendo substituídos pelos polares e circumpolares. Enfraquecem os sistemas de baixa pressão (Chaco e Amazônico) em função do aumento da pressão – média de 1014,6 mb. Esse aumento na pressão atmosférica atrai os anticiclones Atlântico e Antártico e a zona de depressão circumpolar, fonte da Frente Polar, avança para o norte trazendo ondas de frio. Nessa estação do ano os ventos primários continuam soprando do quadrante Norte, contudo os ventos secundários sopram do quadrante sul e, as chuvas possuem um caráter de precipitação frontal. Conforme dados disponibilizados pela EPAGRI/CLIMERH referentes à estação meteorológica de Laguna, localizada em uma altitude de 30,89 metros, a direção predominante dos ventos durante 31 anos (1970-2000) amostrados, é de Nordeste, com intensidade média de 3,5 m/s, ou 12,6 km/h.

2.2 - Aspectos geológicos e geomorfológicos

A geologia e a geomorfologia da Planície Costeira da área deste estudo compreende, conforme CARUSO JR. (1995), duas unidades principais: o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira (Figura 5).

O embasamento cristalino é constituído por rochas graníticas formadas na Era Pré-Cambriana. Esse grande bloco se apresenta na borda oeste da Planície na forma de Serras e Morros.

A Planície Costeira consiste num amplo e complexo sistema de depósitos da Era Cenozóica localizado entre as unidades do embasamento e a Plataforma

Continental Atlântica. Dentro desta unidade podem ser diferenciados: 1 - os depósitos em forma de leques aluviais, localizados na porção interna da Planície e apresentados em forma de rampa, com aspecto de leques, constituídos litologicamente por cascalhos, areias e lamias; e 2 - sistema deposicional tipo Laguna-Barreira, formado em função das oscilações do nível relativo do mar durante o Período do Quaternário.

Ainda de acordo com CARUSO JR (*op. cit*), a Região Sudeste do Estado de Santa Catarina apresenta depósitos referentes ao sistema Laguna-Barreira III formado durante o Pleistoceno e sistema Laguna-Barreira IV formada durante o Holoceno.

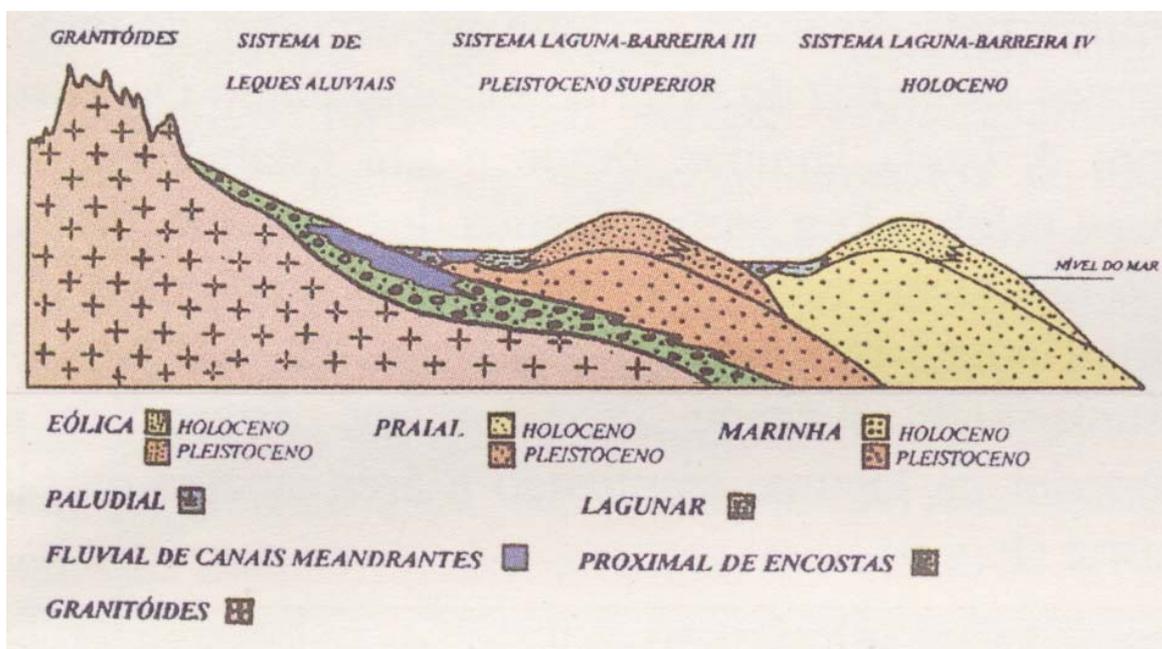


Figura 5 - Seção geológica e geomorfológica entre o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira do litoral sudeste catarinense (CARUSO, 1995)

Esse tipo de sistema deposicional (Laguna-Barreira) é formado por depósitos do tipo marinho-praias, eólicos, lagunares, paludiais e fluviais, entre outros específicos de cada setor da Planície.

Conforme demonstra a Figura 6, as lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul se configuraram sobre depósitos lamosos passados existentes neste setor da Planície que foram aprisionados pela barreira arenosa localizada a leste destes depósitos. Esta bacia lagunar vem recebendo carga clástica drenada pelos rios (principalmente o rio Tubarão) e apresenta cobertura sedimentar superficial composta por lamas, enquanto que a barreira arenosa é constituída, como o próprio nome sugere, por sedimentos arenosos e biodetríticos.

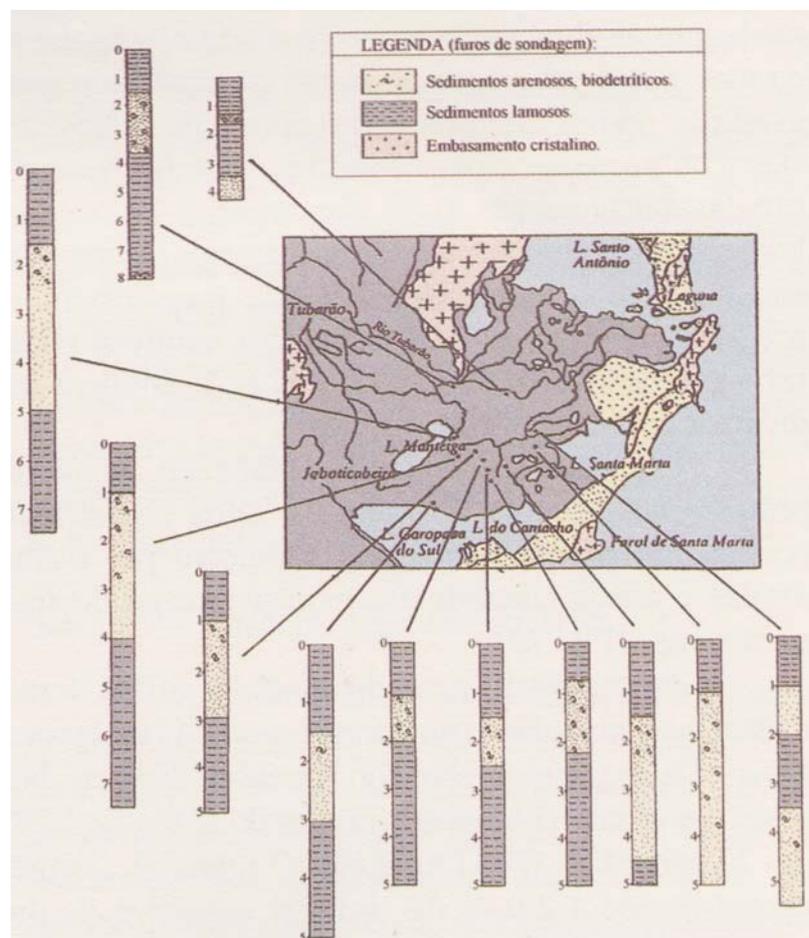


Figura 6 -Distribuição dos sedimentos no entorno das lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.

Na área de entorno desses corpos d'água, encontram-se os depósitos deltaíco intra-lagunares do Rio Tubarão, que são constituídos de areias silto-argilosas, silte e argilas com restos orgânicos. Eles estão localizados principalmente na porção interna da planície e foram mapeados por GIANNINI (1993) como parte integrante do Sistema Depositional Costeiro Quaternário do tipo Lagunar, com geomorfologia plana em forma de Terraço. Já na porção leste, está a barreira arenosa acompanhando a linha da costa, que ao cabo de Santa Marta, se alinha na direção NE/SW, mapeadas por GIANNINI (*op.cit*) como outra parte integrante do Sistema Depositional Costeiro Quaternário, sendo do tipo Eólico Holocênico ativo da geração 4, cuja geomorfologia compreende uma cadeia de Dunas Barcanóides.

2.3 - Aspectos Oceanográficos

Este setor da costa brasileira apresenta um regime de micro-marés, com amplitude máxima de 2 metros. Este tipo de oscilação do nível do mar na costa é denominado como maré astronômica pelo fato de sofrer influência da lua e do sol (VILLWOCK, 1994).

Conforme TRUCOLLO (1998), flutuações de baixa frequência do nível do mar estão também relacionadas com flutuações da pressão atmosférica sobre a superfície oceânica, que se progradam até a costa e são chamadas de marés meteorológicas.

As trocas entre as águas marinhas e lagunares dentro da área de estudo ocorrem principalmente através do canal da Barra do Camacho. Conforme OLIVEIRA *et al.* (2002), esse canal de ligação tem aproximadamente 1 km de extensão e possui um fluxo bi-direcional, responsável pela troca de energia e matéria entre oceano-laguna.

Conforme OLIVEIRA *et al.* (*op. cit.*) as propriedades químicas da água que passam por este canal acompanham a oscilação da maré. Durante períodos de preamar a salinidade chega a 36 PSU, oscilando para 10 PSU em períodos de baixa-mar.

Dados levantados pelo INPH (1994) demonstram um deslocamento de água de baixa intensidade no interior das lagoas, com valores de corrente entre 0,01 e 0,10 m/s.

Conforme BELTRAME (2003) a salinidade na lagoa de Santa Marta varia entre 3,4 e 12 PSU, sendo portanto uma lagoa Oligo-mesohalina. Na lagoa do Camacho & Garopaba do Sul este mesmo parâmetro variou entre 0,5 e 22,8 PSU, podendo ser classificada como Mixohalina.

Ainda conforme este autor, a coluna d'água destas lagoas apresenta um gradiente longitudinal de propagação das propriedades físico-químicas. A estratificação foi observada em apenas alguns locais específicos, sendo a coluna d'água homogênea na maioria dos pontos amostrados.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração deste trabalho foram empregadas diferentes técnicas de pesquisa, com o intuito de contemplar satisfatoriamente o objetivo proposto. Esse trabalho teve início a partir de atividades de campo e levantamentos bibliográficos gerais, sucedidos pelo tratamento, análise e integração estatística dos dados.

3.1- Levantamento de dados pretéritos

Com o objetivo de resgatar o conhecimento prévio disponível na literatura referente à área de estudo, realizou-se um levantamento bibliográfico a fim de contemplar às seguintes áreas de conhecimento: geologia, geomorfologia, sedimentologia, oceanografia costeira e processos dinâmicos associados, além da caracterização histórica documentada, com particularidades da área estudada. Estas informações foram utilizadas na elaboração do Capítulo 2 “Localização e Caracterização da Área de Estudo” e subsidiaram a discussão do comportamento espacial dos dados obtidos. Cabe salientar, no entanto, que esse levantamento foi realizado posteriormente às coletas de campo, uma vez que estas foram elaboradas e financiadas por outro projeto, anterior ao início deste estudo. Deste modo, o posicionamento das estações reflete a opção pela realização de uma malha regular.

3.2 – Estudo Morfométrico

Neste trabalho foram avaliados alguns aspectos morfométricos das lagunas. Foram realizadas medidas de superfície tais como área, perímetro, comprimento máximo, largura máxima e pista efetiva, assim como medidas de subsuperfície, como volume, profundidade máxima e profundidade média.

As áreas das lagunas e seus perímetros foram medidos através do software ArcView 3.2 com o auxílio do módulo *spatial analyst*. O comprimento máximo e a largura máxima foram medidos através do software AutoCad Map 2000. O volume foi calculado através do Surfer 7.0, na opção “volume”.

Os descritores acima relacionados acima, em conjunto com dados referentes a direção dos ventos dominantes na área de estudo, alimentaram formulas elaboradas por HAKANSON (1981) para identificação de setores de deposição, transporte e erosão no interior das lagunas.

O cálculo de pista efetiva foi baseado em HAKANSON (*op. cit.*), que leva em consideração a direção do vento dominante, a distância do ponto calculado até a barreira mais próxima, o cosseno do ângulo de incidência do vento e uma constante relativa a escala cartográfica. Este cálculo foi feito para os ventos de Nordeste e Sul, dominantes e reinantes, respectivamente, na área. Estes resultados foram utilizados para identificar locais com maior ou menor capacidade de remobilização dos sedimentos de fundo.

A Figura 7 demonstra como é feito o cálculo para determinar a pista efetiva (L_f), conforme proposta de HAKANSON (1981).

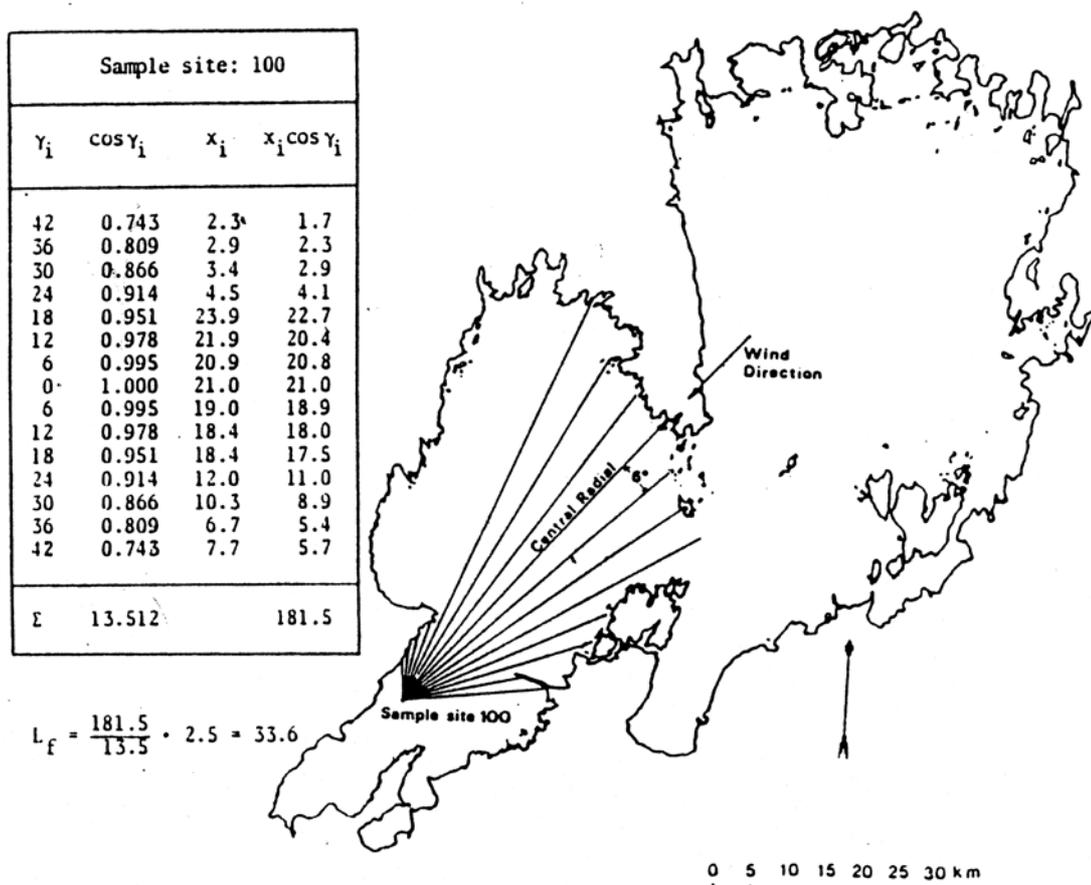


Figura 7: Exemplo de cálculo da pista efetiva fornecido por HAKANSON (1981)

A formula utilizada para a obtenção de L_f (pista efetiva) é a seguinte:

$$L_f = \frac{\sum x_i \cos \gamma_i}{\sum \cos \gamma_i} \cdot S$$

Onde:

L_f - é a pista efetiva

x_i - é a distancia (em centímetros) entre o ponto e a barreira mais proxima;

$\cos \gamma$ - é o valor relativo ao cosseno do ângulo;

S - é uma constante estipulada em função da escala do mapa base. Sendo 2,5 para um mapa na escala de 1:250.000 ou 1.0 para escala de 1:100.000.

A relação dinâmica (“Dynamic ratio”) é um índice associado a dinâmica do fundo de um reservatório utilizado para a identificação de áreas de erosão / transporte e acumulação. Este índice pode ser determinado através da formula proposta por HAKANSON (1982):

$$Dr = \sqrt{A/Z}$$

Onde:

A – é a parte quadrada da área;

Z – é a profundidade média;

As áreas de erosão e transporte ($Ae + t$) são expressas em porcentagem. O calculo destes percentuais envolvem os valores da área superficial (A) e da profundidade média (Z) na seguinte formula:

$$Ae+t = 25 \cdot Dr \cdot 41^{0.061 \cdot Z/A}$$

A porcentagem de áreas de acumulação (Aa) indica as áreas com baixa dinâmica de fundo, sendo obtida através da seguinte fórmula:

$$Aa = 100 - Ae+t$$

3.3 –Batimetria e Modelo Digital de Terreno

Uma representação gráfica tridimensional da batimetria do fundo das lagunas estudadas foi realizada a partir de dados pretéritos levantados em 1992 pela Companhia Docas do Rio de Janeiro em conjunto com o Instituto de Pesquisas Hidroviárias (INPH), na escala de 1:10000.

O documento gráfico referente ao levantamento batimétrico das lagunas foi georeferenciado com a utilização do software IDRISI 3.2. Depois de referenciado, o arquivo foi aberto no SURFER 7.0 e, com auxílio da ferramenta de digitalização, os pontos batimétricos foram capturados com suas respectivas coordenadas UTM. Foi então criado um arquivo tipo .dat, para ser utilizado na criação de um GRID e na confecção do Modelo Digital de Terreno.

Foram obtidos 289 pontos em Santa Marta e 1067 em Camacho & Garopaba do Sul. A partir da mesma matriz de pontos foi feita a representação plana da batimetria das lagunas no intuito de auxiliar nas interpretações dos aspectos morfológicos. Nesta etapa as lagunas foram analisadas separadamente com o propósito de inferir uma melhor compreensão da configuração dos substratos.

3.4- Coleta dos dados sedimentológicos e biológicos

A coleta dos dados utilizados nesta pesquisa foi realizada no dia 6 de junho de 2001 a bordo de uma baleeira e teve duração aproximada de 9 horas. Durante essa campanha foram amostrados os sedimentos de superfície de fundo e monitoradas a temperatura do ar, direção e intensidade do vento, além de um amplo conjunto de dados físico-químicos da coluna d'água. Estes já encontram-se publicados em Bonetti *et al.* (2001), Oliveira *et al.* (2002) e Beltrame (2003)

As estações foram dispostas em 16 pontos amostrais, sendo 11 dentro da laguna do Camacho & Garopaba do Sul e 5 dentro da laguna de Santa Marta. O espaçamento entre os pontos amostrados foi de aproximadamente 2 Km. A localização das estações de amostragem encontra-se representada na Figura 08. Estas posições foram previamente planejadas por BELTRAME (*op. cit.*). Uma vez

definida a malha de amostragem, as coordenadas geográficas (X, Y) para cada estação foram inseridas no GPS 12 XL GARMIN, de modo a facilitar o acesso aos pontos amostrais durante os trabalhos de campo.

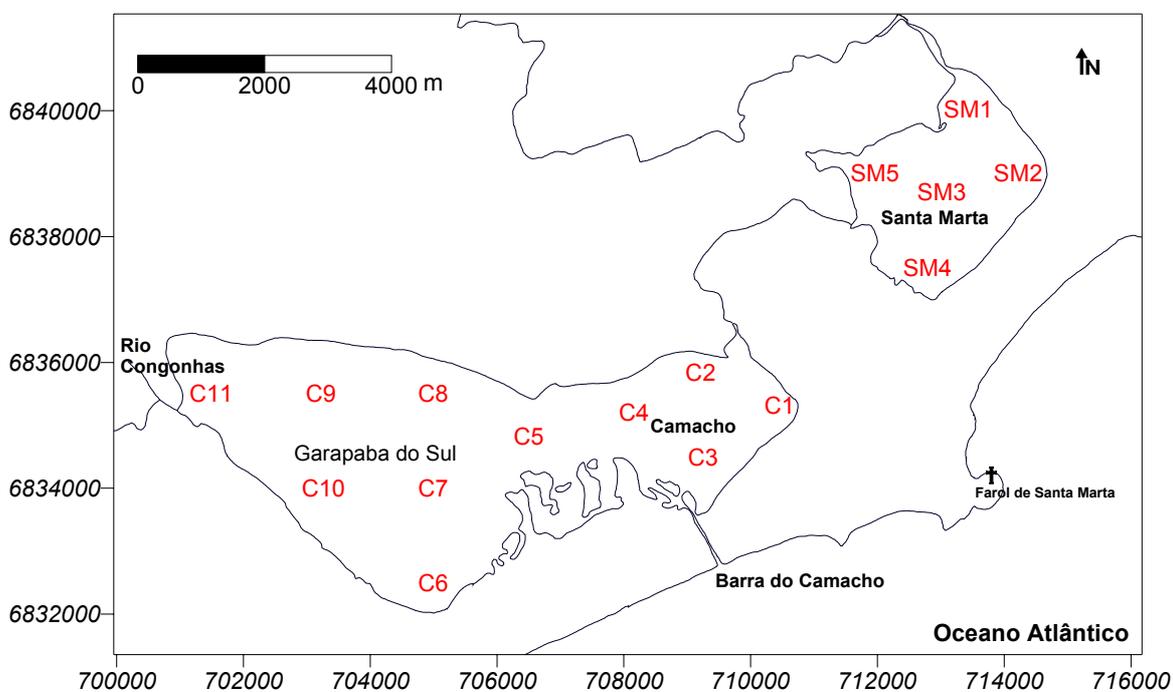


Figura 08 – Malha amostral, com a indicação das estações de coleta

As amostras de sedimentos foram coletadas com um amostrador do tipo VAN VEEN modificado e separadas em três alíquotas. Uma fração foi destinada à análise granulométrica e dos teores de carbonato biodetrítico e de matéria orgânica total. Uma segunda fração foi refrigerada imediatamente após a coleta e mantida congelada no laboratório a -20°C para a análise dos teores de nutrientes inorgânicos dissolvidos. Outra fração do sedimento foi colocada em potes plásticos de aproximadamente 150 ml contendo solução de corante rosa de bengala diluído em álcool 60%, para o estudo da microfauna de foraminíferos e tecamebas bentônicos.

3.5- Procedimentos de laboratório

3.5.1- Análise dos sedimentos superficiais.

O conjunto de amostras coletadas ao longo das lagoas foi submetido a tratamento laboratorial, seguindo os procedimentos clássicos de sedimentologia descritos por GROSS (1971), SUGUIO (1973) e COIMBRA *et al.* (1991).

Inicialmente as amostras foram lavadas para retirada dos sais solúveis, sendo posteriormente secas em estufa a temperatura de 60°C. Após este procedimento, o sedimento foi homogeneizado em macerador de cerâmica e então foram retiradas cerca de 30 gramas. A partir desta massa inicial foi eliminado o carbonato biodetrítico, a matéria orgânica total e realizado o estudo granulométrico.

3.5.1.1- Carbonato biodetrítico

A queima do carbonato biodetrítico foi feita adaptando-se o procedimento de queima com HCl 10%, conforme GROSS (1971).

Nessa etapa, pesa-se cerca de 30 gramas de sedimento já lavado, homogeneizado e isento de umidade. Transfere-se este conteúdo para um béquer de 500 ml e adiciona-se a solução de HCl 10%. Mistura-se a amostra em intervalos regulares até não haver mais reação (borbulhamento). Cabe salientar que a solução de HCl 10% deve ser trocada diariamente até o término efetivo da reação. Neste momento, enxágua-se a amostra com água destilada e espera-se o material decantar para retirar o excesso de água. Esse enxágüe é feito pelo menos duas vezes.

Para finalizar o processo, seca-se a amostra em estufa a 60°C, transfere-se a amostra seca para um dessecador até atingir a temperatura ambiente. Depois pesa-se em balança com precisão de três casas decimais. A diferença percentual entre a massa inicial e a massa final da amostra expressa o teor de carbonatos biodetríticos existente.

3.5.1.2- Matéria orgânica total.

A eliminação da matéria orgânica associada ao sedimento é uma etapa necessária para as análises granulométricas de amostras que contenham sedimentos finos, servindo também para verificar o teor de orgânicos totais dos pontos amostrais. Essa eliminação pode ser feita de maneiras diferentes. Nesse

trabalho foi utilizada a técnica de oxidação com Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2), adaptada de GROSS (1971).

Depois de eliminado o carbonato, as amostras passam pelo processo de oxidação da matéria orgânica. Assim, a massa final da amostra sem carbonato corresponde a massa inicial nessa etapa.

Primeiramente adiciona-se aproximadamente 50 ml de H_2O_2 10% e deixa-se reagir por um dia. No dia seguinte, acrescenta-se mais 50 ml de H_2O_2 10% e coloca-se o béquer sobre uma chapa quente com temperatura de $150^\circ C$. Conforme a reação vai diminuindo, aumenta-se a concentração de H_2O_2 para 30% e vai se adicionando este reagente até a reação de borbulhamento cessar completamente. Enxágua-se bem as amostras, esperando o tempo necessário para o sedimento decantar. Assim como descrito no item anterior para a determinação dos teores de carbonato, leva-se então a amostra a estufa, transfere-se ao dessecador e pesa-se a amostra. A diferença percentual entre a massa inicial e a massa final da amostra representa o teor de matéria orgânica total presente nos sedimentos.

3.5.1.3- Granulometria

A técnica utilizada para identificar o tamanho dos grãos do sedimento foi a do peneiramento das partículas grossas (maiores que 0,62 mm) e da pipetagem para os finos (inferiores a 0,62 mm), conforme descrito por SUGUIO (1973) e COIMBRA *et al.* (1991).

Depois de eliminado o carbonato biodetrítico e a matéria orgânica total, foi adicionado cerca de 1 grama de Pirofosfato de Sódio às amostras, com o objetivo de dispersar as partículas finas presente nos sedimentos, para então iniciar o processo de separação das partículas grossas e finas. Conforme COIMBRA *et al.* (*op. cit.*), este procedimento se faz necessário porque a maioria das argilas possui cargas negativas em excesso, o que provoca a aglutinação de várias partículas e para se conseguir a neutralidade destas, deve-se submetê-las à íons carregados positivamente.

Após adicionar o defloculante e aguardar por duas horas foi feita a separação entre grossos e finos, através de uma peneira com malha de 0,62 mm. Esse processo deve ser feito a úmido. A fração grossa que fica retida na peneira

é seca em estufa a 60°C e submetida ao peneiramento em um conjunto de peneiras com intervalo de 1 Ø (de -1 a 4 Ø). A fração fina do sedimento, que passa através da peneira de 0,62 mm, foi para a proveta para a realização da pipetagem. Esta técnica consiste em uma medida indireta, baseada na lei de Stokes, considerando a velocidade de decantação das partículas. Nesta etapa foram determinadas cinco classes de finos (de 5 a 10 Ø), abrangendo desde silte grosso até argila.

3.5.1.4 – Nutrientes inorgânicos dissolvidos

Os nutrientes inorgânicos dissolvidos analisados neste trabalho foram os compostos nitrogenados totais (NID), os fosfatos e a sílica.

Neste trabalho os nutrientes foram analisados no intuito de comparar os valores encontrados entre as amostras buscando pontos com concentrações semelhantes ou pontos com maior ou menor concentração destes elementos, contribuindo assim, para a observação de sub-ambientes com características composicionais distintas.

A metodologia para a realização destas análises foi adaptada de JACKSON (1976), seguindo os seguintes passos para a extração destes elementos dos sedimentos: pesou-se 70 g de sedimento; adicionou-se 140 ml de água destilada; agitou-se a amostra a cada 30 minutos durante um intervalo de 6 horas e filtrou-se a água em filtro Millipore com malha de 0,042 µm.

Após a obtenção da fração líquida, as amostras foram submetidas a reações colorimétricas e a determinação dos teores de amônio, nitrato, nitrito (a somatória destes três nutrientes resultou nos valores de NID), fosfato e sílica foi feita a partir de leitura espectrofotométrica.

3.5.2- Análise dos constituintes biológicos

3.5.2.1. Pré-Processamento das amostras

O pré-processamento das amostras consistiu no peneiramento a úmido dos sedimentos (cerca de 50 ml) em peneira com malha de 0,062 mm, secagem do material retido nesta peneira em estufa a 60°C e posterior flotação em tetracloreto

de carbono. Obteve-se, assim, uma primeira separação dos foraminíferos, tecamebas e demais organismos com baixa densidade. Após esta etapa, as amostras estavam prontas para a triagem e identificação destes organismos.

3.5.2.2.Triagem e Identificação.

A etapa da triagem consistiu em distribuir homogeneamente a amostra sobre uma placa de petri quadriculada e quantificar quantos quadrados a amostra abrangeu. Depois são contados o total de indivíduos (foraminíferos e tecamebas) presente em pelo menos cinco quadrados, distinguindo a população viva da população morta, obtendo-se assim um valor médio por quadrado. Multiplica-se essa média pelo número total de quadrados para chegar a abundância total da população viva e total.

A metodologia que vem sendo aplicada aos constituintes biológicos dos sedimentos, tanto para o processamento, quanto para identificação, são descritas com maior riqueza de informações em BONETTI (1995).

3.6. Modelo Hidrodinâmico

A caracterização do regime hidrodinâmico das lagunas estudadas foi baseada no posicionamento das estações no diagrama triangular proposto por PEJRUP (1988). Este diagrama é constituído por 16 grupos, identificados por letras e números, onde estão relacionados os teores de areia-silte-argila e as condições hidrodinâmicas na época da deposição das partículas. Neste diagrama, o eixo da hidrodinâmica é composto por quatro setores (I, II, III e IV) em ordem crescente de energia. As amostras localizadas no setor I estão sob condições de menor energia em relação às amostras localizadas no setor II, e assim sucessivamente. O eixo dos sedimentos está dividido em quatro setores (A, B, C e D), onde o setor A se caracteriza por amostras com teor de areia entre 100 e 90%, o setor B por amostras com teores entre 90 e 50% de areias, o setor C por amostras com teores entre 50 e 10% de areias e, por fim, o setor D, com amostras com teores entre 10 e 0% de areias.

3.7- Processamento e Integração de Dados

3.7.1. Tratamentos Estatísticos Univariados

O estudo estatístico dos parâmetros analisados (profundidade, granulometria, teor de carbonatos biodetríticos e de matéria orgânica, as concentrações de nitrogênio inorgânico dissolvido, de fosfato e de sílica) considerou a média como medida de tendência central, enquanto o desvio padrão e o intervalo de variação entre os valores máximos e mínimos como medidas de dispersão. Para determinar as relações de dependência entre estas variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação paramétrico de PEARSON (r).

O cálculo dos parâmetros estatísticos dos sedimentos, segundo FOLK & WARD (1957, *apud* SUGUIO, 1973), ou seja o diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e curtose, foi obtido através do programa ANASED. Esse programa também fornece a classificação textural do sedimento segundo SHEPARD (1954). Para efeito de comparação foi feita também a classificação proposta por FLEMMING (2000), baseada no percentual de lamas presente nos sedimentos.

Para COIMBRA *et al.* (1991), o diâmetro médio é uma representação unimodal que destaca a textura do sedimento predominante, estando diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares. Ainda de acordo com este autor, o grau de seleção do sedimento é representado pelo desvio padrão e está diretamente relacionado com as condições de energia e viscosidade do ambiente deposicional, sendo influenciado pela proveniência do sedimento.

A assimetria é um parâmetro estatístico que reflete o afastamento do diâmetro médio em relação à mediana (SUGUIO 1973). De acordo com COIMBRA *et al.* (1991), uma distribuição normal é perfeitamente simétrica e tem assimetria nula. Se a curva de uma distribuição tem uma cauda mais longa à direita da ordenada máxima, diz-se que a distribuição é desviada para a direita ou que tem assimetria positiva. No caso inverso, diz-se que ela é desviada para a esquerda ou tem assimetria negativa. Distribuições granulométricas com assimetria positiva representam desvios da normalidade no sentido das classes texturais finas, enquanto que as assimetrias negativas mostram desvio no sentido das granulações grossas.

Conforme SUGUIO (1973), as curvas de frequência granulométricas com mesmo grau de assimetria podem apresentar diferentes graus de agudez de picos e as medidas estatísticas idealizadas para expressar este atributo são as medidas de curtose. COIMBRA *et al.* (1991) colocam que a curtose é a medida do grau de achatamento de uma curva de distribuição de frequência em relação à curva normal. Quando a distribuição é normal, a forma do pico não é nem pontiaguda, nem muito achatada e é denominada mesocúrtica. Quando a distribuição tem um pico relativamente alto a curtose é leptocúrtica e quando tem o topo achatado é chamada platicúrtica.

3.7.2.Tratamentos Estatísticos Multivariados

De modo a verificar se há entre as estações um grau de similaridade estatisticamente significativo para reuni-las num mesmo conjunto, foi realizada uma análise de agrupamento. Neste trabalho o modo de análise escolhido foi o modo Q (agrupamento de casos), o coeficiente de similaridade utilizado para a construção da matriz foi o de Ward (variância mínima ou “*minimum variance*”) e a estratégia de agrupamento empregada para a obtenção do dendrograma foi o quadrado da distancia euclidiana (“*Squared Euclidean*”).

As estações foram agrupadas em função das seguintes variáveis: frequência relativa dos taxa de foraminíferos mais abundantes (*Ammotium salsum*, *Ammotium cassis*, *Ammotium pseudocassis*, *Miliammina spp*, *Pseudoclavulina gracilis*, *Reophax nana*, *Spiroplectammina spp*, *Arenoparrella mexicana*), riqueza de foraminíferos, frequência relativa de testas calcárias, frequência absoluta de tecamebas, a razão entre a população viva: população total ,teor de carbonatos biodetríticos e de matéria orgânica, porcentagem de lamas, teor de nutrientes nitrogenados inorgânicos dissolvidos (NID), teor de fosfatos dissolvidos, teor de sílica dissolvida, curtose, grau de seleção e tamanho médio dos grãos. Por se tratarem de dados com diferentes unidades ou dimensão, a matriz de dados foi previamente transformada em valores de logaritmo natural. Essa transformação é feita automaticamente pelo programa MVSP 3.1.

Além da análise de agrupamento, foi feita também uma Análise de Componentes Principais com o intuito de identificar as principais variáveis

responsáveis pelo agrupamento gerado. Essa técnica consiste no cálculo dos autovalores e correspondentes autovetores de uma matriz de variância e covariâncias ou de uma matriz de correlações entre as variáveis.

Na descrição de LANDIM (2000), a análise de componentes principais consiste em uma técnica de transformação de variáveis, sendo que cada uma delas pode ser considerada como um eixo de variabilidade correlacionada com as demais.

4 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

4.1 – Caracterização Morfométrica

Neste item são descritas algumas características morfométricas das lagunas estudadas, conforme resultados sintetizados na Tabela 1. Para PANOSSO *et al.* (1998), os aspectos morfométricos como tamanho e forma têm influência direta sobre algumas características físicas, químicas e biológicas dos corpos aquosos. Esse autor coloca que a morfometria de um corpo d'água influencia os processos hidrodinâmicos e de erosão, transporte e deposição de sedimentos.

Tabela 1- Parâmetros morfométricos das lagunas e suas respectivas unidades de medidas

Parâmetros	Santa Marta	Camacho & Garopaba do Sul	Unidade
Área	6,96	24,17	km ²
Comprimento máximo	3,84	9,84	km
Largura máxima	3,7	4,19	km
Perímetro	13,93	40,87	km
Pista efetiva máxima - NE	1,95	3,29	km
Pista efetiva máxima - SUL	2,26	2,83	km
Volume	8 x 10 ⁶	38 x 10 ⁶	m ³
Profundidade máxima	2,1	2,7	m
Profundidade média	1,38	1,84	m
Relação dinâmica	1,90	2,66	-
Área de Erosão e transporte	49,68	67,65	%
Área de acumulação	50,32	32,35	%

Conforme demonstrado pelos valores morfométricos, Camacho & Garopaba do Sul é um corpo lagunar relativamente extenso, apresentando uma área de 24,14 km², ou seja, quase quatro vezes maior que a área superficial da laguna de Santa Marta, que é de 6.96 km². Apenas a título de comparação, outro importante corpo lagunar do estado de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição (SC), tem uma área de 17,59 km², conforme PORTO-FILHO (1993), e conta com um número muito maior de estudos oceanográficos.

Assim como a área, o volume da laguna do Camacho & Garopaba do Sul é superior ao encontrado em Santa Marta, com $38 \times 10^6 \text{ m}^3$ contra $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ respectivamente.

As profundidades máximas e médias acompanham os padrões verificados para os volumes, sendo estas propriedades maiores em Camacho & Garopaba do Sul do que em Santa Marta. A profundidade máxima encontrada em Camacho & Garopaba do Sul foi de 2,7 m e em Santa Marta foi de 2,1 m, enquanto que as profundidades médias verificadas foram, respectivamente, 1,84 e 1,38m.

Para efeito de comparação, embora a Lagoa da Conceição (SC) apresente uma área menor do que a área do Camacho & Garopaba do Sul, ela possui profundidades máxima e média superiores, 8,7 m e 2,83 m, respectivamente (PORTO FILHO, 1993). Assim, conseqüentemente, apresenta um volume superior ao encontrado no Camacho & Garopaba do Sul. O volume desta laguna calculado por PORTO-FILHO (*op. cit.*) é de $49,87 \times 10^6 \text{ m}^3$.

As profundidades médias encontradas nas lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul são próximas às medidas nas lagoas de Imboassica (1,09 m) e Comprida (1,60) no litoral fluminense, descritas por PANOSSO *et al.* (1998). Conforme estes autores, estes tipos de lagoas são ambientes altamente vulneráveis a ação dos ventos e as oscilações dos fatores climáticos. Por se tratarem de ambientes rasos, estão sujeitos a processos de resfriamento e aquecimento e a ação de mistura de água por ação do vento, que pode impedir a estratificação vertical de temperatura e salinidade das águas.

O comprimento máximo e a largura máxima medidos para as lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul estão representados na Figura 9.

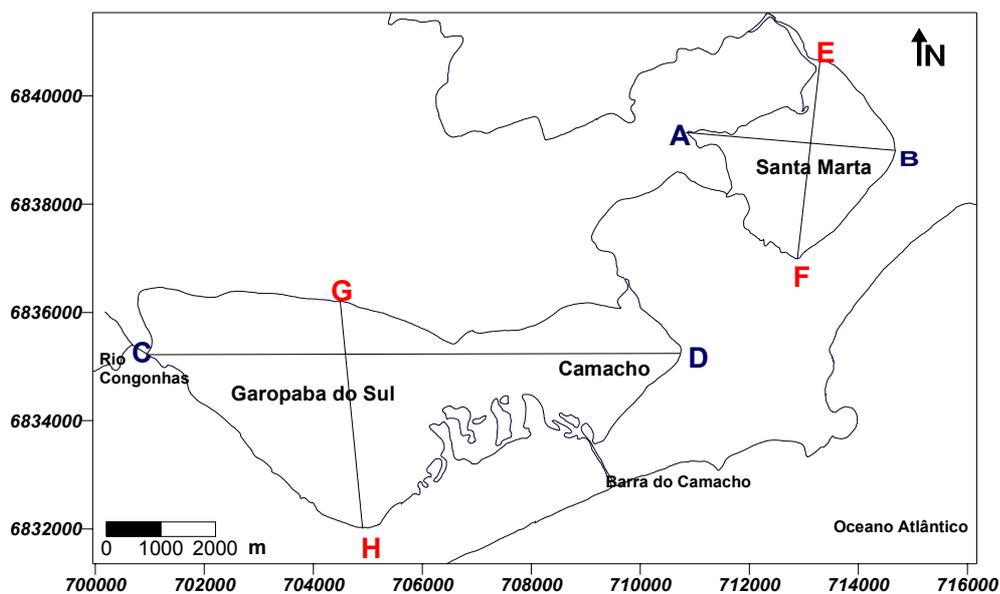


Figura 9 – Localização dos comprimentos máximos e das larguras máximas medidas na área de estudo.

O comprimento máximo medido em Camacho & Garopaba do Sul (segmento C-D) foi de 9,84 km. Este parâmetro apresenta 6 km a mais do que o comprimento máximo de Santa Marta. Nesta laguna o maior comprimento medido foi de 3,84 km (segmento A-B). Quanto a largura máxima, a diferença entre as lagoas não foi tão grande como no comprimento, sendo de 4,19 Km em Camacho & Garopaba do Sul (segmento G-H), contra 3,7 km visto em Santa Marta (segmento E-F).

A orientação destes corpos d'água em relação aos ventos incidentes na região, assim como suas características morfométricas, foram levadas em consideração para a obtenção dos valores de pista efetiva. Este é um índice que reflete as áreas sob maior influência da ação eólica. O valor máximo de pista efetiva encontrada na laguna de Santa Marta, considerando ventos com incidência de Nordeste, foi de 1,95 Km no ponto SM4 e o valor mínimo foi de 0,5 Km em SM2. Na laguna do Camacho & Garopaba do Sul, o valor máximo calculado foi de 3,29 Km em C10, e mínimo de 0,94 Km em C8. A distribuição espacial destes valores está representada na Figura 10.

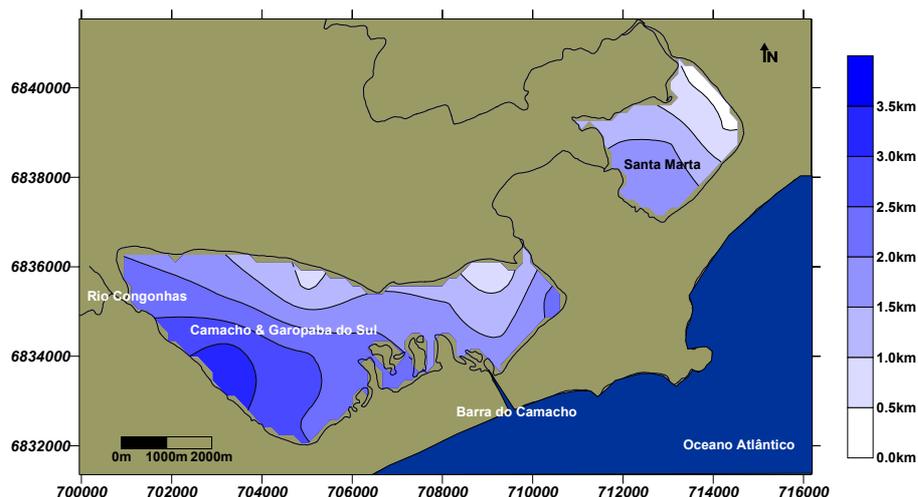


Figura 10 - Distribuição espacial dos valores de pista efetiva para o vento NE.

Percebe-se que a laguna do Camacho & Garopaba do Sul está mais sujeita às perturbações causadas pelo vento Nordeste do que a laguna de Santa Marta, principalmente no setor sudoeste, devido principalmente à orientação e o comprimento deste corpo lagunar.

Embora os ventos de nordeste sejam mais freqüentes na região, são os ventos do quadrante sul que atingem maiores velocidades e, portanto, podem desencadear importantes processos de circulação das águas nestes corpos lagunares. A distribuição espacial dos valores de pista efetiva para o vento sul está representada na Figura 11.

O valor máximo encontrado para a pista efetiva do vento Sul na laguna de Santa Marta foi de 2.26 km no ponto SM1 e o mínimo foi de 0,39 km no ponto SM4. Na laguna do Camacho e Garopaba do Sul o valor máximo encontrado para este parâmetro foi de 2,83 km no ponto C8 e o valor mínimo encontrado foi de 0,42 km no ponto C6.

O setor norte do segmento de Garopaba do Sul apresentou os maiores valores de pista efetiva para os ventos vindos do quadrante sul, o que significa que diante destas condições, esta parte da laguna apresenta um potencial de ressuspensão de sedimentos superior às demais áreas. Este fato deve ser levado em consideração, sobretudo em projetos de utilização e manejo deste ecossistema. Vale ressaltar que FURTADO & SANTOS (1994) detectaram a presença de metais pesados nos sedimentos desta parte da laguna, sedimentos

estes que podem estar sendo remobilizados, e disponibilizando metais na coluna d'água.

Da mesma forma, os maiores valores deste parâmetro para Santa Marta foram verificadas no setor norte, mais especificamente na região da desembocadura do canal que comunica esta laguna com o Rio Tubarão. Acredita-se que sob tal condição seja observado no local eventos de maior turbidez devido a remobilização dos finos oriundos deste canal e depositados na região de entorno

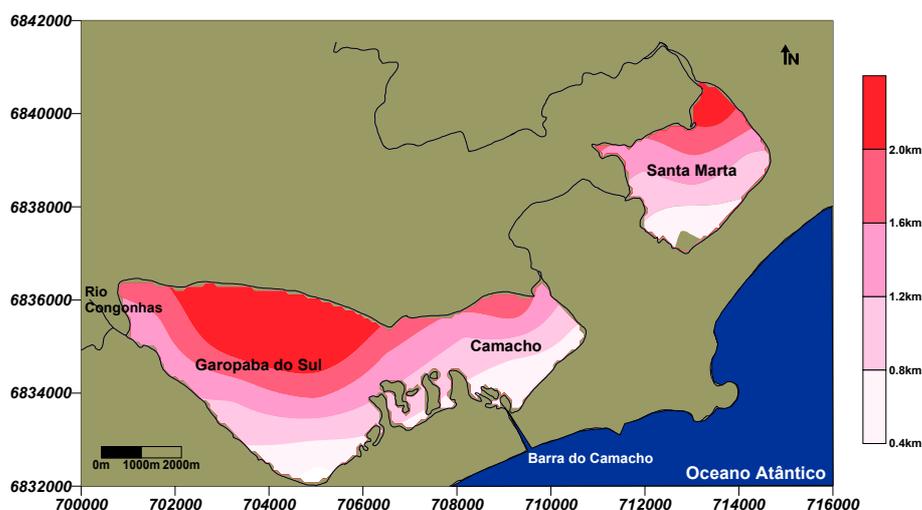


Figura 11 - Distribuição espacial dos valores de pista efetiva para vento Sul

Conforme BAISCH & SANTOS (2000), ambientes com profundidade média baixa, sujeitos a ventos intensos e constantes e que apresentam boa área de atuação para ventos locais, geram condições à formação de ondas e conseqüente ressuspensão de sedimentos. No Saco da Mangueira, uma enseada rasa semi-fechada localizada no estuário da Lagoa dos Patos, foi detectado por esses autores que ventos mais intensos do que 4 m/s e com pista efetiva para atuação acima de 3 km estão associados a maiores valores de material em suspensão na coluna d'água.

Baseado apenas nos valores de pista efetiva encontrados para a área de estudo, pode-se supor que o vento Nordeste tenha uma capacidade maior de geração de ondas interiores e ressuspensão de sedimentos, porém deve-se lembrar que este parâmetro não leva em consideração a velocidade do vento. Assim, embora os valores de pista efetiva para os ventos de sul sejam menores,

eles podem apresentar maior potencial de atuação sob os sedimentos de fundo destas lagunas, dada as maiores velocidades normalmente observadas nestas condições.

A relação dinâmica é um índice que revela aspectos da dinâmica do fundo relacionado a morfometria, podendo ser determinado através da formula proposta por HAKANSON (1982). A relação dinâmica é o produto da raiz quadrada da área sobre a profundidade média e é expressa em porcentagem. Este índice foi calculado para determinar áreas potenciais de erosão e transporte.

De acordo com este cálculo, a laguna do Camacho & Garopaba do Sul apresenta 67,65% de área potencial de erosão e transporte, enquanto a laguna de Santa Marta, 49,68%.

A área de acumulação, também expressa em porcentagem, é o produto da área de erosão e transporte subtraídos de 100. Sendo, então, que 32,35 % do Camacho & Garopaba do Sul e 50,32 % de Santa Marta são caracterizado como zonas de acumulação.

Na laguna da Conceição (SC), PORTO-FILHO (1993) detectou que 56% daquela área correspondia a áreas de acumulação e 43% à áreas de erosão e transporte, enquanto que PANOSSO *et al.* (1998) verificou que a Lagoa de Imboassica (RJ) apresenta 46% de área de acumulação contra 54% de transporte e erosão.

4.2 – Batimetria e Modelo Digital de Terreno

A Figura 12 apresenta a batimetria plana da laguna do Camacho & Garopaba do Sul e a Figura 13, a batimetria de Santa Marta.

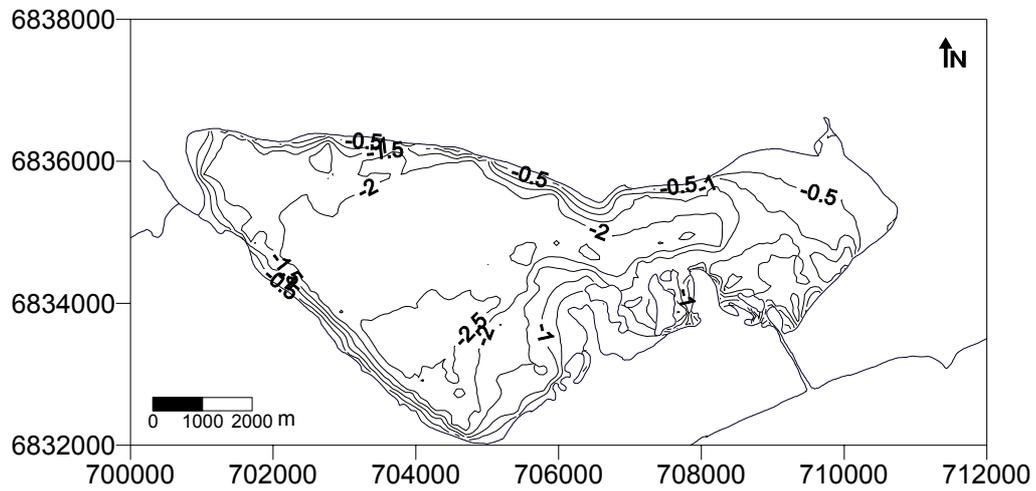


Figura 12 - Batimetria da laguna do Camacho & Garopaba do Sul.

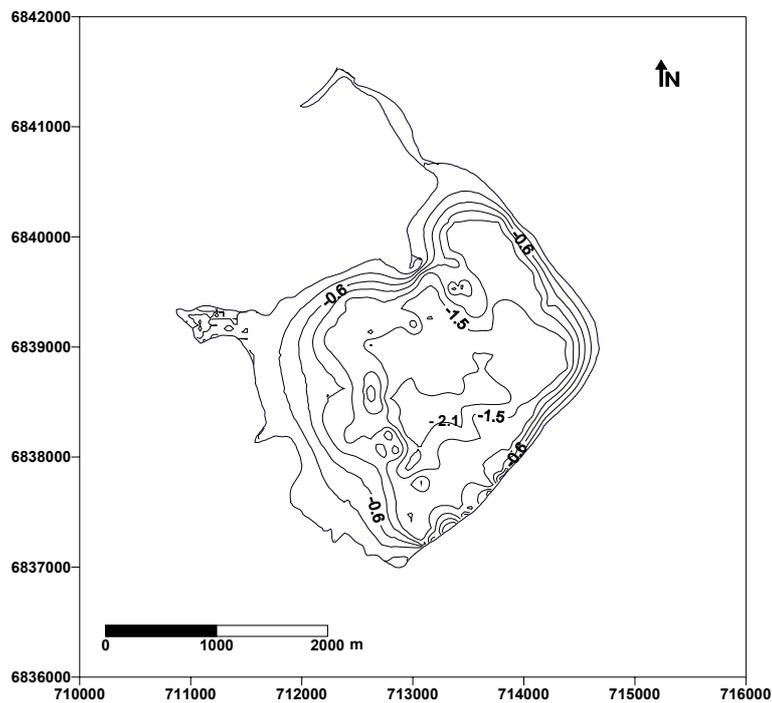


Figura 13 - Batimetria da laguna de Santa Marta.

Através desta representação batimétrica é possível identificar onde estão as áreas com maiores e menores profundidades nos sistemas estudados. Percebe-se que em Santa Marta, na porção central, existe uma área com maior profundidade que atinge 2,1 m. A proximidade das isóbatas na margem leste desta laguna indica uma declividade mais acentuada nesta margem do que na margem oeste. Nesta última, assim como nas margens sul-sudeste, nota-se a maior extensão de áreas rasas (bancos com profundidades inferiores a 0,5 m).

Na laguna do Camacho & Garopaba do Sul a área rasa (profundidades inferiores a 0,5 m) com maior extensão está localizada na margem norte, estendendo-se por quase metade do segmento lagunar do Camacho. Entre este segmento e o de Garopaba do Sul nota-se um canal com profundidades em torno de 2 m. Este canal se estende até a porção central de Garopaba do Sul, adquirindo gradativamente a forma de bacia de acumulação, com profundidade de até 2,7 m.

O segmento do Camacho apresenta uma superfície de fundo aparentemente irregular constituída predominantemente por bancos arenosos e suas profundidades são inferiores ao do segmento de Garopaba do Sul. Neste último segmento lagunar, o relevo de fundo demonstrou a ocorrência de duas feições distintas, assim como verificado em Santa Marta. Uma área com maiores profundidades se estende por grande parte do leito deste segmento, dividindo espaço com bancos arenosos, estes últimos localizados, sobretudo, na porção sudeste deste segmento.

Estes resultados foram também visualizados através dos modelos digitais de terreno (MDTs) referentes à laguna do Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta, que estão representados nas figuras 14 e 15, respectivamente.

**Modelo Digital de Terreno - Wireframe
Laguna do Camacho & Garopaba do Sul, SC.**

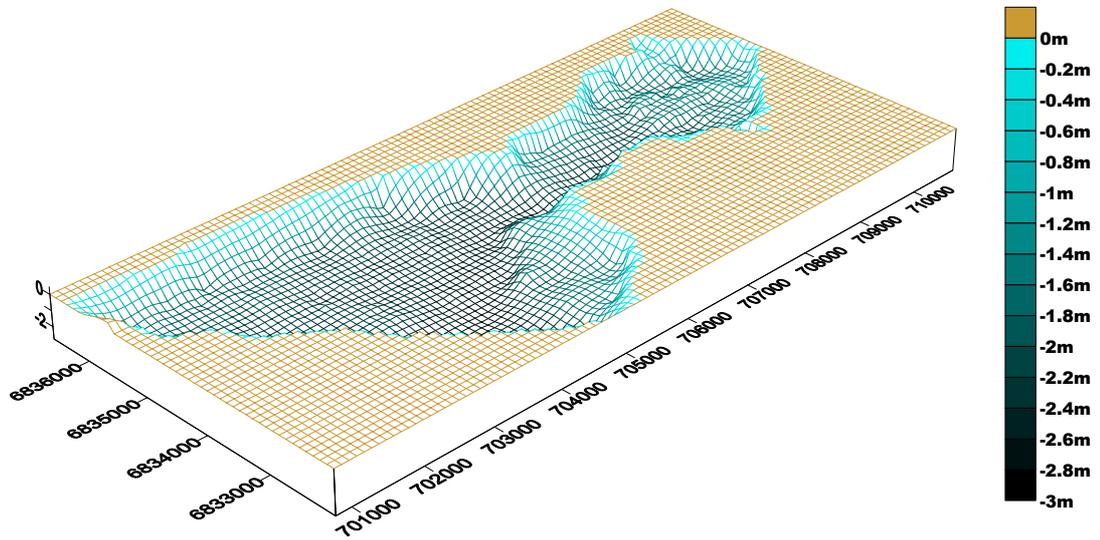


Figura 14 – Modelo Digital de Terreno da laguna do Camacho & Garopaba do Sul.

**Modelo Digital de Terrenos - Wireframe
Laguna de Santa Marta, SC.**

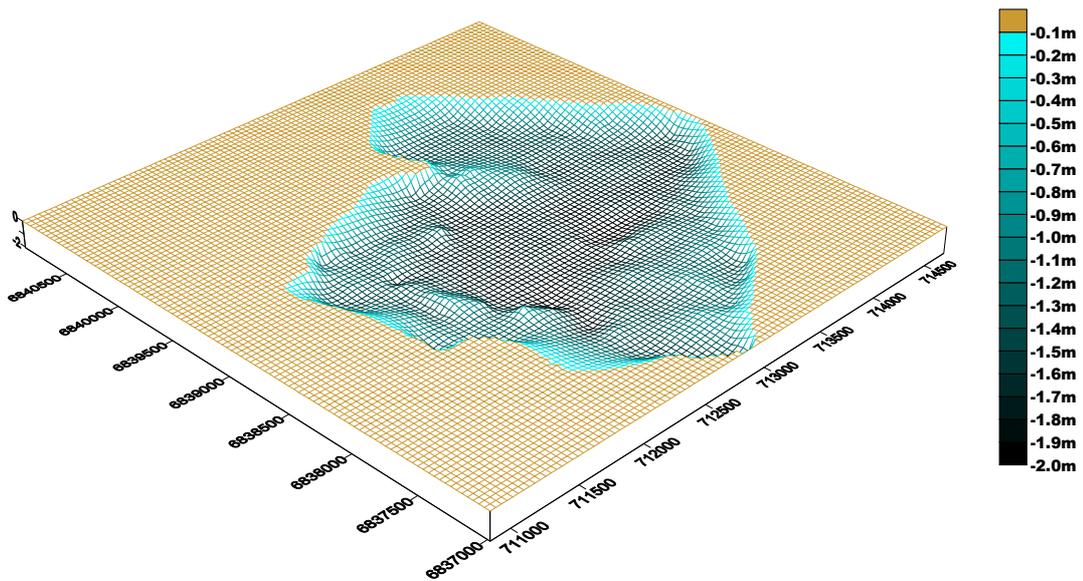


Figura 15 - Modelo Digital de Terreno da Laguna de Santa Marta

4.3 – Caracterização Sedimentológica

As tabelas referentes à caracterização sedimentológica, geoquímica e de bioindicadores estão disponíveis nos anexos 1, 2 e 3 respectivamente.

4.3.1 – Distribuição do diâmetro médio, grau de seleção, assimetria e da curtose

A distribuição espacial do diâmetro médio (expresso em \emptyset) para a área de estudo está representada na Figura 16. Nota-se que na laguna do Camacho & Garopaba do Sul o gradiente de distribuição deste descritor se dá preferencialmente das margens sul/leste (sedimentos mais grossos) em direção a margem norte/oeste (sedimentos mais finos). Já na laguna de Santa Marta, este gradiente se dá a partir da margem sudoeste para a margem nordeste. Este padrão parece estar relacionado a localização dos campos de dunas ativas presentes na área de entorno e aos aportes fluviais a que estão sujeitas.

O diâmetro médio variou entre 2,52 e 5,02 \emptyset (ou seja, entre areia média e silte grosso) na laguna do Camacho & Garopaba do Sul, e entre 2,77 e 6,90 \emptyset (entre areia média e silte médio) em Santa Marta.

Os valores de diâmetro médio encontrados neste trabalho são semelhantes aos obtidos por FORNARI (2003) no sistema lagunar Imaruí-Santo Antônio (SC). Este sistema apresentou diâmetro médio dos grãos entre 1,4 e 6,74 \emptyset (entre areia grossa e silte médio). Na Lagoa da Conceição (SC) este parâmetro apresentou uma oscilação muito maior, conforme descrito por PORTO-FILHO (1993). Nesta laguna o diâmetro médio variou entre – 2 e 12 \emptyset (entre seixos e argila muito fina).

Segundo COIMBRA *et. al.* (1991), o diâmetro médio pode estar diretamente associado ao nível de energia atuante nos diferentes ambientes sedimentares. Dessa forma, os ambientes com maior energia terão clásticos grossos, enquanto que os ambientes de baixa energia terão predominantemente partículas finas. Ainda conforme esse autor, a granulação média também está fortemente vinculada às características da área fonte. LAYBAUER (2001) também atribui ao diâmetro dos grãos o papel de influenciar em importantes propriedades físico-químicas dos sedimentos. Segundo o autor, o tamanho das partículas afeta

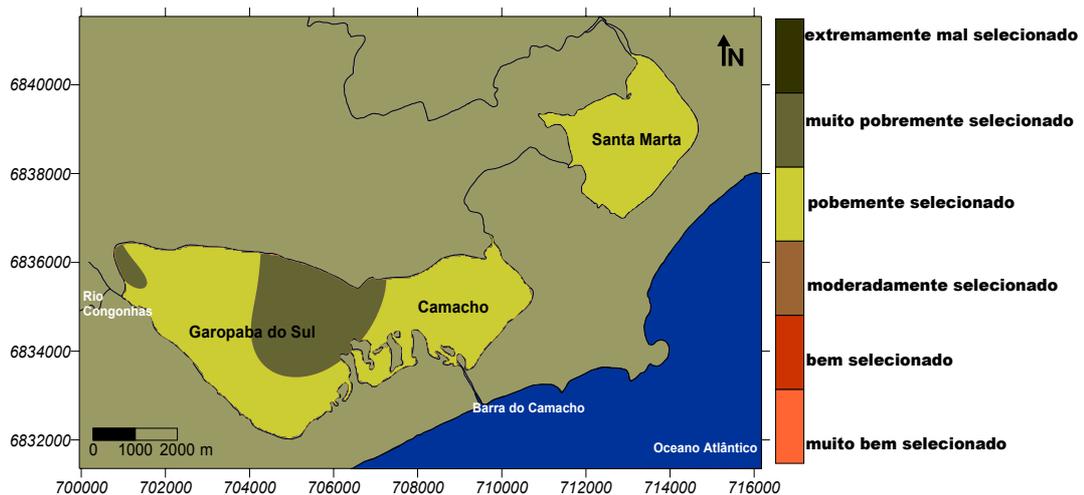


Figura 17 – Variação do grau de seleção dos sedimentos de fundo nas lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

A lagoa de Santa Marta apresentou sedimentos pobremente selecionados em sua totalidade, com grau de seleção variando entre 1,44 e 1,75. Os pontos SM4 e SM5 apresentaram os menores valores de desvio padrão, 1,44 e 1,49, respectivamente. O segmento lagunar do Camacho, assim como a lagoa de Santa Marta, apresentou sedimentos pobremente selecionados, enquanto que o segmento lagunar de Garopaba do Sul apresentou na porção centro-norte e nas proximidades da desembocadura do Rio Congonhas, sedimentos muito pobremente selecionados (referente as estações C5, C7, C8 e C11). Nos pontos C1, C2, C3, C4, C6, C9 e C10 o grau de seleção variou entre 1.02 e 1.81, sendo que os pontos C1 e C2 apresentaram os menores valores de desvio padrão, respectivamente, 1.02 e 1.16.

Os valores encontrados neste trabalho também coincidem com os resultados obtidos por FORNARI (1993). Segundo esta autora os sedimentos do Complexo Lagunar Imaruí-Santo Antonio apresentaram grau de seleção entre 1.38 e 2.30, ou seja, entre pobremente selecionado a muito pobremente selecionado.

Para SUGUIO (1973), o grau de seleção pode ser associado ao mecanismo de transporte das partículas sedimentares. Esse autor coloca que o grau de seleção dos sedimentos aumenta com o transporte, tendo como consequência um decréscimo das classes granulométricas mais finas em locais de maior hidrodinâmica e capacidade de transporte.

No caso da área de estudo, as diferentes fontes e características dos materiais que aportam para dentro dos corpos d'água estudados, associadas às

pistas de vento e as feições morfométricas, fazem destas lagunas ambientes complexos quanto aos processos de sedimentação, o que explica os resultados de selecionamento dos grãos.

No conjunto das amostras referentes às duas lagunas estudadas, a assimetria variou entre -0.40 e 0.63 , ou então, conforme a classificação de FOLK e WARD, entre assimetria muito negativa e assimetria muito positiva, como representado pela Figura 18. Este é um parâmetro estatístico que nos permite inferir sobre o grau de mistura de diferentes populações em um ambiente sedimentar (SUGUIO, 1973).

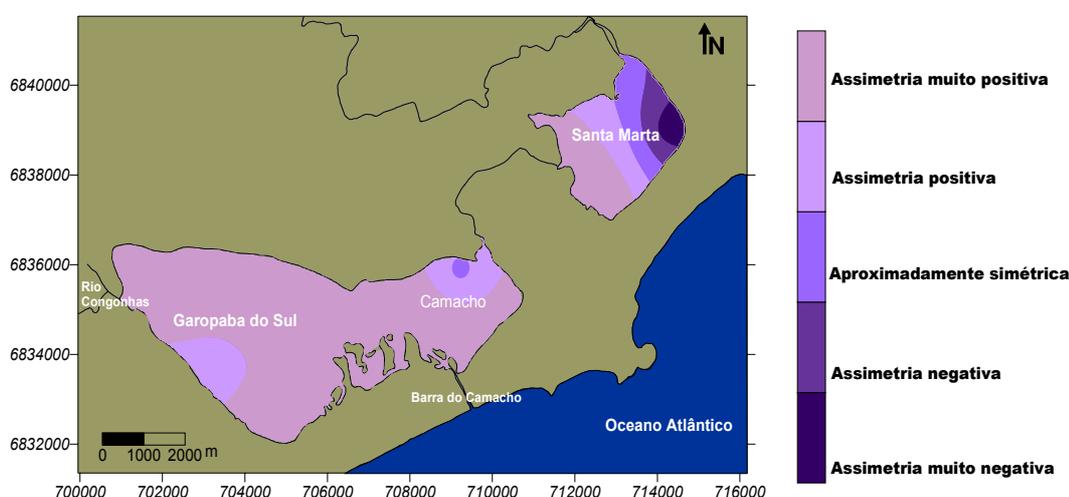


Figura 18 – Variação da assimetria dos sedimentos de fundo das lagunas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul

A assimetria variou na laguna de Santa Marta entre -0.01 e 0.35 . A estação SM1 apresentou uma distribuição aproximadamente simétrica, indicando um setor de mistura eqüitativa de partículas finas e grosseiras, enquanto a SM2 apresentou assimetria muito negativa (-0.40), indicando um desvio da normalidade no sentido do aumento de tamanho dos grãos, que neste caso se refere aos siltes, uma vez que nesse ponto foi encontrado um predomínio de 100% de finos.

As estações SM3, SM4 e SM5 apresentaram assimetria positiva, variando entre 0.22 , 0.51 e 0.35 , respectivamente (entre assimetria positiva e assimetria muito positiva). Estas estações estão localizadas na porção centro-sul da laguna, sendo este um setor com predomínio de areias. As estações SM4 e SM5 apresentaram assimetria muito positiva, sendo pontos dominado por areias, porém com ocorrência de lamias.

A laguna do Camacho & Garopaba do Sul apresentou pontos que variaram entre 0.03 (aproximadamente simétrico) a 0.63 (assimetria muito positiva). Os pontos C1, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9 e C11 apresentaram assimetria muito positiva, com valores variando entre 0.33 e 0.63. Estes pontos são compostos por areias e areias lamosas com presença de sedimentos silto-argilosos. A estação C2 apresentou uma distribuição aproximadamente simétrica, com assimetria de 0.03 e a estação C10 apresentou uma assimetria positiva, na ordem de 0.19. O ponto C10 está localizado próximo à desembocadura de um canal que liga esta laguna à Lagoa do Laranjal e a assimetria pode estar indicando um incremento de partículas finas neste local.

As assimetrias negativa e muito negativa foram verificadas neste trabalho apenas na porção norte da laguna de Santa Marta, em local dominado por lamas. Este resultado difere dos obtidos por PORTO-FILHO (1993) para a Lagoa da Conceição. Segundo este autor, assimetrias negativas e muito negativas foram verificadas associadas a locais dominados por sedimentos grossos.

Quanto à curtose, este parâmetro estatístico variou na área de estudo entre 0.61 e 3.93, ou seja, entre sedimentos platicúrticos e leptocúrticos, conforme representados na Figura 19.

Na laguna de Santa Marta esse parâmetro apresentou uma variação entre 0.61 e 3.70. As estações SM1, SM2 e SM3 apresentaram características semelhantes, com distribuição platicúrtica e aspecto polimodal, o que vem corroborar os valores do grau de seleção obtidos para estes pontos. Já os pontos SM4 e SM5 apresentaram sedimentos leptocúrticos, com valores de 3.70 e 2.28 respectivamente. Nestes dois pontos existe a predominância de areias, porém com ocorrência de siltes e argilas, o que provoca um espalhamento do histograma de classes granulométricas.

Assim como na laguna de Santa Marta, os sedimentos do Camacho & Garopaba do Sul variaram entre as classes platicúrtica e leptocúrtica, porém com a ocorrência de uma estação com distribuição mesocúrtica, (amostra C5, com valor de curtose de 1.09).

As estações C1, C2, C3, C4, C6, C9, C10 e C11 apresentaram sedimentos distribuídos de maneira leptocúrtica. São estes sedimentos arenosos com presença de lamas e que ocorrem em grande parte desta laguna. Os sedimentos platicúrticos ocorreram nas estações C7 e C8. A estação C7 está localizada na

porção central do trecho de maior largura desta laguna e a estação C8 à cerca de dois quilômetros ao norte desta.

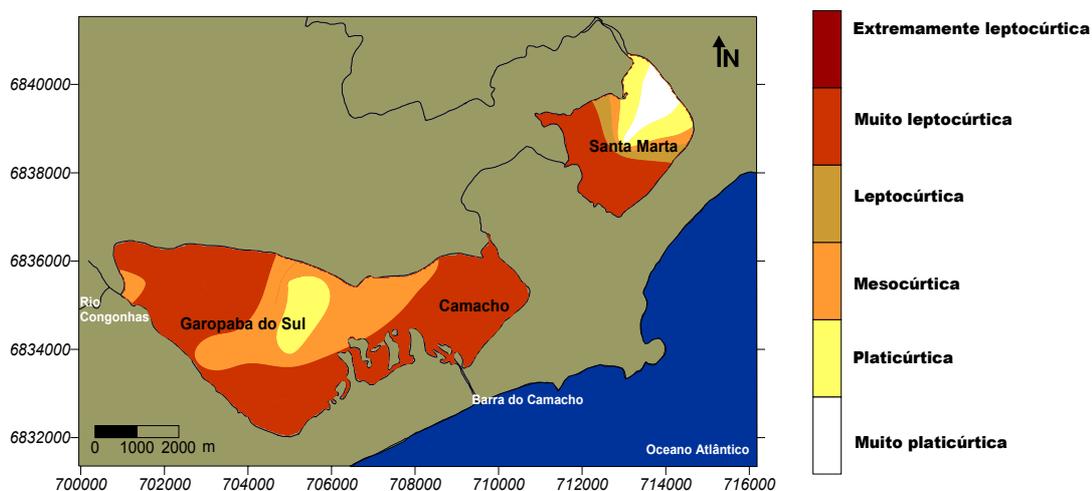


Figura 19 – Variação da curtose dos sedimentos de fundo das lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

4.3.2 – Diâmetro médio x Grau de seleção

A relação do diâmetro médio associado ao grau de seleção demonstrou um predomínio de sedimentos finos e mal selecionados, tanto em Santa Marta como em Camacho e Garopaba do Sul, conforme a Figura 20.

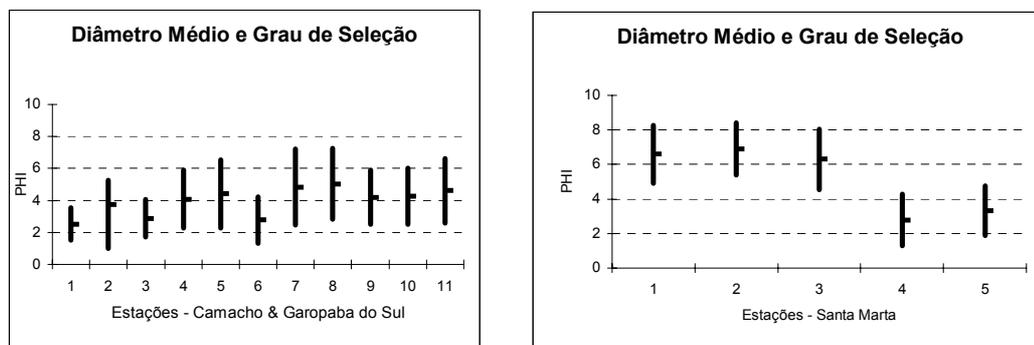


Figura 20 - Variação do diâmetro e grau de seleção dos sedimentos de fundo das lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

Esta relação entre o diâmetro médio e o grau de seleção entre as amostras pode auxiliar na interpretação das condições hidrodinâmicas do ambiente, assim como em relação as prováveis fontes de sedimento.

Dentro da área estudada esta associação permite-nos supor que os pontos com maior diâmetro médio (entre 2 e 4 Ø) e melhor grau de seleção (desvio

padrão em torno de 1 (C1, C3, C6, SM4 e SM5) recebem influência da barreira arenosa adjacente em maior proporção do que os demais pontos amostrados, sendo esta barreira a principal fonte dos sedimentos encontrados nestes setores.

4.3.3 – Distribuição granulométrica dos sedimentos conforme as classificações de FOLK & WARD (1957) e de FLEMMING (2000).

Conforme a classificação proposta por FOLK & WARD (1957) foram identificadas na área de estudo cinco classes granulométricas distintas: areia fina, areia muito fina, silte grosso, silte médio e silte muito fino. A distribuição espacial desta classificação esta representada na Figura 21.

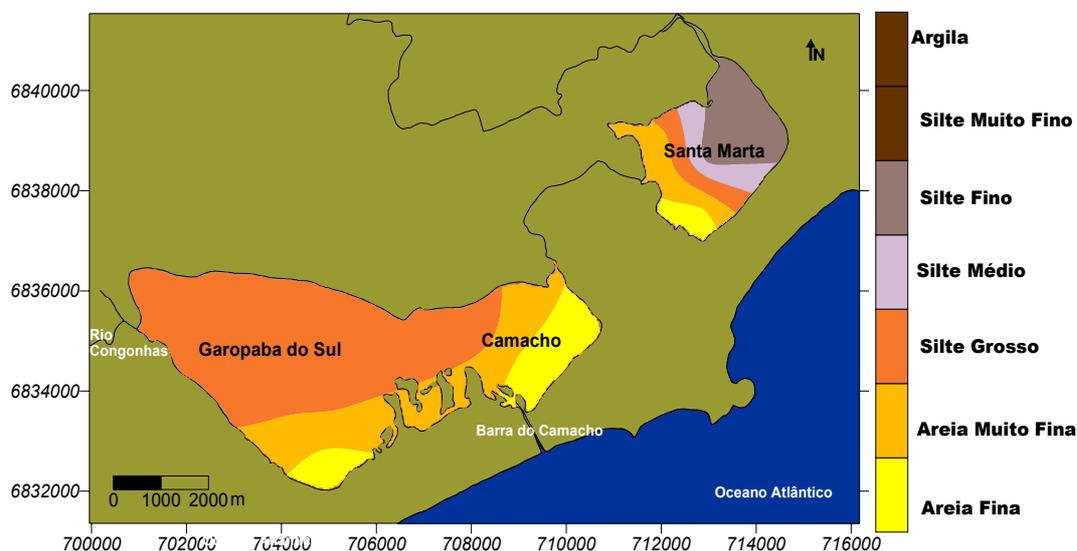


Figura 21 – Distribuição textural dos sedimentos de fundo das lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul, conforme FOLK & WARD (1957).

As areias finas encontram-se na porção sul da laguna de Santa Marta, na borda oriental do segmento lagunar do Camacho e no extremo sul do segmento lagunar de Garopaba do sul. As areias muito finas formam uma faixa intermediária entre as areias finas e os siltes grossos, tanto em Santa Marta como em Camacho & Garopaba do Sul. A distribuição espacial das areias nestes trechos sugere hidrodinâmica local associada à ação dos ventos e à proximidade da barreira arenosa.

Os sedimentos finos ocorrem tanto na laguna do Camacho & Garopaba do Sul, predominantemente nas áreas mais profundas. A origem deste material está

relacionada provavelmente à fontes terrígenas, sendo que seu aporte no sistema pode se dar através de processos de lixiviação ocorrentes na bacia hidrográfica do Tubarão e na sub-bacia do Congonhas. Em Santa Marta, os sedimentos finos se depositam preferencialmente nas proximidades do canal de ligação com o rio Tubarão.

FLEMMING (2000) propôs uma classificação dos sedimentos baseada na porcentagem de lama presente nas amostras. Diferentemente de FOLK & WARD, esse autor trabalha apenas com areias e lamas. A distribuição espacial desta classificação para os sedimentos da área de estudo esta representada na Figura 22.

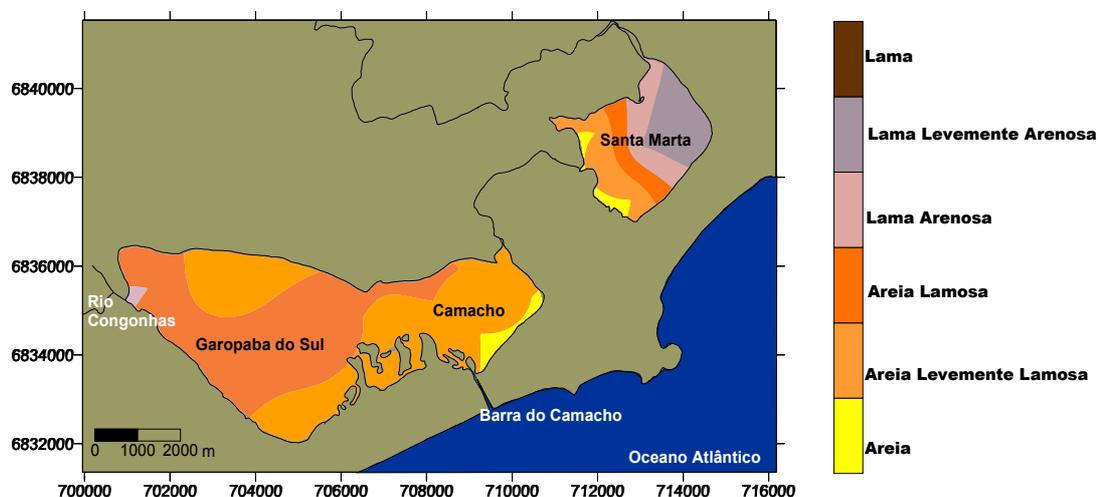


Figura 22 – Distribuição textural dos sedimentos de fundo das lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul, conforme FLEMMING (2000).

Segundo esta classificação, as areias foram mapeadas na porção sul e leste da lagoa de Santa Marta e na porção leste do segmento lagunar do Camacho. Areias levemente lamosas formam uma faixa de contato entre as areias e as lamas em Santa Marta e entre areias e areias lamosas em Camacho & Garopaba do Sul. Em Santa Marta observa-se um gradiente em direção às lamas no sentido Sudoeste/Nordeste e em Camacho & Garopaba do Sul, observa-se um gradiente entre areias e areias lamosas no sentido Leste/Oeste.

Este tipo de classificação permite uma compreensão mais detalhada da distribuição sedimentar. O segmento do Camacho foi classificado por FOLK & WARD como sendo composto por areias finas e muito finas e, no entanto, todas as amostras deste setor apresentam concentrações de lamas, sendo esta concentração no ponto C2 de 28.15%, ou seja, este setor apresenta condições hidrodinâmicas e morfológicas que permitem a deposição de sedimentos finos.

Pela classificação de FLEMMING (*op. cit.*) este mesmo segmento apresenta areias próximas as margens nordeste e sudeste, que gradua para areias levemente lamosas e areias lamosas no sentido do segmento de Garopaba do Sul.

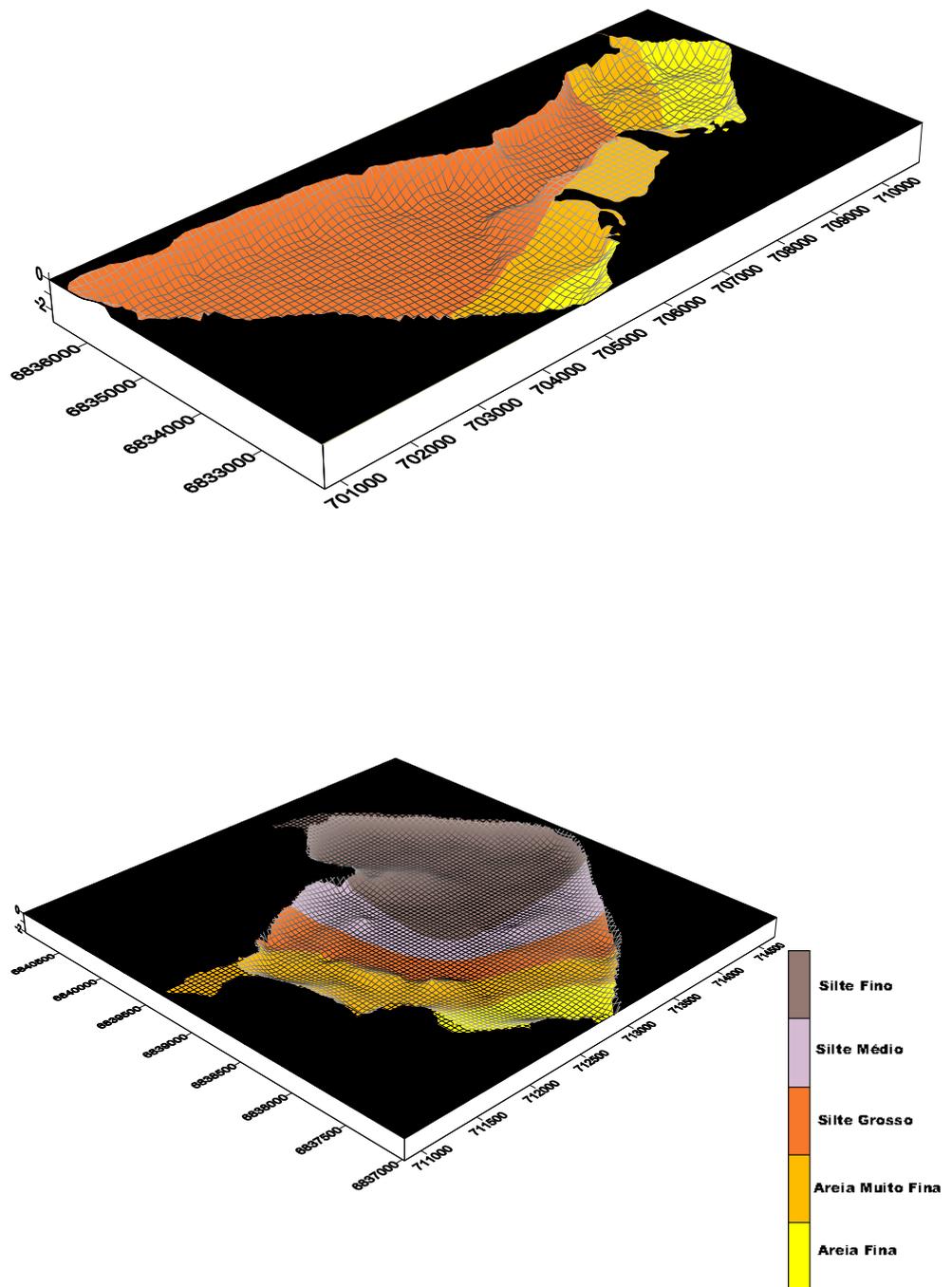


Figura 23: Associação dos modelos digitais com a distribuição granulométrica de FOLK & WARD para as lagoas do Camacho & Garopaba do Sul e Santa Marta.

A representação tridimensional da distribuição das classes granulométricas associadas aos MDTs torna mais evidente a percepção que os locais com formato de depressão, na laguna do Camacho & Garopaba do Sul são preenchidos por lamas enquanto formações convexas na forma de bancos são constituídas por areias (Figura 23).

4.3.4 – Interpretação hidrodinâmica das características granulométricas

O regime hidrodinâmico das lagunas estudadas reflete a complexidade dos diferentes tensores ambientais atuantes nestes corpos d'água. As relações entre os fatores que intervêm neste ambiente, principalmente a influência dos aportes fluviais, marinhos e a ação dos ventos dominantes, mostram que as lagunas são ambientes deposicionais intimamente relacionados aos (1) processos oceânicos, como no caso do segmento lagunar do Camacho; (2) aos processos flúvio-lagunares, como por exemplo, a influência do Rio Tubarão na porção Norte da laguna de Santa Marta e do Rio Congonhas no extremo oeste do segmento lagunar de Garopaba do Sul; e (3) aos processos eólicos atuantes sobre os campos de dunas ativas presentes nas margens lagunares e em forma de pista de vento sobre a superfície lagunar.

As forçantes hidrodinâmicas das lagunas estudadas foram avaliadas indiretamente através da aplicação do Diagrama de PEJRUP (1988), conforme representado na Figura 24. Segundo LAYBAUER *et al.* (2001) este tipo de abordagem se constitui num bom indicador das processos energéticos associados a sedimentação, permitindo, assim, a identificação de sítios preferenciais à deposição e acumulação de sedimentos e, conseqüentemente, também de poluentes.

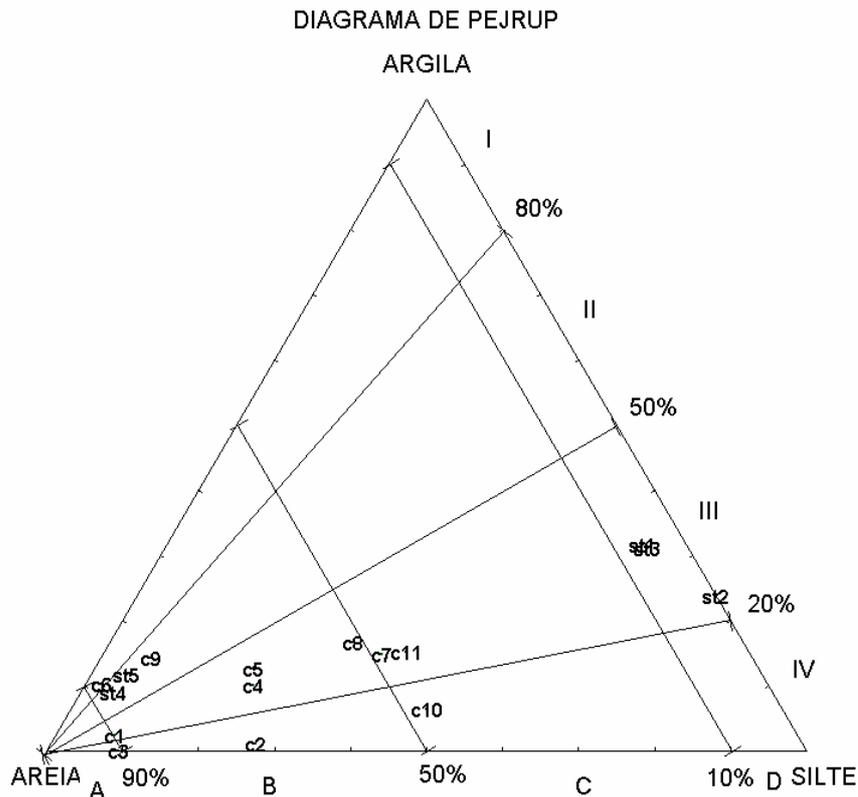


Figura 24 - Caracterização textural e hidrodinâmica das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC, baseado no Diagrama de PEJRUP (1988).

Os sedimentos das lagunas estudadas distribuíram-se entre os grupos II, III e IV, relacionados ao eixo da caracterização hidrodinâmica, e entre os setores A, B, C e D, relacionados a caracterização granulométrica das amostras. A concentração das amostras na parte inferior do diagrama é consequência dos baixos teores de argila na composição dos sedimentos, assim como o maior número de amostras presentes na primeira metade do vértice esquerdo do diagrama, reflete o predomínio de sedimentos arenosos.

A análise mais detalhada da distribuição individual das amostras no diagrama indica que existe um gradiente hidrodinâmico na área de estudo. Assim, as estações SM1, SM2 e SM3, plotadas no setor DIII, representam o setor de menor energia hidrodinâmica, favorável, portanto, à deposição de partículas mais finas. Esses pontos apresentaram valores inferiores a 10% de areias e entre 20 e 50% de silte. Seguindo o gradiente hidrodinâmico, temos os pontos C7, C10 e C11, localizados no setor CIII e IV e portanto sujeitos a energia hidrodinâmica superior aos pontos do setor D. Estas amostras embora apresentem composição arenosa entre 10 e 50%, apresentam ainda condições favoráveis à deposição.

Os pontos C2, C4, C5, C6, C8, C9, SM4 e SM5 foram plotados dentro do setor B no eixo dos sedimentos, indicando o predomínio de areias em todas elas (percentual entre 90 e 50% de areias) e, portanto, intensificação dos processos hidrodinâmicos ou eólicos. Todavia dentro deste conjunto de amostras, as estações C6, C9, SM4 e SM5 foram plotados dentro do setor hidrodinâmico II (entre 80 e 50% de silte), enquanto que as demais estações localizaram-se nos setores III e IV. Esta diferença pode ser interpretada como condições energéticas menos intensas para o primeiro conjunto de amostras.

Por fim, os pontos amostrais C1 e C3 estão localizados provavelmente no setor com maior hidrodinâmica dentro da área de estudo, uma vez que se posicionaram no vértice inferior esquerdo do Diagrama de PEJRUP. São caracterizadas pelo alto teor de areia, classes A no eixo de sedimentos e classe IV no eixo da hidrodinâmica.

4.3.5 – Distribuição dos teores de matéria orgânica total

Conforme MAGLIOCA *et al.* (1964), o teor de matéria orgânica presente no sedimento é microbiologicamente de grande importância, uma vez que se constitui num substrato para colônias de bactérias heterotróficas que degradam proteínas e carboidratos, e que pode causar alterações físico-químicas no ambiente. Esse mesmo autor afirma ainda que este parâmetro possui uma relação direta com a topografia do fundo e com a distribuição textural. Segundo ele, a matéria orgânica é depositada sob as mesmas condições energéticas favoráveis à deposição de sedimentos finos.

Os teores de matéria orgânica variaram dentro da área de estudo entre 0,53 e 14,00%, distribuídos espacialmente conforme a Figura 25. As maiores concentrações ocorreram na laguna de Santa Marta, sobretudo nos pontos SM1, SM2 e SM3. Estes pontos estão localizados no setor mais profundo desta laguna, (com profundidade média de 1,2 m), caracterizado pela predominância de silte e proximidade com o canal de ligação com o rio Tubarão. Os valores encontrados nestes três pontos amostrais foram respectivamente, 4,88, 14,00 e 12,36%. Os pontos SM4 e SM5 apresentaram valores mais baixos. O ponto SM4 apresentou um teor de 0.53% e SM5 1.28%.

As fontes prováveis do material orgânico que se deposita dentro das lagunas são diversas e merecem ser estudadas com maior detalhe. Uma possibilidade é que partes desse material tenham sido carregadas para o interior da área de estudo pela descarga dos rios Tubarão e Congonhas e pelos canais de ligação com a Lagoa da Manteiga e do Laranjal. Nestes casos, o mecanismo de transporte envolvido é do tipo em suspensão em meio aquoso (origem alóctone). Outra hipótese diz respeito ao material orgânico gerado dentro das lagunas em função, sobretudo da decomposição de macrófitas que se desenvolvem nestes ambientes (origem autóctone).

Outra fonte provável de matéria orgânica que deve ser levada em consideração está associada à biomassa fitoplanctônica carregada pelas correntes marinhas (GONZALEZ *et al.*, 1998). Esta carga fitoplanctônica pode ir parar dentro das lagunas estudadas via Canal da Barra do Camacho, favorecidas pelas correntes de maré. Este aporte pôde ser observado durante a realização de trabalhos de campo na região. Todavia, apenas um estudo qualitativo detalhado do material orgânico presente nos sedimentos superficiais poderá sugerir as fontes mais importantes deste descritor sedimentológico.

Os teores médios de matéria orgânica encontrados nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, 6,61 e 2,28%, respectivamente, são próximos aos valores médios encontrados em outras lagunas do Estado de Santa Catarina. Por exemplo, o valor médio deste descritor para a Lagoa da Conceição foi verificado por PORTO-FILHO (1993) em 7.19%, enquanto na laguna de Barra Velha. BUSSOLO *et al.*, (2000) encontraram um valor médio de 5.92%.

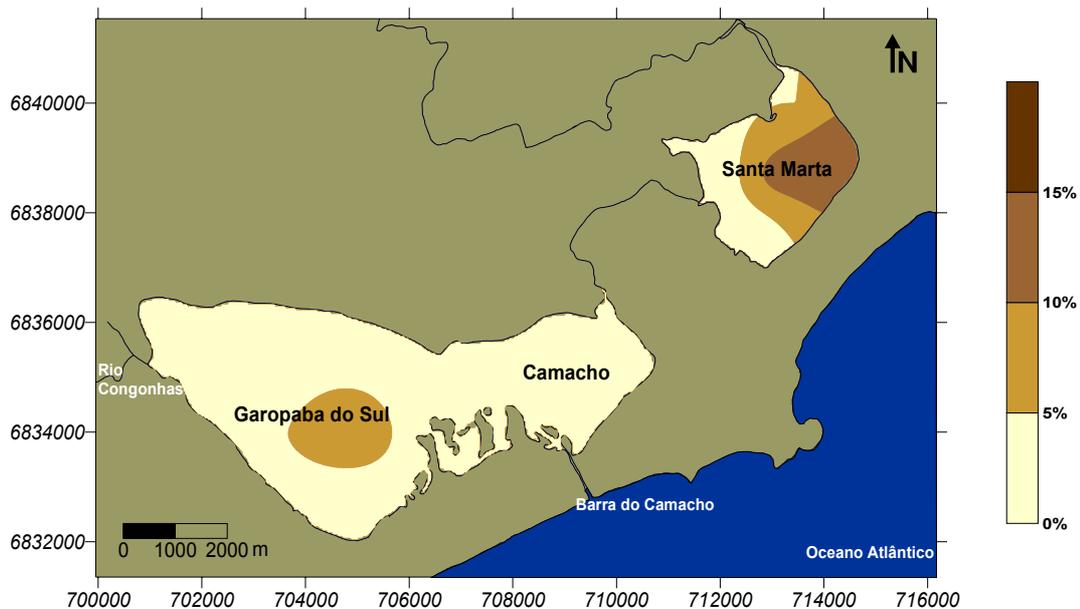


Figura 25 - Distribuição espacial dos teores de matéria orgânica presente nos sedimentos das lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.

O segmento lagunar do Camacho, representado pelos pontos C1, C2, C3 e C4, apresentou valor máximo de 1,91% no ponto C3 e mínimo de 0,66% no ponto C1, a média deste segmento foi de 1,20%, com desvio padrão de 0,52%. As baixas concentrações orgânicas neste segmento coincidem com a maior participação das areias na composição dos sedimentos (a porcentagem média das areias neste segmento foi de 79,87%). Já no segmento denominado como Garopaba do Sul, representado pelos pontos C5, C6, C7, C8, C9, C10 e C11, os teores variaram entre 0,64 e 8,27%, onde o menor valor foi encontrado no ponto C6, extremo sul da laguna e com substrato arenoso, e o maior valor foi encontrado no ponto C7, com substrato composto em 51,47% de lamas.

Assim como em Santa Marta, o conteúdo orgânico encontrado nos sedimentos do segmento lagunar de Garopaba do Sul pode estar associado a fontes externas a laguna, relacionadas principalmente a sub-bacia do rio Congonhas que deságua na porção extremo oeste, ou então, estar sendo produzido dentro da própria laguna através de macrófitas emergentes e submergentes. Pode também estar relacionado a proliferação de organismos bentônicos (sobretudo de pequenos moluscos) que foram observados durante as análises.

4.3.6 – Distribuição dos percentuais de carbonato biodetrítico

A distribuição dos teores de carbonato biodetrítico se procedeu de maneira semelhante à matéria orgânica. O valor mínimo encontrado foi 0,66% na laguna de Santa Marta (ponto amostral SM4), enquanto o valor máximo encontrado foi de 14,56% no ponto C7, na laguna do Camacho & Garopaba do Sul. A distribuição espacial deste parâmetro está representada na Figura 26.

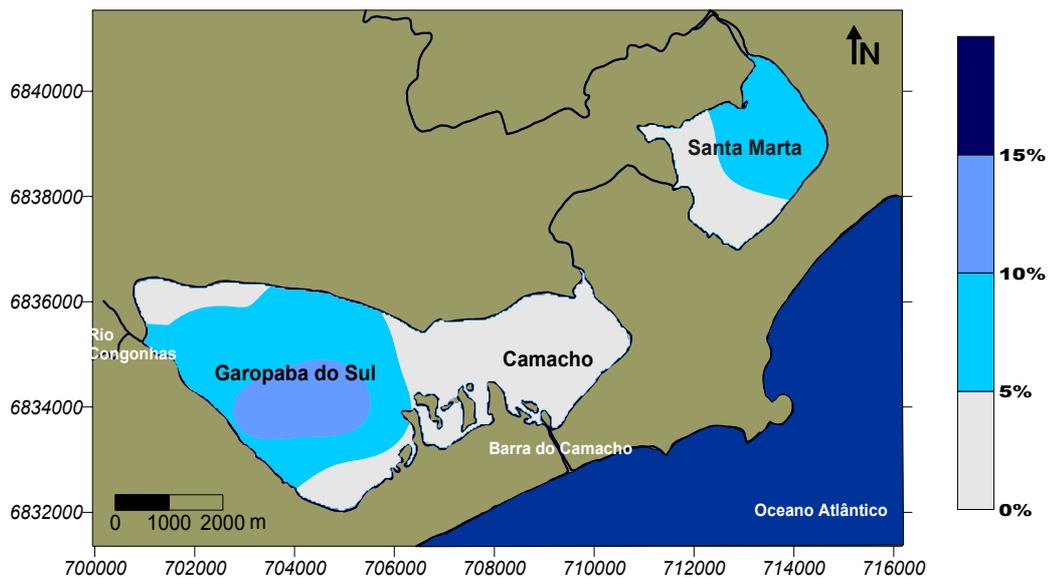


Figura 26: Distribuição espacial dos teores de carbonato biodetrítico nos sedimentos de fundo das lagoas de Santa Marta e Camacho & Garopaba do Sul.

A distribuição do carbonato na laguna de Santa Marta apresentou os maiores valores nas estações SM1, SM2 e SM3, sendo respectivamente, 8,47, 7,16 e 8,57%, contra 0,66% na SM4 e 2,02% na SM5. No segmento lagunar do Camacho, a média foi de 1,91%, com desvio padrão de 0,55%. Dois pontos se destacaram no segmento lagunar de Garopaba do Sul: o C7 que apresentou um teor de 14,56% de carbonato biodetríticos e o ponto C10, com 11,86%. A média em Garopaba do Sul foi de 6,74% com desvio padrão de 4,90.

Os baixos teores de carbonato encontrados na área e sua correspondência com a distribuição de matéria orgânica sugerem que este componente seja autóctone, tendo sua origem associada à presença de organismos biomineralizadores, como por exemplo, pequenos gastrópodes e moluscos bentônicos. Assim, os teores de matéria orgânica e carbonatos encontrados dentro da área de estudo podem estar associados às condições ambientais do

ambiente deposicional. KNEIP *et al.* (1998) coloca que estudos têm revelado que os invertebrados bentônicos estuarinos estão ligados diretamente aos sedimentos que habitam.

4.3.7 – Nitrogenados inorgânicos dissolvidos no sedimento - *NID*.

As concentrações apresentadas neste item correspondem à somatória dos teores de nitrato, nitrito e amônio detectados nos sedimentos superficiais da área de estudo, denominada genericamente como *NID*. O valor médio dos compostos nitrogenados foi de 5,5 mg/l na laguna de Santa Marta e de 4,84 mg/l em Camacho & Garopaba do Sul. Em Santa Marta o maior valor encontrado foi de 7,65 mg/l no ponto SM3, enquanto o valor mínimo encontrado foi de 3,42 no ponto SM4. Em Camacho & Garopaba do Sul, o maior valor medido foi de 9,08 mg/l no ponto C7 e o menor foi de 3,41 no ponto C1.

A Figura 27 apresenta a distribuição espacial dos valores de *NID* encontrados nos sedimentos superficiais das lagoas.

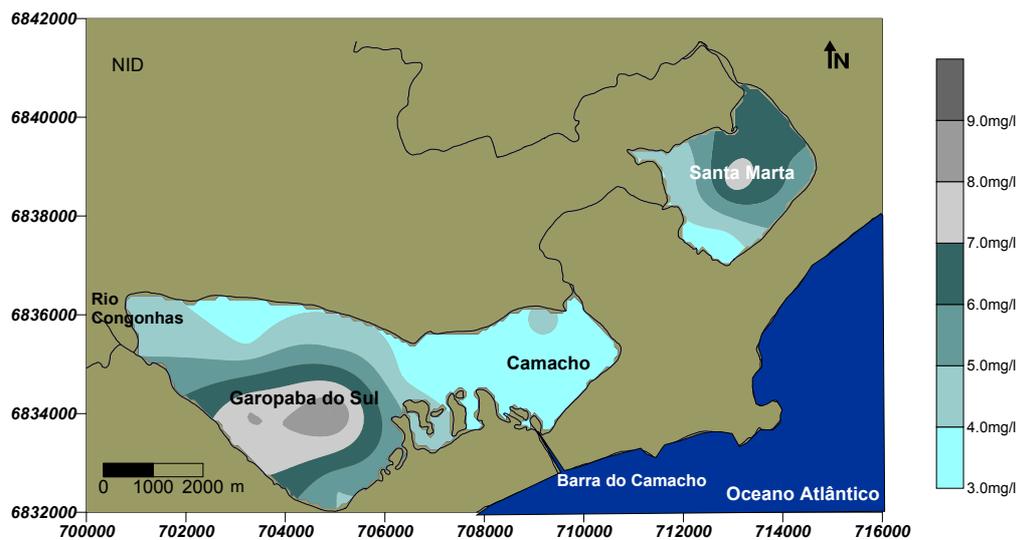


Figura 27 – Distribuição espacial dos valores de *NIDs* nas lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).

Os ambientes lagunares estão entre os ambientes costeiros com maior capacidade produtiva. Altas concentrações de nutrientes nestes ambientes podem estar associadas à drenagem continental por via fluvial, pela difusão com a atmosfera e através da água da chuva, além da própria reciclagem interna dos nutrientes. Conforme SCHAFFER (1984), os nutrientes estão entre os elementos mais importantes para a formação da biomassa de um ecossistema, mas para que se efetue um crescimento ótimo ao nível dos produtores é necessário que estejam presentes no meio em concentrações proporcionais a demanda dos processos fotossintéticos. Esse mesmo autor coloca que cada modificação na correlação entre os nutrientes disponíveis causa mudanças na produtividade.

A ocorrência destes elementos dentro da área do estudo podem estar associadas a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias e conseqüente liberação de nitrito, nitrato e amônias. As figuras de distribuição espacial ilustram este tipo de relação.

O nitrogênio é um nutriente importante para os ecossistemas marinhos por atuar como um fertilizante que estimula o crescimento dos organismos fitoplanctônicos (algas), localizados na base da cadeia produtiva do ambiente. Conforme SCHAFFER (*op. cit.*), o nitrogênio pode ser fixado como gás inerte, ser incluído no metabolismo e sair do ecossistema através da denitrificação bacteriana, aonde ocorre a redução de nitrato para outros óxidos de nitrogênio e nitrogênio gasoso.

Conforme FATMA (1999), as plantas aquáticas de dimensões microscópicas e macroscópicas se constituem em elementos primordiais para a vida na água e nos sedimentos. Estas plantas necessitam para sobreviver, além da luz solar e do CO², de elementos nitrogenados e de fósforo. Todavia, uma oferta excessiva destes elementos pode gerar proliferação descontrolada de algas, que por sua vez, podem consumir o oxigênio disponível no meio e levar o sistema ao estado de eutrofização.

4.3.8 – Fosfatos dissolvidos no sedimento

Na opinião de TUREKIAN (1976) os compostos fosfatados estão entre os componentes de maior importância de um ambiente natural devido a sua atuação

na transferência de energia dentro dos organismos, estando presentes tanto na água como nos sedimentos em diferentes formas. SCHAFER (1984) coloca que nas regiões marginais dos ecossistemas transicionais ocorre um intercâmbio direto de fosfato entre os diferentes níveis tróficos, o que garante a manutenção da produtividade primária, mesmo que em pequenas proporções.

Na área de estudo os fosfatos não foram detectados nas amostras referentes à Santa Marta e nos pontos C4, C5 e C10 da laguna do Camacho & Garopaba do Sul. Nas demais amostras o valor máximo encontrado foi de 0.49 mg/l de PO_4 no ponto C6. Nas margens da laguna próximas a este ponto, que faz parte do município de Jaguaruna, existe uma vila de moradores. Segundo dados disponibilizados na home page do IBGE “Instituto Nacional de Geografia e Estatística”, a cidade de Jaguaruna não possui um sistema de tratamento de esgoto doméstico, sendo este, uma fonte provável do fosfato encontrado nas proximidades deste local. Outra estação que se destacou quanto a concentração de fosfato foi a C9, localizada em frente a desembocadura do canal de ligação com a Lagoa da Manteiga. A Figura 28 apresenta a distribuição espacial deste nutriente.

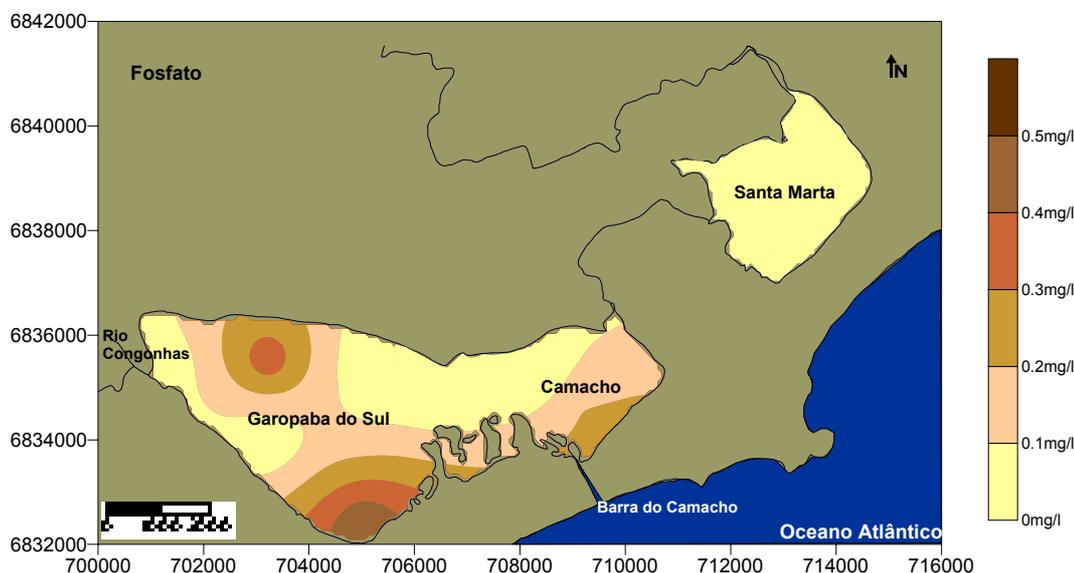


Figura 28 – Distribuição espacial dos valores de fosfatos nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).

4.3.9 – Sílica dissolvida no sedimento.

O valor médio de sílica medido nos sedimentos da laguna de Santa Marta foi de 1,17 mg/l, com o máximo de 2,69 mg/l no ponto SM3 e mínimo de 0,42 mg/l em SM4. No Camacho & Garopaba do Sul, o valor máximo encontrado foi de 2,79 mg/l no ponto C7 e o mínimo foi de 0,45 mg/l no ponto C9, sendo que o valor médio encontrado nesta laguna foi de 1,27 mg/l. A Figura 29 mostra a distribuição da sílica na área de estudo.

A ocorrência da sílica em ambientes marinho ou estuarino pode estar associada a duas componentes principais: uma biogênica e a outra detrital. As diatomáceas (organismos unicelulares de aproximadamente 200 μm) ocorrem em ambientes costeiros rasos de alta produtividade e incorporam a sílica na formação de suas estruturas, podendo servir como fonte deste elemento quando mortas. O processo de intemperização do embasamento adjacente e a drenagem desse material para dentro das lagunas também pode ser outra fonte da sílica encontrada nos sedimentos, uma vez que os minerais silicatados, incluindo o quartzo, são altamente susceptíveis a dissolução.

A distribuição das concentrações deste nutriente nos sedimentos apresentou características semelhantes aos compostos nitrogenados, que por sua vez apresentou padrões de deposição semelhantes às lamas, matéria orgânica e carbonatos biodetríticos.

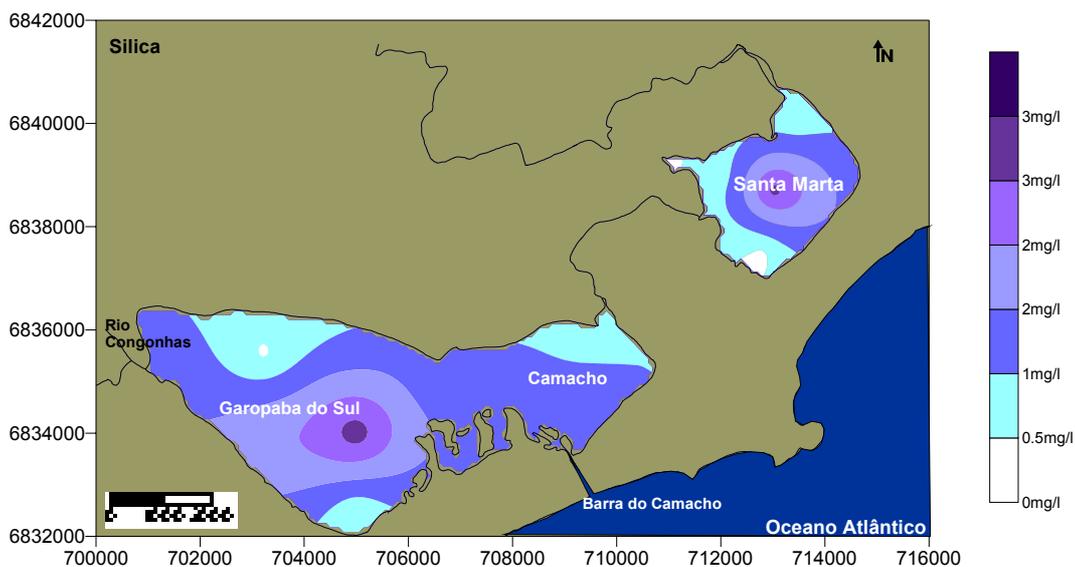


Figura 29 – Distribuição espacial dos valores de Sílica nas lagunas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul (SC).

4.4 - Indicadores Biológicos

Na laguna de Santa Marta foram encontrados 19 taxa de foraminíferos bentônicos, enquanto no Camacho & Garopaba do Sul ocorreram 22 taxa. A composição faunística encontrada é típica de ambientes marinhos transicionais, de moderado a fortemente confinados. A riqueza das amostras variou entre 2 e 13 espécies, tendo sido inferior a 5 em 31% das estações, todas estas localizadas no segmento lagunar de Garopaba do Sul (Figura 30). Os menores valores de riqueza foram encontrados próximos a desembocadura do Rio Congonhas (estação C11) e no extremo sul de Garopaba do Sul (estação C6). Nestes locais apenas *Miliammina* spp e *Ammotium* spp estiveram presentes. Os valores de riqueza observados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por BONETTI *et al.* (2000) no Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu (SC), onde a riqueza amostral variou entre 0 e 15 espécies. Conforme discutido pelos autores acima, os baixos valores deste descritor biológico podem estar indicando que a maior parte das estações estudadas, sobretudo aquelas localizadas no segmento de Garopaba do Sul, não oferecem condições ecológicas favoráveis ao desenvolvimento dos taxa bentônicos menos tolerantes à instabilidade ambiental.

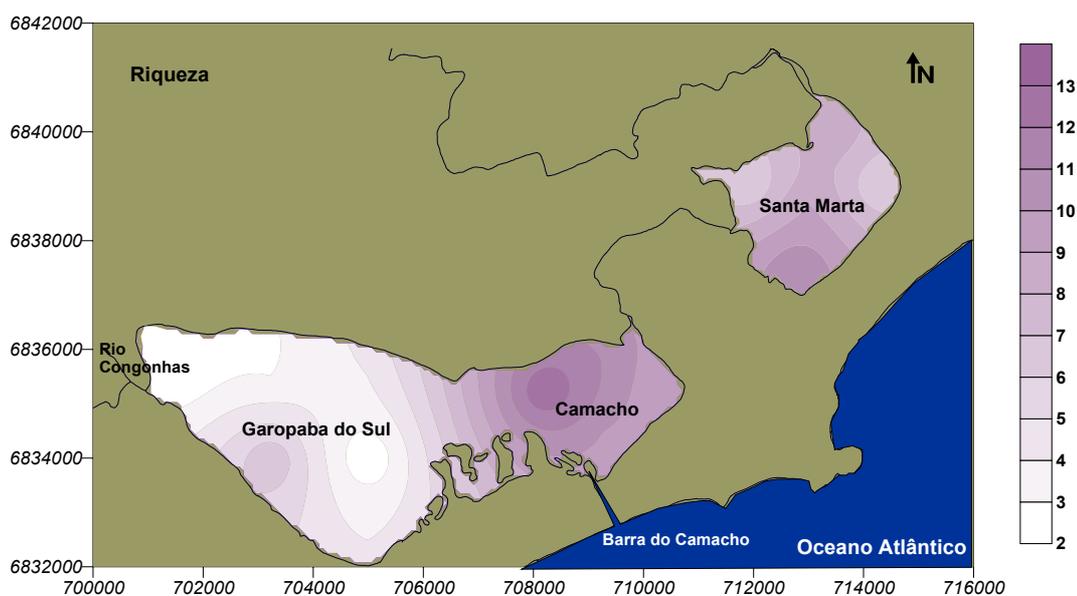


Figura 30 – Riqueza de espécies encontrada nas lagoas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC.

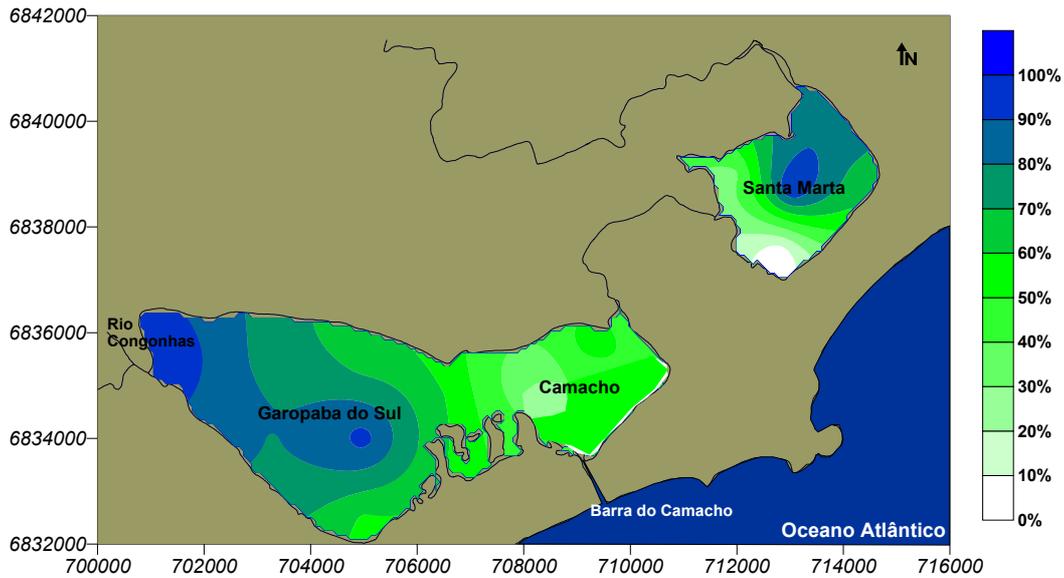


Figura 31 - Distribuição espacial do gênero *Miliammina* spp nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC (abundância relativa).

Miliammina spp. e *Ammotium* spp. foram os gêneros mais abundantes nos dois corpos lagunares, ocorrendo em todas as estações analisadas (freqüência de ocorrência de 100%). A distribuição das freqüências relativas destes gêneros nos corpos lagunares encontra-se representada nas figuras 31 e 32. Ambos os gêneros são considerados por DEBENAY *et al.* (1996) como típicos de ambientes sob forte grau de confinamento. Estes autores descrevem ainda que tais gêneros suportam variações bruscas na salinidade, além de tolerarem turbidez elevada.

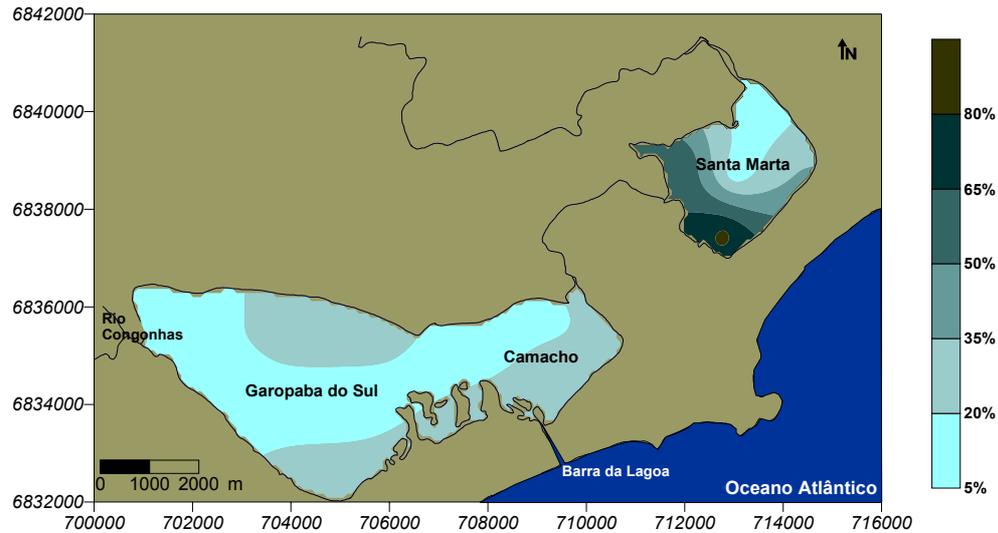


Figura 32 - Distribuição espacial do gênero *Ammotium* spp nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba

A presença de espécies com testas calcárias no interior destas lagunas foi interpretada como indicadora de áreas sob maior influência marinha (Figura 33). Em Santa Marta estas testas ocorreram sobretudo na porção norte da laguna, nas proximidades do canal de comunicação com o Rio Tubarão, sendo também verificadas no segmento lagunar do Camacho, nas proximidades do canal de ligação deste com o mar. Já o segmento lagunar de Garopaba do Sul apresentou-se estéril quanto a este grupo.

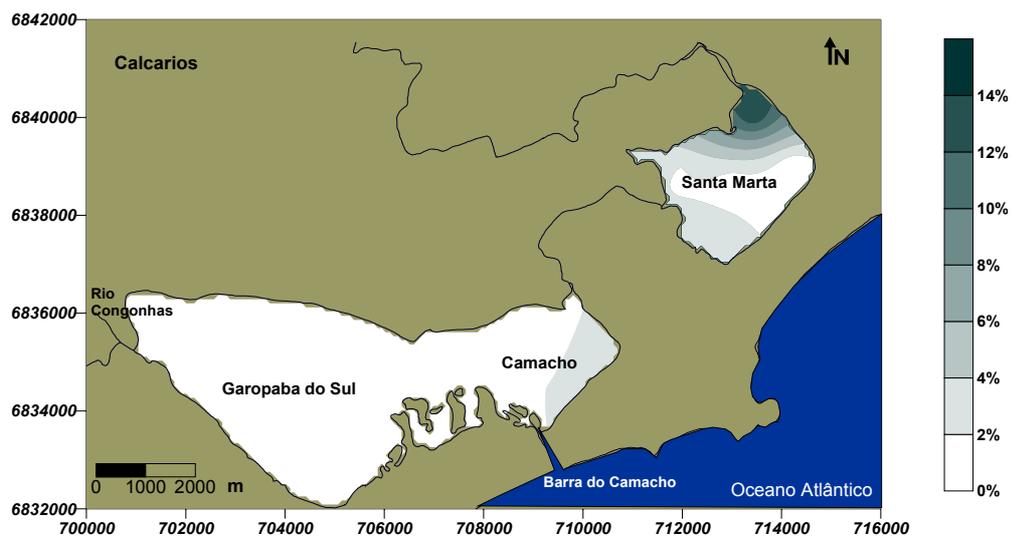


Figura 33 - Distribuição espacial da porcentagem de testas calcárias nas lagunas de Santa Marta Camacho & Garopaba do Sul, SC (abundância relativa).

Ao contrário das espécies calcárias, a ocorrência de tecamebas nas amostras foi utilizada como traçadora do aporte de águas fluviais no interior das lagoas (Figura 34). Embora não tenham sido identificadas a nível específico, observou-se durante a triagem o predomínio dos gêneros *Centropyxis* e *Diffugia*. Foram encontradas tecamebas nos pontos C2, C5, C8, C9, C10 e C11, sendo que apenas nestes dois últimos foram registradas abundâncias relativamente significativas. A concentração de tecamebas neste trecho reflete o aporte de águas mais doces provenientes do Rio Congonhas. Já na laguna de Santa Marta, apesar de sua comunicação com o Rio Tubarão, não foi encontrado nenhum indivíduo pertencente a este grupo. Uma possível explicação para esta ausência pode ser a ocorrência de estratificação da coluna d'água, fazendo com que as águas mais doces provenientes do rio não influenciem diretamente os sedimentos de fundo.

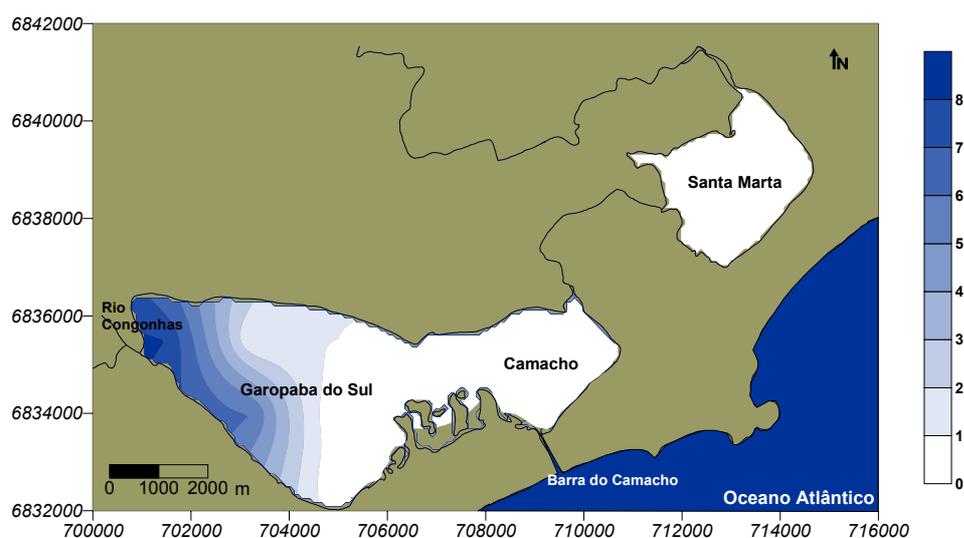


Figura 34: Distribuição espacial das tecamebas (número absoluto de indivíduos em 50 ml de sedimento).

Outro descritor biológico utilizado como indicador dos processos hidrodinâmicos e sedimentológicos na área de estudo foi a razão população viva: população total (Figura 35). Em termos gerais, as estações estudadas apresentaram valores desta razão inferiores a 0,5, ou seja, a população total apresentou número de indivíduos correspondente a duas ou mais vezes ao da população viva. Este resultado já era esperado, uma vez que existe uma tendência natural das testas mortas se acumularem nos sedimentos superficiais, sobressaindo em número em relação aos organismos ainda vivos. Todavia, três

das estações estudadas saíram fora deste padrão, apresentando razões acima de 0,5. Esta anomalia foi detectada nas estações C6, SM4 e SM5 e pode estar refletindo uma maior instabilidade dos sedimentos nestes trechos. Vários autores têm discutido esta razão e procurado relacioná-la com os processos de sedimentação dominantes. Entre as varias interpretações que poderiam ser dadas aos resultados obtidos, duas nos parecem mais adequadas. A primeira justificaria o maior número de organismos vivos como consequência das altas taxa de deposição nestes locais, o que levaria a uma redução do período de acumulação de testas mortas nos sedimentos superficiais. A segunda explicação, ao contrario, estaria relacionada a maior taxa de remobilização destes sedimentos, o que promoveria uma retirada seletiva das testas, uma vez que os organismos vivos são mais dificilmente transportados. Analisando os demais descritores sedimentológicos e as características morfométricas destes trechos, sobretudo os valores de pista efetiva do vento NE, acredita-se que esta última explicação esteja mais coerente com os processos hidrodinâmicos dominantes. Em relação a estação C6, mais particularmente, Bonetti *et al.* (2001) já haviam observado esta anomalia na razão vivos:total. Segundo estes autores o fato desta estação encontrar-se localizada nas adjacências de uma área de mineração de conchas calcárias pode estar induzindo alterações nos processos sedimentares locais.

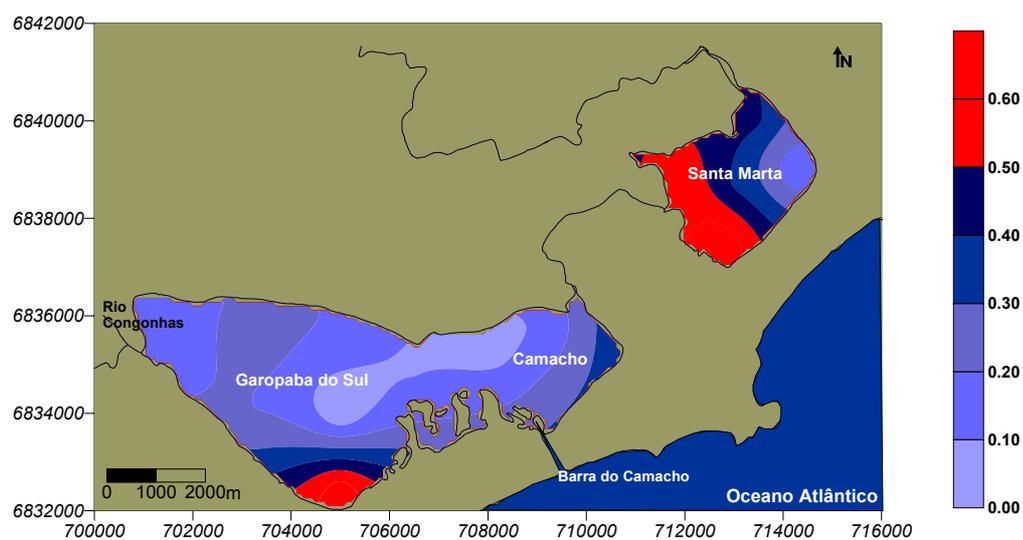


Figura 35 – Distribuição espacial da razão entre população de foraminíferos vivos sobre população total.

4.5 – Correlação entre os Descritores Sedimentológicos e Biológicos

As relações entre a morfologia de fundo, características granulométricas, teores de carbonatos e de matéria orgânica, nutrientes e descritores biológicos foram estudadas através de uma matriz de correlação baseada no cálculo do coeficiente de Pearson. Para o conjunto de 16 amostras foram considerados significativos valores de r acima de 0.426 BARBETTA (2001).

Tabela 2 - Matriz de correlação (r) entre os parâmetros físico-químicos dos sedimentos das Lagunas de Santa Marta e de Camacho & Garopaba do Sul, SC. Os valores estatisticamente significativos ($\alpha \leq 0,05$) encontram-se assinalados em azul.

	PROF	% MO	%CARBONAT	AREIAS	LAMAS	DIN	P - PO4	SiO3	TECAMEBAS	CALCARIOS	RIQUEZA
PROF	1.00										
% MO	0.05	1.00									
%CARBONAT	0.48	0.66	1.00								
AREIAS	-0.08	-0.83	-0.67	1.00							
LAMAS	0.08	0.83	0.67	-1.00	1.00						
DIN	-0.04	-0.12	-0.35	0.12	-0.12	1.00					
P - PO4	0.00	-0.35	-0.35	0.44	-0.44	-0.18	1.00				
SiO3	0.26	0.02	-0.05	-0.04	0.04	0.74	-0.27	1.00			
TECAMEBAS	-0.11	-0.25	-0.26	0.33	-0.33	0.16	-0.16	0.15	1.00		
CALCARIOS	-0.22	0.03	-0.11	-0.02	0.02	0.06	-0.19	-0.29	-0.24	1.00	
RIQUEZA	0.17	0.43	0.53	-0.48	0.48	-0.31	-0.36	-0.18	-0.36	0.31	1.00

A partir das correlações obtidas na Tabela 2, pode-se destacar as seguintes observações:

A matéria orgânica foi o descritor que se apresentou correlacionado significativamente com o maior número de variáveis analisadas, tendo sido encontrado um maior coeficiente de correlação desta propriedade com as porcentagens de areia e lama (maiores valores de MO estão associados a sedimentos mais lamosos). Os teores orgânicos também estão relacionados diretamente aos teores de carbonatos, apresentando um coeficiente de correlação de 0,66, ou seja, a variação da matéria orgânica explicou 43% da variação dos teores de carbonato. A riqueza em espécies também apresentou correlação significativa, com índices de 0,43. Estas relações concordam com os resultados obtidos por KNEIP *et al.* (1998). Segundo este autor, a matéria orgânica presente no sedimento se encontra disponível como alimento para várias espécies, encontrando-se assim uma correlação direta entre teor de matéria orgânica e a densidade de espécies bentônicas.

Os teores de carbonato apresentaram correlações negativas com as areias e positivas com as porcentagens de lamas e com a riqueza de foraminíferos. Quanto maior a porcentagem de areia do sedimento menor a quantidade de carbonatos. A quantidade de carbonatos explicou 28% da riqueza de foraminíferos.

As areias apresentaram correlação positiva com o fosfato (0,44) e correlação negativa com a riqueza de espécies de foraminíferos.

As lamas apresentaram um padrão de correlação inverso ao padrão visto na areia. Foi verificada uma correlação positiva deste parâmetro com a riqueza de espécies e uma correlação inversa com o fosfato.

Os valores de nitrogenados inorgânicos dissolvidos apresentaram correlação com os valores de sílica dos sedimentos ($r = 0,74$).

4.6 – Integração dos Descritores Sedimentológicos através da Análise de Agrupamento.

De modo a agrupar as estações de acordo com suas semelhanças biosedimentológicas, alguns dos resultados sedimentológicos descritos nos itens anteriores foram integrados em uma matriz de distância (Modo Q), utilizando-se como coeficiente de WARD (*Minimum Variance*). A formação dos grupos amostrais, denominados aqui como sub-ambientes, foi representada na forma de dendrograma (Figura 36), utilizando-se como estratégia de agrupamento o coeficiente do Quadrado da distância Euclideana (*Squared Euclidean*).

Os descritores escolhidos para compor a matriz de dados foram: valores de pista efetiva para o vento NE, % de carbonatos, % de matéria orgânica, % de lamas, curtose, grau de seleção, diâmetro médio, mediana, concentração de nitrogenados inorgânicos dissolvidos, fosfato, sílica e parâmetros biológicos (frequência relativa das espécies mais abundantes, riqueza de foraminíferos, porcentagem de testas calcárias, abundância de tecamebas). Para minimizar os problemas decorrentes de escalas distintas, os dados foram logaritmizados

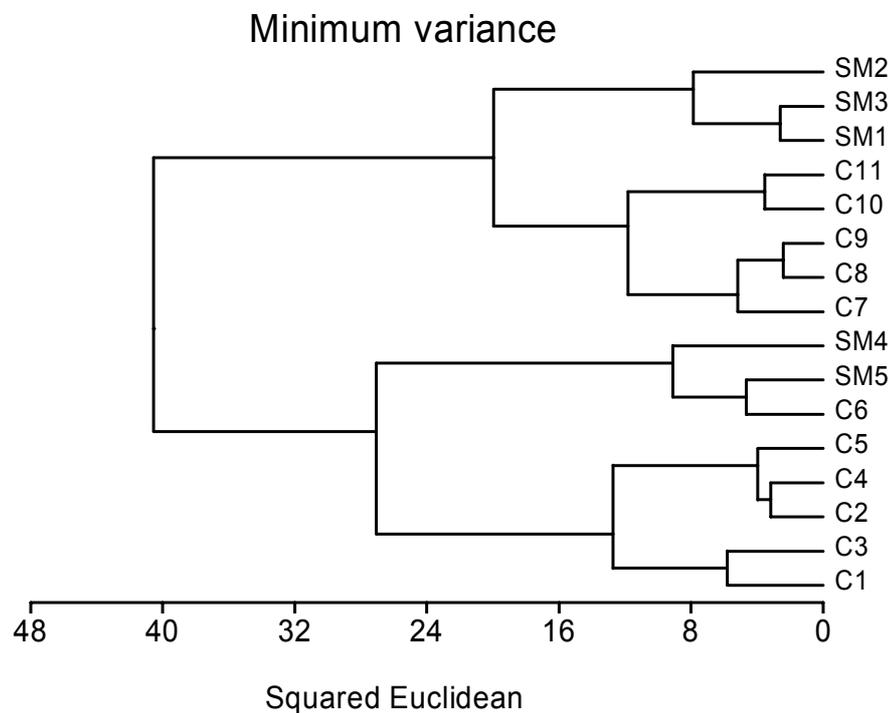


Figura 36 – Dendrograma gerado pela análise de agrupamento no modo Q. (entre as variáveis)

Observa-se no dendrograma a ocorrência de 4 setores diferentes dentro da área de estudo, considerando um nível de corte de 16. Nesta proposta de agrupamento a laguna de Santa Marta apresentou dois setores diferentes. Os pontos SM1, SM2 e SM3 reuniram-se no setor 1, enquanto os pontos SM4 e SM5 reuniram-se no setor 2. A estação C6, localizada no extremo sul do segmento de Garopaba do Sul, também foi agrupada junto a este setor.

O setor 3 foi composto pelos pontos C1, C2, C3, C4 e C5, compreendendo o segmento do Camacho em sua totalidade mais a estação C5 na zona de contato com o segmento de Garopaba do Sul. Por fim, o setor 4 foi formado pelos pontos C7, C8, C9, C10 e C11, que compreende o segmento de Garopaba do Sul.

A Figura 37 apresenta a distribuição espacial destes setores plotada sobre uma imagem de satélite (Landsat TM 3 +.) para facilitar a interpretação.

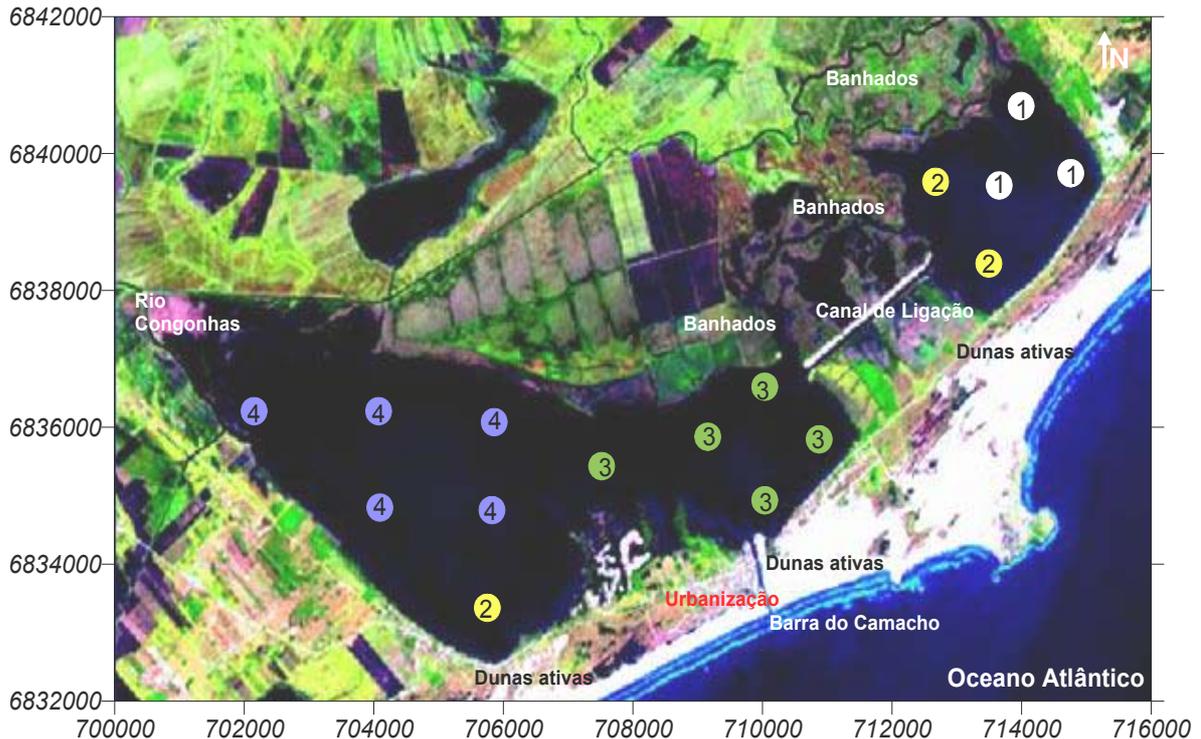


Figura 37 – Proposta de setorização baseado em aspectos sedimentológicos das lagoas de Santa Marta e do Camacho & Garopaba do Sul, SC.

4.6.1 – Setor 1

Localizado na parte centro-norte da laguna de Santa Marta. Reuniu as estações SM1, SM2 e SM3. O substrato deste setor é composto predominantemente por lamas (96,33%) pobremente selecionadas e possui os maiores teores de carbonatos (com valor máximo de 8,57% no ponto SM3 e mínimo de 7,16% em SM2), de matéria orgânica (máximo de 14% em SM2 e mínimo de 4,88% em SM1) e de nitrogenados inorgânicos dissolvidos (média de 6,69 mg/l) desta laguna. A sílica apresentou uma concentração média de 1,59 mg/l, sendo que o maior valor foi encontrado no ponto SM3 e o menor foi de 0,68 mg/l em SM1.

Os maiores valores de pista efetiva encontrados neste setor estão associados aos ventos advindos do quadrante sul, com superfície de espelho d'água para atuação do vento de no máximo 2,26 km (em SM1). As características granulométricas, assim como a posição destas três estações no Diagrama de PEJRUP (1988) revela um ambiente com baixa hidrodinâmica, favorável à deposição de partículas finas. Estas partículas podem ser constituídas, segundo LAYBAUER (2001), por argilo-minerais, matéria orgânica e

óxidos e hidróxidos de Fe e Mn, elementos estes responsáveis por uma parcela significativa de poluentes no meio aquoso. Pelo fato dos sedimentos representarem um compartimento integrador e concentrador de poluentes, este setor merece atenção especial em função das suas características composicionais e hidrodinâmicas,.

As áreas fonte das lamas e do material orgânico podem estar relacionadas ao sistema de drenagem do Rio Tubarão. Parte deste material carregado pelo rio pode estar sendo transportadas por agentes hidrodinâmicos locais (correntes fluviais, marés e ventos) para dentro da laguna de Santa Marta via canal de ligação Santa Marta/Tubarão (Figura 38). Esse material (sedimentos finos + matéria orgânica + nutrientes) vem carregado em suspensão na coluna d' água, perdendo energia e se depositando preferencialmente neste setor da laguna. Os carbonatos encontrados neste setor podem estar relacionado a disponibilidade de matéria orgânica e a textura fina dos sedimentos de superfície. A riqueza de foraminíferos neste setor variou entre 9 (SM 1 e SM 3) e 6 espécies (SM2). *Miliammina* spp. foi o gênero dominante nestas amostras, seguido por *Ammotium* spp. e *Spiroplectammina* spp. As testas calcárias apareceram em diferentes proporções neste setor, sendo mais importantes no ponto SM1 (representaram 14 % do total de testas encontradas). Não foi encontrada nenhuma tecombeba neste setor.

Os principais tipos de ocupação das margens deste setor estão relacionados a presença de pequenas comunidades de pescadores e turistas, fazendas de arroz e, mais recentemente, de cultivo de camarões marinhos. Encontram-se ainda áreas de campos secos e banhados adjacentes a margem oeste (Figura 39). (BELTRAME, 2003).

A porção mais distal deste setor se intercala com feições arenosas, características do setor 2.



Figura 38– Vista aérea da margem norte da laguna de Santa Marta



Figura 39 – Vista aérea da margem noroeste da laguna de Santa Marta

4.6.2 - Setor 2

Neste setor foram agrupado as estações SM4, SM5 e C6. Seu substrato apresenta uma composição de 85,91% de areias, com teores relativamente baixos de matéria orgânica (média de 0,81%) e de carbonatos biodetríticos (média de 1,13%). O teor médio de nitrogenados inorgânicos dissolvidos encontrados foi de 4,2 mg/l NID, com o valor máximo no ponto C6 (5,01 mg/l NID) e mínimo no ponto SM4 (3,42 mg/l NID). O fosfato apresentou uma concentração de 0,49 mg/l PO⁴ no ponto C6 e não foi detectado em nenhum ponto em Santa Marta. A sílica apresentou uma concentração média de 0,54 mg/l SiO³, sendo que o maior valor encontrado foi de 0,68 mg/l SiO³ em SM5 e o menor foi de 0,42 mg/l SiO³ em SM4.

Podemos supor que a área fonte das areias que caracterizam este setor seja os depósitos do sistema eólico ativo, mapeados por GIANINI (1993) na borda leste da Planície Costeira (Figura 40). O mecanismo de transporte vigente neste setor parece estar diretamente relacionado a ação dos ventos, os quais carregam para o interior das lagunas areias provenientes do cordão arenoso. Neste sentido, o vento nordeste é o que apresenta maior atuação neste setor, conforme observado através dos valores de pista efetiva encontrados para estes pontos. O ponto C6 (Figura 41) é, dentre os três pontos, o local sob maior influência dos ventos deste quadrante, dado o maior valor de pista efetiva aí obtido. Outro agente hidrodinâmico atuante no setor pode ser as ondas interiores geradas pelo vento e que promovem a ressuspensão dos sedimentos depositados nas praias lagunares. Sobre os sedimentos finos, estes podem estar chegando para este setor através do canal de ligação com o Rio Tubarão (da mesma forma que no setor 1), a partir das áreas úmidas marginais a este setor (Figura 38 e 39) e pelo canal de ligação com a lagoa do Laranjal, no caso da estação C6.

A intensidade dos processos de sedimentação neste setor também foi observada analisando-se o comportamento dos descritores biológicos. As estações reunidas neste setor foram as que apresentaram os maiores valores da razão vivos:total.

Na área emersa proximal a este setor – em Santa Marta - existem na parte oeste banhados, campos úmidos, áreas com vegetação arbórea e arbustiva e

fazendas de carcinicultura, associados a campo de dunas e urbanização, sendo que estes dois últimos ocorrem em setores proximal a margem leste desta laguna. (BELTRAME, 2003). Já no segmento lagunar de Garopaba do Sul, próximo ao ponto C6, predomina a ocorrência de dunas, áreas de pastagem e urbanização. Um pouco mais ao norte deste ponto há também a extração de conchas.

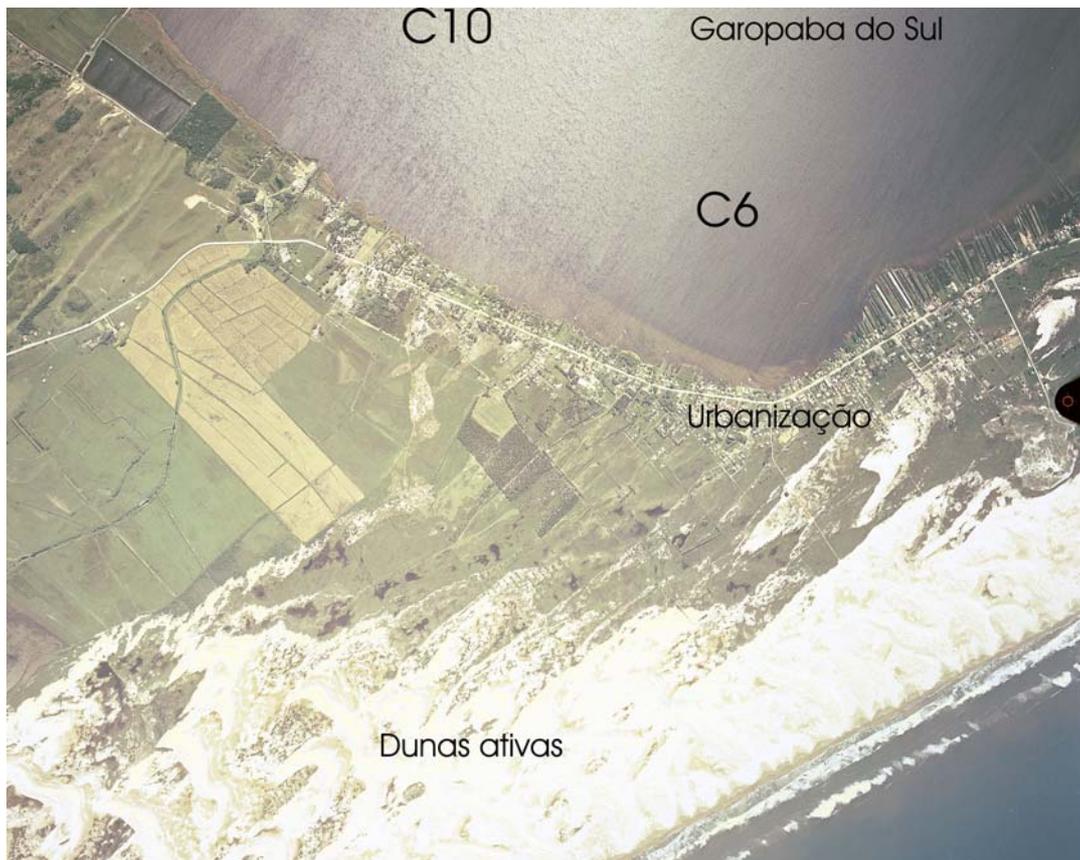


Figura 40 – Vista parcial do setor 2, destacando o campo de dunas ativo (sentido S-N).

4.6.3 - Setor 3

Este setor compreende todo o segmento lagunar do Camacho, reunindo os pontos C1, C2, C3, C4, mais o ponto C5 localizado entre Camacho e o segmento de Garopaba do Sul. A composição deste substrato é de 77,21% areia e de 22,78% de lamas, com teores relativamente baixos de matéria orgânica (média de 1,17%) e de carbonatos biodetríticos (média de 2,07%). A concentração de nitrogenados inorgânicos dissolvidos variou entre 4,16 mg/l no ponto C2 e 3,41 mg/l no ponto C1. O fosfato apresentou uma concentração média de 0,096 mg/l e a sílica de 1,12 mg/l.

A área fonte das areias encontradas neste compartimento pode ser tanto a barreira arenosa que separam os corpos lagunares do oceano, quanto a plataforma continental adjacente (Figura 41). O transporte deste material pode estar associado ao vento e as correntes de maré, respectivamente.

Os níveis relativamente baixos de matéria orgânica e de nutrientes, se comparados aos setores 1 e 4, assim como a maior riqueza de foraminíferos e a participação expressiva de espécies calcárias, sugerem um menor grau de confinamento deste compartimento. A presença do canal de comunicação entre este setor e o mar pode ser o principal responsável pela maior renovação das águas neste trecho, o que se reflete nas características composicionais do substrato (Figura 4),

Na margem leste deste setor, BELTRAME (2003) cita a ocorrência de dunas, vegetação de dunas e urbanização. Na porção norte e oeste existem banhados, campos úmidos, sendo que atuação humana neste local se faz, sobretudo através de fazendas de carcinicultura.



Figura 41 – Vista aérea parcial do setor 3 – Destaque para o campo de dunas ativas e para o canal de comunicação entre a laguna e o mar (Barra do Camacho).

4.6.4 - Setor 4

Este setor compreende os pontos C7, C8, C9, C10 e C11, que se caracterizam por apresentar substrato composto de 54,18% de areia e 45,80% de lamas. O teor médio de matéria orgânica é de 3,70% com máximo de 8,27% em C7 e mínimo de 1,5 % em C11. Com relação ao carbonato biodetríticos, o valor médio encontrado foi de 8,74% com máximo de 14,56% em C7 e mínimo de 5,04% em C11. O valor médio de nitrogenados inorgânicos encontrado foi de 6,0 mg/l NID, com máximo de 9,08 mg/l em C7 e mínimo de 3,68 mg/l em C9. A média de fosfato foi 0,11 mg/l e da sílica foi de 1,56 mg/l.

A equivalência entre os teores de areias e de lamas pode estar refletindo a participação equitativa de pelo menos duas fontes de sedimentos distintas, assim como distintos agentes de transporte. As areias podem estar associadas à processos de transformação da barreira arenosa sobre a qual se configuraram as lagunas estudadas, ao deslocamento dos grãos a partir dos campos de dunas ativas através da ação do vento e à lavagem de praias lagunares. Já os sedimentos mais finos têm sua fonte mais provável relacionada a descarga do rio Congonhas (Figura 42) e dos demais canais de drenagem que aportam neste setor. Neste sentido, as lamas podem ser fruto do processo de desintegração química das rochas do embasamento que são transportadas até as lagunas pelos cursos d'água, e uma vez que atingem a área das lagunas permanecem sujeitas a hidrodinâmica interna até atingirem condições de deposição.

Do ponto de vista dos descritores biológicos este setor se caracteriza pela ocorrência de tecamebas e pela ausência de testas calcárias. Tais resultados caracterizam este sub-ambiente como sendo sujeito a maior influência fluvial na área de estudo. Esta observação é corroborada pelos valores de riqueza observados nos pontos C7 e C11, ambos com apenas 2 gêneros, o que reflete o estresse ecológico destes locais para a fauna bentônica com preferências marinhas.

De modo geral, as características biosedimentológicas deste setor sugerem, assim como no setor 1, maior preocupação em relação a sua utilização, devido sua capacidade de concentração e integração de elementos disponíveis no meio aquático.

Os tipos de uso e vegetação existentes na parte emersa proximal a este setor envolvem, segundo BELTRAME (2003): vegetação arbórea e arbustiva, campos úmidos, agricultura e atividades ligadas a maricultura.



Figura 42 – Vista aérea parcial do setor 4 – destaque para o rio Congonhas.

4.7 - Análise dos Componentes Principais

Este procedimento estatístico foi utilizado como recurso auxiliar na interpretação dos agrupamentos que levaram a proposta de setorização lagunar apresentada no item anterior. A matriz de dados utilizada para a análise dos componentes principais foi a mesma utilizada para a análise de agrupamento e o gráfico com os vetores (variáveis) relacionado com os pontos amostrais encontra-se na Figura 43. Nesta forma de representação gráfica, o tamanho e a orientação dos vetores indicam a influência de cada variável na distribuição das estações.

Nota-se que a ocorrência das espécies *Pseudoclavina gracilis*, *Ammobaculites exiguus* e principalmente *Ammotium salsum* foram as variáveis responsáveis pelo agrupamento dos pontos SM4, SM5 e C6. Estas espécies estão dispostas no eixo oposto ao dos vetores do percentual de lamas e de

matéria orgânica. Tal resultado pode estar indicando a preferência destes organismos por áreas mais arenosas e menos enriquecidas.

Percebe-se também que o percentual de matéria orgânica, o percentual de carbonatos biodetríticos, o grau de seleção e a concentração de nitrogenados inorgânicos dissolvidos, em conjunto com a frequência de tecamebas, de *Miliammina* spp. e de *Ammotium pseudocassis*, apresentaram um comportamento espacial similar, atuando no agrupamento dos pontos C7, C8, C9, C10 e C11 no eixo 2, e dos pontos SM1, SM2 e SM3 no eixo 1. Este último sendo influenciado, principalmente pela ocorrência de *Ammotium cassis*.

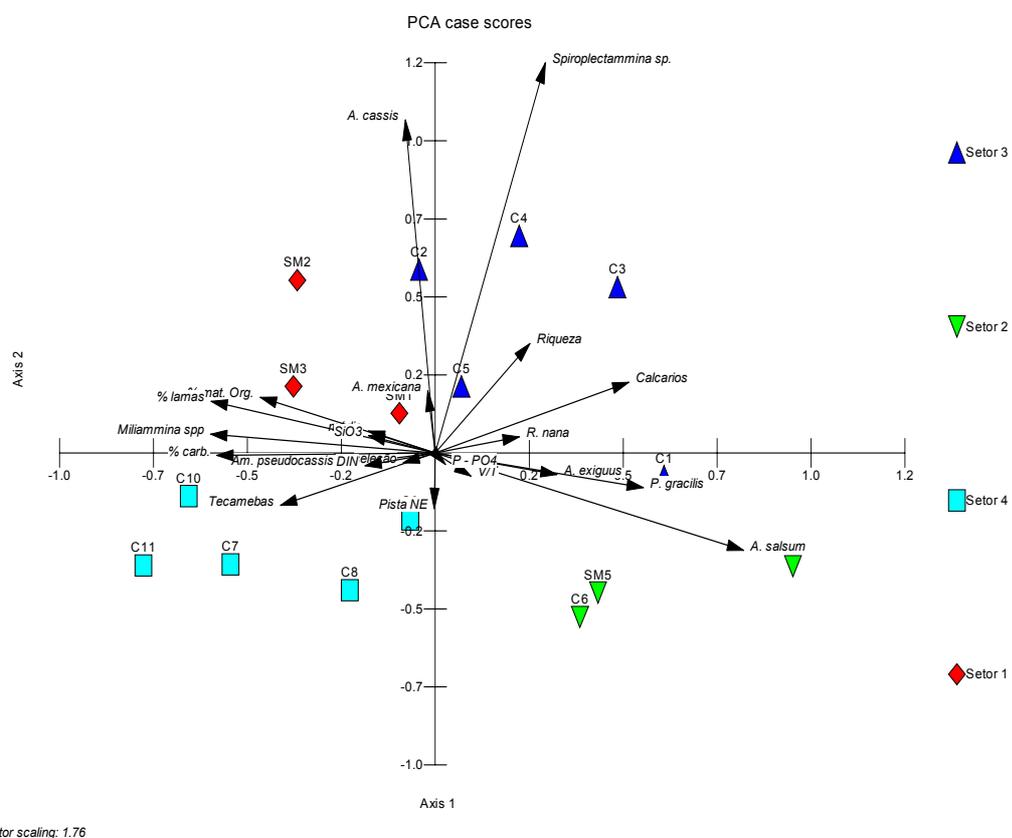


Figura 43 – Gráfico de vetores referentes a Análise de Componentes Principais

Outra informação que pode ser extraída desta representação gráfica é a distribuição inversa entre os valores de riqueza e testas calcárias em relação a ocorrência de tecamebas. Este resultado demonstra que descritores biológicos bastante simples de serem quantificados podem indicar o gradiente de influência marinha que se estabelece ao longo de um corpo lagunar.

Este tipo de tratamento aplicado ao conjunto de dados facilita a interpretação dos resultados obtidos através do agrupamento, uma vez que direciona as variáveis aos pontos amostrados, chamando a atenção para o comportamento de cada variável dentro do conjunto amostrado.

4.8 – Síntese dos resultados obtidos.

A tabela 3 abaixo é uma síntese dos resultados obtidos a partir das análises estatísticas aplicadas, destacando as variáveis que melhor definiram o agrupamento proposto. Tabela 3 – Valores médios e desvio padrão das principais variáveis.

Variáveis	Setores	1	2	3	4
	% Lamas		96,13 +- 3,18	14,08 +- 12,03	22,78 +- 2,09
% Matéria Org.		10,41 +- 4,86	0,81 +- 0,45	1,17 +- 0,40	3,70 +- 2,84
% Carbonatos		8,06 +- 0,78	1,13 +- 0,59	2,07 +- 0,76	8,73 +- 4,24
NID'S		6,69 +- 0,90	4,2 +- 0,30	3,6 +- 0,79	6 +- 2,39
Fosfatos		0	0,09 +- 0,09	0,09 +- 0,28	0,11 +- 0,15
Silicatos		1,59 +- 1,01	0,56 +- 0,28	1,12 +- 0,13	1,56 +- 0,86
% Testas calcárias		4 +- 5,29	2,33 +- 2,51	3 +- 3,33	0
% Testas aglutinantes		96 +- 5,24	97,67 +- 2,39	97 +- 3,65	100
Tecamebas total		0	0	2	16

As concentrações de lamas, associadas à matéria orgânica e nutrientes inorgânicos dissolvidos, verificadas nos setores 1 e 4 sugerem que ambos apresentam um grau de confinamento maior que os demais, apresentando características de sítios preferenciais para a deposição de partículas finas e por isso devam receber uma atenção especial. O setor 4 diferencia-se também por apresentar indicadores de maior influência fluvial, tais como, o maior número de tecamebas e a ausência de testas de foraminíferos calcários.

5- CONCLUSÃO

Consideramos que a metodologia aplicada neste trabalho demonstrou ser satisfatória e nos permitiu atingir os objetivos propostos. O espaçamento da malha amostral utilizada, que gerou um reduzido número de estações pode estar mascarando descontinuidades na distribuição sedimentológica, porém foi compensada pela diversidade de análises as quais as amostras foram submetidas.

A análise conjunta dos descritores morfométricos, sedimentológicos e biológicos permitiu identificar padrões de distribuição sedimentar semelhantes, assim como descontinuidades na distribuição de algumas propriedades que constituem o substrato lagunar.

Embora os dois corpos lagunares apresentem o mesmo processo de formação, com este trabalho foi possível discutir diferenças sedimentológicas provavelmente relacionadas a processos hidrodinâmicos distintos atuantes nestes dois corpos lagunares. Todavia, algumas das diferenças quantificadas neste trabalho são propostas que ainda devem ser melhor compreendidas.

Os parâmetros morfométricos tais como largura, comprimento, perímetro, profundidade e pista efetiva de vento auxiliaram a identificação de zonas potencialmente sujeitas aos processos de deposição, erosão e transporte.

O cálculo de pista efetiva para condições de vento Nordeste indicou que o trecho sul da laguna de Santa Marta e o segmento lagunar de Garopaba do Sul são as áreas que sofrem mais influência deste vento dentro da área do estudo. Com relação ao vento sul, as áreas que mais são influenciadas pela ação do vento são os trechos norte de Santa Marta e do segmento de Garopaba do Sul (C8 e C9). Percebe-se, assim, através deste descritor morfométrico, que as lagunas podem ter seus sedimentos remobilizados na porção norte em função do vento sul, e na porção sul, em função do vento nordeste. Isso faz com estes corpos d'água apresentem padrão de ressuspensão e, conseqüente, sedimentação variável. Embora os maiores valores de pista efetiva tenham sido obtidos para condições de vento nordeste, deve ser ressaltado que este é um cálculo estático e não leva em consideração a velocidade do vento. Isso deve ser

colocado porque na área de estudo o vento dominante é o nordeste, mas o reinante, ou seja, aquele que atinge velocidades maiores, vem do quadrante sul.

A partir dos estudos batimétricos percebeu-se que as lagunas estudadas são corpos aquosos rasos com morfologia de fundo caracterizada pela ocorrência de áreas de depressão associadas a presença de bancos marginais. Quando se associou o modelo digital de terreno com a distribuição granulométrica dos sedimentos da área do estudo, o resultado obtido sugeriu que parte da barreira arenosa adjacente se prolonga laguna adentro formando as áreas rasas denominadas de bancos, enquanto os sedimentos finos, matéria orgânica, carbonatos, sílica e nitrogenados inorgânicos dissolvidos se depositam preferencialmente nos locais mais profundos.

Além das características morfométricas, a composição granulométrica foi um dos descritores que melhor evidenciaram as particularidades destas lagunas. Enquanto o substrato da laguna do Camacho & Garopaba do Sul é composto predominantemente por areias, com média de 67,68% e pequena participação de argilas (9.42%), a laguna de Santa Marta apresentou-se composta predominantemente por lamas (sendo 21.48% correspondente as argilas).

Com relação à origem do material clástico depositado no fundo lagunar, pode-se supor que a barreira arenosa esteja atuando como área fonte de sedimentos grossos para dentro das lagunas, enquanto que as lamas podem estar associadas a dissolução dos feldspatos contidos nas rochas graníticas do embasamento e que são transportados para as lagunas pelo curso dos rios Tubarão e Congonhas e também a partir das áreas úmidas marginais, sendo os finos, neste caso, de origem autóctone.

As concentrações de matéria orgânica, carbono biodetrítico e compostos nitrogenados acompanharam a distribuição espacial dos sedimentos finos, apresentando os maiores valores no setor norte de Santa Marta e no segmento lagunar de Garopaba do Sul. A maior concentração de matéria orgânica dentro da área do estudo foi encontrada na laguna de Santa Marta, próximos a área central da laguna. Este teor orgânico encontrado deve estar sendo produzido dentro da bacia hidrográfica do rio Tubarão, sendo transportado em meio aquoso para dentro da laguna via canal de ligação. No Camacho & Garopaba do Sul o maior teor de matéria orgânica foi encontrado dentro do segmento lagunar de Garopaba do Sul nas proximidades do ponto C7. Pela proximidade podemos supor que esta

carga orgânica encontrada pode estar sendo gerada na sub bacia do rio Congonhas que deságua no extremo leste do segmento lagunar de Garopaba do Sul.

As correlações significativas dos teores de carbonato biodetrítico com as lamas, a matéria orgânica e a riqueza de espécies de foraminíferos pode ser interpretada como reflexo da origem autóctone deste composto. Através desta informação podemos supor que os carbonatos biodetríticos encontrados devem estar associados a organismos que vivem sob o substrato lamoso e que retiram do material orgânico disponível energia para sobreviver. Não se descarta, no entanto, a possibilidade desta correlação estar refletindo apenas um padrão de sedimentação semelhante destes constituintes do substrato, conforme já detectado anteriormente por KNEIP *et al.* (1998).

Em relação aos nutrientes estudados, a sílica e os nitrogenados dissolvidos apresentaram um padrão de sedimentação semelhante ao dos sedimentos finos. Embora estatisticamente esta relação não tenha se mostrado significativa, é coerente supor que ocorre maior retenção dos compostos nutritivos nas áreas de menor energia e maior concentração de orgânicos. A presença de argilo-minerais também pode ser um fator concentrador de nutrientes, dada a capacidade de absorção elétrica destas moléculas. Já os fosfatos apresentaram-se em concentrações muito baixas na área de estudo como um todo. Pelo fato de receber águas do rio Tubarão, da existência de banhados adjacentes e por apresentar um percentual relativamente alto de matéria orgânica, esperava-se que a laguna de Santa Marta apresentasse teores elevados de fosfatos, e, no entanto, o que se verificou foi que esta laguna apresentou níveis não detectáveis deste nutriente. Uma explicação para tal resultado pode ser a presença de bancos de macroalgas nesta laguna, as quais atuariam como agentes controladores do enriquecimento deste nutriente. Não se descarta no entanto, a ocorrência de problemas metodológicos relacionados a determinação deste nutriente no sedimento, ressaltando-se assim a necessidade de uma investigação mais aprofundada do tema.

Os descritores biológicos utilizados na área de estudo sugerem que a laguna de Santa Marta apresenta melhores condições para a sobrevivência de espécies bentônicas com preferências marinhas do que a laguna do Camacho & Garopaba do Sul. A influência marinha foi verificada indiretamente através do

mapeamento da distribuição dos foraminíferos calcários e dos valores de riqueza das estações. Segundo os resultados obtidos parece ocorrer uma penetração da cunha salina no setor norte da laguna de Santa Marta, através do canal de ligação com o rio Tubarão. Estudos realizados na desembocadura do rio Tubarão por BELTRAME (2003) revelam que este ponto do rio apresenta estratificação vertical da coluna d'água, sendo dominado por águas marinhas próximas ao fundo ao longo de todo um ciclo de maré. Como este canal de ligação entre a laguna de Santa Marta e o rio Tubarão se encontra próximo ao ponto estudado por BELTRAME (*op. cit*), pode-se supor que a cunha salina lá verificada tem a competência para levar águas marinhas para o interior de Santa Marta, a ponto de permitir a sobrevivência de organismos marinhos na porção norte deste corpo lagunar. A influência marinha se dissipa em Santa Marta no sentido norte-sul. Ainda baseado nos foraminíferos bentônicos, a porção leste do segmento lagunar do Camacho também se mostrou sob influência do aporte de águas marinhas, o que já era esperado dada a presença do canal de comunicação entre esta laguna e o mar estar localizado neste trecho.

Já em relação a influência fluvial nestes corpos lagunares, o descritor utilizado foi a ocorrência de indivíduos pertencentes ao grupo das tecamebas. Os resultados obtidos indicam que os sedimentos localizados na porção oeste do segmento lagunar de Garopaba do Sul são os que encontram-se sujeitos a maior influência fluvial.

A associação das características composicionais discutidas acima através de técnicas de estatística multivariada (Análise de Agrupamento e Principais Componentes) permitiram distinguir quatro (04) setores com características biosedimentológicas distintas dentro da área de estudo. O primeiro setor reuniu as estações localizadas na porção norte de Santa Marta; o segundo setor as estações da porção sul desta laguna e uma estação no sul de Garopaba do Sul; o terceiro setor agrupou as estações do segmento lagunar do Camacho e o último setor reuniu as estações de Garopaba do Sul. Tais setores se individualizaram refletindo o gradiente hidrodinâmico responsável pelos processos de sedimentação dominantes na área.

Dentre os setores identificados, dois deles merecem atenção especial: o setor 1 (norte de Santa Marta) e o setor 4 (Garopaba do Sul). Estes dois setores apresentaram as maiores concentrações de argila da área de estudo. Esta

informação sugere que estes setores apresentam regime hidrodinâmico inferior as demais áreas, parecendo ser sítios preferenciais de acumulação de partículas e de colonização biológica. Ambos apresentaram também características favoráveis ao enriquecimento orgânico, revelando assim vulnerabilidade aos processos de eutrofização.

Neste sentido, recomenda-se que o desenvolvimento de áreas urbanas ou atividades impactantes adjacente a esta laguna sejam planejados no sentido do controle de efluentes para o interior das mesmas.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAISH, P & SANTOS, I.R. Avaliação Preliminar da Ressuspensão de Sedimentos no Saco da Mangueira: Papel do Vento e Importância Ambiental. BOLETIM DE RESUMOS DA XIII SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 2000, Itajaí(SC). 2000.

BARBETTA, P. A. Estatística Aplicada a Ciências Sociais. 4º ed. – Florianópolis : Ed. Da UFSC, 338p, 2001.

BELTRAME, E. Aplicação de Geotecnologias na Seleção de Sítios para Cultivo de Camarões Marinhos e o Planejamento da Atividade. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geografia. Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BIRD, E. Coastal Geomorphology: An Introduction. John Wiley & Sons Ltd. New York. 2000, 322 p.

BOLTOVSKOY, E. Los Foraminíferos Recientes: Biología, Métodos de Estudio, Aplicación Oceanográfica. Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1965.

BONETTI FILHO, J.; FURTADO, V.V. Modelo Digital de Terreno Aplicado ao Estudo de Feições Costeiras Submersas no Litoral Sul do Estado de São Paulo. Revista de Geociências, UNESP. 15(2): 367 - 380, 1996.

BONETTI, C.: Associação de Foraminíferos e Tecamebas Indicadoras de Sub-Ambientes Recentes na Zona Estuarina do Rio Itapitanguí - Cananéia, SP. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo, 1995.

BONETTI, C., BURONE, L.M., BUSSOLO JR., G., FARACO, K., LEAL, P.C. e BONETTI, J. Considerações Sobre o Sistema Estuarino Lagunar do Itapocu (SC) com Base no Uso de Foraminíferos como Bioindicadores Ambientais. BOLETIM DE RESUMOS DA XIII SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 2000, Itajaí(SC). 2000.

BONETTI, C. BONETTI-FILHO, J. & BELTRAME, E. (in press). The influence of natural and anthropogenic agents in the determination of sedimentary environments at Itapocu Estuarine-Lagoonal System, Santa Catarina, Brazil. Journal of Coastal Research, SI 39, ICS 2004 Proceedings, Brazil (in press).

BONETTI, C.; OLIVEIRA, D.A.G.; BONETTI FILHO, J.; BELTRAME, E.; SANTOS, R.; MARINO, V.; Estudo Ambiental da Laguna do Camacho/Garopaba do Sul (SC) Baseado na Avaliação de Indicadores Oceanográfico. Boletim de Resumos, VIII Congresso da ABEQUA, 14 - 20 de Outubro de 2001. Imbé RS, pg 533 - 535.

BRASIL. Lei n 9.433, de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/principal_ano.htm. Acesso em julho de 2002.

BÚSSOLO JR., G.; FARACO, K.R.; LEAL, P.C.; MARINO, M.V.; BONETTI, C.; BONETTI FILHO, J. Aspectos Sedimentológicos do Sistema Estuarino-Lagunar do Itapocu, SC. BOLETIM DE RESUMOS DA XIII SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA, 2000, Itajaí(SC). 2000.

CARUSO JUNIOR, F. Mapa Geológico e de Recursos Naturais do Sudeste de Santa Catarina. Brasília, DNPM, 1995.

CHLUDINSKI, A.P. Integração de Dados Oceanográficos e de Sensoriamento Remoto na Análise Espacial de Águas Costeiras Visando a Setorização da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo e Baía de Tijucas, SC. Dissertação de

Mestrado. Programa de Pós Graduação. Departamento de Geociencias. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

COIMBRA, A.M.; GÓES, A.M.; YAMAMOTO, J.K.; Análise Granulométrica de Sedimentos. In: Apontamentos de Sedimentologia. Universidade de São Paulo, 1991.

COOPER, J.A.G. Lagoons and Microtidal Coasts. In: CARTER, R.W.G. and WOODROFFE, C.D. (Ed), Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics. Cambridge University Press. UK, 1994, p 219 – 266.

DEBENAY, J.P.; PAWLOWSKI, J. e DECROUEZ, D. Lês Foraminifères Actuales. Masson Editeur. Saint Germain, Paris. 1996.

ESTEVEZ, F.A.; Lagoas Costeiras: Origem, Funcionamento e Possibilidade de Manejo. In: Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). Núcleo de Pesquisas de Macaé - UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina: Relevância de Parâmetros de Qualidade das Águas Aplicados à Águas Correntes . Parte I: Características Gerais, Nutrientes, Elementos Traços e Substancias Nocivas Inorgânicas. Tradução de Jorg Henri Saar. FATMA/GTZ, Florianópolis, SC, 108p, 1999.

FLEMMING, B.W.; A Revised Textural Classification of Gravel-Free Muddy Sediments on the Basis of Ternary Diagrams. Continental Shelf Research 20. p 1125 - 1137, 2000.

FONZAR, B.C. A Circulação Atmosférica na América do Sul: Os Grandes Sistemas Planetários e Subsistemas Regionais que Atingem o Continente. Localização e Trajetória. In: Caderno de Geociencia, n 11: 11-33, jul/set. Rio de Janeiro, 1994.

FORNARI, M. Sistema Lagunar Imaruí-Santo Antônio: um Estudo do Significado dos Parâmetros Granulométricos. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Educação – UDESC, Florianópolis, 2003, 51p.

FURTADO, S.M.A & SANTOS, E. Caracterização de Metais Pesados na Área da Estiva dos Pregos, SC. Revista do Departamento de Geociências CFH/UFSC – GEOSUL. Editora UFSC, nº 17, ano IX, Florianópolis, P 50 – 61, 1994.

GAMA, R.M.; FREITAS, A.C.; SILVA, M.P.; MOLLER JR.,O.O. Análise Comparativa das Características Termohalinas da Plataforma Continental Sul do Brasil. Caderno de Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. FURG. 18 a 24 de Out. Rio Grande. RS. 1998

GIANINI, C.F.; Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geologia Sedimentar. Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, 1993.

GOLDEN SOFTWARE, INC. Surfer for Windows. Version 7.0 – 809 th Street, Golden, CO, USA, 1997.

GOZALEZ, A.S.; ALMEIDA, E.; GARCIA, V.M.T.; Características Bio-Ópticas do Fitoplâncton na Costa Sul do Brasil. Caderno de Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. FURG. 18 a 24 de Out. Rio Grande. RS. 1998.

GROSS, M.G. Carbon Determination. In: CARVER, R.E (Ed) Procedures in Sedimentary Petrology. Wiley Interscience. New York, 1971.

HAKANSON, L. A Manual of Lake Morphometry. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York. 1981.

HAKANSON, L. Lake Bottom Dynamics and Morphometry: The Dynamic Ratio. Water Resources Research, Vol. 18, nº 5, p 1444 – 1450, October 1982.

HICKENBICK, G.R.; FERRO, A.L.; ABREU, P.C.; Taxa de Decomposição de Macrófitas Emergentes no Estuário da Lagoa dos Patos (RS).; Caderno de Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. FURG. 18 a 24 de Out. Rio Grande. RS. 1998

INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias. Divisão de Hidrodinâmica. Rio de Janeiro. v. I, IA. 1994.

ISLA, F.I.; Coastal Lagoons. In: PERILLO, G.M.E. (Ed) Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Elsevier Science, 1995, p 241 – 267.

KLEIN, A.H.; SCHETTINI, C.A.; CARVALHO, J.L.; DIEHL, F.P.; Implications of Inlet Stabilization on the Camacho Lagoon, Southern Brazil. Journal os Coast Research, SI (26). Fort Lauderdale, Florida, 1998, p 150 - 155.

KOVAC COMPUTING SERVICES. Multi Variate Statistical Package, Version 3.1. Pentraeth, Wales, UK, 1986 – 2001.

KNEIP, F.C.; Rosa Filho, J.S.; BENVENUTTI, C.E.; Interações Organismo-Sedimento em Distintos Habitats do Estuário da Lagoa dos Patos (RS - BRASIL). Caderno de Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. FURG. 18 a 24 de Out. Rio Grande. RS. 1998

LANDIM, P.M.B.: Analise Estatística de Dados Geológicos Multivariados. Textos Didáticos 3. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 120p, 2000.

LAPORTE, L.F. Ambientes Antigos de Sedimentação. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1988.

LAYBAUER, L.; BIDONE, E.D. Caracterização Textural dos Sedimentos de Fundo do Lago Guaíba e sua Importância em Diagnósticos Ambientais. Pesquisas em Geociencias, 28(1): 13 - 26. UFRGS, Porto Alegre, 2001.

MARINO, M.V.; CHLUDINSKI, A.P.; BONETTI FILHO, J.; Caracterização do Relevo Submerso no Contato entre as Baías Norte e Sul - SC com Base na Elaboração de um Modelo Digital de Terreno. Resumo. In: Anais Simpósio Brasileiro de Oceanografia. CD Rom. São Paulo, 26 a 30 de Agosto de 2002. IO-USP.

MENDONÇA, R. Camarão Campeão. Revista Época. Secção de Agronegócios. Edição 291, Dezembro de 2003. Disponível em: <http://edglobo.globo.br> – Acessado em 05.02.2004.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo, EDUSP, 2002.

OLIVEIRA, D. Análise Ambiental dos Canais da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém – SP, Brasil, Com Base Em Tecamebas e Foraminíferos. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP. Campus de Rio Claro, SP, 1999.

OLIVEIRA, D.A.G.; BONETTI FILHO, J.; BELTRAME, E.; Comportamento Temporal das Propriedades Físico-Químicas do Canal da Barra do Camacho, SC. Resumo. In: Anais Simpósio Brasileiro de Oceanografia. CD Rom. São Paulo, 26 a 30 de Agosto de 2002. IO-USP.

PANOSSO, R.F.; MUEHE, D.; ATTAYDE, J.L.. Morfometria das Lagoas Imboassica, Cabiunas, Comprida e Carapebus: Implicações Para Funcionamento e Manejo. Publish Editoração Gráfica, Rio de Janeiro, p 91 -107, 1998.

PEJRUP, M. The Triangular Diagram Used For Classification Of Estuaries Sediments: A New Approach. In: De Boer, P.L., van Gelder, A., Nios, S.D. (Eds). Tide Influenced Sedimentary Environmental and Facies. Reidel, Dordrecht, pp. 289-300, 1988.

PHELEGER, F.B. Some General Features of Coastal Lagoons. In: A. AYALA-CASTAÑARES and F.B. PHELEGER (Editors), *Lagunas Costeras, un Simposium*. UNAM-UNESCO, Mexico, pp. 5-26. 1969.

PORTO-FILHO, E.: *Sedimentometria e Algumas Considerações sobre a Biogeoquímica dos Sedimentos de Fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação. Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1993.

SEDUMA - SANTA CATARINA -. *Bacias Hidrograficas: Diagnóstico Geral*, Florianópolis, 1997.

SCHAFER, A. *Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais*. Ed. Da Universidade, UFRGS, Porto Alegre. Livro Texto, 532 p. 1984.

STEINECK, P. L. & CASEY, R. E. 1990. Ecology and Paleobiology of foraminifera and radiolarian. In: *Ecology of Marine Protozoa*. G. M. Capriulo (ed.). Oxford University Press, p. 46-138.

SUGUIO, K. *Introdução a Sedimentologia*. Edgar Blunchen, EDUSP, São Paulo, 1973.

TRUCCOLO, E.C.; FRANCO, D.; *Marés Meteorológicas e a Tensão do Vento Local em São Francisco do Sul, SC*. Caderno de Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. FURG. 18 a 24 de Out. Rio Grande. RS. 1998

TUREKIAN, K.K. *Oceanos. Serie de Textos Básicos em Geociências*. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1976.

VILLWOCK, J.A. *A Costa Brasileira: Geologia e Evolução*. Notas Tecnicas. CECO. UFRGS, Porto Alegre, n 7, p 38 - 49, 1994.

7 – ANEXOS

I – Localização dos pontos e morfometria

Pontos	X	Y	Prof (m)	Pista Sul (km)	Pista NE (km)
C1	6835315	710457	1.2	0.77	2.22
C2	6835843	709213	1.3	1.85	0.59
C3	6834486	709251	1.3	0.61	1.46
C4	6835202	708159	1.8	1.20	1.5
C5	6834825	706501	2	1.58	1.93
C6	6832490	704994	1.2	0.42	2.43
C7	6833997	704994	1.9	1.70	2.58
C8	6835504	704994	1.8	2.83	0.94
C9	6835504	703223	1.6	2.65	1.83
C10	6833997	703261	2	1.29	3.29
C11	6835504	701491	1.5	1.46	2.2
SM1	6840024	713433	1	2.26	0.52
SM2	6839007	714224	1.2	1.07	0.5
SM3	6838706	713018	1.4	1.42	1.56
SM4	6837500	712792	0.6	0.39	1.95
SM5	6839007	711963	1.2	1.26	1.43

II – Parâmetros Sedimentológicos

pontos	média	mediana	curtose	assimetria	seleção	% mat. Org.	% carb.	% areia	% silte	% argila	NID	P - PO4	SiO3
C1	2.52	2.48	2.53	0.40	1.02	0.66	1.36	89.83	7.79	2.37	3.41	0.18	1
C2	3.76	3.50	1.61	0.04	1.51	1.07	1.85	71.85	26.99	1.16	4.16	0.09	0.71
C3	2.88	2.74	2.00	0.47	1.17	1.91	1.78	90.57	9.42	0	3.46	0.21	1.48
C4	4.07	3.59	1.55	0.49	1.81	1.15	2.67	67.36	21.93	10.7	3.64	0	1.22
C5	4.41	3.55	1.10	0.56	2.13	1.09	2.73	66.45	20.88	12.66	3.57	0	1.2
C6	2.77	2.59	3.93	0.53	1.44	0.64	0.73	87.51	2.18	10.3	5.01	0.49	0.59
C7	4.83	4.20	0.71	0.34	2.37	8.27	14.56	48.52	36.72	14.75	9.08	0.14	2.79
C8	5.02	3.96	0.86	0.56	2.21	2.48	6.85	51.39	31.98	16.62	4.56	0.02	1.27
C9	4.20	3.56	3.42	0.64	1.68	1.65	5.38	79.14	6.65	14.21	3.68	0.38	0.45
C10	4.27	4.17	1.12	0.19	1.76	4.64	11.86	46.75	46.82	6.42	8.06	0	1.93
C11	4.60	4.16	1.45	0.36	2.01	1.5	5.04	45.12	39.76	15.11	4.66	0.05	1.37
SM1	6.60	6.56	0.67	-0.02	1.68	4.88	8.47	5.66	62.62	31.71	6.59	0	0.68
SM2	6.90	7.38	0.78	-0.41	1.53	14	7.16	0	76.22	23.77	5.84	0	1.4
SM3	6.30	5.94	0.62	0.22	1.75	12.36	8.57	5.37	63.54	31.09	7.65	0	2.69
SM4	2.77	2.57	3.71	0.51	1.49	0.53	0.66	86.69	4.26	9.04	3.42	0	0.42
SM5	3.31	3.27	2.28	0.35	1.45	1.28	2.02	83.53	4.67	11.78	4.17	0	0.68

III – Bioindicadores

FREQUÊNCIA RELATIVA	ESTAÇÕES: CAMACHO/GAROPABA DO SUL											ESTAÇÕES: SANTA MARTA																						
	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9		C10		C11		SM1		SM2		SM3		SM4		SM5			
	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T	V	T		
<i>Ammonia tepida</i>	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
<i>Ammonia</i> spp. (jovens)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	-		
<i>Buliminella elegantissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	-	-	-	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Criboelphidium gunteri</i>	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	13	-	-	-	1	-	2	4	2		
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-		
<i>Haynesina</i> spp.	-	1	-	-	15	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-		
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	5	6	-	2	-	-	
<i>Ammotium cassis</i>	-	-	-	7	35	11	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	10	23	-	3	-	-	-	-	-	-	
<i>Ammotium pseudocassis</i>	-	2	-	1	-	1	14	1	-	-	-	-	2	-	-	7	10	40	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Ammotium salsum</i>	29	21	-	7	19	22	-	6	44	17	36	34	-	6	56	32	55	21	21	4	-	-	16	10	50	9	12	8	91	83	64	63		
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	
<i>Bigenerina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gaudryina exilis</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Glomospira gordialis</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-	-	-	2	-	-	29	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Jadammina macrescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Miliammina</i> spp	56	47	17	54	12	41	-	30	56	60	52	58	-	94	44	64	45	76	71	80	60	96	65	69	40	57	86	81	-	2	27	28		
<i>Paratrochammina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysacamma ipohalina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoclavulina gracilis</i>	15	16	-	-	-	2	-	1	-	-	11	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-
<i>Reophax nana</i>	-	2	-	-	-	1	-	1	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	4	4	-	-
? <i>Spirolectammina</i> sp.	-	5	83	22	12	14	57	44	-	17	-	-	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	2	-	5	-	2	-	1	-	-	-	-	
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
TECAMEBAS (FREQ ABSOL)				1					1						1	1	6	8																

DESCRITORES E INDICES	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	SM1	SM2	SM3	SM4	SM5
Riqueza de Foraminíferos	9	11	10	13	7	4	2	4	3	7	2	9	6	9	11	6
Testas calcárias (%)	5	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	2	5	2
Testas aglutinantes (%)	95	100	92	98	100	100	100	100	100	100	100	90	100	98	95	98
Razão indivíduos vivos:total	0.34	0.12	0.25	0.07	0.10	0.65	0.00	0.18	0.27	0.20	0.11	0.43	0.12	0.38	0.68	0.55