



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA FÍSICA, QUÍMICA E
GEOLÓGICA



**A OCEANOGRAFIA QUÍMICA E OS PROCESSOS
OCEANOGRÁFICOS PRESENTES NA PLATAFORMA
CONTINENTAL DAS REGIÕES DE SANTA MARTA (SC)
E ALBARDÃO (RS)**

KARINA KAMMER ATTISANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Luis Felipe Hax Niencheski

**RIO GRANDE
2007**



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
COMISSÃO DE CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
FÍSICA, QUÍMICA E GEOLÓGICA.
FONE: 0XX 53 3233 6715
CAIXA POSTAL 474
96201-900 - RIO GRANDE – RS – BRASIL
E-mail: ccpofgg@furg.br – home-page: www.oceanfisquigeo.furg.br



ATA ESPECIAL P/DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - 004/2007

Às dez horas do dia vinte e três de abril do ano dois mil e sete, no Auditório da PROPLAN – Campus Carreiros/FURG reuniu-se a Comissão Examinadora da Dissertação de Mestrado da Acad. **KARINA KAMMER ATTISANO**, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Luis Felipe H. Niencheski, Orientador/Presidente – DQuim/FURG, Prof. Dr. Marcio Raimundo Milani - DQuim/FURG e Prof. Dr. José Luis Esteves – Centro Nacional Patagónico – CENPAT-CONICET. Título da tese: “**A OCEANOGRAFIA QUÍMICA E OS PROCESSOS OCEANOGRÁFICOS PRESENTES NA PLATAFORMA CONTINENTAL DAS REGIÕES DE SANTA MARTA(SC) E ALBARDÃO(RS)**”. Dando início à reunião, o Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Prof. Dr. João Sarkis Yunes, agradeceu a presença de todos e fez a apresentação da Comissão Examinadora. Logo após esclareceu que a candidata terá um tempo de 45 a 60 min. para explanação do tema, e cada membro da Comissão, um máximo de 30 min. para perguntas. A seguir, passou à palavra a candidata que apresentou o tema e respondeu às perguntas formuladas. Após ampla explanação a Comissão reuniu-se na Sala da Secretaria da Comissão de Curso, para discussão do conceito a ser atribuído a candidata. Durante este encontro ficou estabelecido o que segue: As sugestões de todos os membros da Banca Examinadora, que seguem em pareceres em anexo, foram aceitas pelo orientador/candidato para incorporação na versão final a qual deverá ser encaminhada a COMCUR até o dia 22/05/2007. Foi atribuído ao candidato o conceito de **APROVADO** por UNANIMIDADE. Nada mais havendo a tratar, lavro a presente ata que após lida e aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora, pelo candidato e pelo Coordenador da COMCUR.

Prof. Dr. Luis Felipe H. Niencheski
Presidente

Prof. Dr. Marcio Raimundo Milani

Prof. Dr. José Luis Esteves

Prof. João Sarkis Yunes
Coordenador

Acad. Karina Kammer Attisano



Agradecimentos

Nossa! Foram tantos os que ajudaram... Começando pelo Clabísney, que já me ajudava até mesmo antes de abrir a seleção do mestrado de 2005; o Prof. G. Fillmann, que sem mesmo me conhecer, enviou material para que pudesse estudar para a prova de seleção.

A recepção carinhosa de toda equipe do Laboratório de Hidroquímica - LH (professores, técnicos e alunos). A amizade, apoio e churrascos do técnico Vanderlen M. . A ajuda de todos os alunos da sala de permanência: Idel; Carol; Denise; Carlos; Simoni; Célia; Bruna; Bruno; Cris; Ágata; Alexandre e a todos os que passaram lá nestes 2 anos. Sem eles, seria muito difícil ter finalizado este trabalho.

Entre os alunos do LH, gostaria de expressar minha profunda gratidão pela Idel M., que mesmo agora, no final, com aquele barrigão de Otávio, sempre esteve disposta a me ajudar, sem contar da sua incumbência de acalmar a minha mãe enquanto eu embarcava.

Falando em embarcar, não posso esquecer de agradecer a tripulação no Navio Oc. Atlântico Sul, ao pessoal dos Laboratórios (Oceanografia Física, Ecologia de Fitoplâncton e Microorganismos Marinhos, Ecologia do Ictioplâncton e Hidroacústica Aplicada) envolvidos no Projeto PRONEX, pelo fornecimento dos dados e ajuda, sempre que precisei. Quero agradecer também a Lucia B. (técnica do Laboratório de Hidroquímica) que era apenas uma companheira de embarque e acabou se tornando uma amiga para a vida toda.

Agradeço ao Felipe Niencheski, meu orientador, pelo apoio, pelas oportunidades oferecidas e pela confiança que depositou em mim e no meu trabalho.

Agradeço também aos órgãos financiadores CAPES e CNPq, pela concessão da bolsa de estudo e financiamentos dos projetos envolvidos neste trabalho.

E, finalmente, agradeço as pessoas mais especiais da minha vida: meu pai, minha mãe, minha irmã, minha avó († 03/10/2005) e meu namorado, que abriram mão de nossa convivência para que eu pudesse realizar um dos meus sonhos!

À memória de minha avó

ÍNDICE

RESUMO GERAL	1
GENERAL ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO GERAL	3
OBJETIVOS	5
OBJETIVO GERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
<u>CAPÍTULO I</u>	
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	13
2.1 COLETA E ANÁLISE	13
2.2. ÍNDICES TERMOHALINOS DAS MASSAS DE ÁGUA	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
3.1. IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS MASSAS DE ÁGUA	18
3.1.a. <i>Santa Marta</i>	18
3.1.b. <i>Albardão</i>	19
3.2. DISTRIBUIÇÃO DAS MASSAS DE ÁGUA	20
3.2.a. <i>Água Costeira (AC)</i>	21
3.2.b. <i>Água Subantártica de Plataforma (ASAP)</i>	22
3.2.c. <i>Água Subtropical de Plataforma (ASTP)</i>	24
3.2.d. <i>Água Tropical (AT)</i>	25
3.2.e. <i>Água Central do Atlântico Sul (ACAS)</i>	26
3.3. DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS	28
3.3.a. <i>Silicato</i>	28
3.3.b. <i>Clorofila a</i>	31
3.3.c. <i>Fosfato</i>	34
3.3.d. <i>Nitrogenados</i>	38
3.3.e. <i>Relação N:P</i>	42

CONCLUSÕES	45
<u>CAPÍTULO II</u>	
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1. INTRODUÇÃO	50
2. MATERIAL E MÉTODOS	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
3.1. AMBIENTE LAGUNAR E OCEÂNICO	56
3.1.1. <i>Fosfato e nitrogenados</i>	56
3.1.2. <i>Oxigênio dissolvido e % de saturação</i>	59
3.1.3. <i>Material em suspensão</i>	61
3.2. AMBIENTE OCEÂNICO COSTEIRO.....	63
3.2.1. <i>Silicato</i>	63
3.2.2. <i>Fosfato e nitrogenados</i>	69
4. CONCLUSÕES	72
5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	73
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
7. ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura I-1. Localização das estações oceanográficas.	14
Figura I-2. Procedimento de coleta. (a) e (b): lançamento e retorno da roseta; (c): coleta de oxigênio dissolvido; (d): transporte das amostras; (e): filtração das amostras e (f): subdivisão das amostras.	16
Figura I-3. Diagrama T-S da região de Santa Marta (SC), no inverno (agosto 2005).....	18
Figura I-4. Diagrama T-S da região de Albardão (RS), no inverno (setembro 2005).	19
Figura I-5. Distribuição vertical e horizontal das massas de água na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).....	21
Figura I-6. Localização do paleocanal do Albardão e algumas características do fundo oceânico.....	24
Figura I-7. Distribuição vertical e horizontal do silicato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).	30
Figura I-8. Distribuição vertical e horizontal de clorofila <i>a</i> , $\mu\text{g L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).	33
Figura I-9. Distribuição vertical e horizontal do fosfato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).	35
Figura I-10. Distribuição do fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$); material em suspensão (mg L^{-1}) e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) nas massas de água da plataforma continental de (a) Santa Marta e (b) Albardão.	37
Figura I-11. Distribuição vertical e horizontal dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).	40
Figura I-12. Distribuição dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, nas massas de água da plataforma continental de (a) Santa Marta e (b) Albardão.	41
Figura I-13. Distribuição vertical e horizontal da relação N/P na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).	44

CAPÍTULO II

Figura II-1. Localização das estações de coleta.....	54
Figura II-2. Distribuição de (a) fosfato e (b) nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, ao longo da região de estudo.	57

Figura II-3. Bacia hidrográfica da Lagoa Mirim (Fonte: Beltrame & Tucci, 1998 e Eurípidés, 1998).....	60
Figura II-4. Distribuição de (a) oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , e (b) saturação do oxigênio (%) ao longo da região de estudo.	61
Figura II-5. Distribuição do material em suspensão na Lagoa Mangueira (mg L^{-1}).	62
Figura II-6. Distribuição das concentrações de silicato em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.	64
Figura II-7. Distribuição das concentrações de fosfato em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.	69
Figura II-8. Distribuição das concentrações dos nitrogenados em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.	71
Figura II-9. Distribuição das concentrações de nitrato em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.	72

ANEXOS

Figura I.A-1. Distribuição vertical e horizontal da temperatura, $^{\circ}\text{C}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	87
Figura I.A-2. Distribuição vertical e horizontal da salinidade na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	88
Figura I.A-3. Distribuição vertical e horizontal de oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , na plataforma 89	89
Figura I.A-4. Distribuição vertical e horizontal da saturação de oxigênio dissolvido, %, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	90
Figura I.A-5. Distribuição vertical e horizontal de nitrato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	91
Figura I.A-6. Distribuição vertical e horizontal de nitrito, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	92
Figura I.A-7. Distribuição vertical e horizontal de amônio, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	93
Figura I.A-8. Distribuição vertical e horizontal de material em suspensão, mg L^{-1} , na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	94
Figura I.A-9. Distribuição vertical e horizontal do pH na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.	95

Figura II.A-1. Direção e intensidade da velocidade dos ventos para os períodos amostrais (a) Lagoa Mangueira; (b) Lagoa Mirim e (c) Plataforma da região do Albardão.	106
Figura II.A-2. Balanço hídrico ao longo dos anos de amostragem.	107

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela I-1. Índices termohalinos extraídos da bibliografia.....	17
Tabela I-2. Limites encontrados para as massas de água na região de Santa Marta (SC), no período de inverno (agosto 2005).....	19
Tabela I-3. Limites encontrados para as massas de água na região de Albardão (RS), no período de inverno (setembro, 2005).	20
Tabela I-4. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) do silicato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.....	29
Tabela I-5. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) de clorofila <i>a</i> , $\mu\text{g L}^{-1}$, para cada massa de água.....	32
Tabela I-6. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) do fosfato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.....	34
Tabela I-7. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.....	39
Tabela I-8. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) da relação N/P para cada massa de água.	43

CAPÍTULO II

Tabela II-I. Fases do Cultivo de arroz.	64
Tabela II-2. Média das concentrações do silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$) nas 4 estações do ano.....	64

ANEXOS

Tabela I.A-1. Dados hidroquímicos das plataformas de Santa Marta e Albardão.....	96
Tabela II.A-1. Dados meteorológicos de 1998 (média mensal).	104
Tabela II.A-2. Percentual da direção da velocidade do vento para junho 1998.	104
Tabela II.A-3. Dados meteorológicos de 2001 (média mensal).	105
Tabela II.A-4. Dados meteorológicos de 2005 (média mensal).	105

LISTA DE ABREVIATURAS

AC – Água Costeira

ACAS – Água Central do Atlântico Sul

AIA – Água Intermediária Antártica

ASA – Água Subantártica

ASAP – Água Subantártica de Plataforma

ASTP – Água Subtropical de Plataforma

AT – Água Tropical

CB – Corrente do Brasil

CM – Corrente das Malvinas

CST – Convergência Subtropical

FSP – Frente Subtropical de Plataforma

MES – Material em suspensão

O.D. – Oxigênio Dissolvido

PCSB – Plataforma Continental do Sul do Brasil

RESUMO GERAL

A costa sul do Brasil é uma área muito rica e produtiva, devido à presença de diversos fenômenos oceanográficos, tais como, intensos processos de mistura entre as massas de água, frentes termohalinas, interações com a topografia do fundo marinho, ação de ventos, ressurgências e significativos aportes continentais, especialmente os oriundos do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos. A proposta inicial deste trabalho, era apenas efetuar um diagnóstico comparativo, de enfoque químico, entre a plataforma das regiões Santa Marta (SC) e Albardão (RS), durante o inverno de 2005. Entretanto, a partir deste diagnóstico, observaram-se claramente maiores concentrações de nutrientes dissolvidos na plataforma da região do Albardão e ainda um marcado gradiente, especialmente nas concentrações de silicato, da costa em direção à plataforma. Parte destes elevados teores de nutrientes são reflexo dos intensos processos oceanográficos apresentados na região. Porém, o fato da região do Albardão estar separada da Lagoa Mangureira por um estreito cordão arenoso, indicou a possibilidade de uma fonte “extra” de nutrientes, via transporte subterrâneo, para as áreas costeiras e oceânicas adjacentes a esta lagoa. Esta possibilidade pôde ser confirmada, a partir de dados hidroquímicos resgatados de quatro cruzeiros oceanográficos realizados entre as regiões de Conceição (31,83 °S) e Chuí (53,23 °S), nas diferentes estações do ano. Verificou-se que a região do Albardão é alimentada durante o ano todo por uma fonte de nutrientes independente das oscilações das descargas do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos. Demonstrando a necessidade de incluir o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangureira para a região costeira, como uma importante fonte para o aumento da produtividade na região do Albardão.

Palavras-chaves: Oceano Atlântico Sul; massas de água; nutrientes dissolvidos; aportes continentais; transporte subterrâneo.

GENERAL ABSTRACT

Southern Brazilian Coast is very rich and productive, because of many oceanographical phenomena, such as intense mix of the water mass, thermohaline fronts, interactions with the deep marine topography, wind actions, upwelling and significant continental inputs, specially those from Prata River and Patos Lagoon. The initial proposal of this work was only making a comparative diagnosis, of chemical approach, between Santa Marta Shelf (SC) e Albardão (RS), during winter season of 2005. However, from this diagnosis, it could clearly observed a bigger concentration of dissolved nutrients in the shelf of Albardão zone and still a mark gradient, specially in concentrations of silicate, from the coast up to the shelf zone. Some of these high content of nutrients are consequence of the intense oceanographic process of the region. However, the fact that Albardão zone is separated from Mangueira Lagoon by a narrow sandy barrier, point out to the possibility of an “extra” source of nutrients, by groundwater transport to the coast areas and adjacent oceanic part from this lagoon. This possibility can be confirmed, from hydrochemical data rescued from four oceanographical cruises worked between Conceição Region (31,83 °S) and Chuí (53,23 °S), in different seasons of the year. It was verified Albardão zone is fed during the year all for a independent source from oscillations of the discharges of Prata River and Patos Lagoon. Showing the necessity to include the groundwater transport from Mangueira Lagoon to the coastal zone, as an important source to increase of the productivity in Albardão zone.

Key words: South Atlantic Ocean; water masses; dissolved nutrients; continental inputs; groundwater transport.

INTRODUÇÃO GERAL

A zona marinha, que inicia-se na região costeira e se estende até 200 milhas (321,87 km), constitui a ⁽¹⁾Zona Econômica Exclusiva (ZEE). É ambientalmente menos vulnerável que a zona costeira por oferecer grandes resistências às intervenções antrópicas, resistências que se ampliam na medida em que se afastam da linha de costa, representada pelas grandes profundidades e correntes marítimas, tempestades e as enormes distâncias entre as áreas terrestres densamente ocupadas. São menos vulneráveis, mas nem por isso menos importantes (Burger, 2002). O Brasil tem em sua Zona Econômica Exclusiva, direitos de soberania para fins de exploração e de aproveitamento, conservação e gestão dos recursos naturais, vivos e não vivos, das águas sobrejacentes ao leito do mar, do solo e do subsolo. Além de outras atividades com vistas a sua exploração e aproveitamento, para fins econômicos, como a produção de energia a partir da água, marés, correntes e ventos (Rossi-Wongtschowski & Madureira, 2006). Contudo, a pesquisa científica se faz necessária para a melhor compreensão das características e dos recursos disponíveis e assim assegurar melhor aproveitamento da ZEE. O presente trabalho apresenta-se dividido em dois capítulos, conforme o sintetizado a seguir.

No primeiro capítulo será apresentado um diagnóstico de caráter químico sobre a plataforma continental das regiões de Santa Marta (SC) e Albardão (RS). Acredita-se, que mesmo depois de vários estudos a respeito da caracterização hidroquímica das águas de plataforma do sul do Brasil (Fillmann, 1990; Sales Dias, 1994; Lopes, 2004), o trabalho atual se faz necessário para dar continuidade à avaliação dos processos oceanográficos presentes nesta região.

⁽¹⁾Zona Exclusiva Econômica (ZEE) constitui um novo conceito de espaço marítimo introduzido pela Convenção das Nações Unidas para Direito do Mar (CNUMAD), sendo definida como a área que se estende desde o limite externo do mar territorial, de 12 milhas de largura, até 200 minhas náuticas da costa, no caso brasileiro (Rossi-Wongtschoewki & Madureira, 2006).

O segundo capítulo foi idealizado a partir dos resultados apresentados no primeiro. Esta segunda parte do trabalho é avaliada a influência das águas subterrâneas na zona costeira e oceânica da região do Albardão e demonstrada a necessidade de incluir o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangueira para a região costeira, como uma das principais fontes para o aumento da produtividade da região. A informação sobre a importância desta nova fonte de transporte subterrâneo já iniciou a ser discutida no meio científico pela apresentação de trabalhos no III Simpósio Brasileiro de Oceanografia (SBO), em resumo expandido recentemente aprovado no XII Congresso Latino-americano de Ciências do Mar (COLACMAR) e em artigo submetido à Brazilian Journal of Oceanography.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar os processos oceanográficos da plataforma continental das regiões de Santa Marta (SC) e Albardão (RS), ainda pouco conhecidos, buscando identificar a existência de uma nova fonte de nutrientes ainda não estudada que contribui para elevada produtividade das áreas costeiras e oceânicas da região do Albardão.

Objetivos específicos

Comparar os processos oceanográficos presentes na plataforma continental das regiões de Santa Marta (SC) e Albardão (RS), no inverno de 2005, utilizando parâmetros hidroquímicos e sua relação com as massas de água.

Identificar o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangueira em direção ao oceano e sua contribuição para alta produtividade das áreas costeiras e oceânicas da região do Albardão.

CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO COMPARATIVO ENTRE A PLATAFORMA
CONTINENTAL DAS REGIÕES DE SANTA MARTA (SC) E
ALBARDÃO (RS)**

RESUMO

A costa sul do Brasil, constituída pelas áreas costeiras e oceânicas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, é conhecida como uma das regiões de maior potencial pesqueiro de todo o litoral brasileiro. Isto se deve, sobretudo, a presença de várias massas de água que interagem formando um sistema complexo, dinâmico e altamente produtivo. Além dos intensos processos de mistura, essas regiões apresentam frentes termohalinas e ação de ventos. O presente trabalho apresenta um diagnóstico comparativo, de enfoque químico, entre a plataforma das regiões de Santa Marta (SC) e Albardão (RS). Para tanto, são utilizados parâmetros hidroquímicos, amostrados em 33 estações oceanográficas importantes para a avaliação da produção biológica, e também a interpretação dos processos oceanográficos. Ao efetuar a comparação entre as referidas regiões de plataforma, durante o inverno de 2005, observou-se claramente maiores concentrações de nutrientes dissolvidos na região do Albardão, devido a menor influência da Água Tropical, apresentando-se submetida a processos oceanográficos mais intensos resultantes da proximidade à Convergência Subtropical, da intrusão da Água Subtropical de Plataforma (através do paleocanal), da formação da Frente Subtropical de Plataforma, frentes frias e do volume de descarga continental substancial proveniente do Rio do Prata, Lagoa dos Patos e do transporte subterrâneo que potencializam a dinâmica entre as massas de água, elevando a produtividade da região.

Palavras-chave: Oceano Atlântico Sul; Plataforma Continental do Sul do Brasil; massas de água; nutrientes dissolvidos.

ABSTRACT

The southern Brazilian Coast comprises of the coastal and oceanic areas of Rio Grande do Sul and Santa Catarina and is a region with the highest fishing potential along the Brazilian coast. This is due to the presence of several water masses that interact form a complex, dynamic and highly productive system. Mixing is also provided by thermohaline fronts, upwelling and wind. The present work presents a diagnosis, using hydrochemical data, between Santa Marta Shelf (SC) and Albardão (RS) (33 oceanographic stations) to determine biological production and other oceanographical processes. During the 2005 winter there were higher nutrients concentrations in Albardão zone, due to less influence of Tropical Water. There is high productivity in the region due to mixing of water masses by proximity to Subtropical Convergence, intrusion of the Subtropical Water on to the Shelf (through the paleochannel), formation of Subtropical Shelf Front, groundwater transport, cold fronts discharge from Prata River, Patos Lagoon.

Key words: South Atlantic Ocean; Continental platform of the South of Brazil; water masses; dissolved nutrients.

1. INTRODUÇÃO

A hidrografia da Plataforma Continental Brasileira, no Oceano Atlântico Sul, teve seus primeiros estudos feitos por Defant (1936) e Sverdrup *et al.* (1942). Emílsson (1959,1961) ampliou os conhecimentos das características das massas de água no Oceano Atlântico Sul. A estrutura das massas de água no Oceano Atlântico Sul é complexa especialmente na região onde a Corrente do Brasil encontra a das Malvinas. Esta região, conhecida como a Confluência Brasil-Malvinas, é considerada uma das regiões do Oceano mais complexas do mundo (Souza & Robinson, 2004). Segundo Longhurst (1998), há a possibilidade da ocorrência de sete massas de água diferentes na região de Confluência, com diferentes origens, inclusive na própria Confluência.

A Convergência Subtropical tem influência direta no Atlântico Sudoeste, compreendendo as regiões costeiras, na plataforma continental e no talude, entre o Cabo de Santa Marta (SC) e Uruguai (Seeliger & Odebrecht, 1998). A região da Plataforma Continental do Sul do Brasil está situada ao extremo oeste da Convergência Subtropical, na zona que ocorre o encontro das Correntes do Brasil - Malvinas (Sverdrup *et al.*, 1942). A Corrente do Brasil carrega águas quentes e salgadas de origem Tropical em na direção ao sul e a Corrente da Malvinas arrasta águas frias e menos salgadas de origem Antártica, em direção ao norte. Essas águas são denominadas, respectivamente, de Água Tropical (AT) e Água Subantártica (ASA). O encontro dessas águas de índices termohalinos bastante distintos proporciona a formação de uma nova massa de água rica em nutrientes, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que alguns autores também chamam de Água Subtropical (Garfield, 1990).

As descargas continentais, especialmente do Rio do Prata (36°S, 56°W) e da Lagoa dos Patos (32°S, 52°W) contribuem, tanto para a estrutura horizontal quanto para a vertical,

fazendo ainda mais complexa a Convergência Brasil-Malvinas (Souza & Robinson, 2004). A classificação de massas de água feita por Castro & Miranda (1998) descreve dois tipos de Água Costeira ocorrente na Plataforma do Sul do Brasil: Água Costeira influenciada pela Água Subantártica ($S > 34$) e Água Costeira influenciada pela Água Tropical ou Água de Quebra de Plataforma ($34 < S < 36,7$). Recentemente completando a classificação das massas de água para a costa da América do Sul entre as latitudes 20°S e 40°S, Piola *et al.* (2000) identificaram duas massas de água na região, a Água Subantártica de Plataforma (ASAP), originada pela diluição entre a ASA e AC e a Água Subtropical de Plataforma (ASTP), formada pela diluição da ACAS pelas descargas continentais da costa brasileira.

Vários trabalhos (Emilsson, 1961; Thomsen, 1962; Miranda & Castro, 1979; Castello & Möller Jr., 1977; Miranda, 1982; Cacciari, 1986; Matsuura, 1986; Fillmann, 1990; Ciotti *et al.*, 1995, Lopes, 2004) mostram a existência das seguintes massas de água na Plataforma Continental do Sul do Brasil: Água Tropical (AT); Água Subantártica (ASA); Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Piola *et al.*, 2000, encontraram sobre a Plataforma Continental do Sul do Brasil, a presença de Água Subtropical de Plataforma (ASTP) e Água Subantártica de Plataforma (ASAP) e caracterizando-as como típicas desta plataforma. A Água Intermediária Antártica (AIA), também pode ser encontrada em algumas épocas do ano e finalmente, a Água Costeira (AC), oriunda, principalmente, dos estuários da Lagoa dos Patos e do Rio do Prata. Porém, as características termohalinas das massas de água na Plataforma Continental do Sul do Brasil (PCSB) são altamente sazonais, principalmente ao que se refere à Água Costeira. Até onde se conhece, este comportamento sazonal é relacionado a mudanças climáticas no regime de vento local e na descarga de água continental, especialmente do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos (Miranda, 1972; Garcia, 1997; Castello & Möller Jr., 1978; Castro & Miranda, 1998). Piola *et al.* (2000) afirma que a Água Subtropical de Plataforma

sofre diluição significativa na camada superficial pelos aportes continentais do Rio do Prata e da Lagoa Patos. Esta descarga resulta em uma língua de baixa salinidade que cobre a plataforma em direção ao norte, penetrando as mais baixas latitudes no período de inverno. Porém esta língua de baixa salinidade se restringe apenas aos primeiros 50 metros de profundidade (Souza & Robinson, 2004). Associado às mudanças climáticas sazonais já mencionadas, há uma hipótese que no período de inverno, a água de Plataforma do Sul do Brasil seja exposta a uma corrente costeira vinda da região de Confluência das Correntes do Brasil e das Malvinas (Zavialov *et al.*, 1998; Zavialov & Möller, 2000; Zavialov *et al.*, 2002). Na plataforma da Argentina, uma corrente costeira é conhecida por fluir paralela à Corrente das Malvinas (Piola & Rivas, 1997; Piola *et al.*, 2000). As águas levadas por esta corrente parecem ser mais frias que as transportadas pela Corrente das Malvinas, e a natureza do fluxo pode resultar na interação desta corrente com a descarga do Rio do Prata, mas este fato ainda deve ser investigado (Souza & Robinson, 2004).

Diagramas T-S para a Plataforma Continental do Sul do Brasil foram apresentados por Fillmann (1990), Ciotti *et al.* (1995), Castro & Miranda (1998) e Piola *et al.* (2000). Os diagramas mostram que as Águas Costeiras na região da PCSB mudam sazonalmente as características termohalinas. O trabalho de Odebrecht & Garcia (1997) mostra diferentes concentrações de clorofila *a* nas diferentes massas de água da PCSB. Água Costeira e Água Subantártica foram consideradas como eutróficas por terem apresentado concentrações de clorofila *a* muito mais elevadas do que na Água Tropical (Ciotti *et al.*, 1995).

Durante o inverno, as águas costeiras dominam a Plataforma Continental do Sul do Brasil e podem em condições de ventos favoráveis, alcançar latitudes máximas de 28°S, próximo ao Cabo de Santa Marta (Piola, 2002). As águas costeiras carregam elevados teores de nutrientes e esses são os responsáveis pela manutenção da produção primária dos

ecossistemas marinhos. No entanto, o grande responsável pela produtividade primária dos ecossistemas marinhos é o fitoplâncton, o qual constitui a base da cadeia alimentar e o elo entre os processos abióticos e bióticos. Nos processos bióticos, os ciclos biogeoquímicos dos nutrientes (N, P Si), pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido e material em suspensão são parâmetros que ganham importância pela relação direta com o potencial trófico, qualidade físico-química e energética das massas de água no sustento da produção primária marinha.

Na região eufótica, os nutrientes apresentam comportamento não-conservativo, estando diretamente ligados às atividades biológicas (produção e decomposição-regeneração) e funcionando, muitas vezes, como limitantes da produção primária. Abaixo da zona eufótica, os nutrientes atuam como traçadores estacionários de massas de água, os quais caracterizam as massas de água juntamente com os indicadores termohalinos e também revelam processos de regeneração associados, sobretudo, aos teores de oxigênio. Os nutrientes indicam os aportes oceânicos, atmosféricos e terrestres ao sistema marinho. Assim, parâmetros químicos necessitam ser caracterizados nos diversos segmentos da costa sul-sudeste, de modo a evidenciar o potencial trófico (nutrientes) dessa região e suas associações com fenômenos físicos (Braga & Niencheski, 2006).

O presente trabalho apresenta dados hidroquímicos provenientes de dois cruzeiros oceanográficos ocorridos no inverno de 2005, na plataforma e talude das regiões de Santa Marta (28°40'S) e Albardão (33°22'S) realizados pelo Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX 98).

Estas regiões de plataforma (Santa Marta e Albardão) foram selecionadas por serem uma das regiões de maior potencial pesqueiro de todo o litoral brasileiro (Matsuura, 1995) e ainda apresentarem características diferenciadas em relação à topografia e dinâmica das massas de água. A plataforma continental da região de Santa Marta é caracterizada por ser

estreita, de declive acentuado, onde a presença da AC é reduzida, facilitando o afloramento da ACAS quando submetida aos ventos NE que sopram paralelo à costa. O afloramento da ACAS resulta na injeção de nutrientes à camada eufótica elevando a produtividade local. Já a plataforma da região de Albardão é larga, de declive suave e só esta região possui a presença da ASAP associada aos intensos aportes continentais, oriundos da Lagoa dos Patos e do Rio do Prata, que proporcionam aporte de elevados teores de nutrientes dissolvidos à zona eufótica, resultando à alta produtividade.

Essas regiões foram selecionadas a fim de contribuir para os estudos de Plataforma Continental Sul do Brasil, especialmente em termos de nutrientes dissolvidos, que demonstra ser restrito na literatura em regiões de plataforma, principalmente na região de Santa Marta. A avaliação dos parâmetros químicos se faz importante não apenas pela sua influência na produção biológica, mas também pela sua importância na compreensão dos processos oceanográficos. A compilação dos dados dos parâmetros hidroquímicos, da topografia, das características das massas de água e dos processos oceanográficos, permitiu realizar este estudo de enfoque químico e descritivo. O resultado é um diagnóstico das condições locais e sua influência na produção primária na plataforma das regiões de Santa Marta e Albardão, no inverno de 2005.

2. METODOLOGIA

2.1 COLETA E ANÁLISE

Os dados utilizados para este trabalho foram obtidos a partir de 33 estações oceanográficas amostradas com o Navio Oceanográfico Atlântico Sul, na plataforma

continental brasileira. Entre os dias 27 e 30 de agosto de 2005 foi realizada a primeira etapa do cruzeiro oceanográfico, na qual foram distribuídas 15 estações oceanográficas próximas ao Farol de Santa Marta (28,60°S). A segunda etapa foi desitinada a amostragens próximas ao Farol do Albardão (33,20°S), entre os dias 6 e 9 de setembro de 2005. Ambas as etapas apresentaram características de inverno.

As estações oceanográficas foram distribuídas em 6 perfis perpendiculares à costa, entre as isóbatas de 20 e 600 metros (Figura I-1). Como a Plataforma Continental do Sul do Brasil apresenta-se mais estreita ao norte (110 km) e alarga-se para o sul (170 km), houve a necessidade de mais uma estação em cada um dos perfis na região do Albardão (Castro *et al*, 2006).

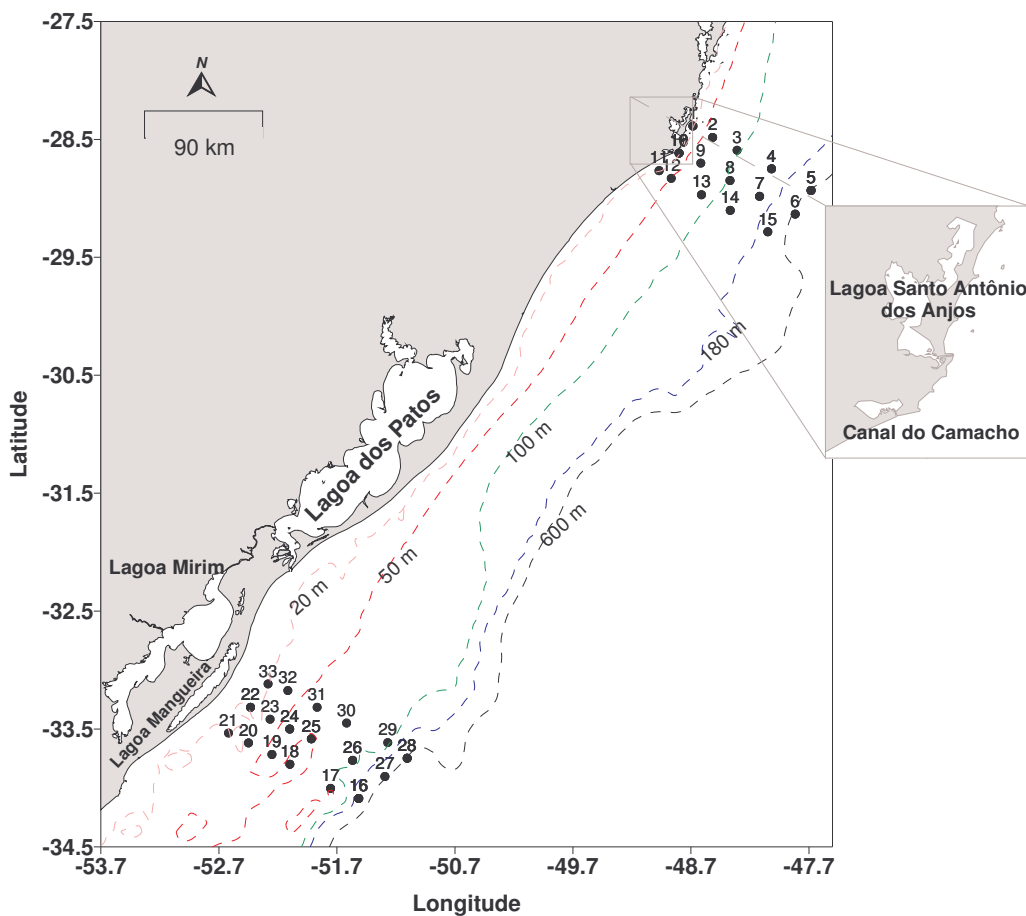


Figura I-1. Localização das estações oceanográficas.

Para cada estação oceanográfica, foram selecionadas no mínimo duas profundidades, sendo estas, a 5 metros de profundidade (subsuperfície) e fundo, podendo chegar ao máximo cinco estações de acordo com a termoclina apresentada no local. As profundidades selecionadas para as amostragens têm como objetivo atingir todas as massas de água presentes nas duas regiões, podendo, assim, delimitar a profundidade ocupada pela massa ao longo da coluna d'água.

A coleta de amostra ocorreu pelo lançamento de uma roseta (Figura I-2.a), que comporta 12 garrafas do tipo Niskin (5 litros) e um CTD acoplado, sendo o último responsável pela obtenção dos dados de temperatura, salinidade, condutividade e sigma T, além do disparo das garrafas nas profundidades pré-determinadas. As amostras de água foram coletadas para a análise de parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, nutrientes dissolvidos (silicato, fosfato, amônio, nitrito e nitrato), material em suspensão e clorofila *a*. Em algumas estações realizou-se também o acompanhamento das medições de produção primária em função do percentual de extinção da luz.

Imediatamente ao retorno da roseta (Figura I-2.b) para a embarcação, amostras para a quantificação de oxigênio dissolvido (OD) foram transferidas das garrafas de coleta para frascos específicos (Figura I-2.c), mediante cuidados necessários (Baumgarten *et al.*, 1996). Na sequência, foram retiradas alíquotas para determinação dos demais parâmetros hidroquímicos, as quais foram conduzidas ao laboratório a bordo, (Figura I-2.d), seguindo as recomendações apresentadas em Niencheski *et al.* (2005). A amostra foi filtrada (Figura I-2.e) a bordo em filtros de acetato de celulose, com porosidade de 0,45µm, utilizando-se bomba a vácuo. Após a filtração, as alíquotas destinadas às análises de silicato, fosfato, amônio, nitrito e nitrato foram acondicionadas em frascos de polietileno individuais (Figura I-2.f) e a estes foram adicionados reagentes específicos. Os filtros pré-pesados foram armazenados para

obtenção dos valores de material em suspensão. Após o preparo das amostras, estas foram imediatamente congeladas, para posterior análise, seguindo assim a metodologia descrita em Baumgarten *et al.* (1996).

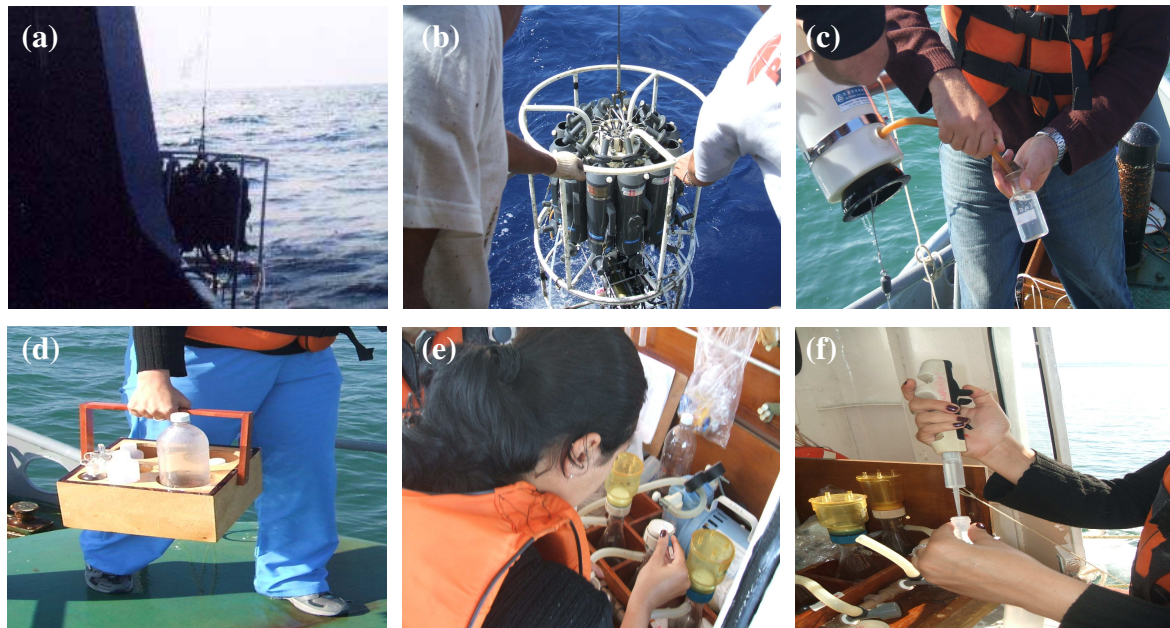


Figura I-2. Procedimento de coleta. (a) e (b): lançamento e retorno da roseta; (c): coleta de oxigênio dissolvido; (d): transporte das amostras; (e): filtração das amostras e (f): subdivisão das amostras.

A análise de clorofila *a* foi realizada pelo Laboratório de Ecologia de Fitoplâncton e de Microorganismos Marinhos – FURG. Utilizaram-se alíquotas de 100 a 400 mL de amostra de cada profundidade, tendo como limite máximo a profundidade de 100 metros. As alíquotas foram filtradas em filtros de fibra de vidro com 26 mm de diâmetro, que foram acondicionados em papel alumínio e mantidos em nitrogênio líquido até o momento da análise, que segue a metodologia descrita em Welschmeyer (1994).

2.2. ÍNDICES TERMOHALINOS DAS MASSAS DE ÁGUA

Os limites de temperatura e salinidade atribuídos a cada massa de água, necessário à sua identificação, apresentam, ainda hoje, algumas discussões e divergências em relação aos intervalos característicos. Este problema é ainda maior nas águas da plataforma continental e nas zonas onde são freqüentes as misturas entre diferentes massas de água (Gama, 2000). Desta forma, faz-se necessário apresentar os intervalos utilizados neste trabalho (Tabela I-1). A AC não é apresentada na Tabela I-1, uma vez que os intervalos termohalinos são extremamente dependentes da região e variações climáticas.

Tabela I-1. Índices termohalinos extraídos da bibliografia.

<i>Massas de água</i>	<i>Temperatura Mínima</i>	<i>Temperatura Máxima</i>	<i>Salinidade Mínima</i>	<i>Salinidade Máxima</i>	<i>Referência</i>
ASAP	< 15°C		<34,50		Piola <i>et al.</i> (2000)
ASTP		>12°C		> 34,50	Piola <i>et al.</i> (2000)
AT		> 20°C		> 36,40	Miranda (1982)
ASA	4°C	5°C	33,70	36,00	Thomsen (1962)
ACAS	10°C	20°C	35,00	36,00	Emilsson (1961)
AIA	4°C	6°C	34,30	34,50	Freitas (2003)

Utilizaram-se os índices termohalinos acima apresentados, para identificar as massas de água nos clássicos diagramas T-S, recomendados por Miranda & Castro Filho (1979) e Sverdrup *et al.*, (1942). Entretanto, deve ser enfatizado que estes índices devem ser adaptados para cada região específica em estudo, especificamente, a plataforma continental das regiões de Santa Marta e Albardão. Somente depois de conhecer o intervalo dos índices termohalinos nessas regiões (Figuras I-3 e I-4), é que foi possível fazer a correta distribuição das massas de água, como apresentadas na Figura I-5^(*2).

(*2) Agradecimentos são expressos ao Prof. Osmar Möller Jr., do departamento de Oceanografia Física da FURG, pelo auxílio na definição desses intervalos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificadas e classificadas as massas de água, em seguida distribuídas nos perfis verticais e horizontais para cada uma das regiões. A mesma distribuição foi feita para salinidade (Figura I.A-1), temperatura (Figura I.A-2), nutrientes (Figura I-7; I-9; I-11; I.A-5; I.A-6 e I.A-7), material em suspensão (Figura I.A-8), pH (Figura I.A-9), oxigênio dissolvido (Figura I.A-3), percentual de saturação do oxigênio (Figura I.A-4), relação N/P (Figura I-13) e clorofila *a* (Figura I.A-8). Na seqüência foi avaliada a relação entre as massas de água detectadas e os parâmetros hidroquímicos, podendo assim detectar ou até mesmo estimar os processos oceanográficos ocorrentes em ambas as regiões selecionadas da plataforma continental do sul do Brasil.

3.1. IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS MASSAS DE ÁGUA

3.1.a. Santa Marta

Na região de Santa Marta foram encontradas as seguintes massas de água: Água Costeira (AC); Água Subtropical de Plataforma (ASTP); Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS).

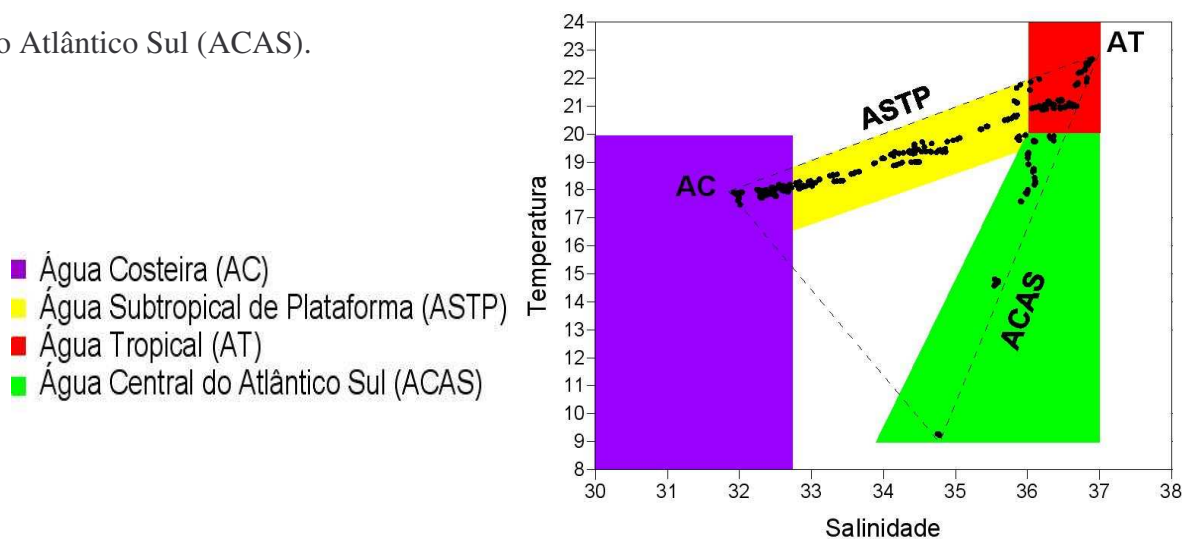


Figura I-3. Diagrama T-S da região de Santa Marta (SC), no inverno (agosto 2005).

Os intervalos termohalinos indicados na Tabela I-2 e I-3, referem-se aos índices específicos da região de Santa Marta e Albardão, respectivamente, para o período de inverno (agosto/setembro 2005). Deve ser observado que esses índices apresentam pequenas variações em relação aos índices sugeridos pela bibliografia (Tabela I-1). Este fato deve-se a influência das correntes marítimas (Osmar Möller - comunicação pessoal).

Tabela I-2. Limites encontrados para as massas de água na região de Santa Marta (SC), no período de inverno (agosto 2005).

<i>Massas de água</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Salinidade</i>
AC	$17,9 < T < 18,3$	$32,0 < S < 32,7$
ASTP	$18,3 < T < 21,9$	$32,7 < S < 36,0$
AT	$20,7 < T < 22,8$	$36,0 < S < 37,0$
ACAS	$9,0 < T < 19,9$	$34,7 < S < 36,4$

3.1.b. Albardão

Na região do Albardão as massas de água encontradas foram: Água Costeira (AC); Água Subantártica de Plataforma (ASAP); Água Subtropical de Plataforma (ASTP); Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA).

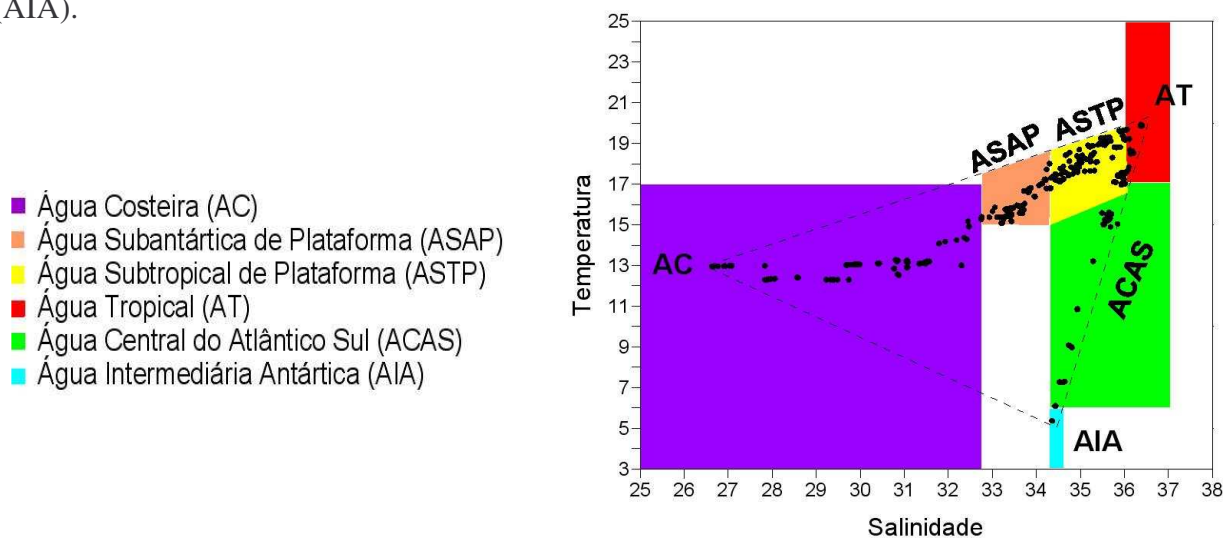


Figura I-4. Diagrama T-S da região de Albardão (RS), no inverno (setembro 2005).

Tabela I-3. Limites encontrados para as massas de água na região de Albardão (RS), no período de inverno (setembro, 2005).

<i>Massas de água</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Salinidade</i>
AC	11,0 < T < 15,2	26,6 < S < 32,5
ASAP	14,9 < T < 18,0	32,5 < S < 34,3
ASTP	16,4 < T < 18,2	34,3 < S < 36,0
AT	17,5 < T < 20,0	36,0 < S < 36,4
ACAS	6,0 < T < 15,7	34,4 < S < 35,9
AIA	4,0 < T < 6,0	34,2 < S < 34,6

3.2. DISTRIBUIÇÃO DAS MASSAS DE ÁGUA

Após identificar as massas de água e estipular os intervalos de temperatura e salinidade para cada região foi possível distribuir as massas de água nos perfis verticais e horizontais. Os gráficos de perfil vertical foram elaborados a partir da distância da costa em quilômetros *versus* a profundidade, expressa em metros, podendo com estes, ser observado a distribuição das massas de água nos seis transectos ao longo de toda a coluna de água. Já, os gráficos que representam os perfis horizontais foram elaborados a partir das amostragens subsuperficiais (Figura I-5), permitindo assim a verificação dos processos oceanográficos que ocorrem na superfície das duas regiões de plataforma em estudo.

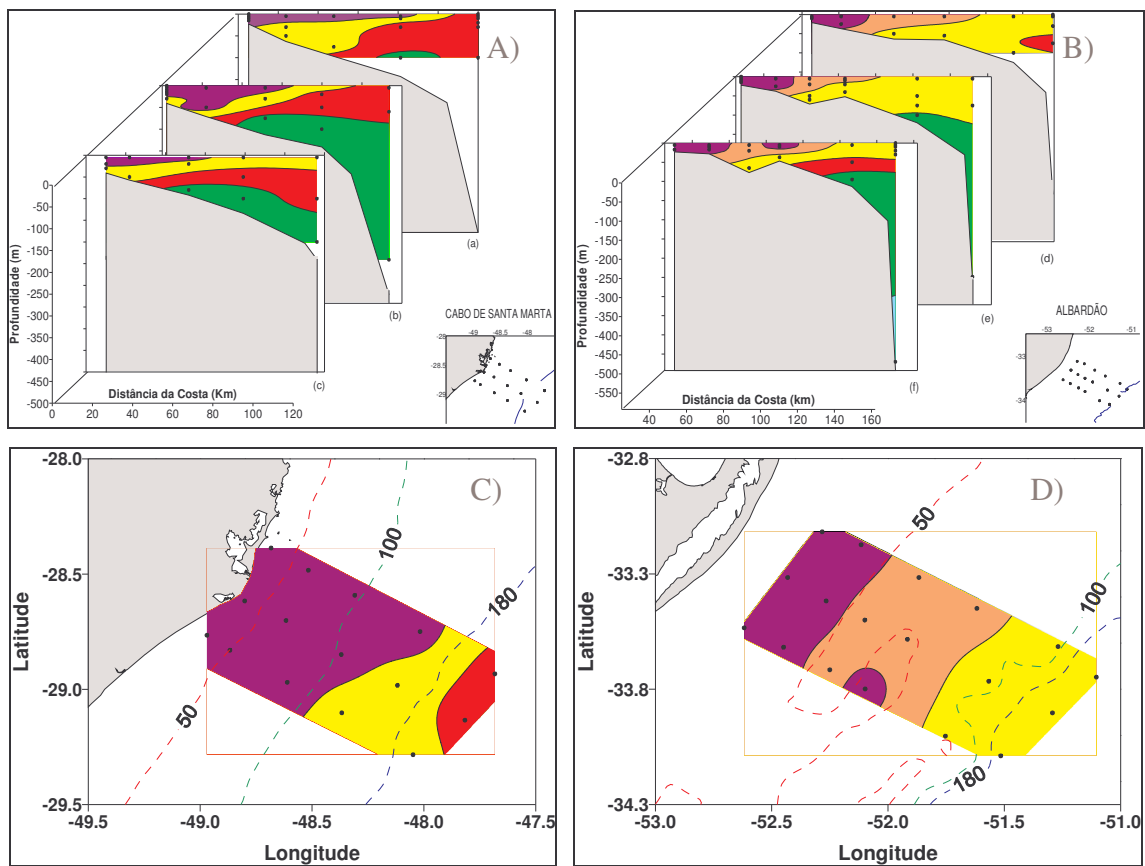


Figura I-5. Distribuição vertical e horizontal das massas de água na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D). ■ Água Costeira (AC); ■ Água Subantártica de Plataforma (ASAP); ■ Água Subtropical de Plataforma (ASTP); ■ Água Tropical (AT); ■ Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e ■ Água Intermediária Antártica (AIA).

3.2.a. Água Costeira (AC)

Na região do Albardão, a AC atingiu ~120 km da costa (Figura I-5.B) e tem como contorno a isóbata de 50 m, conforme está na Figura I-5.D. Já na região de Santa Marta a AC, não ultrapassa 70 km da costa (Figura I-5.A), mas encontra-se entre as isóbatas de 100 e 180

m (Figura I-5.C) devido ao estreitamento da plataforma em direção ao norte (Castro *et al.*, 2006).

Em ambas as regiões a Água Costeira apresenta profundidade média de 10 metros. O principal fator responsável pela pouca profundidade dessa massa de água é o baixo teor salino, que influencia na densidade, provocado pelos aportes continentais, especialmente os oriundos do Rio do Prata (36°S) e da Lagoa dos Patos (32°S). Porém, este último se dá em menor extensão, já que o volume descarregado desta lagoa é quase 20 vezes menor que a descarga do Rio do Prata (Garcia, 1998; Piola, 2002). Os aportes continentais do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos formam uma língua de baixa salinidade que cobre a plataforma, conduzindo assim um decréscimo na salinidade. Esta língua de baixa salinidade se estende na direção norte sobre a plataforma continental, se estendendo mais no inverno do que no verão devido as condições climatológicas favoráveis, como ventos SW e elevadas taxas de precipitação (Piola *et al.*, 2000).

3.2.b. Água Subantártica de Plataforma (ASAP)

A origem da Água Subantártica de Plataforma (ASAP) foi descrita por Piola *et al* (2000), pela diluição de Água de Subantártica (ASA), principalmente no sudeste do Pacífico, devido ao excesso de precipitação e descarga continental que entra na plataforma continental próximo 55°S. A ASAP é carregada pela Corrente das Malvinas e ao atingir a Plataforma Continental do Sul do Brasil é ainda mais diluída pelas descargas continentais do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos. O ingresso dessa massa de água na Plataforma Continental do Sul do Brasil ocorre, principalmente, através de um canal (paleocanal) paralelo à costa, conhecido como canal do Albardão ou “poço de lama”. O paleocanal está localizado no limite meridional das plataformas interna e média da região do Albardão e abrange as estações 19,

24 e 31. Do lado da plataforma interna deste canal ocorrem bancos arenosos costeiros e na plataforma média um banco paralelo ao canal, denominado de Banco do Albardão (Figura I-6), que eleva o fundo, reduzindo a profundidade de 75 para 45 metros (Capítoli & Bemvenuti, 2006). A presença desse paleocanal pode também ser importante para o fornecimento do fluxo subterrâneo de água ricas em macro e micronutrientes. Essa hipótese deve ser verificada em um futuro próximo, usando como traçadores radioisótopos naturais.

A ASAP se estende no setor médio da plataforma (entre as isóbatas de 50 e 100 m), ocupando profundidade média similar a AC. Essa massa de água pode ultrapassar um pouco mais dos 32°S de latitude ao norte, ou seja, não atinge a plataforma continental da região de Santa Marta. No verão, através deste mesmo canal, ocorre a intrusão da ACAS (Castello *et al.*, 1997; Piola *et al.* 2000), e esta sim se estende até a Plataforma Sudeste do Brasil. A penetração da ASAP na região do Albardão é um dos fatores responsáveis por elevar a produtividade da região, uma vez que a ASAP apresenta valores razoavelmente elevados de temperatura e o teor salino desta água é considerado baixo. Assim, quando a ASAP atinge a zona eufótica disponibiliza ainda mais nutrientes dissolvidos, os quais contribuem de forma bastante expressiva para o enriquecimento da região, favorecendo a ocorrência de importantes recursos pesqueiros.

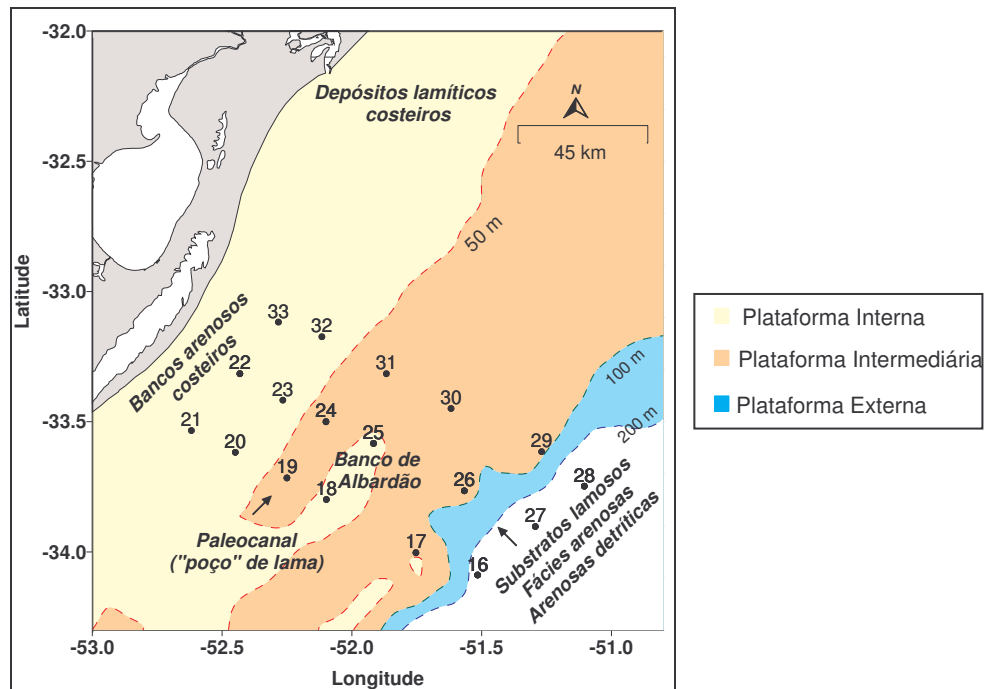


Figura I-6. Localização do paleocanal do Albardão e algumas características do fundo oceânico. Figura baseada em Capítoli & Bemvenuti (2006).

3.2.c. Água Subtropical de Plataforma (ASTP)

A Água Subtropical de Plataforma (ASTP) é originada da modificação da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) que se diluiu através de descarga continental da costa do Brasil (Piola *et al.*, 2000).

Os dados apresentados na plataforma da região do Albardão (Figura I-5.D) nos permitem visualizar o encontro das massas de água ASAP e ASTP entre as isóbatas de 50 e 100 metros. Segundo Piola *et al.* (2000), estas massas de água apresentam um reduzido grau de mistura, tendo como conseqüência uma intensa frente ou zona de transição de temperatura, salinidade e concentração de nutrientes, especialmente o silicato. Esta zona de transição é chamada de Frente Subtropical de Plataforma e orienta-se ao longo do eixo norte-sul, com início na isóbata de 50 m, próximo a latitude 32°S (ao norte da região do Albardão) e se

estende em direção a quebra da plataforma, ao sul de Albardão (36°S). Os referidos autores julgam que a Frente Subtropical de Plataforma apresenta-se como extensão da Confluência Brasil/Malvinas sobre a plataforma continental. Assim, a distribuição das massas de água da plataforma continental, a localização, a dinâmica e variabilidade da Frente Subtropical de Plataforma está associada à dinâmica e variabilidade da Confluência Brasil/Malvinas.

3.2.d. Água Tropical (AT)

No inverno, a Corrente do Brasil apresenta pouca velocidade, dessa forma, a Água Tropical, que é transportada por esta corrente na direção sul tem dificuldade em penetrar nas proximidades do Albardão, que nesta época do ano apresenta-se dominado pelas águas de origem Antártica, carregadas pela Corrente das Malvinas. As águas subantárticas têm sua maior penetração nos períodos de inverno e primavera, quando a Água Tropical tem sua menor ocorrência em consequência dos regimes de circulação atmosférica e oceânica.

A região de Santa Marta por estar localizada no extremo sul da Plataforma Sudeste, apresenta sua dinâmica e a estrutura das massas de água fortemente influenciada pelo freqüente meadramento da Corrente do Brasil (Miranda & Castro Filho, 1979; Campos, 1995). Na Figura I-5.A e I-5.C, observa-se que a plataforma continental da região de Santa Marta apresenta uma expressiva influência da AT, apresentando profundidade média em 37 metros. No transecto mais ao sul da região de Santa Marta, a AT apresentou-se bem próxima à costa (30 km), o que implica teores reduzidos de nutrientes na zona costeira desta região, já que essa massa de água tem, como principal característica, baixos teores de nutrientes devido às elevadas temperatura e salinidade (Miranda, 1985).

Na região do Albardão foram identificados traços da AT presente, nos transectos norte e sul, com profundidade média de 60 metros, não tendo sido detectada. Mostrando que,

mesmo durante o inverno, existe influência de águas quentes da Corrente do Brasil na Plataforma Continental Sul e Sudeste do Brasil, sendo esta influência menos intensa na área mais ao sul durante os meses de inverno.

3.2.e. Água Central do Atlântico Sul (ACAS)

Sabe-se que existem flutuações sazonais na posição da Convergência Subtropical e que esta pode estar entre 35 e 40°S (Olson *et al.*, 1988; Garcia, 1998). A Convergência Subtropical é formada pelo encontro da Corrente do Brasil com a Corrente das Malvinas. Uma parte da água fria vinda do sul afunda e ocupa a camada inferior da Corrente do Brasil ao longo do talude continental dando origem à uma das massas de água mais ricas em teores de nutrientes do Oceano Atlântico Sul, a Água Central do Atlântico Sul.

Na região do Albardão foi verificada a presença dessa massa de água abaixo dos 100 metros de profundidade. No transsecto mais ao norte não foi possível identificar a ocorrência da ACAS, já que a maior profundidade amostrada foi a 100 metros. Na região de Santa Marta esta massa de água ocupa quase toda a coluna d'água abaixo dos 50 metros de profundidade, exceto no transsecto mais ao norte, no qual a ACAS aparece somente próxima aos 100 m de profundidade.

Diversos autores, entre eles Matsuura (1986); Castro Filho *et al.* (1987); Silveira & Möller Jr (1998) relataram que em algumas épocas do ano, a penetração da ACAS na Plataforma Continental Sudeste pode atingir a zona costeira e influenciar diretamente no aumento da produção primária. Os mecanismos da ascensão da ACAS ainda não são bem conhecidos, mas atualmente é aceito que esse processo seja uma combinação positiva entre a ação de ventos nordeste próximo à costa e os meandros da Corrente do Brasil na quebra de plataforma (Campos *et al.*, 1995). Dessa forma, podemos dizer que a ascensão da ACAS à

zona eufótica, ou a chamada ressurgência costeira, está intimamente relacionada a processos de interação ar-mar, à circulação e às características geomorfológicas da linha da costa e do fundo submarino (Miranda, 1982).

A ressurgência costeira ocasiona uma rápida renovação das águas costeiras (Magliocca *et al.*, 1982), ocasionando a ascensão da ACAS fria e rica em nutrientes e promovendo a fertilização da região. Sua influência nas águas da plataforma continental é a principal responsável pelas altas taxas de produtividade primária (Matsuura, 1987; Aidar *et al.*, 1993), quando comparada a outras regiões do Brasil, sustentando elevada biomassa de peixes pelágicos e demersais de interesse econômico.

Plataformas continentais estreitas e mais íngremes, como as da região sudeste, nas quais a subida das águas é mais impetuosa favorecem a ressurgência costeira. Acredita-se que a ressurgência costeira ocorra principalmente na primavera e no verão, quando os ventos nordeste (NE) são dominantes e carregam as águas costeiras em direção ao mar aberto, facilitando o afloramento da ACAS. Quando ventos do quadrante sul se estabelecem na área, devido a passagem de frentes meteorológicas, mais freqüentes no outono e inverno, a estrutura é modificada. Parte da área passa a ser ocupada por águas mais quentes $T > 18^{\circ}\text{C}$ e de menor salinidade $S < 34,5$ de origem continental (Matsuura, 1986; Silveira & Möller Jr., 1998), impedindo a ascensão da ACAS. A ressurgência costeira, já foi verificada na plataforma da região de Cabo Frio (Matsuura, 1986), e acredita-se que esta possa ocorrer também na região de Santa Marta, uma vez que esta está submetida condições bastante similares. Possivelmente este fenômeno possa ser um pouco mais raro na plataforma da região de Santa Marta, por esta situar-se em maior latitude, estando propensa a ação mais freqüente de frentes meteorológicas o que muitas vezes pode impedir que a ascensão da ACAS chegue à superfície.

Por fim, com os dados representativos do inverno de 2005, foi possível observar a presença das duas novas massas de água, a ASAP e a ASTP, sugeridas por Piola *et al.*, 2000. Verificamos que a plataforma continental da região do Albardão apresenta duas massas de água além das apresentadas na plataforma da região de Santa Marta, sendo essas massas a ASAP e a AIA (Água Intermediária Antártica), esta última só pôde ser observada no transecto sul na região do Albardão (Figura I-5.B.f), o qual apresentou maior profundidade. Na plataforma da região de Santa Marta foi observada forte influencia da AT, especialmente no transecto sul (Figura I-5.A.c), no qual esta massa de água atingiu áreas bem próximas à costa, podendo acarretar em alterações negativas nas concentrações de nutrientes e consequentemente na produtividade local.

3.3.DISTRIBUIÇÃO DOS PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS

A distribuição dos nutrientes nos perfis horizontais e verticais permitiu uma boa visualização destes e ainda possibilitou a interpretação destes dados junto às massas de água. Os dados de oxigênio dissolvido (Figuras I.A-3), % de saturação do oxigênio (Figuras I.A-4), material em suspensão (Figuras I.A-8) e clorofila *a* (subitem 3.3.b) , se fizeram necessários para a comprovação de alguns processos descritos na seqüência.

3.3.a. Silicato

O silicato apresentou valores elevados para a AC (Tabela I-4), especialmente na região do Albardão, na qual verifica-se concentrações médias 2 vezes maiores do que em Santa Marta. A plataforma continental do Albardão apresentou elevadas concentrações em todos os pontos amostrados e manteve teores ainda mais elevados no limite da isóbata de 50 m (Figura

I-7.B e I-7.D), exatamente onde foi identificado grande influência dos aportes de água continental. A estreita relação com a salinidade, de uma maneira inversa, foi observada por vários autores (Moreira da Silva e Aragno, 1968; Nagy e Blanco, 1987). As concentrações de silicato diminuem em direção oceano aberto até a isóbata de 200 m, onde voltam a aumentar provavelmente devido a quebra da plataforma (Figura I-7.D), onde já foi verificada a presença de vórtices e meandros da Corrente do Brasil por Cacciari (1986); Godoy (1982) e Lima & Castello (1995). E estes mesmos autores, indicaram a possibilidade da ocorrência de ressurgência de quebra de plataforma ao longo da frente formada pelo encontro das águas da Corrente do Brasil com as águas de origem Antártica.

Tabela I-4. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) do silicato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.

<i>Massas de água</i>	<i>Santa Marta</i>		<i>Albardão</i>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
AC	18,30	13,84	38,07	10,58
ASAP	-		17,48	3,97
ASTP	15,66	6,63	17,47	9,43
AT	8,13	6,22	19,24	20,11
ACAS	15,96	5,38	30,51	38,68
AIA	-	-	12,50	-

Na plataforma da região de Santa Marta, as elevadas concentrações de silicato se mantiveram no transsecto sul (Figura I-7.A.c). Podemos visualizar na Figura I-7.C, que as altas concentrações de silicato só podem estar associadas ao transporte das águas do sul, sejam elas as águas de origem Antártica, carregadas pela Corrente das Malvinas e/ou as águas de origem continental oriundas dos aportes do Rio do Prata, Lagoa dos Patos e transporte subterrâneo que será discutido no capítulo II.

No transecto norte da região de Santa Marta (Figura I-7.A.a), foram verificadas as mais baixas concentrações de silicato, o que está diretamente relacionado com o transporte de Água Tropical pela Corrente do Brasil. Mesmo esta corrente marítima apresentando pouca velocidade no inverno devido aos regimes de circulação atmosférica e oceânica, a plataforma continental na região de Santa Marta apresentou-se dominada quase que totalmente pela CB. No transecto sul, a AT apresentou-se mais profunda, porém esteve mais próxima a costa diminuindo as concentrações de silicato nesta área. Na região do Albardão, foram encontrados traços da AT nos transectos norte e sul. Nestes transectos pode-se observar uma queda nas concentrações de silicato (Figura I-7.B.d e I-7.B.f) exatamente nos locais de influência da AT.

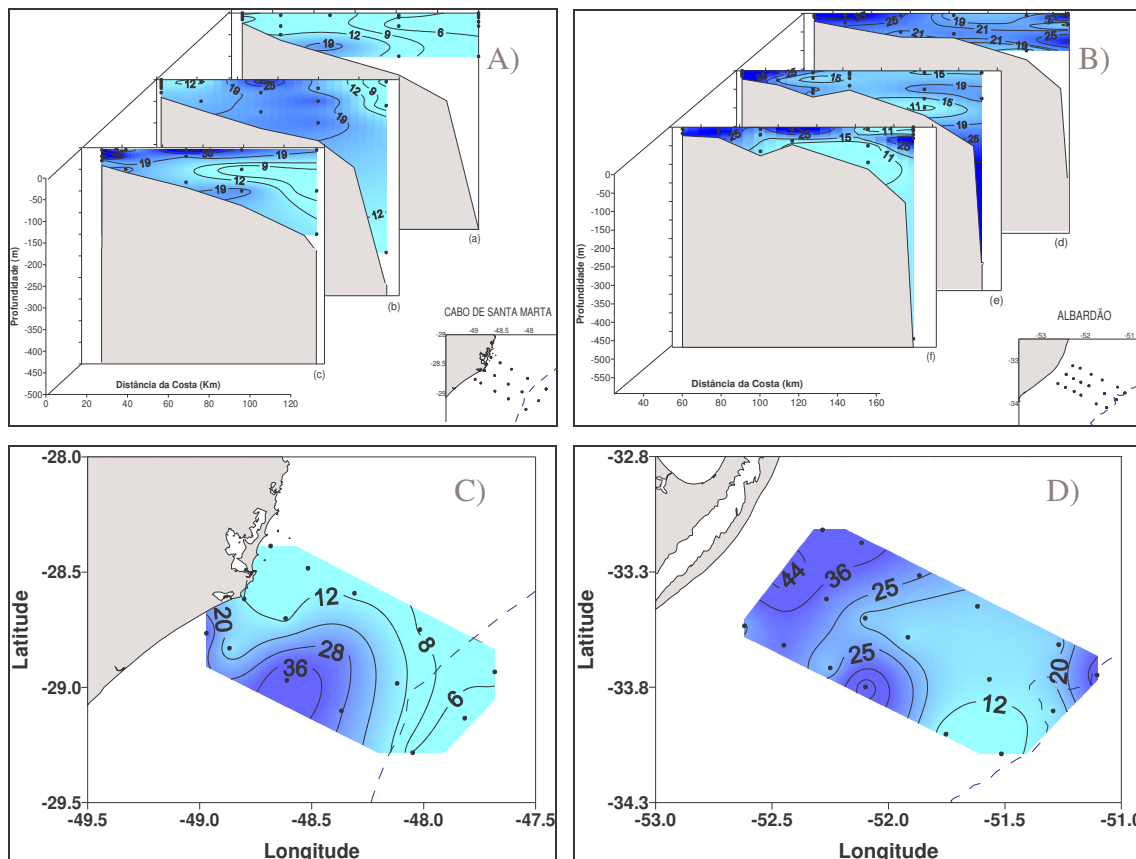


Figura I-7. Distribuição vertical e horizontal do silicato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).

Assim, verificamos que a região do Albardão apresenta concentrações de silicato muito superiores as de Santa Marta no período amostrado. Até mesmo a AT que tem como principal característica teores reduzidos de nutrientes (Fillmann, 1990; Lopes, 2004; Braga & Niencheski, 2006), apresentou concentrações elevadas na região do Albardão (Tabela 4). Este fato é consequência do dinâmico processo de mistura da AT com a ASTP e a ACAS.

A pequena área ocupada pela a AT na região do Albardão, associada aos intensos processos de mistura de água, possivelmente foi responsável por elevar o valor médio de silicato, já que o volume de AT encontrado na plataforma da região do Albardão foi muito reduzido. Na plataforma da região de Santa Marta, onde encontramos um volume substancial da AT, esta apresentou teor de silicato reduzido, acredita-se que nesta área o processo de mistura apresente menor intensidade devido ao grande volume desta massa de água.

3.3.b. Clorofila a

A partir dos teores de clorofila *a* pode-se estimar a produtividade, visto que o fitoplâncton é a base da cadeia alimentar e, portanto influencia a vida marinha existente (Millero & Sohn, 1992). A clorofila *a* é a única comum a todos os organismos fotossintéticos e é direta ou indiretamente a receptora da energia radiante. Assim, toda a energia disponível para um ecossistema é fixada pela clorofila *a*. Dessa forma pode-se afirmar que as maiores concentrações de clorofila *a* correspondem a maiores concentrações de fitoplâncton (Lalli & Parsons, 1993).

Os valores mais elevados de clorofila *a* estiveram relacionadas à AC, sendo que nesta massa de água, na região do Albardão, o teor de clorofila *a* foi maior que o dobro do valor médio encontrado na AC da região de Santa Marta. As águas de plataforma (ASAP e ASTP) também apresentaram teores expressivos deste parâmetro, especialmente na região do

Albardão. Já, a AT e a ACAS, apresentaram os maiores valores médios na plataforma da região de Santa Marta (Tabela I-5). Possivelmente devido a pouca profundidade apresentada por essas águas na região de Santa Marta, o que aumenta consideravelmente a penetração da luz, fator essencial para organismos fotossintéticos.

Tabela I-5. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) de clorofila *a*, $\mu\text{g L}^{-1}$, para cada massa de água.

<i>Massas de água</i>	<i>Santa Marta</i>		<i>Albardão</i>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
AC	0,84	0,32	1,83	1,10
ASAP	-	-	1,23	0,56
ASTP	0,52	0,24	0,64	0,56
AT	0,34	0,13	0,04	0,00
ACAS	0,12	0,07	0,02	0,01
AIA	-	-	-	-

De modo geral, na plataforma da região de Santa Marta os teores de clorofila *a* foram inferiores aos encontrados na região do Albardão. A distribuição deste parâmetro em Santa Marta apresentou-se mais homogênea (Figura I-8.A) do que na região do Albardão, na qual verificou-se uma nítida faixa divisora entre as elevadas e as baixas concentrações, próximo aos 30 metros de profundidade (Figura I-8.B). Possivelmente a abrupta redução dos teores de clorofila *a*, abaixo dos 30 metros de profundidade, possa ter ocorrido como consequência do aumento dos teores de material em suspensão próximo a esta profundidade na região do Albardão. O aumento dos teores de material em suspensão eleva a turbidez na coluna d' água, dificultando a penetração da luz nesta, o que resulta na redução da taxa de crescimento fitoplantônico e consequentemente em baixas concentrações de clorofila *a*.

No perfil horizontal a 5 metros de profundidade (Figura I-8.C e I-8.D), podemos observar claramente as elevadas concentrações de clorofila *a* na plataforma da região do

Albardão, especialmente nas estações oceanográficas mais próximas à costa (Figura I-8.D), onde encontra-se as mais elevadas concentrações de nutrientes, especialmente de silicato (Figura I-7.D), resultantes dos aportes continentais. A relação entre o silicato disponível (sílica reativa) e a clorofila *a*, se dá devido a um grande grupo dos organismos fitoplantônicos, as diatomáceas, por utilizarem este composto para a composição de seus exoesqueletos silicosos (Alpha *et al.*, 1955).

Ainda no perfil horizontal, mas na plataforma da região de Santa Marta (Figura I-8.C) podemos observar os maiores teores de clorofila *a*, nas estações mais próximas as desembocaduras da Lagoa Santo Antônio dos Anjos (28,49°S) e Canal do Camacho (28,61°S).

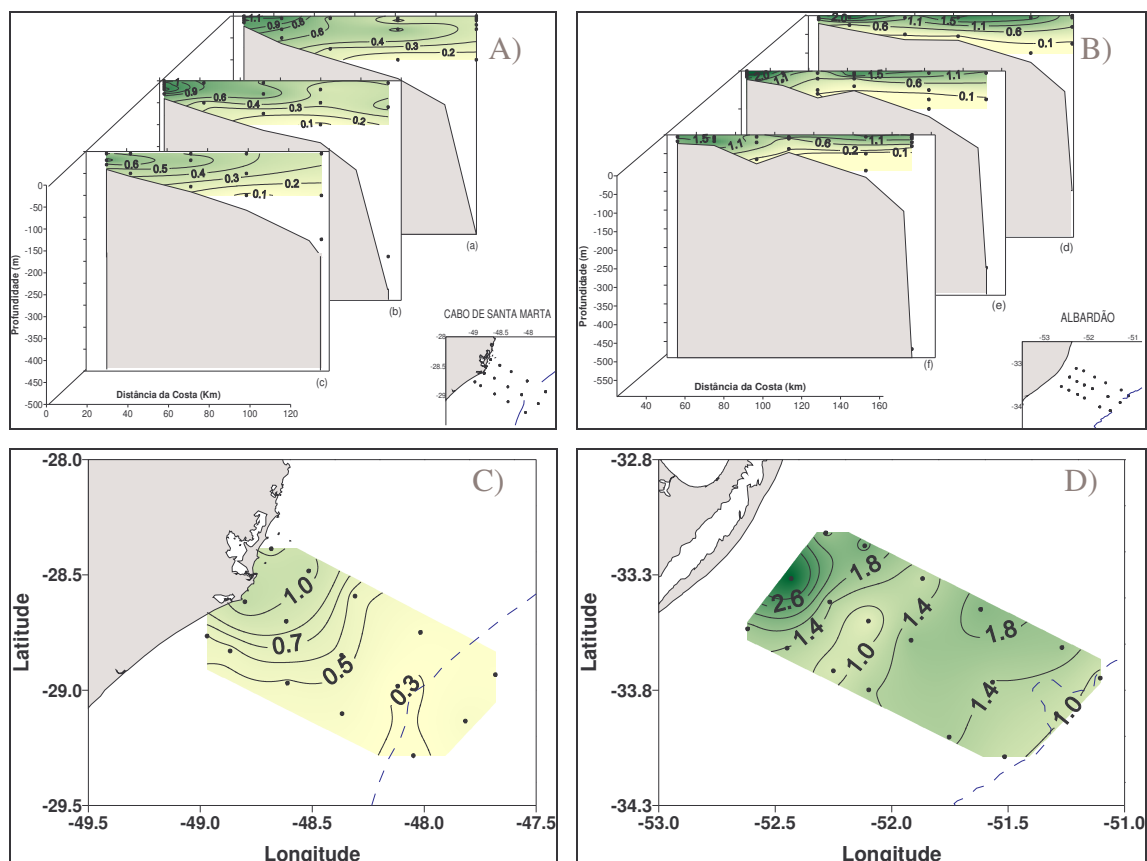


Figura I-8. Distribuição vertical e horizontal de clorofila *a*, $\mu\text{g L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).

Em resumo, podemos afirmar que as maiores concentrações de clorofila *a* estão relacionadas às AC devido ao elevado teor de silicato, especialmente na plataforma da região do Albardão por apresentar aportes continentais mais intensos, que elevam as concentrações de silicato. Apesar da ACAS também apresentar elevados teores de silicato, a presença de clorofila *a* não é expressiva, pois esta massa de água manteve-se, em ambas as regiões, restrita à camadas mais profundas, onde a pouca penetração de luz prejudica o desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos.

3.3.c. Fosfato

As concentrações mais baixas de fosfato foram encontradas nas Águas Tropicais. Nas águas mais profundas (AIA e ACAS) verificou-se concentrações mais elevadas e as massas de água AC, ASAP e ASTP, apresentaram valores intermediários, exceto a AC da plataforma da região do Albardão que apresentou valor médio próximo a $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Tabela I-6).

Tabela I-6. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) do fosfato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.

<i>Massas de água</i>	<i>Santa Marta</i>		<i>Albardão</i>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
AC	0,53	0,13	0,91	0,19
ASAP	-	-	0,59	0,12
ASTP	0,47	0,23	0,42	0,15
AT	0,26	0,14	0,25	0,14
ACAS	0,73	0,41	0,94	0,60
AIA	-	-	1,64	-

Na Figura I-9, podemos observar maiores concentrações de fosfato junto ao fundo oceânico (Figura I-9.B), especialmente na região do Albardão, onde as concentrações são mais elevadas e ainda pôde ser detectada a AIA, próxima aos 600 m de profundidade. As elevadas concentrações de fosfato nas massas de água mais profundas (AIA e ACAS). A ACAS possui concentrações típicas de fosfato de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ (comunicação pessoal Esteves, 2007), entretanto tanto a ACAS como a AIA não massas de água profundas, estas concentrações de fosfato, podem também estar relacionadas à ressuspensão e redissolução do fosfato associado ao sedimento de fundo e da água intersticial, decorrentes do contato de correntes oceânicas sobre o fundo (Fillmann, 1990 e Lopes, 2004).

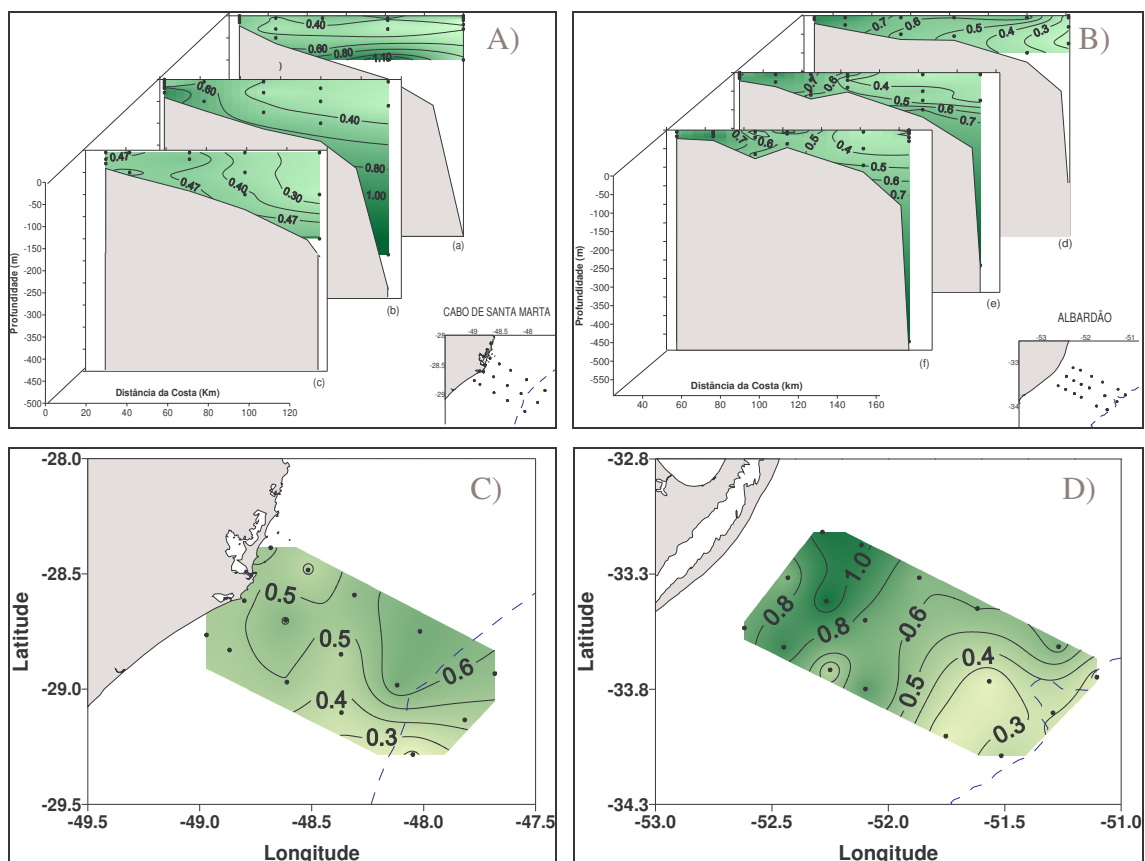


Figura I-9. Distribuição vertical e horizontal do fosfato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).

No perfil horizontal, na região do Albardão, verifica-se concentrações mais elevadas nas estações ao norte, próximas à costa, o que deve ser influência da descarga da Lagoa dos Patos, somados a ressuspensão do sedimento resultado do transporte de água subterrânea oriundo da Lagoa Mangueira, o qual será abordado no capítulo seguinte. Cabe salientar que muitas vezes, a avaliação do aporte de fosfato, via continente e sistemas de água doce, pode não ser bem avaliado, pois o fenômeno de floculação e passagem das formas dissolvidas de fósforo para a fase coloidal e particulada elimina o sinal de fosfato da fase dissolvida e a intensidade de aporte pode ser mascarada quando considerado apenas esse elemento na fase dissolvida (Braga & Niencheski, 2006).

A decomposição da matéria orgânica também pode ser responsável pelo aumento das concentrações de fosfato. Este processo exige consumo de oxigênio dissolvido, resultando em condições redutoras que elevam os teores de fosfato, assim como as formas reduzidas de nitrogênio (Baumgarten & Niencheski, 1998). Os processos de regeneração normalmente tornam-se mais acentuados no final do verão, sendo o material recuperado até o final do inverno e havendo oscilação durante esses períodos referentes à dinâmica das massas de água e às mudanças climáticas (Braga & Niencheski, 2006). Este processo pode ser verificado na Figura I-10, principalmente quando comparado o valor médio da AC nas duas regiões de plataforma. As Águas Costeiras da região do Albardão apresentam maior valor médio de material em suspensão, necessitando assim, maior quantidade de oxigênio dissolvido para a decomposição deste material. Ainda podemos observar que a concentração de fosfato no Albardão é quase duas vezes maior do que em Santa Marta.

Em geral os níveis de oxigênio apresentam-se ligeiramente elevados em ambas as regiões, o que intensifica o processo de oxidação da matéria orgânica presente no material em suspensão. Estes teores relativamente elevados de oxigênio dissolvido podem ser devido as

trocas gasosas com a atmosfera e a capacidade de retenção dos gases em águas com temperaturas baixas (Braga & Niencheski, 2006).

As elevadas concentrações de fosfato nas AC também podem ser explicadas pelo efeito de tamponamento característico do fosfato, que ocorre quando partículas argilosas, com grande quantidade de fosfato dissolvido, se encontram com água salina, que apresentam alta força iônica e são ricas em ânions como sulfatos, cloretos e carbonatos. A interação entre as águas doces e salinas induz a competição desses íons com o fosfato adsorvido, pelos sítios de adsorção na superfície das partículas. Dessa forma o fosfato pode ser desorvido aumentando a sua concentração na água (Baumgarten & Niencheski, 1998).

O fosfato disponível nas águas é assimilado pelos organismos fitoplactônicos, os quais apresentam enorme importância para a produção primária. Como visto anteriormente, a taxa de assimilação dos nutrientes, inclusive o fosfato é maior na zona eufótica. Nas águas mais profundas onde a assimilação é baixa ou quase nula pode haver acúmulo de fosfato, mesmo quando os teores de material em suspensão não apresentam-se elevados, como na AIA (Figura I-10.b).

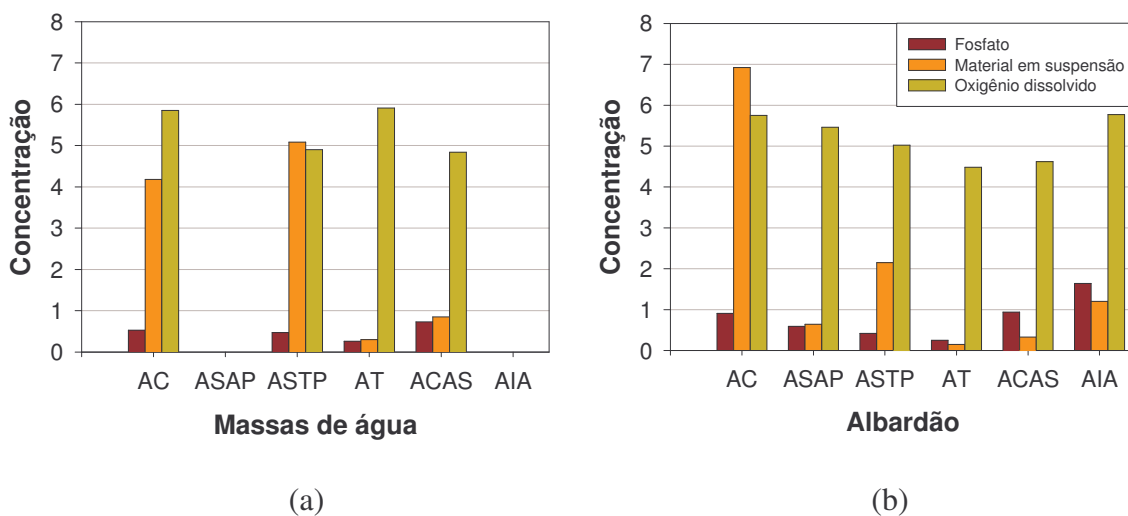


Figura I-10. Distribuição do fosfato ($\mu\text{mol L}^{-1}$); material em suspensão (mg L^{-1}) e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}) nas massas de água da plataforma continental de (a) Santa Marta e (b) Albardão.

De forma geral, as concentrações de fosfato apresentaram-se maiores nas camadas mais profundas. A AC da plataforma da região do Albardão apresentou concentrações mais elevadas do que as AC da região de Santa Marta, demonstrando mais uma vez a forte influência dos aportes continentais. A porção da ACAS detectada no Albardão também apresentou concentrações de fosfato maiores do que a detectada em Santa Marta, possivelmente devido a região do Albardão estar mais próxima a zona de convergência subtropical e ser conseqüentemente mais dinâmica e favorável a ressuspensão do sedimento e águas intersticiais que acabam disponibilizando fosfato dissolvido para a coluna de água.

3.3.d. Nitrogenados

Inicialmente serão avaliadas as distribuições de nitrogênio total, no perfil vertical e horizontal, para ambas as regiões, tendo em vista a sua importância para o estabelecimento da razão de Redfield (apresentada no item 3.3.e), a qual determina o fator limitante para o crescimento fitoplantônico.

Na região do Albardão estes valores foram sempre superiores aos de Santa Marta, sendo evidente nas concentrações da Água Costeira e Água Tropical. A ASAP, presente apenas na região do Albardão, foi a massa de água que apresentou o maior valor médio, evidenciando mais uma vez, que as concentrações de nutrientes na região do Albardão superam as concentrações de Santa Marta devido aos inúmeros processos e fenômenos oceanográficos ocorrentes nesta área, para o período em estudo. Apenas a ASTP e a ACAS mantiveram valores médios próximos nas duas regiões (Tabela I-7).

Tabela I-7. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, para cada massa de água.

<i>Massas de água</i>	<i>Santa Marta</i>		<i>Albardão</i>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
AC	4,59	1,47	6,39	1,24
ASAP	-	-	6,67	2,99
ASTP	5,32	1,97	5,02	1,59
AT	4,13	1,49	6,00	0,79
ACAS	4,30	0,79	4,74	2,37
AIA	-	-	5,54	-

Podemos observar as concentrações de nitrogenados mais elevadas no perfil norte da plataforma da região do Albardão (Figura I-11.B). O perfil horizontal nos mostra o gradiente das concentrações em direção ao mar. Ao longo deste gradiente observam-se concentrações mais elevadas entre as isóbatas de 50 e 100 metros, exatamente na zona onde foi detectada a ASAP e vestígios da AC, que contorna a isóbata de 50 m, elevando as concentrações de nitrogenados no transsecto sul do Albardão (Figura I-11.D). No transsecto central podem ser observadas as mais baixas concentrações para ambas as regiões, porém próximo à quebra da plataforma da região do Albardão as concentrações apresentam uma variação positiva, confirmando o processo de ressurgência de quebra de plataforma, também indicado pelo silicato, nesta região (Figura I-11.B e I-11.D).

Na plataforma da região de Santa Marta os menores valores de nitrogenados estão associados às áreas de maior influência da AT. Verificam-se concentrações mais elevadas no perfil norte nas proximidades da costa (Figura I-11.C), provavelmente devido a influência da Lagoa Santo Antônio dos Anjos (28,49°S), que recebe contribuição dos rios Tubarão e Sambaqui (SDM, 1997). Deve ser averiguada também a possibilidade do transporte subterrâneo de nutrientes da Lagoa Santo Antônio dos Anjos, 33,85 Km², em direção ao oceano. Uma vez que esta lagoa é parte de um importante complexo lagunar, que abrange

também as lagoas Imaruí, 86,32 Km², e Mirim, 63,77 Km², ligando-as ao Oceano Atlântico (Vieira *et al.*, 2002). Este transporte subterrâneo, pode ser outra fonte responsável pelo aumento das concentrações de nutrientes.

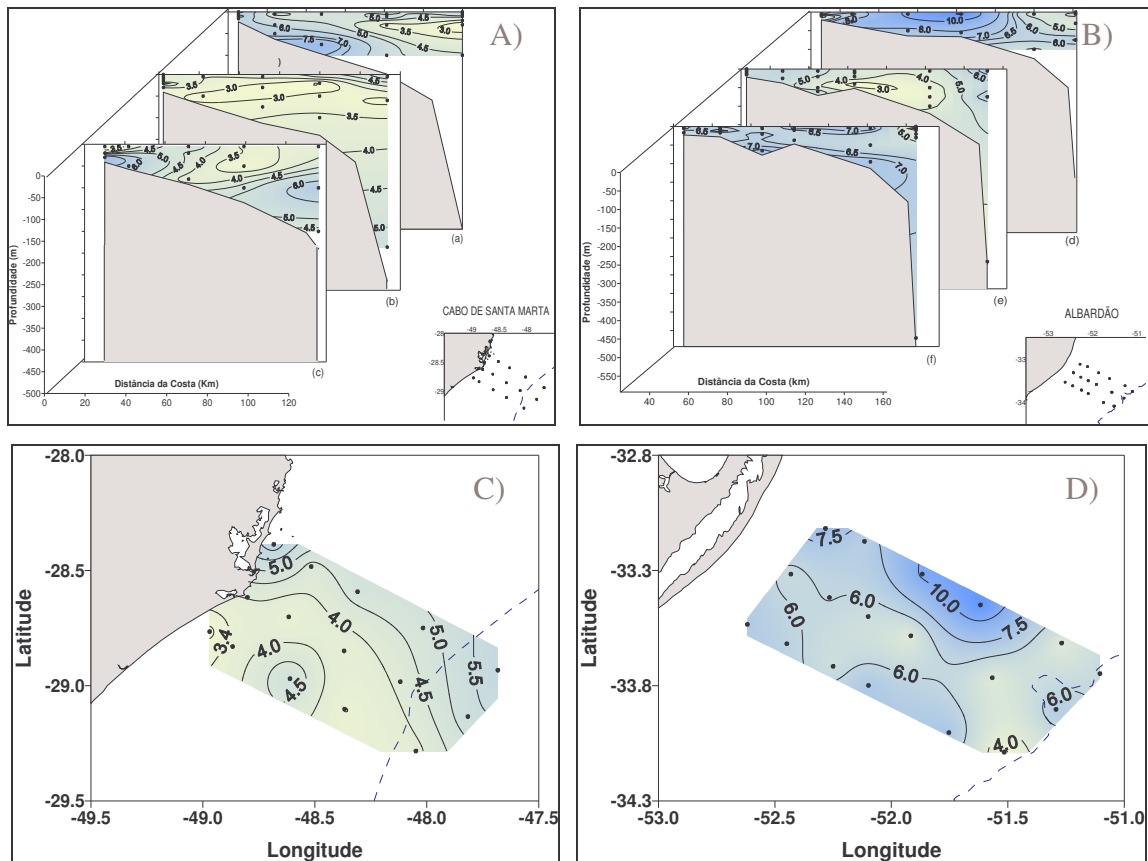


Figura I-11. Distribuição vertical e horizontal dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).

A seguir será avaliadas as distribuições dos os íons amônio, nitrito e nitrato nas massas de água já identificadas. A distribuição nos perfil vertical e horizontal destes íons apresenta-se em anexo nas Figuras I.A-7; I.A-6 e I-A-5. Além da soma destas espécies resultar no nitrogênio inorgânico total, cada uma delas atua como indicadora de processos fundamentais ao equilíbrio do ecossistema marinho.

Na plataforma da região de Santa Marta, verifica-se que as concentrações de amônio superam as de nitrato (Figura I-12.a), inclusive na camada eufótica, não havendo assim nenhum indício de produção nova. As elevadas concentrações de amônio indicam remineralização da matéria orgânica e não aporte novo, ou seja, uma nova fonte complementar. Possivelmente no período de primavera e/ou verão, com a ocorrência do fenômeno da ressurgência costeira, as concentrações de nitrato devem aumentar em função do afloramento da ACAS às camadas subsuperficiais.

Ainda na Figura I-12.a, a alta concentração de amônio e, considerando as concentrações de oxigênio dissolvido indicam um sistema em desequilíbrio termodinâmico, o qual está a espera de uma situação que aporte nitrato, que é o composto mais estável.

A produção nova é dependente de aportes de nitrato provenientes de fora da zona eufótica (Mann & Lazier, 1991), decorrentes da ascensão das massas de água e drenagem continental devido à ressuspensão de material de fundo (Dugdale, 1967).

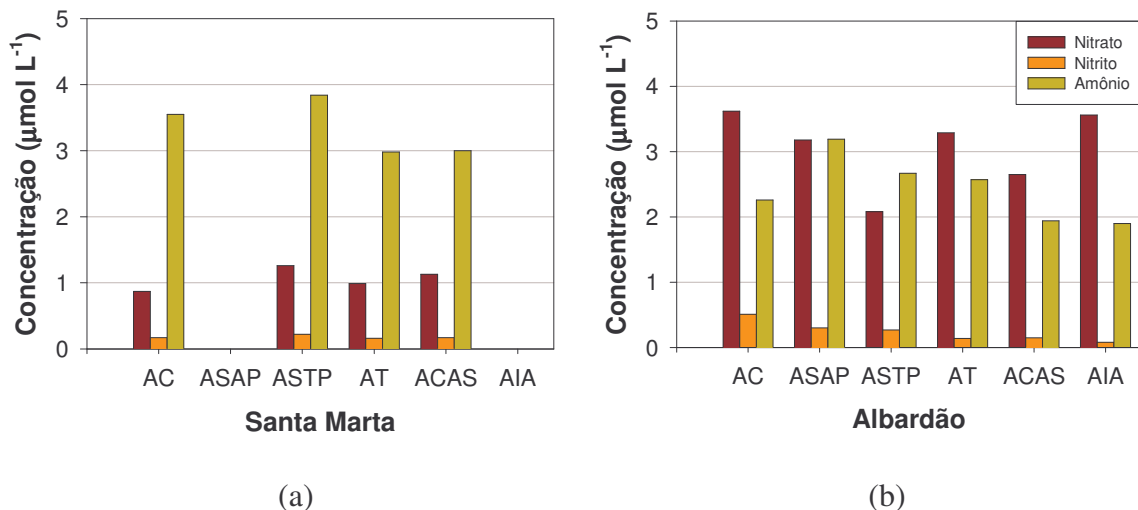


Figura I-12. Distribuição dos nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, nas massas de água da plataforma continental de (a) Santa Marta e (b) Albardão.

Na Figura I-12.b, podemos verificar que a plataforma da região do Albardão apresenta concentrações de nitrato maiores que amônio para todas as massas identificadas, demonstrando, assim, a superação da produção nova em relação à regenerada.

As concentrações de nitrito ao longo da coluna de água geralmente são baixas em relação às concentrações de amônio e nitrato, já que o nitrito é um elemento instável e de transição da oxidação da amônia e da redução do nitrato (Chester, 2000). Nas águas mais profundas, as concentrações de nitrito são ainda mais baixas revelando a menor influência de processos de regeneração e de aportes continentais. O significado da camada de mínimo nitrito associada à proximidade de fundo e aos aportes costeiros é importante, pois os dados de nitrito dificilmente são utilizados na caracterização de massas de água. Porém estão muito ligados aos processos químicos e biológicos, como regeneração, processos oxidativos, nitrificação e desnitrificação bacteriana (Braga & Niencheski, 2006).

3.3.e. Relação N:P

Os critérios para limitação estequiométrica de nutrientes é fundamentado na relação atômica Si:N:P do fitoplâncton, que é aproximadamente 16:16:1. Quando os níveis de nutrientes são suficientes, coincidem com a relação de Redfield (Romero, 2003). As variações nesta relação indicam limitação de N, P ou Si para o crescimento fitoplanctônico. O silicato geralmente não é fator limitante devido aos elevados teores disponíveis na coluna de água, sejam eles provenientes do intemperismo glacial ou do transporte pelos rios. Dessa forma, a limitação ocorre efetivamente pelos baixos níveis de fosfato ou dos nitrogenados. Quando as águas apresentam limitação de P, a relação N:P é superior a da relação de Redfield. Quando o N é limitante, a relação de Redfield é mais baixa (Correll, 1998).

A relação N:P apresentou-se superior a estimada por Redfield apenas na AT, na qual observa-se as mais baixas concentrações de fosfato. Nas demais massas de água a relação permaneceu abaixo de 14, evidenciando a limitação pelo nitrogênio (Tabela I-8).

Tabela I-8. Média aritmética (\bar{x}) e desvio padrão (s) da relação N/P para cada massa de água.

<i>Massas de água</i>	<i>Santa Marta</i>		<i>Albardão</i>	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s
AC	8,8	2,76	7,33	2,01
ASAP	-	-	11,65	5,06
ASTP	13,38	5,94	13,67	7,19
AT	20,45	15,09	29,92	20,37
ACAS	6,86	2,42	7,39	6,81
AIA	-	-	3,38	-

A distribuição do perfil vertical, nos permite visualizar os menores valores da relação N:P associados às camadas mais profundas. Em ambas as regiões de plataforma, os perfis centrais também apresentaram relações reduzidas, mostrando a limitação da produção primária pelos nutrientes nitrogenados (Figura I-13.A e I-13.B).

Na plataforma na região do Albardão entre as isóbatas 100 e 200 m, a 5 metros de profundidade, pode-se observar um aumento expressivo nos valores desta relação, devido aos decréscimos nas concentrações de fosfato. Em Santa Marta nesta mesma profundidade os valores apresentam-se distribuídos de forma mais homogênea, aumentando apenas nas estações oceanográficas situadas ao sul, após a quebra da plataforma (Figura I-13.C e I-13.D).

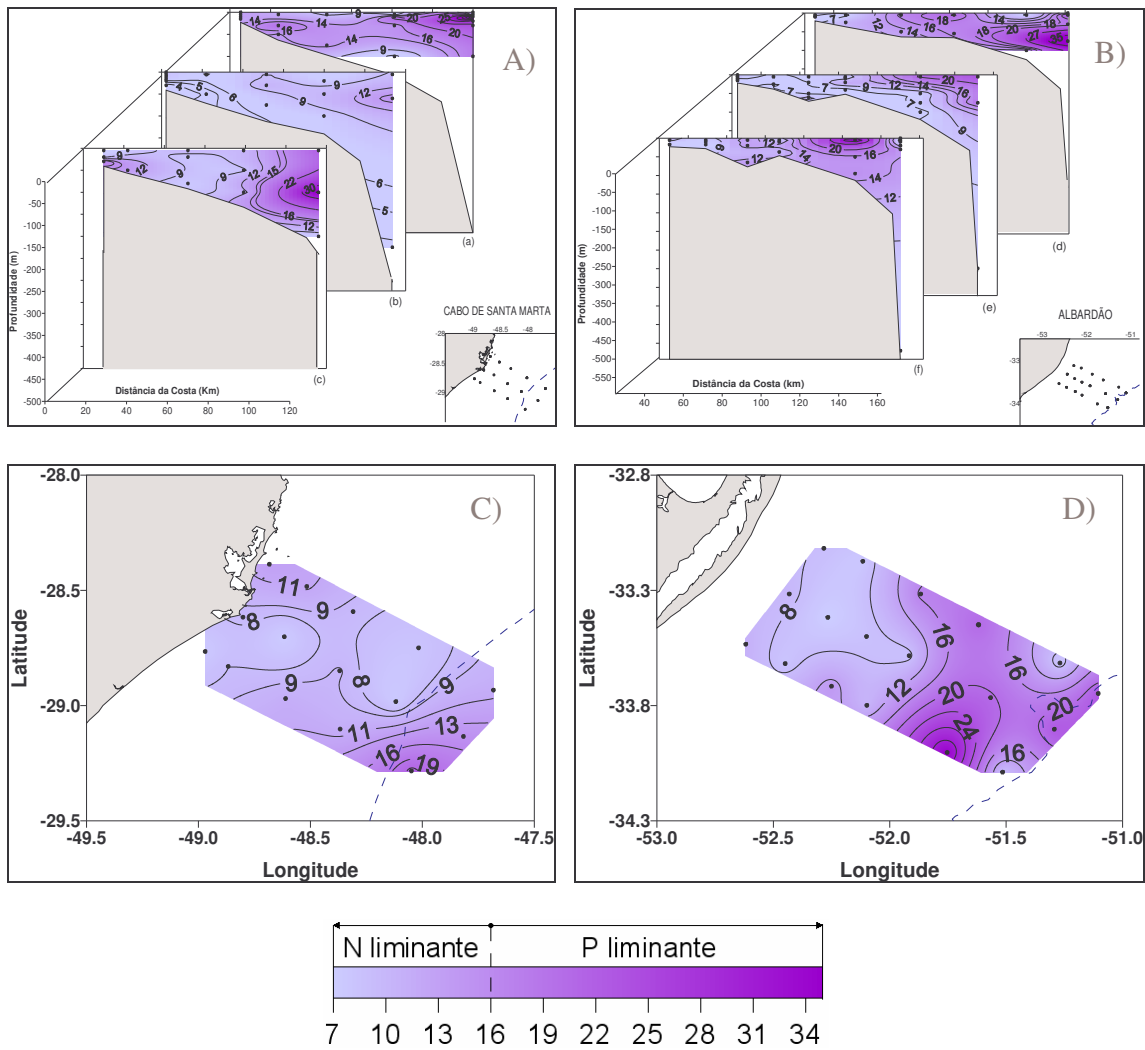


Figura I-13. Distribuição vertical e horizontal da relação N/P na plataforma continental nas regiões: de Santa Marta (A e C) e do Albardão (B e D).

De forma geral, as duas regiões de plataforma em estudo apresentaram sua produção primária limitada pelo nitrogênio. Locais influenciados pela AT, apresentaram o fósforo como fator limitante.

CONCLUSÕES

Os valores médios de nutrientes e os índices termohalinos em cada massa de água, da plataforma das regiões de Santa Marta e Albardão, apresentaram variações muito importantes nas camadas de menor profundidade, principalmente em função da presença da AC. Para as massas de água presentes nas duas regiões, também pode-se observar variação nos índices termohalinos demonstrando a necessidade da flexibilidade ao avaliar estes intervalos para diferentes regiões.

Não foi encontrada a ressurgência costeira na região de Santa Marta, confirmando que esta não ocorre em períodos de inverno.

Ao comparar as concentrações de nutrientes na plataforma continental da região de Santa Marta e Albardão, durante o inverno de 2005, observou-se claramente maiores concentrações na região do Albardão. As reduzidas concentrações de nutrientes dissolvidos e conseqüentemente de clorofila *a* na plataforma da região de Santa Marta se devem à pouca influência continental e muita influência da Água Tropical, a qual é caracterizada por baixos teores de nutrientes. Os altos teores encontrados no Albardão se justificam devido aos processos oceanográficos mais intensos resultantes da proximidade da Convergência Subtropical, da intrusão da ASAP, que tem como conseqüência a formação da Frente Subtropical de Plataforma e frentes frias que potencializam a dinâmica entre as massas de água elevando a produtividade.

Ainda para a plataforma da região do Albardão, cabe salientar a importância dos aportes continentais. Estes, que têm a sua procedência do Rio do Prata, Lagoa dos Patos e transporte subterrâneo (o qual será discutido no capítulo seguinte), são os principais responsáveis pelas elevadas concentrações de nutrientes na região do Albardão e interferem

diretamente na produtividade da região, o que pode ser sintetizado pelas elevadas concentrações de clorofila *a* nas AC.

CAPÍTULO II

**CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DE ORIGEM
CONTINENTAL À REGIÃO DE PLATAFORMA DO
ALBARDÃO (RS)**

RESUMO

A região sul do Brasil é uma área muito rica e produtiva, cujos fenômenos oceanográficos ainda são pouco compreendidos devido ao grande número de forçantes, tais como, aportes continentais do Rio do Prata, da Lagoa dos Patos, diversas massas d'água oceânicas e contribuição da água subterrânea. A plataforma da região do Albardão é rica em nutrientes dissolvidos, especialmente na zona costeira. O estreito cordão arenoso que separa a região do Albardão da Lagoa Mangueira levou a questionar a possibilidade do transporte de água subterrânea e se este poderia contribuir de forma expressiva para a produtividade desta região. Para comprovar a idéia deste transporte, foram associados dados pretéritos de nutrientes das Lagoas Mirim e Mangueira a dados inéditos da plataforma da região do Albardão, todos em período de alta pluviosidade. Este trabalho demonstra a necessidade de incluir o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangueira para a região costeira, como uma das principais fontes para o aumento da produtividade da região. Entretanto, para quantificar e compreender melhor este fenômeno, na hora atual faz-se necessário o uso de isótopos naturais como traçadores desses aportes subterrâneos.

Palavras chave: água subterrânea; transporte continental; nutrientes; estuário submarinho; Oceano Atlântico Sul.

ABSTRACT

The southern Brazilian region is a highly rich and productive area, whose oceanographic phenomena are still scarcely understood due to a great number of forces, such as the continental input from Prata River and Patos Lagoon, several oceanic water masses, and the contribution from groundwater. The shelf near Albardão is highly rich in dissolved nutrients, particularly by the coastal zone. The narrow sandy barrier that separates the ocean from Mangueira Lagoon has led us to wonder about the possibility of groundwater transport, and if it might provide an expressive contribution to the productivity in the surrounding area. In order to prove the idea of such transport, nutrient data from Mirim and Mangueira Lagoons were associated to unpublished data from Albardão area, all collected during a rainy period. The present work shows the need to include groundwater transport from Mangueira Lagoon to the coastal zone as one of the main sources for the productivity increase seen in that region. However, for such phenomenon to be quantified and better understood, it becomes currently necessary to use natural isotopes as tracers of the underground input.

Key words: groundwater; continental transport; nutrients; submarine estuary; South Atlantic Ocean.

1. INTRODUÇÃO

As águas de plataforma do sul do Brasil estão amplamente caracterizadas em termos de massas de água e aportes continentais superficiais (Rossi-Wontschowki & Madureira, 2006), sendo ainda pouco conhecido os teores de nutrientes. Sabe-se que a região do Albardão, situada 120 km ao sul da Barra de Rio Grande, (Figura II-1) recebe influência do Rio do Prata e do complexo lagunar Patos-Mirim, em algumas épocas do ano. Estes aportes elevam as concentrações de nutrientes nessa localidade. Entretanto, a proximidade entre a região do Albardão e a Lagoa Mangueira levou a questionar sobre a possibilidade do transporte de água subterrânea desta lagoa em direção ao oceano e se este poderia contribuir de forma expressiva para a alta produtividade desta região.

Embora o transporte subterrâneo não seja tão evidente quanto o superficial, os fluxos de elementos para o oceano também ocorrem através das águas subterrâneas. Este é um fenômeno freqüente, principalmente quando o aquífero conecta-se com as águas superficiais marinhas através de sedimentos permeáveis (Burnett *et al.*, 2003), que é o caso da planície costeira do sul do Brasil. O transporte de elementos e substâncias através de águas subterrâneas pode alterar a composição de águas superficiais aparentemente sem influências antrópicas (Burnett *et al.*, 2001). Trabalhos desenvolvidos na restinga que separa a Lagoa dos Patos do Oceano Atlântico (Windom & Niencheski, 2003 e Windom *et al.*, 2006) evidenciaram o transporte continental via água subterrânea, no que concerne ao transporte de nutrientes e de elementos traços. Foi demonstrado por esses autores que os fluxos subterrâneos podem alterar a composição química das águas da plataforma continental adjacente.

A região em estudo que abrange o complexo lagunar Mirim-Mangueira, tem na orizicultura sua principal atividade econômica, a qual exige a manutenção de lâminas de água

sobre os cultivos, durante todo o desenvolvimento das plantações (Villanueva *et al.*, 2000). Segundo Burger (2000), os banhados (ecossistema característico da região em estudo) eram considerados ambientes improdutivos e deveriam ser sanados, logo avaliou-se a possibilidade de drenagem do Banhado do Taim para a utilização de suas águas no cultivo de arroz.

A extração de água para orizicultura, tem alterado o regime hidrológico da região, incluindo as Lagoa Mirim e Mangueira e o Banhado do Taim. Estes sistemas são interligados, de modo que a retirada de água para a irrigação e as obras de construção de sistemas de irrigação (canais de drenagem, levantes, barragens), afetam todo o sistema e podem ocasionar diminuição no volume de água necessário a manutenção dos ecossistemas da região (Burger, 2000). O sistema é ainda mais afetado quando o bombeamento de água ocorre associado aos picos de evapotranspiração, observados por Villanueva (1997) nos meses de outubro/novembro e fevereiro/março. Nestas épocas de estiagem a retirada de água das lagoas é maior, visando suprir o déficit das taxas de precipitação. Esta etapa coincide com a fase do desenvolvimento das plantações (Tabela II-1) e nesta fase, o nível de água, nas lavouras de arroz, deve ser gradativamente aumentado de 10 a 15 cm, mantendo-o assim durante o desenvolvimento (ANA, 2001).

Tabela II-1. Fases do Cultivo de arroz.

JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
Preparação do solo											
	Inundação para semeadura										
		Drenagem/Germinação									
				Inundação para o desenvolvimento							
								Drenagem			
								Colheita			

Fonte: ANA (2001) e Villanueva (1997).

As Lagoas Mirim (230.000 ha) e Mangueira (80.200 ha) abastecem grande parte do plantio de arroz da região, onde utiliza-se em torno de $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ de água da Lagoa Mirim na

lavouira. Já, para a retirada de água da Lagoa Mangueira, tem-se um cuidado maior com os volumes extraídos (Banzaneve, comunicação pessoal), por ela ser a principal fonte de abastecimento do banhado do Taim e este, fazendo parte de uma estação ecológica (ESEC-Taim), deve ser devidamente conservado tendo em vista suas importantes funções ecológicas. Estas lagoas acabam garantindo a disponibilidade de água durante todo o período de irrigação, fazendo com que muitos produtores tenham a impressão errônea de que as fontes de recursos hídricos da região são inesgotáveis (Amaral & Righes, 2005), tornando assim ainda mais difícil a conscientização da população local.

Essa região é influenciada por regime de ventos, onde os predominantes são os do quadrante NE-SW (DHN, 1974). Estes ventos sopram ao longo do eixo principal do corpo das lagoas desta região e são identificados como o principal fator forçante, controlando a circulação e os níveis de água (Garcia, 1998). Sob efeito dos ventos NE, as águas das lagoas são direcionadas para o sul, aumentando o nível das Lagoas Mirim e Mangueira nesta direção e conseqüentemente a pressão hidrostática. Comportamento oposto ocorre quando sopram ventos do quadrante sul. Dessa forma, presume-se que a Lagoa Mangueira exerça um papel importante no fornecimento de água para o lençol freático e este, por diferença de pressão hidrostática, terminaria por advectar na região costeira oceânica. Acredita-se que esse transporte deva ser intensificado em períodos de altos índices pluviométricos, quando a pressão hidrostática exercida sob estas águas é ainda maior. Corrobora com esta hipótese, as elevadas concentrações de nutrientes obtidas na região costeira da plataforma continental, próximo ao Farol do Albardão (33,20°S e 52,70°W). Por ser esta região um local peculiar quanto à elevada concentração de nutrientes e a conseqüente alta piscosidade (Seeliger *et al.*, 2004), encontra-se em desenvolvimento, um projeto de caráter multidisciplinar, que tem como

objetivo seu próprio título: “Avaliação comparativa da influência dos padrões oceanográficos sobre a produção biológica da plataforma continental e talude em duas áreas do sul do Brasil”.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas amostragens de água em quatro locais diferentes (Figura II-1), sendo dois destes ambientes lagunares (Lagoas Mirim e Mangueira) e os outros dois ambientes oceânicos (plataforma continental e zona costeira oceânica). Nas Lagoas Mirim e Mangueira foram realizadas somente amostragens superficiais devido a pouca profundidade destas lagoas. Já na plataforma continental da região do Albardão as amostras utilizadas para este estudo foram as de 5 metros de profundidade, sendo estas chamadas de subsuperficiais. Para as amostragens relativas ao ambiente oceânico costeiro utilizamos amostragens superficiais, subsuperficiais e a 10 metros de profundidade.

Na Lagoa Mirim, foram realizadas 24 amostragens, distribuídas no canal de São Gonçalo e na parte brasileira da lagoa (Figura II-1), nos dias 13 e 17 de setembro de 2001.

Na Lagoa Mangueira, foram realizadas apenas três amostragens, as quais possibilitaram a representação de toda a lagoa, já que estas foram distribuídas ao norte, sul e centro da lagoa (Figura II-1). Essas amostras foram coletadas em 23 de junho de 1998.

Na plataforma da região do Albardão, as 18 amostragens, realizadas entre os dias 6 e 9 de setembro de 2005, foram distribuídas em três transectos. As estações oceanográficas, mais próximas ao continente estão localizadas aproximadamente à 30 km da costa e as mais distantes ~ à 160 km (Figura II-1).

Os períodos de amostragem, para as lagoas e a plataforma continental na região do Albardão, apresentaram características de inverno e estiveram relacionados aos meses de preparo do solo para o cultivo de arroz (Tabela II-1). Neste período não há utilização das

águas das lagoas para a inundação do plantio. Este fato, associado às elevadas taxas pluviométricas foram responsáveis pelo aumento do nível das lagoas, podendo atingir até 4 m acima do nível normal (Friedrich, 2004).

Já, para o ambiente oceânico costeiro, as 10 estações oceanográficas distribuídas entre os faróis de Chuí (33,82 °S) e Conceição (31,83 °S) foram resgatadas do projeto ECOPEL (Estudo do Ecossistema Pelágico). Para este projeto foram realizados quatro cruzeiros oceanográficos, os quais possibilitaram caracterizar os quatro períodos do ano: primavera (outubro 1987); inverno (setembro 1988); verão (fevereiro 1990) e outono (junho/ julho 1991).

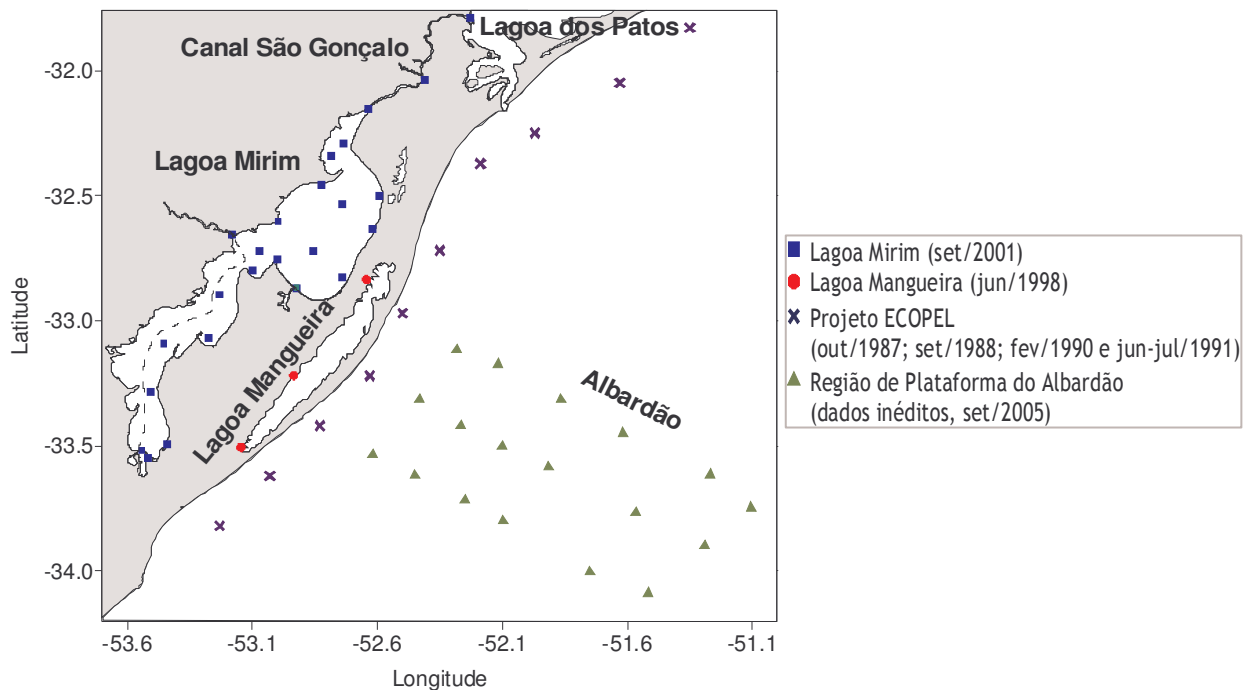


Figura II-1. Localização das estações de coleta.

As coletas foram feitas com auxílio de garrafas Van-Dorn de 1,5 L (Lagoa Mirim e Mangueira) e Niskin de 5,0 L (plataforma e zona costeira oceânica) transferidas para frascos de polietileno (1,0 L) previamente lavados. As amostras foram subdivididas em três partes, sendo uma destinada às medições diretas de temperatura, pH, salinidade e condutividade, outra para análise de oxigênio dissolvido e a terceira parte para análise de nutrientes e quantificação do material em suspensão. As amostras foram filtradas imediatamente após cada coleta, em filtro de acetato de celulose, com porosidade de 0,45 μm , utilizando-se bomba a vácuo. Após a filtração, as amostras destinadas às análises de nitrito, nitrato, amônio, fosfato e silicato foram acondicionadas em frascos de polietileno, adicionados reativos quando necessário e congeladas, para posterior análise, seguindo a metodologia descrita em Baumgarten *et al.* (1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. AMBIENTE LAGUNAR E OCEÂNICO

Visando comparar as amostragens realizadas nos diferentes anos, foi feito um breve estudo meteorológico nos diferentes ambientes. Apesar do ano de 1998 ter apresentado uma intensa influência do fenômeno El Niño, estas podem ser comparadas às amostragens de 2001 e 2005, pois todos os períodos também estiveram submetidos a elevadas taxas pluviométricas e com predominância de ventos NE (Estação Meteorológica da FURG). Informações adicionais sobre o estudo meteorológico realizado, podem ser verificadas nas tabelas e figuras em anexos (Tabelas II.A-1 a II.A-4 e nas Figuras II.A-10 e II.A-11).

A seguir serão discutidos os dados mais expressivos, envolvendo os nutrientes fosfatados e nitrogenados, oxigênio dissolvido e seu percentual de saturação e a matéria orgânica, representada pelo material em suspensão.

3.1.1. Fosfato e nitrogenados

Tanto na Lagoa Mirim quanto na plataforma da região do Albardão, as concentrações de fosfato e nitrogenados mantiveram valores de acordo com o estipulado para um ambiente em equilíbrio (Baumgarten & Niencheski, 1998). Excetuando as áreas de maior influência antropogênica, a Lagoa Mirim apresentou concentrações um pouco mais elevadas (Friechich, 2004). Já, a Lagoa Mangueira apresentou concentrações superiores ao estipulado para um ambiente equilibrado, tanto para fosfato como para os nitrogenados (Figura II-2).

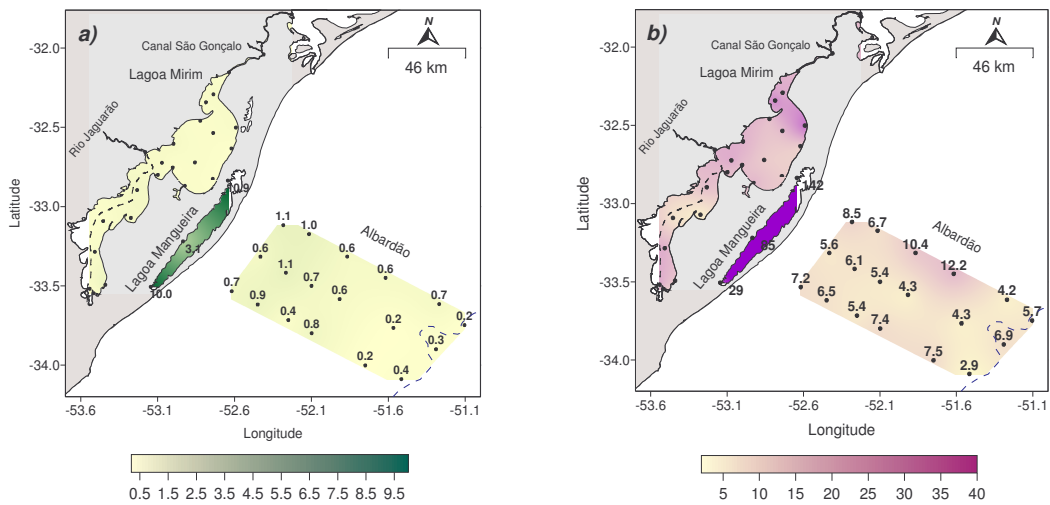


Figura II-2. Distribuição de (a) fosfato e (b) nitrogenados, $\mu\text{mol L}^{-1}$, ao longo da região de estudo.

Grande parcela destas elevadas concentrações na Lagoa Mangueira devem estar associadas ao cultivo de arroz irrigado, característico da região. O Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz com 26% dos 3.616.200 hectares de todo o Brasil e representa 45% de toda a produção nacional (CONAB, 2000). Só o município de Santa Vitória do Palmar, onde está localizada a Lagoa Mangueira, utiliza cerca de 90 mil hectares para o plantio de arroz (Bourscheit, 2003).

No cultivo do arroz irrigado usam-se muitos insumos agrícolas, praguicidas, corretivos do solo e especialmente fertilizantes (Bueno *et al.*, 2006). A utilização destes compostos apesar de aumentar a fertilidade dos solos, aumentando os índices de produtividade também pode causar sérios impactos, principalmente considerando que a água utilizada na irrigação retorna aos mananciais, via águas superficiais e lençol freático, sem nenhum tipo de tratamento. A recomendação para o cultivo de arroz em solos gaúchos é de até 60 kg/ha/ano de P_2O_5 e 10 kg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de nitrogênio em adubação de base, mas na realidade são utilizadas quantias muito maiores (pelo menos 180 kg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de adubo NPK). A perda de fósforo com

a drenagem da lavoura de arroz em solos orgânicos pode chegar até 30 kg/ha/ano (IRGA, 2001).

O fósforo perdido é imediatamente absorvido pelas partículas do solo, o que limita sua presença nas águas subsuperficiais (lençol freático). Devido ao fato do nitrogênio ser muito solúvel, este pode ser encontrado tanto nas águas de drenagem superficiais como nas subsuperficiais. Excesso de nutrientes podem ser benéficos em fluxos de retorno, se a água for utilizada somente para irrigação das lavouras (ANA, 2001), porém são maléficos se descarregam num curso d'água, promovendo a eutrofização destas águas, causada pelo aumento excessivo da concentração de nutrientes, resultando em elevada produção fitoplantônica e atividade microbiana. O aumento da biomassa de espécies oportunistas pode causar decréscimo na biodiversidade no sistema plantônico, causando então desequilíbrio no ecossistema (Burger *et al.*, 2002).

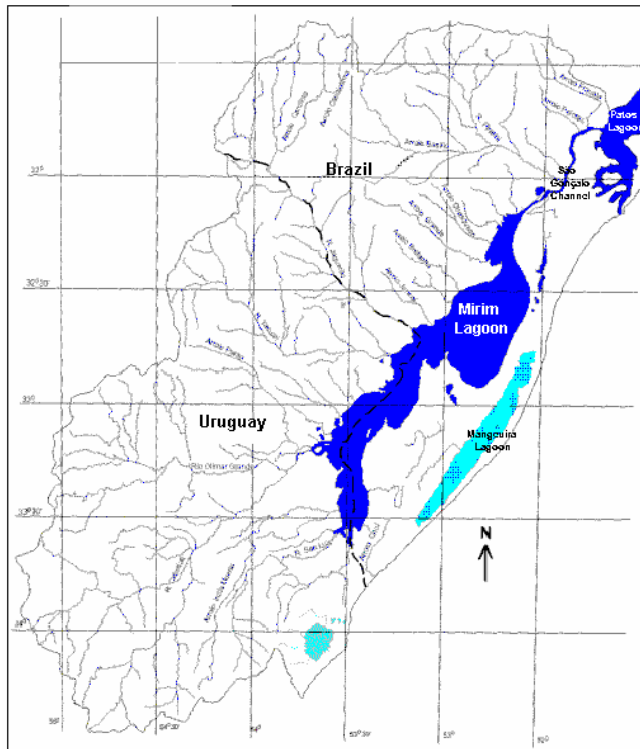
As implicações do aporte de nutrientes são ainda especulações e, não existem dados concretos que demonstrem um real impacto nos ambientes aquáticos adjacentes (Friedrich, 2004). Por enquanto, o sistema parece estar suportando bem os excessos de nutrientes lançados, uma vez que a Lagoa Mirim apresenta concentrações de nutrientes ainda dentro do estipulado para um ambiente em equilíbrio e na Lagoa Mangueira os peixes ainda estão se desenvolvendo muito bem, atingindo tamanhos acima do usual (Brusch, 2005). No entanto este sistema precisa de monitoramento, uma vez que essas concentrações não estão aumentando de forma natural e sim como resposta das atividades humanas praticadas nesta região.

Um fator importante a ser destacado é que existe um grande conflito entre a economia e a conservação ecológica na área entre a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico, já que nesta mesma região, existe uma Unidade de Conservação Federal, a Estação Ecológica do Taim

(ESEC-Taim), situada ao norte da Lagoa Mangueira. A ESEC-Taim é formada basicamente por ecossistemas de banhados, lagoas, dunas e beira de praia. A estação assume especial importância para estudos ecológicos, principalmente por apresentar o Banhado do Taim um dos últimos remanescentes desse tipo de ecossistema, o qual ocupa 60% da área da Estação Ecológica (PELD, 2006).

3.1.2. Oxigênio dissolvido e % de saturação

A movimentação das águas pelos ventos juntamente com a pouca profundidade apresentada nas Lagoas Mirim e Mangueira, promove intensas trocas gasosas com a atmosfera, resultando em uma maior disponibilidade de oxigênio dissolvido em suas águas. Porém, na Lagoa Mirim os teores de oxigênio são mais elevados, oscilando entre 8,49 e 11,85 mg L⁻¹, possivelmente devido ao menor tempo de residência e conseqüentemente maior renovação destas águas, uma vez que a Lagoa Mirim é receptora de diversos tributários tanto brasileiros como uruguaios (Figura II-3), sendo o mais importante do lado brasileiro, o Rio Jaguarão. Acredita-se que a descarga desses afluentes na Lagoa Mirim aumente a movimentação destas águas, disponibilizando maior quantidade de oxigênio dissolvido e assim mantendo a saturação do oxigênio em 100%. Já a Lagoa Mangueira não possui nenhum tributário, ou seja, toda água vem do lençol freático e de águas da chuva.



Tributários brasileiros

Parte do rio Jaguarão; arroio Juncal; arroio dos Arrombados; arroios Silvestre Pinto e Bretanha; arroio Canhada Grande; arroio Canhada; arroio Chasqueiro; arroio Sarandi e arroio das Palmas; arroio Curral dos Arroios; arroio Caturrita; arroio Tio Bento; arroio Capivaras; arroio Del Rey; arroio Curtume.

Tributários uruguaiois

Arroio São Miguel; arroio São Luiz; rio Pelotas; rio Cebollati; arroio Sarandi Grande; rio Taquari e parte do rio Jaguarão.

Figura II-3. Bacia hidrográfica da Lagoa Mirim (Fonte: Beltrame & Tucci, 1998 e Eurípides, 1998).

Tanto na Lagoa Mangueira como na região de plataforma foi verificada a subsaturação (Figura II-4). Na Lagoa Mangueira a subsaturação pode ser consequência da degradação da matéria orgânica, evidenciando que a capacidade autodepuradora deste ambiente não é suficiente para suportar a carga de matéria orgânica lançada (Baumgarten & Niencheski, 1998).

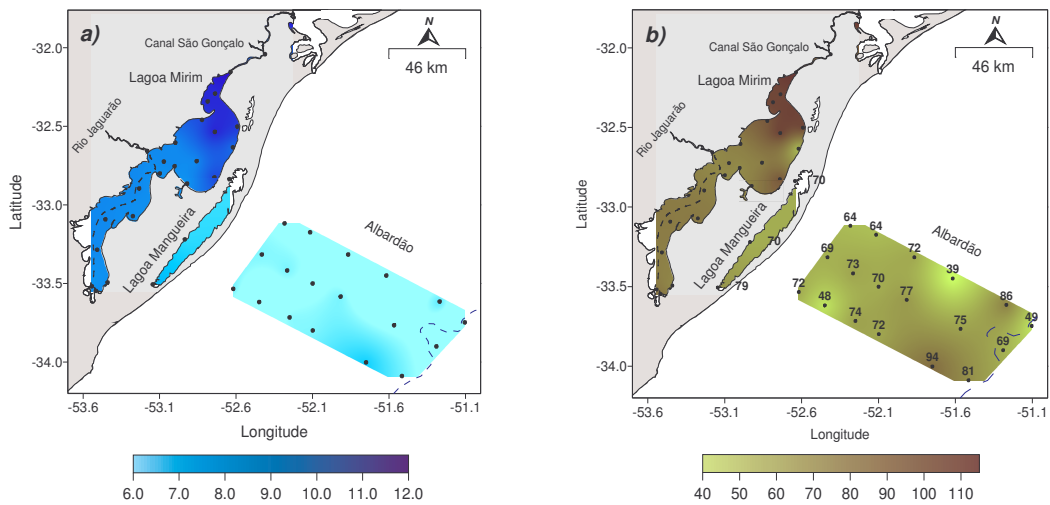


Figura II-4. Distribuição de (a) oxigênio dissolvido, mg L^{-1} , e (b) saturação do oxigênio (%) ao longo da região de estudo.

3.1.3. Material em suspensão

Um estudo de modelagem realizado por Paz (2003) concluiu que a vegetação e o vento são os dois principais agentes governantes da hidrodinâmica de banhados e que a ocorrência da vegetação, as suas características e a forma como está espacialmente distribuída têm papel fundamental sobre o comportamento hidrodinâmico dos banhados. Além de oferecer uma grande resistência adicional ao escoamento, a vegetação, quando emergente ou flutuante, proporciona um efeito protetor contra a ação do vento sobre a superfície da água, determinando assim um maior tempo no escoamento dessas águas. Pode-se observar na Figura II-5 que o teor de material em suspensão vai reduzindo em direção ao sul da lagoa, onde atinge valores próximos a 16 mg L^{-1} .

Pode-se assumir que, o aumento dos teores de material em suspensão na Lagoa Mangueira deve estar associado às atividades agropecuárias e a intensa degradação da vegetação das áreas alagadas adjacentes, especialmente as macrófitas, vegetação dominante do Banhado do Taim.

A resistência oferecida no escoamento das águas da Lagoa Mangueira aumenta o tempo de residência dos compostos orgânicos ali presentes, intensificando o processo de eutrofização. Com o aumento da decomposição (mineralização) da matéria orgânica e decréscimos de oxigênio, há predominância de formas reduzidas do nitrogênio oriundas da decomposição biológica da matéria orgânica protéica, assim como há o favorecimento do fosfato na água, pelo desenvolvimento de condições redutoras (Baumgarten & Niencheski, 1998). Ainda o retorno das águas, via superficial e subterrânea, utilizadas para a irrigação ricas em fosfatos e nitrogenados aumenta ainda mais os teores de nutrientes nesta lagoa.

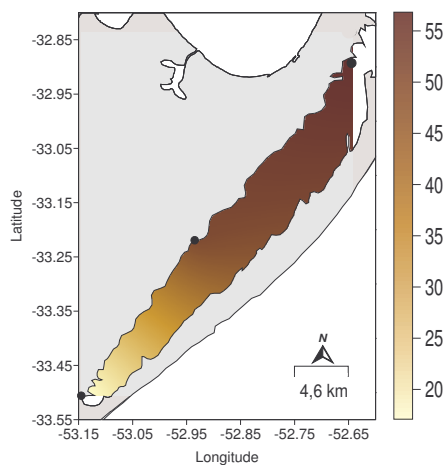


Figura II-5. Distribuição do material em suspensão na Lagoa Mangueira (mg L⁻¹).

Algumas características da Lagoa Mangueira se aproximam mais às águas oceânicas do que águas de ambientes costeiros. Por exemplo, sua relação N/P menor que 16 e a alcalinidade de suas águas. Os dados de 1998 apresentam um valor médio de pH igual a 8,00 e pesquisas da Fundação ZERI (Zero Emissions Research and Initiatives) encontraram valores de pH próximos a 9,00. A alcalinidade decorre da existência de depósito de conchas no fundo da lagoa, em razão de ter sido parte do oceano em passado relativamente recente dentro dos tempos geológicos, cerca de trezentos mil anos (Brusch, 2005). Acredita-se ainda que essas

características possam persistir por muito mais tempo devido à interação oceano-lagoa, via água subterrânea, já que a barreira arenosa que separa a lagoa do oceano pode se comportar como um “estuário subterrâneo” (Windom & Niencheski, 2003) e o nível da lagoa determina maior ou menor intrusão salina no cordão arenoso.

3.2. AMBIENTE OCEÂNICO COSTEIRO

Os dados oceânicos considerados são de um cruzeiro (setembro de 2005) e revelam um importante gradiente negativo de concentração de nutrientes entre a costa e o mar aberto. Como esses dados são provenientes de três transectos de uma região específica, foram resgatados dados pretéritos do Projeto ECOPEL, principalmente aqueles referentes às estações mais próximas da costa, para identificarem a real contribuição dos aportes continentais, desde o extremo sul do Brasil (Chuí) até Conceição, situada ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos. O uso dos dados pretéritos traz ainda a vantagem de uma análise para as quatro estações do ano.

3.2.1. Silicato

O valor médio das concentrações de silicato para as estações mais próximas à costa (Projeto ECOPEL) é apresentado na Tabela II-2. Pode ser verificado que a maior média refere-se ao período de outono e inverno, seguido da primavera e verão.

Tabela II-2. Média das concentrações do silicato ($\mu\text{mol L}^{-1}$) nas 4 estações do ano.

Região	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
			- x	s	- x	s	- x	s	- x	s
Chuí	33,82	53,23	18,97	3,42	19,45	2,51	38,40	5,58	26,95	3,38
Albardão	33,22	52,63	38,04	0	9,05	4,05	24,20	2,50	25,48	3,19
Rio Grande	32,25	51,97	14,29	1,55	7,62	0,46	20,22	6,68	31,04	2,68
Conceição	31,83	51,35	-	-	7,75	0,24	-	-	18,55	0,22
Geral*			21,59	13,61	9,23	3,59	25,44	7,76	24,97	5,30

Geral* = média de todas as concentrações apresentadas em cada uma das estações do ano em toda a área de estudo.

Esses valores médios nos indicam apenas os períodos de maior ou menor contribuição, mas não definem as fontes mais importantes para cada um destes períodos.

Com intuito de determinar as principais fontes em cada época do ano, foram elaborados gráficos, que apresentam a distribuição da concentração de nutrientes *versus* distância S-N (273 km), desde o Chuí (zero km) até Conceição. As concentrações de silicato estão representadas na Figura II-6.

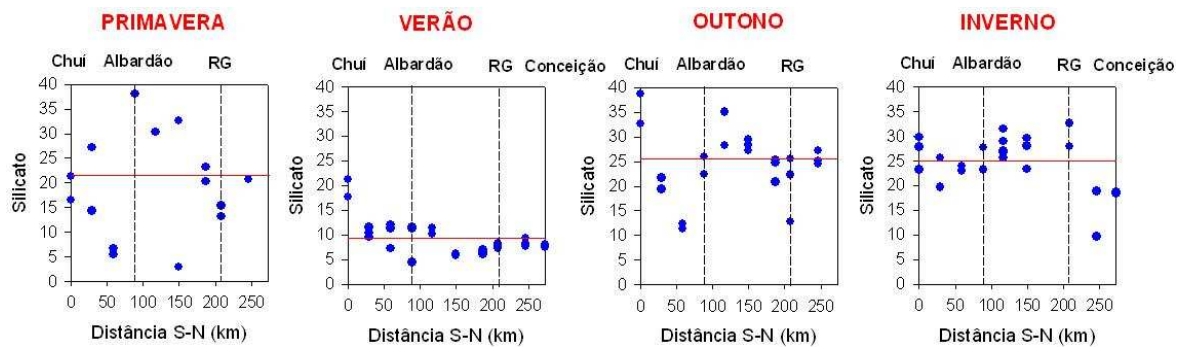


Figura II-6. Distribuição das concentrações de silicato em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.

O silicato é conhecido como um excelente traçador de massas de água, especialmente para Água Costeira, por diversos autores (Moreira da Silva e Aragno, 1968; Nagy e Blanco,

1987 e Ciotti *et al.*, 1995). O maior aporte continental é observado nos períodos de outono e inverno. No entanto, além do aporte terrestre, existe uma variação sazonal nas concentrações intrínsecas ao seu próprio ciclo. Pode-se verificar que os aportes continentais não alteraram a sazonalidade do ciclo do silicato, estes apenas potencializaram esta sazonalidade, uma vez que foram maiores nos períodos de baixo consumo (outono e inverno), em que já estaria havendo a regeneração do silicato e conseqüentemente aumentando a disponibilidade deste composto.

A hidroquímica das águas desta região do Atlântico é bastante dependente dos fenômenos meteorológicos. Por exemplo, os períodos de maior aporte continental (outono e inverno) estão relacionados à predominância de ventos SW (Garcia, 1998 e Ciotti *et al.*, 1995). Estes ventos direcionam as águas do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos para a direção Norte, havendo assim a tendência da região em estudo estar dominada por águas continentais oriundas especialmente destes dois grandes corpos de água. Em maior escala pelo Rio do Prata, uma vez que a descarga média deste rio é de $23.300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Piola, 2002), quase 20 vezes maior do que a descarga média da Lagoa dos Patos que varia entre 700 e $3.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Garcia, 1998). Na primavera e no verão os ventos dominantes são NE e direcionam as águas para o sul, facilitando a saída de água doce da Lagoa dos Patos. O mesmo ocorre com o Rio do Prata, onde as águas de baixa salinidade se estendem para o sul, ao longo da Costa de Buenos Aires (Piola, 2002).

A análise da Figura II-6 evidencia que para qualquer época do ano as concentrações na região do Albardão são elevadas. Em alguns casos, como na primavera, mais elevadas que as concentrações nas estações próximas a desembocadura da Lagoa dos Patos e do Chuí (que representa o aporte das águas do Rio do Prata). Isso pode indicar a existência de uma outra fonte de silicato além das tradicionais (Rio do Prata e Lagoa dos Patos) na região do

Albardão. Estas amostragens foram realizadas durante a primavera de 1987, que foi um ano de predominância do fenômeno El Niño e mesmo este fenômeno apresentando intensidade moderada foi capaz de acarretar em uma anomalia positiva de pluviosidade no sul do Brasil (Ciotti *et al.*, 1995). Como já visto anteriormente, as altas taxas pluviométricas aumentam o nível das lagoas e conseqüentemente a pressão hidrostática, o que facilita o transporte subterrâneo das águas da lagoa através da barreira arenosa para o oceano, o que corrobora a hipótese de que há transporte da Lagoa Mangueira em direção ao Oceano Atlântico, via água subterrânea. Ainda para a primavera pode-se verificar que esse transporte ocorreu de forma bastante intensa, uma vez que a média da concentração de silicato na região do Albardão é quase o dobro da média calculada para toda a primavera de 1987 (Tabela II-2).

Nos períodos de verão e outono foram observadas maiores concentrações de silicato na região do Chuí, porém em intensidades bem diferentes (Figura II-6). Este fato evidencia a forte variação sazonal das águas continentais oriundas do Rio do Prata. A sazonalidade do Rio do Prata, já havia sido verificada em um estudo realizado por Piola *et al.* (2000), no qual utiliza dados oceanográficos obtidos em um período de 30 anos sobre a plataforma continental e estes revelam esta mesma sazonalidade.

No verão, período que foi observada a menor contribuição continental, as concentrações de silicato são distribuídas de forma bastante homogênea, exceto na região que pode ser influenciada pelas águas do Rio do Prata.

O outono é destacado como o período de maior influência continental pela elevada média da concentração de silicato apresentada ao longo de todo período. As maiores concentrações de silicato, também foram observadas na região do Chuí, enquanto que as médias de silicato nas regiões do Albardão e de Rio Grande se mantiveram em torno de 20 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Este fato indica que os aportes do Rio do Prata superam os demais para este período

do ano e como consequência eleva a média geral. Embora a média de silicato no Albardão seja muito próxima à média de Rio Grande e um pouco abaixo da média geral para este período do ano, não pode-se descartar a influência das águas subterrâneas na região do Albardão, devido ao decréscimo das concentrações entre Chuí e Albardão. As elevadas concentrações de silicato na região do Chuí diminuem gradualmente na direção norte, atingindo concentrações de até $11,27 \mu\text{mol L}^{-1}$ e estas voltam a aumentar na região intermediária entre Albardão e Rio Grande, apresentando maiores concentrações mais próximas a região do Albardão do que a região de Rio Grande (Figura II-6). O fato das elevadas concentrações de silicato não estarem bem em frente à região do Albardão, não implica em dizer que estas não são oriundas do transporte subterrâneo da Lagoa Mangueira, já que para o outono a predominância dos ventos é SW e estes deslocam as águas para o norte.

No inverno, apesar das maiores concentrações de silicato estarem presentes na região de Rio Grande, em frente à desembocadura da Lagoa dos Patos, as concentrações no Albardão apresentam valores muito próximos a estes. Já a região de Conceição apresenta concentrações bem inferiores. Estas observações feitas para as 3 regiões indicam que a pluma formada pela descarga da Lagoa dos Patos não pode ser responsável pelas elevadas concentrações apresentadas na região do Albardão, uma vez que a pluma é direcionada pelos ventos SW predominantes e deveria influenciar mais a região de Conceição e menos a região do Albardão. Ainda, a região de Conceição está situada a 65 km ao norte da desembocadura da Lagoa dos Patos e a região do Albardão a 120 km ao sul. Assim, caso a pluma estivesse influenciando nas concentrações de silicato da região do Albardão, esta deveria estar influenciando ao norte além da região de Conceição.

Observa-se também que as concentrações da região do Albardão e as da região do Chuí são bastante similares. Podendo afirmar que a região do Albardão é influenciada pelo

aporte do Rio do Prata. Mas, se observar a área entre o Chuí e o Albardão verifica-se concentrações inferiores às encontradas no Albardão. Dessa forma fica mais uma vez evidente que as elevadas concentrações de silicato na região do Albardão não são apenas devido a influência da Lagoa dos Patos ou do Rio do Prata, mas que também estão submetidas a uma fonte “extra”.

Ainda para o período de inverno, observa-se também que as concentrações entre a região de Rio Grande e Conceição decrescem no sentido norte e na região de Conceição voltam a aumentar de forma muito sutil. Isto indica a ocorrência de transporte de água subterrânea da Lagoa dos Patos para a região oceânica costeira, conforme identificado por Windom & Niencheski (2003). No entanto, os dados revelam maior eficiência do transporte subterrâneo na região do Albardão do que na região de Conceição, possivelmente devido à largura da barreira arenosa e a baixa permeabilidade do sedimento na região de Conceição (Pereira *et al.* 2005). A largura da barreira arenosa que separa a Lagoa dos Patos do Oceano Atlântico em frente à região de Conceição (~ 9 km) é maior do que a barreira que separa a Lagoa Mangueira do oceano em frente à região do Albardão (~5 km). O coeficiente de permeabilidade dos sedimentos foi estudado por Pereira *et al.* (2005) que consideraram as características do fluído e do meio, incluindo porosidade, tamanho, forma, arranjo e verificaram para toda a costa do sul do Brasil permeabilidade intermediária, exceto no Farol de Conceição e os Concheiros (localizado ao sul da Lagoa Mangueira), nos quais observaram respectivamente o menor e o maior coeficiente de permeabilidade dos sedimentos. Estes fatores junto aos dados obtidos nas estações mais próximas à costa, deixam evidente a superior magnitude do transporte subterrâneo na região do Albardão em relação à Conceição.

3.2.2. Fosfato e nitrogenados

O comportamento dos nutrientes fosfatados e nitrogenados, apenas confirmam os aportes continentais determinados a partir das concentrações de silicato. Verifica-se os maiores valores médios de fosfato no outono e no inverno (Figura II-7), os quais representam os períodos de maior aporte continental para toda área em estudo. Os valores médios entre estes dois períodos, apresentam uma variação muito pequena ($\Delta = 0,06$), mas mesmo com valores médios praticamente iguais, estas duas estações do ano apresentam comportamento de diluição em sentido oposto. No outono ocorre diluição das concentrações de fosfato no sentido norte e no inverno, esta diluição segue o sentido oposto, rumo ao Chuí.

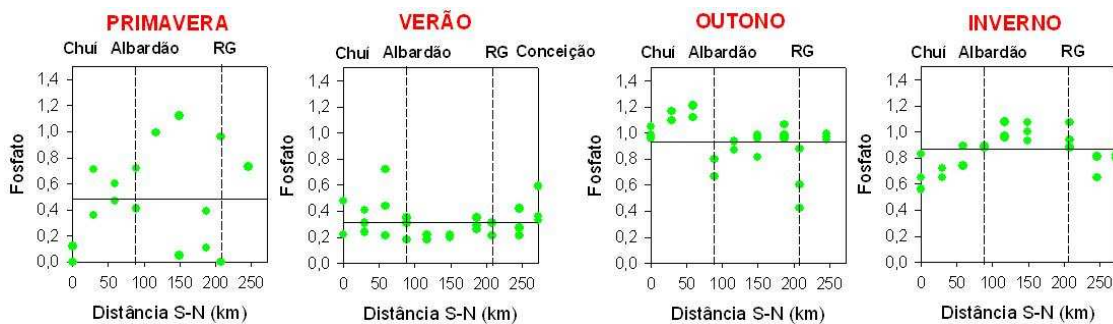


Figura II-7. Distribuição das concentrações de fosfato em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.

No outono, observa-se consumo de nutrientes (Si, P e N), principalmente nas regiões do Albardão e Rio Grande. Este consumo é resultando de bloom fitoplanctônico, característico para a costa do Rio Grande do Sul, no período de outono (Odebrecht & Garcia, 1998).

No verão, as concentrações dos nutrientes fosfatados e nitrogenados foram baixas em relação aos outros períodos do ano e estas apresentaram distribuição homogênea, devido à

baixa contribuição continental apresentada para este período. Apenas na região do Chuí é observado um pequeno aumento nas concentrações, provavelmente relacionado ao aporte do Rio do Prata.

Na primavera é possível observar claramente o transporte de fosfato junto à água subterrânea proveniente da Lagoa Mangueira, pois este resulta em elevadas concentrações de fosfato nas proximidades da região do Albardão. Estas elevadas concentrações de fosfato podem ser explicadas pelo efeito de tamponamento característico do fosfato, que ocorre quando partículas argilosas, com grande quantidade de fosfato dissolvido, se encontram com água salina, que apresenta alta força iônica e são ricas em ânions como sulfatos, cloretos e carbonatos. A interação entre as águas doces e salinas induz a competição desses íons com o fosfato adsorvido, pelos sítios de adsorção na superfície das partículas. Dessa forma, o fosfato pode ser dessorvido, aumentando a sua concentração na água. Por isso, pode ter ocorrido este aumento de fosfato dissolvido, compensando a diluição que a água do mar poderia causar e mantendo as concentrações de fosfato próximas a $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ (Baumgarten & Niencheski, 1998). As concentrações de fosfato também são elevadas em frente à desembocadura da Lagoa dos Patos, este fato pode estar ligado à quantidade de fosfatados solúveis desperdiçado ser maior do que a quantidade de nitrogenados durante a produção dos fertilizantes, que é freqüente nesta região (Niencheski & Windom, 1994).

Ainda na primavera, as maiores concentrações se encontram no Chuí e estas vão reduzindo em direção à Conceição. No inverno ocorre o oposto uma vez que as maiores concentrações estão localizadas na região de Rio Grande e estas decrescem em direção ao sul. Como já visto anteriormente, a descarga da Lagoa dos Patos, que influencia diretamente a região de Rio Grande é indicada como a principal responsável pela contribuição continental

no período de inverno e tem como consequência a elevação das concentrações dos nutrientes neste local.

Tanto no verão como no outono as distribuições das concentrações dos nitrogenados apresentam-se de forma bastante homogênea (Figura II-8), sendo o verão o período das mais baixas concentrações e o outono das mais elevadas entre todas as estações do ano. As elevadas concentrações de nitrogenados no outono são condizentes com o fato de ter encontrado aportes continentais de grande intensidade oriundos dos 3 corpos de água (Rio do Prata, Lagoa dos Patos e Lagoa Mangueira – via água subterrânea).

Deve ser considerado que esta região é dominada por variações hidroquímicas acentuadas e, em uma mesma estação do ano é possível ter importantes blooms que levam a exaustão de certas concentrações de nutrientes e em momentos seguintes, via aporte de água superficial ou subterrânea, essas concentrações são repostas.

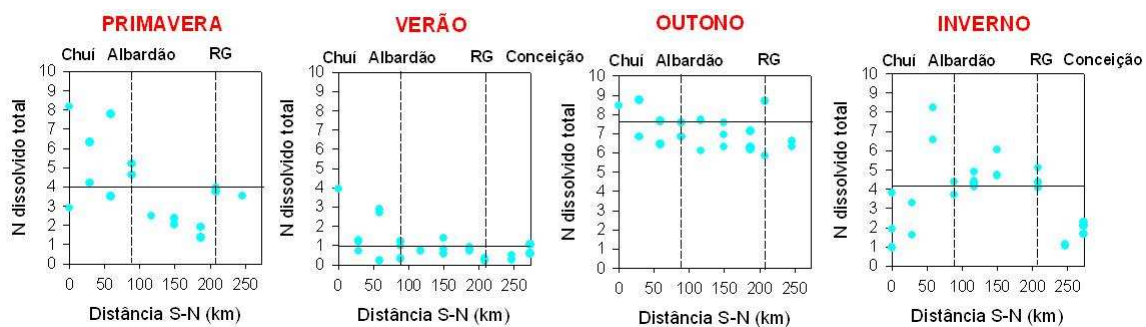


Figura II-8. Distribuição das concentrações dos nitrogenados em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.

O nitrato mostrou-se um bom traçador de águas continentais como pode ser visualizado na Figura II-9, apresentando sempre teores elevados nas regiões que recebem aporte continental, seja este superficial (Chuí e Rio Grande) ou subterrâneo (Albardão). O

nitrito aportado provavelmente é responsável pela produção nova naquela região que depende de nitrogênio provido de fora da zona eufótica da qual a fonte dominante é o nitrito (Mann & Lazier, 1991).

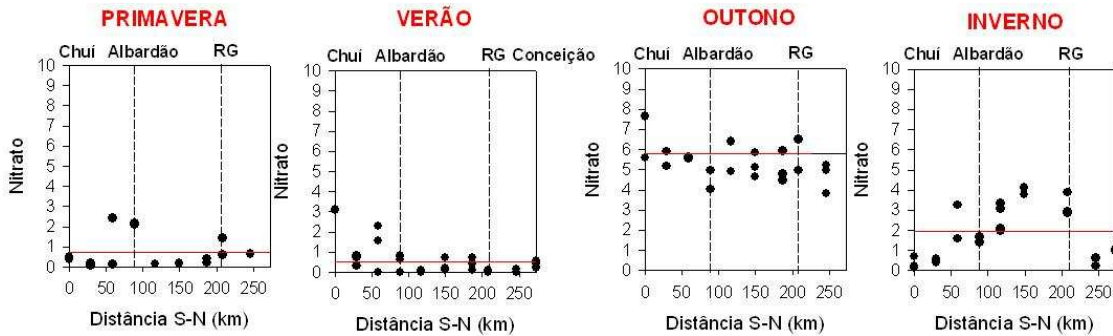


Figura II-9. Distribuição das concentrações de nitrito em $\mu\text{mol L}^{-1}$ (até 10 metros de profundidade) ao longo da costa, partindo de Chuí em direção a Conceição.

4. CONCLUSÕES

Os valores médios das concentrações de nutrientes na região do Albardão estiveram sempre muito próximos ou superiores à média geral das estações analisadas para o ambiente oceânico costeiro. Mesmo quando as concentrações em Rio Grande ou Chuí estavam altas ou baixas, as concentrações na região do Albardão se mantiveram estáveis. Dessa forma, fica cada vez mais claro que a região do Albardão é alimentada durante o ano todo por uma fonte independente das oscilações das descargas do Rio do Prata e da Lagoa dos Patos.

Assim, com este trabalho verificou-se a necessidade de incluir o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangueira para a região costeira, como uma das principais fontes para o aumento da produtividade na região do Albardão. Para que possa quantificar e compreender melhor este fenômeno no extremo sul do Rio Grande do Sul, está sendo realizada a quantificação do transporte de água subterrânea, com uso de isótopos naturais como traçadores dos fluxos subterrâneos.

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho apresenta informações importantes para o preenchimento de lacunas do conhecimento científico sobre a Plataforma Continental do Sul do Brasil e áreas costeiras adjacentes. No entanto, ainda há a necessidade de estudos complementares que comparem os dados hidroquímicos obtidos no inverno na plataforma continental da região de Santa Marta e Albardão aos dados a serem obtidos no período de primavera e/ou verão. Dessa forma, espera-se identificar a ressurgência costeira na plataforma da região de Santa Marta (Matsuura, 1986; Silveira & Möller, 1998), a qual não ocorre em período de inverno. Identificado esse fenômeno oceanográfico, deverá também ser avaliada a sua importância quanto à produção biológica.

Com relação à região costeira do Albardão, foram evidenciadas três fontes de nutrientes, via: Rio do Prata, Lagoa dos Patos e água subterrânea. Esta última destacou-se por ser uma importante fonte de nutrientes, ainda não levada em conta nos estudos de transporte de elementos químicos do continente para o oceano. Faz-se, portanto, necessária uma quantificação mais apurada desses constituintes, em especial os nutrientes, que se deslocam para o ambiente costeiro, principalmente em épocas de grande precipitação. Para tal, encontra-se em desenvolvimento um projeto em parceria com a Florida State University, com o objetivo de quantificar o transporte de água subterrânea entre a Lagoa Mangueira e a região oceânica do Albardão através de isótopos naturais.

Um outro projeto desenvolvido em colaboração com a Universidade Politécnica de Valencia está quantificando os teores de nutrientes exportados pela pluma da Lagoa dos Patos e a origem da sustentabilidade da produção primária, verificando a existência de fontes ou sumidouros de nutrientes dissolvidos dentro desta pluma e parte dos resultados foram apresentados na VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar.

Sendo assim, apresenta-se como recomendação, a quantificação dos aportes continentais superficiais provenientes do Rio do Prata, para que se possa quantificar o quanto os aportes continentais são responsáveis pela produção costeira oceânica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDAR, E., GAETA, S., GIANSELLA-GALVÃO, S.M.F., KUTNER, M.B.B. e TEIXEIRA, C. 1993. Ecosistema costeiro subtropical: nutrientes dissolvidos, fitoplâncton e clorofila – a e suas relações com as condições oceanográficas na região de Ubatuba, SP. Publicação Especial do Instituto Oceanográfico – USP, São Paulo, (10): 9-43.
- ALPHA, AWWA e FSIWA, 1955. Standard methods – for the examination of water sewage and industrial waters. American public health association, ICN. 10th. New York.
- AMARAL, L. G.H. do & RIGUES, A. A., 2005. Estruturas automáticas para controle de água nos canais em lavoura de arroz irrigado. Rev. Eng. Agríc, Jaboticabal, v.25. n1. p 272-281.
- ANA, 2001. Relatório de Visita de Campo Trecho Paulista da Bacia do Paraíba do Sul Cidades de Guaratinguetá e Taubaté. Fundação COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Agência Nacional de Águas (ANA).
- BAUMGARTEN, M.G.; BARROS ROCHA, M.J. e NIENCHESKI, L.F., 1996 Oceanografia Química – Manual de Análises em Oceanografia Química. Rio Grande. 132 p.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. & NIENCHESKI, L.F.H., 1998. Avaliação da qualidade hidroquímica da área portuária da cidade de Rio Grande (RS) – Rio Grande. Ed. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 57 p.
- BELTRAME, L.F.S., & TUCCI, C.E.M., 1998. Estudo para avaliação e gerenciamento da disponibilidade hídrica da Bacia da Lagoa Mirim. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, Porto Alegre. 128 p.
- BOURSCHEIT A., 2003. Palha de arroz gera alimentos e renda em Santa Vitória do Palmar. EcoAgência de Notícias, Brasília.

- BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L. F. H., 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In:ROSSI-WONGTSCHOWKI, C. L Del B & MADUREIRA, L. S-P (orgs.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Edusp. 466 p.
- BRUSCH, L.R. de F., 2005. Ações de avaliação, aproveitamento e geração de valor econômico aos ativos ecológicos brasileiros: a missão da Fundação ZERI Brasil. Zero Emissions Research Initiatives. Artigo publicado no site <http://www.zeri.org.br>. Fundação ZERI Brasil. Zero Emissions Research Initiatives. Acessado em: janeiro de 2005.
- BUENO A. da C. e S. & LEMOS, C. A. S., 2006. Soil Fertility of irrigated rice survey in Uruguaiiana, RS. Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguaiiana, 12(1):132-142.
- BURGER M. I., 2000. Situação e Ações Prioritárias para a Conservação de Banhados e Áreas Úmidas da Zona Costeira.
- BURGER, M. I; MENEGHETI, J.O.; SILVA, M. S. da e SILVA, A. Q. da, 2002. Banhados e áreas úmidas costeiras. In: Workshop para avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha do Brasil. Relatório técnico (CD-ROM). Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília.
- BURNETT, W.C. & DULAIIOVA, H., 2003. Estimating the dynamics of groundwater input into the coastal zone via continuous radon-222 measurements. Journal of Environmental Radioactivity, 69(1-2): 21-35.
- BURNETT, W.C.; TANIGUCHI, M. e OBERDORFER, J., 2001. Measurement and significance of the direct discharge of groundwater into the coastal zone. Journal of Sea Research, 46(2): 109-116.

- CACCIARI, P. L. 1986. Estudo descritivo sobre vórtices e núcleos quentes e frios incorporados à circulação oceânica, no limite oeste do Atlântico Sul. Tese de mestrado. IOUSP, São Paulo. 113 p.
- CAMPOS, E. J. D.; GONÇALVES, J. E. e IKEDA, Y. 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – summer of 1991. *Journal Geophysical Research* 100 (C9), 18537-18550.
- CAMPOS, E.J.D., 1995. Estudos da circulação oceânica no Atlântico Tropical e na região Oeste do Atlântico Subtropical Sul. Tese de livre-docência, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 114 p.
- CAPÍTOLI, R. R. & BEMVENUTI, C. E., 2006. Associações de macroinvertebrados bentônicos de fundos inconsolidados da Plataforma Continental e Talude superior no extremo sul do Brasil. . *Revista Atlântica*, Rio Grande, RS, v. 28, n. 1, p 47-59.
- CASTELLO, J. P; HAIMOVICI, M.; ODEBRECHT, C e COOREN, C. M., 1997. A plataforma e o talude continental. In: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C. & CASTELLO, J. P. (orgs.). *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo sul do Brasil*. Ed. Ecoscientia. 325 p.
- CASTELLO, J.P. & MÖLLER, O. O., Jr., 1977. On the oceanographic conditions in the Rio Grande do Sul state. *Atlântica (Rio Grande)* 2(2):25-110.
- CASTELLO, J.P. & MÖLLER, O. O., Jr., 1978. On the relationship between rainfall and shrimp production in the estuary of the Patos Lagoon, Rio Grande do Sul, Brazil. *Atlântica (Rio Grande)* (3):67-74.
- CASTRO FILHO, B.M., MIRANDA, L. B. e MIYAO, S. Y. 1987. Condições hidrográficas na plataforma continental ao largo de Ubatuba: Variações sazonais e em média escala. *Boletim do Instituto Oceanográfico, São Paulo*. 35 (2): 135-151.

- CASTRO, B. M.; LORENZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A. da e MIRANDA, L. B de, 2006. Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWKI, C. L Del B & MADUREIRA, L. S-P (orgs.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. Edusp. 466 p.
- CASTRO, B.M.& MIRANDA, L.B., 1998. Physical oceanography of the Western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S, coastal segment (4,W). In: Robinson, A.R., Brink,K.H. (Eds.),The Sea, Vol. 11. Wiley, New York.
- CHESTER, R., 2000. Marine Geochemistry. 2nd ed. Blackweel Science.
- CIOTTI, A.M.; ODEBRECHT C.; FILLMANN G. e MÖLLER O. Jr, 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf, Continental Shelf Research, vol.15, p 1737-1756.
- CONAB, 2000. Companhia Nacional de Abastecimento. Estimativas de safras. Indicadores da Agropecuária. Brasília, 9(2): 8.
- CORRELL, D.L., 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: A review. Journal of Environmental Quality, 27(2):261-266.
- COZZA, K. L., 1999. *Spirulina Plantensis* em meios naturais e sintáticos: fatores nutricionais e custos experimentas”. Tese de Mestrado em Engenharia de Alimentos, FURG. 200 p.
- DEFANT, A., 1936. Die troposphäre. Deutsche Atlantische Expedition “Meteor” 1925–1927. Wiss. Rg.,Bd. VI,Teil I, 3. Lief., 289–411.
- DHN, 1974. Atlas de cartas piloto do Oceano Atlântico: trindade ao Rio do Prata. Diretoria de Hidrografia e navegação, Rio de Janeiro.
- DUGDALE, R. C., 1967. Nutrient limitation in the seas: dynamics, identification and significance. Limnol. Oceanogra., 12:685-695.

- EMILSSON, I. 1961. The shelf and coastal waters of southern Brazil. Boletim do Instituto Oceanográfico IOUSP, São Paulo, 11 (2): 101 – 112.
- EMÍLSSON, I., 1959. Alguns aspectos físicos e químicos das águas marinhas brasileiras. Ciência e Cultura (São Paulo) 11 (2), 44–54.
- ESTAÇÃO METEOROLÓGICA da FURG. Banco de Dados Meteorológicos da estação principal da Fundação Universidade de Rio Grande. Online. <http://www.meteorologia.furg.br>
- FILLMANN, G., 1990. Caracterização química das massas de água da plataforma continental do sul do Brasil. Tese de Mestrado. Rio Grande, RS, Brasil. 133 p.
- FREITAS, A. C. N de, 2003. A estrutura vertical do sistema de correntes de contorno oeste ao sul da bifurcação de Santos. Dissertação de mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica – FURG. P.
- FRIEDRICH, A. C., 2004. “Hidroquímica da Lagoa Mirim-RS”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica. FURG. 129 p.
- GAMA, R. M. 2000. Análise sazonal das propriedades termohalinas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul – Projeto Ecopel. Monografia de conclusão de curso – Oceanografia. Rio Grande-Furg. 53 p.
- GARCIA, C. A. E., 1998. Características Hidrográficas. IN: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo Sul do Brasil. p 18-21.
- GARCIA, C.A.E., 1997. Physical oceanography. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C., CASTELLO, J.P. (Eds.), Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic. Springer, Berlin, Heidelberg.
- GARFIELD III, N., 1990. The Brazil Current at subtropical latitudes. Ph.D. Thesis, University of Rhode Island, USA, 122 p.

- GODOY, S. S. 1982. Estudo das variações sazonais da frente oceânica subtropical entre a corrente do Brasil e a corrente das Malvinas, utilizando dados oceanográficos e dados do satélite SMS – 2. Tese de mestrado, INPE, São José dos Campos, 295 p.
- IRGA, 2001. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. IRGA - Instituto Riograndense do Arroz, Porto Alegre. 128 p.
- LALLI, C. & Parson, T., 1993. Biological Oceanography – An introduction. Pergamon Press, Oxford.
- LIMA, I. & CASTELLO, J.P., 1995. Distribution and abundance of Southwest Atlantic anchovy spawners (*Engraulis anchoita*) in relation to oceanographic processes on the southern Brazilian Shelf. *Fish. Oceanogr.* 4 (1). p.1-16.
- LONGHURST, A., 1998. Ecological Geography of the Sea. Academic Press, San Diego, 398 p.
- LOPES, M. F., 2004. Hidroquímica da plataforma sul do Brasil: Caracterização e variabilidade sazonal. Dissertação de mestrado em Oceanografia Biológica-FURG. 158 p.
- MAGLIOCCA, A., MIRANDA, L.B., PINHEIRO, E.A. 1982. Variação sazonal de oxigênio dissolvido, temperatura e salinidade na costa sul brasileira (28°-35°S; 48° - 54° W). *Boletim do Instituto Oceanografia*. São Paulo. Vol 31(1): 1-9.
- MANN, K.H. & J.R.N. LAZIER. 1991. Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Scientific Publications. 466 p.
- MATSUURA, Y. 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura* V.38(8): 1439-1450.
- MATSUURA, Y. 1987. Recursos pesqueiros : Avaliação dos recursos pesqueiros no Brasil. in: Ogawa, M. & Koike, J. (eds). *Manual de Pesca*. Associação dos Engenheiros de

- Pesca do Estado do Ceará, Fortaleza. 61-91. MATSUURA, Y., 1986. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). *Ciência e Cultura* 38 (8):1439-1450.
- MATSUURA, Y., 1995. Exploração pesqueira. In: “Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento. Subsídios ao planejamento da gestão ambiental”. MMA. Cap. 4.6: 42-48
- MILLERO, F. & SOHN, M., 1992. *Chemical Oceanography*, CRC Press – Boca Raton Ann Arbour London. USA.
- MIRANDA, L. B. & CASTRO FILHO, B. M. de, 1979. Aplicação do diagrama T-S estatístico- volume à análise das massas de água da plataforma continental do Rio Grande do Sul. *Bolm Inst. Oceanogr.*, São Paulo, v. 28, n. 1, p 185-200.
- MIRANDA, L. B. de, 1985: Forma de correlação T-S de massa de água das regiões costeira e oceânica entre o Cabo de São Tomé (RJ) e a Ilha de São Sebastião (SP), Brasil. *Bolm. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, 33(2), 105-119.
- MIRANDA, L.B. 1972. Propriedades das variáveis físicas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MIRANDA, L.B., 1982. Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) a Ilha de São Sebastião (SP). Tese de livre docência. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 194p.
- MOREIRA da SILVA, P. C. & ARAGNO, F. J., 1968. Uma correlação entre os valores de salinidade e o teor em silicato na desembocadura do Rio da Plata.
- MOREIRA da SILVA, P.C. & ARAGNO, F.J., 1968. Uma correlação entre os valores de salinidade e o teor em silicato na desembocadura do Rio da Plata.
- NAGY, G.J. & BLANCO, A.C., 1987. Balance de silicatos disueltos de superficie en el Rio de la Plata. 2º Congr. Latinoam. De Ciências del Mar, Res.

- NIENCHESKI, L. F. H; BAUMGARTEM, M. G. Z. e WALLNER, M., 2005. Qualidade Ambiental e Biodiversidade. Protocolos de Amostragem e Processamento do Material. In: Qualidade das águas. 310 p.
- NIENCHESKI, L.F & WINDOM, H. L., 1994. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon estuary. *The science of the environment* 149 (1994) p 53-60.
- ODEBRECHT, C & GARCIA, V. M. T., 1998. Composição taxonômica, densidade celular e diversidade. IN: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo Sul do Brasil. p 18-21.
- ODEBRECHT, C., GARCIA, V.M.T., 1997. Phytoplankton. In: SEELIGER, U., ODEBRECHT, C., CASTELLO, J.P. (Eds.), *Subtropical Convergence Environments: the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. Springer, Berlin, Heidelberg, 308 p.
- OLSON, D.B.; POSDESTÁ, G.P.; EVANS, R. H.; BROWN, O. B. 1988. Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas currents. *Deep Sea Research* 35:1971-1990.
- PAZ, A., 2003. Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento hidrodinâmico do banhado do Taim (RS). Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 179 p.
- PELD, 2006. Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Sistema hidrológico do Taim (sítio 7). Publicado no site: <http://www.peld.ufrgs.br/>. Acessado em janeiro 2007.
- PEREIRA, P. S.; CALLIARI, L. J. e GUEDES, R. M. C., 2005. Permeabilidade das praias arenosas do Rio Grande do Sul: reflexo da herança geológica e morfodinâmica de praias.. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - Guarapari. X Congresso da ABEQUA v. Único.

- PIOLA, A.R. & RIVAS, A.L., 1997. Corrientes en la plataforma continental. In: Boschi, E.E. (Ed.), El mar argentino y sus recursos pesqueros, Tomo 1, Antecedentes históricos de las exploraciones en el mar y las características ambientales. INIDEP, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Mar del Plata, Argentina.
- PIOLA, A.R., 2002: El impacto del Plata sobre la plataforma continental. In: Taller El Niño: sus impactos en el Plata y en la Región Pampeana, E.J.Schnak (Ed.), Com. Inv. Cient. de la prov. de Buenos Aires, Asoc. Bonaerense de Científicos, Fac. de Cs. Naturales y Museo de la Plata, La Plata, Argentina. Contribuciones: p 19-22.
- PIOLA, A.R., E.J.D. CAMPOS, O.O. MÖLLER Jr., M. CHARO e C. MARTINEZ, 2000. The Subtropical Shelf Front off eastern South America. Journal Geophysical Research, Vol. 105, C3, p 6565-6578.
- ROMERO, I., 2003. Comportamiento de nutrientes em la pluma del Rio Ebro. Tese de doutorado. Universidade politécnica de Valencia- Espanha. 622 p.
- ROSSI-WONTSCHOWKI, C. L. Del & MADUREIRA, L. S-P., 2006. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. 466 p.
- SALLES DIAS, L.M., 1994. Caracterização química das águas da plataforma continental do sul do Brasil – verão de 1990 e outono de 1991. Trabalho de graduação. Fundação Universidade de Rio Grande – FURG. Rio Grande, 24 p.
- SDM (Secretaria de Estado e desenvolvimento urbano e meio ambiente), 1997. Bacias hidrográficas de Santa Catarina. Diagnóstico geral. Florianópolis [CDU 556.18(816.4)].
- SEELIGER, U. & ODEBRECHT, C., 1998. Introdução e aspectos gerais. IN: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo Sul do Brasil. p 1-7.

- SEELIGER, U.; CORDAZZO, C e BARCELLOS, L., 2004. Areias do Albardão: Um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil/Ecoscientia.
- SILVEIRA, A.M.R. & MÖLLER Jr., O.O., 1998. Caracterização do processo de ressurgência na região do Cabo de Santa Marta (SC); *Oceanografia e suas Interfaces*; 1998 (1): 363; 365. XI Semana Nacional de Oceanografia; Rio Grande –RS.
- SOUZA, R. B de e ROBINSON, I. S., 2004. Lagrangian and satellite observations of Brazilian Coastal Current. *Continental Shelf Research* 24 (2004) 241-262.
- SVERDRUP, H.U., JOHNSON, M.W., FLEMING, R.H., 1942. *The Oceans: their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall, Englewood Cliff, NJ, 1087 p.
- THOMSEN, H., 1962. Masas de água características del Oceano Atlântico (parte sudoeste). Servicio de Hidrografia Naval, Secretaría Marina, Buenos Aires. Publ. H632: 1-27. 22 p.
- VIEIRA, E. F. & RANGEL, S. R. S., 1998. Planície costeira do Rio Grande do Sul: geografia física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica. Porto Alegre, Sagra 256 p.
- VIEIRA, S. J.; ORTH, D. M e ZIMMERMANN, C. C., 2002. Valoração do Uso da Água no Trecho da Bacia do Rio Tubarão (Rio Braço do Norte), nos Municípios de São Ludgero e Braço do Norte - Sul de Santa Catarina. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário - COBRAC 2002. Florianópolis.
- VILLANUEVA, A. O. N., 1997. Simulação de áreas de inundação dinâmicas: canais compostos e wetlands. Tese de Doutorado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p 125.
- VILLANUEVA, A. O. N.; MARQUES D. da M. e TUCCI, C.E.M, 2000. The taim wetland conflict: a compromise between environment conservation and irrigation. *Internacional Water Resources Association*, 25 (4):610-616.
- WELSCHMEYER, N. 1994. Fluorometric analysis of Chlorophyll a in the presence of Chlorophyll b and pheopigments. *Limnol. Oceanogr.* 39:1985-1992.

- WINDOM, H. & NIENCHESKI, F., 2003. Biogeochemical processes in freshwater-seawater mixing zone in permeable sediments along the coast of Southern Brazil. *Marine Chemistry*, 83 (3-4):121-130.
- WINDOM, H. L.; MOORE, W.S.; NIENCHESKI, L. F. H. e JAHNKE, R.A.,2006. Submarine groundwater discharge: A large, previously unrecognized source of dissolved iron to the South Atlantic Ocean. *Marine Chemistry*, *in press*.
- ZAVIALOV, P.; MÖLLER O. Jr. e CAMPOS E., 2002. First direct measurements of currents on the continental shelf of Southern Brazil. *Continental Shelf Research*, v. 22, p 1975-1986.
- ZAVIALOV, P.O. & MÖLLER,O.O., 2000. Modeling and observations of currents off Southern Brazil and Uruguay: the Rio Grande Current. In: ZATSEPIN, A.G. (Ed.), *Oceanic Fronts and Related Phenomena (Proceedings of the Fedorov International Memorial Symposium)*. IOC Workshop Report No. 159, UNESCO, GEOS, Moscow, p. 612–617.
- ZAVIALOV, P.O.; GHISOLFI,R.D.; GARCIA , C.A.E., 1998. An inverse model for seasonal circulation over the Southern Brazilian Shelf: near-surface velocity from the heat budget. *Journal of Physical Oceanography* (28): 545–562 .

ANEXOS

CAPÍTULO I

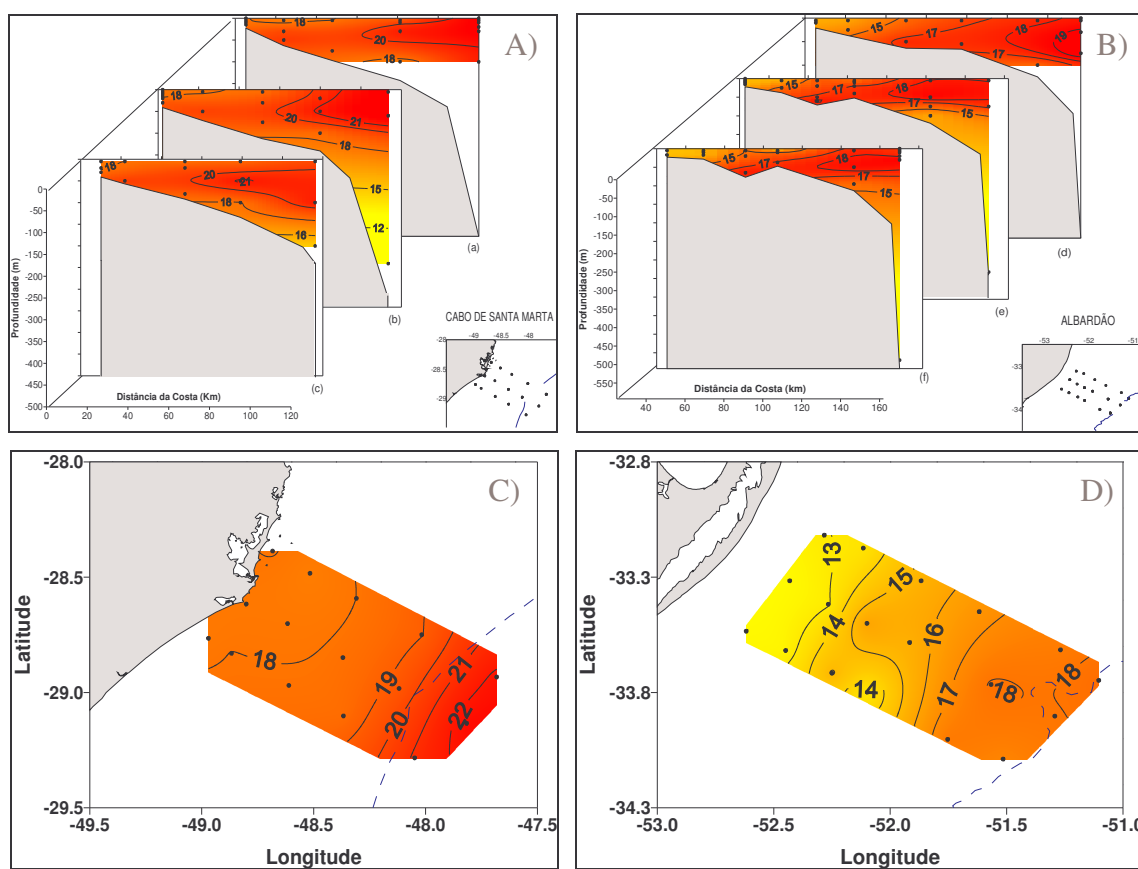


Figura I.A-1. Distribuição vertical e horizontal da temperatura, °C, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

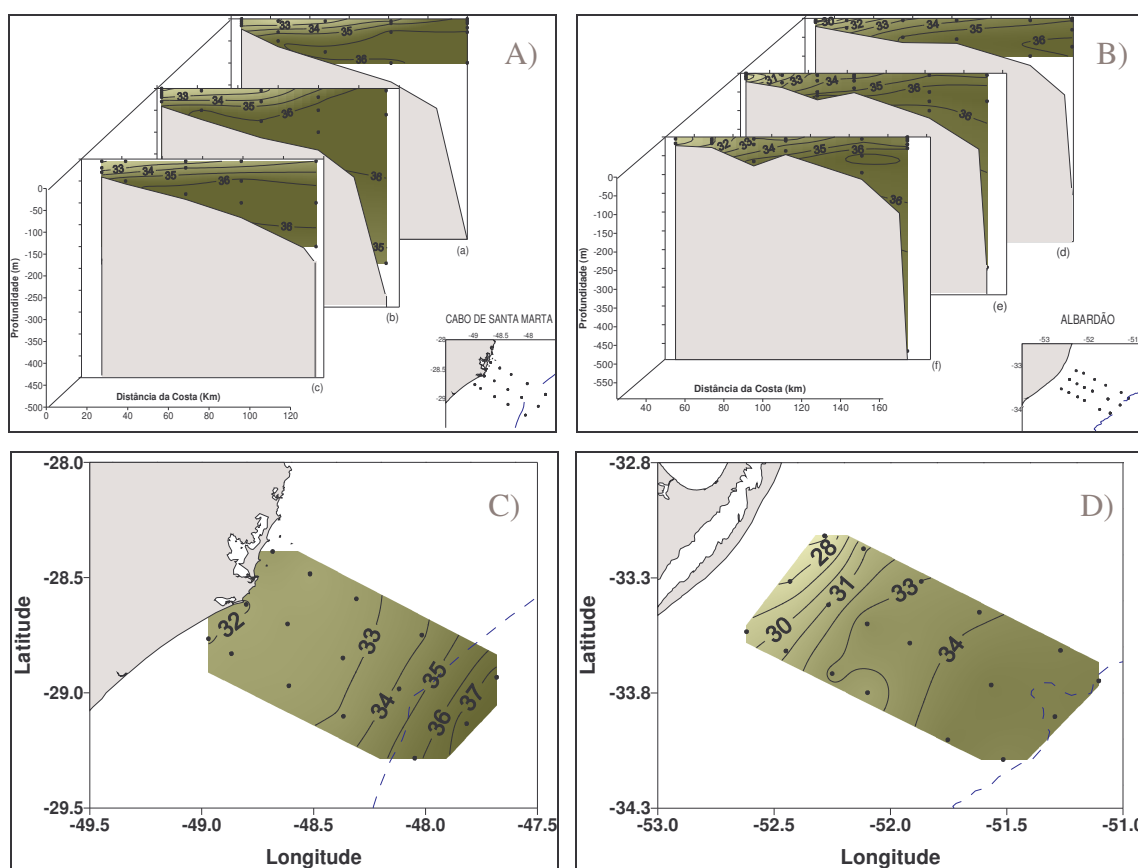


Figura I.A-2. Distribuição vertical e horizontal da salinidade na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

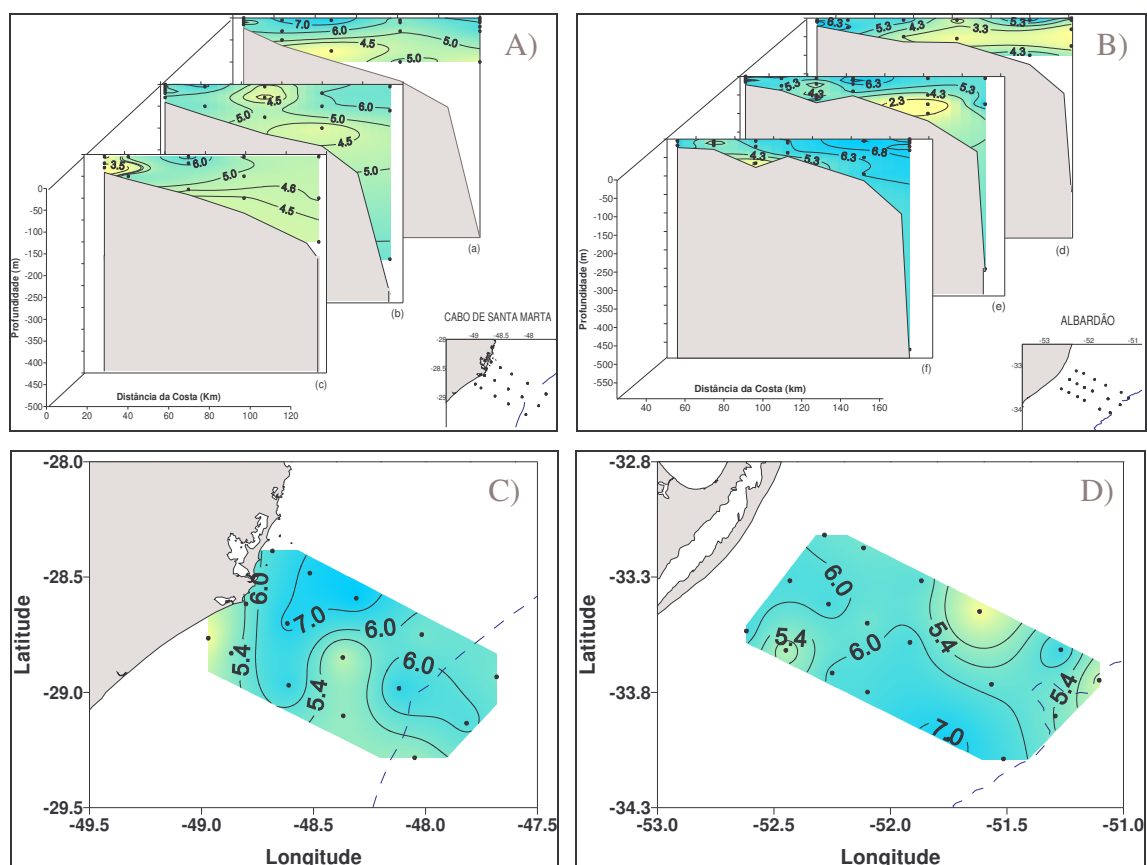


Figura I.A-3. Distribuição vertical e horizontal de oxigênio dissolvido, mg L⁻¹, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

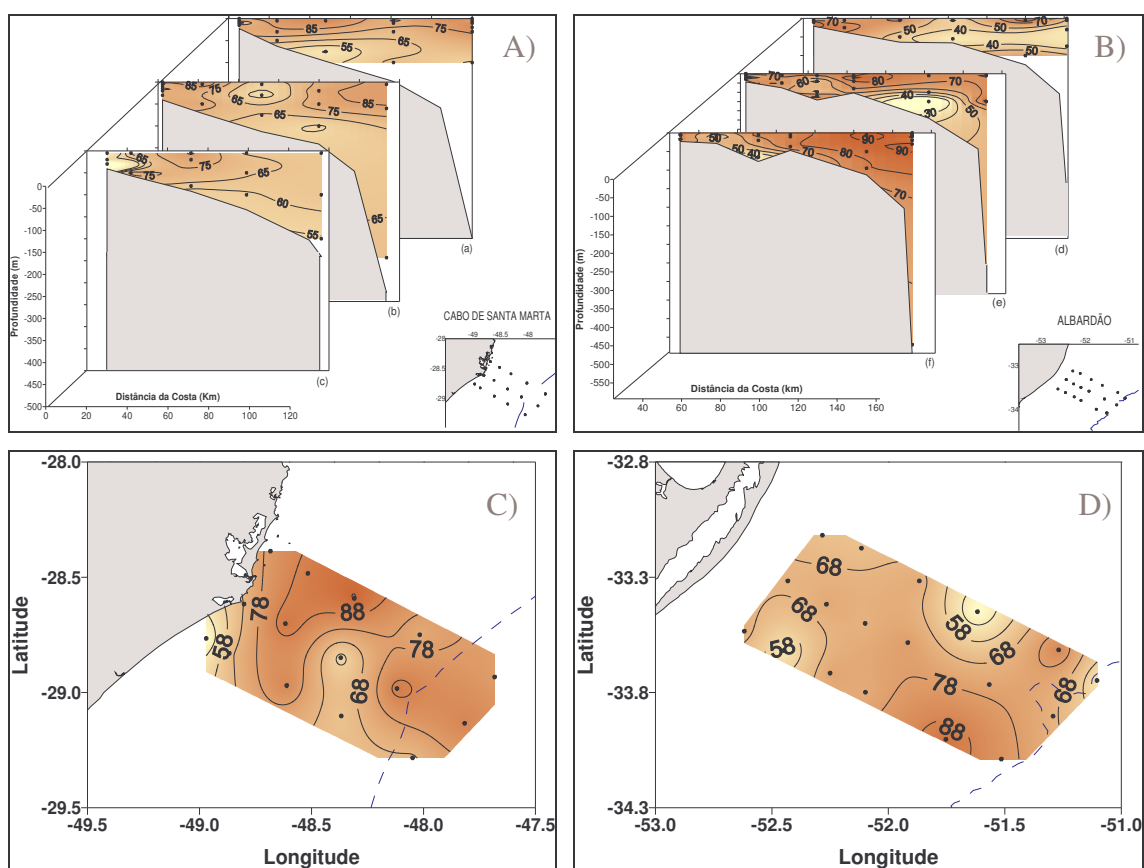


Figura I.A-4. Distribuição vertical e horizontal da saturação de oxigênio dissolvido, %, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

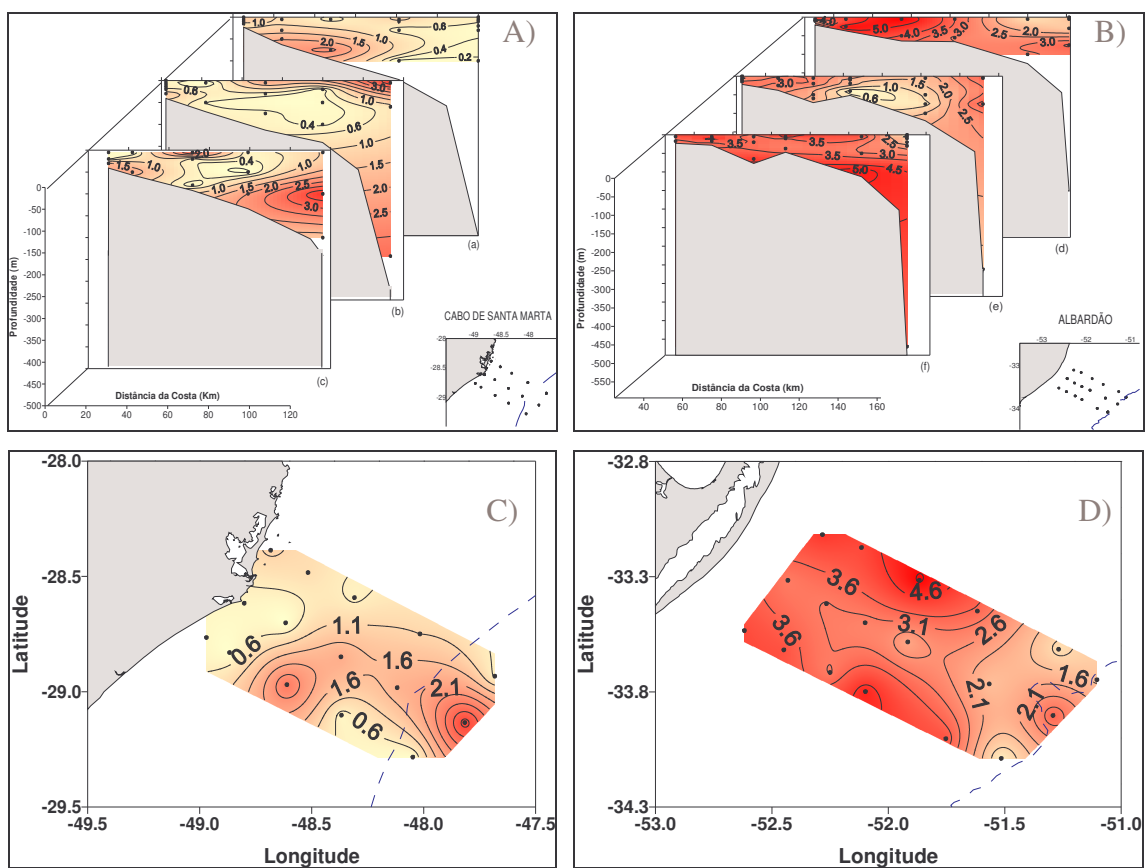


Figura I.A-5. Distribuição vertical e horizontal de nitrato, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

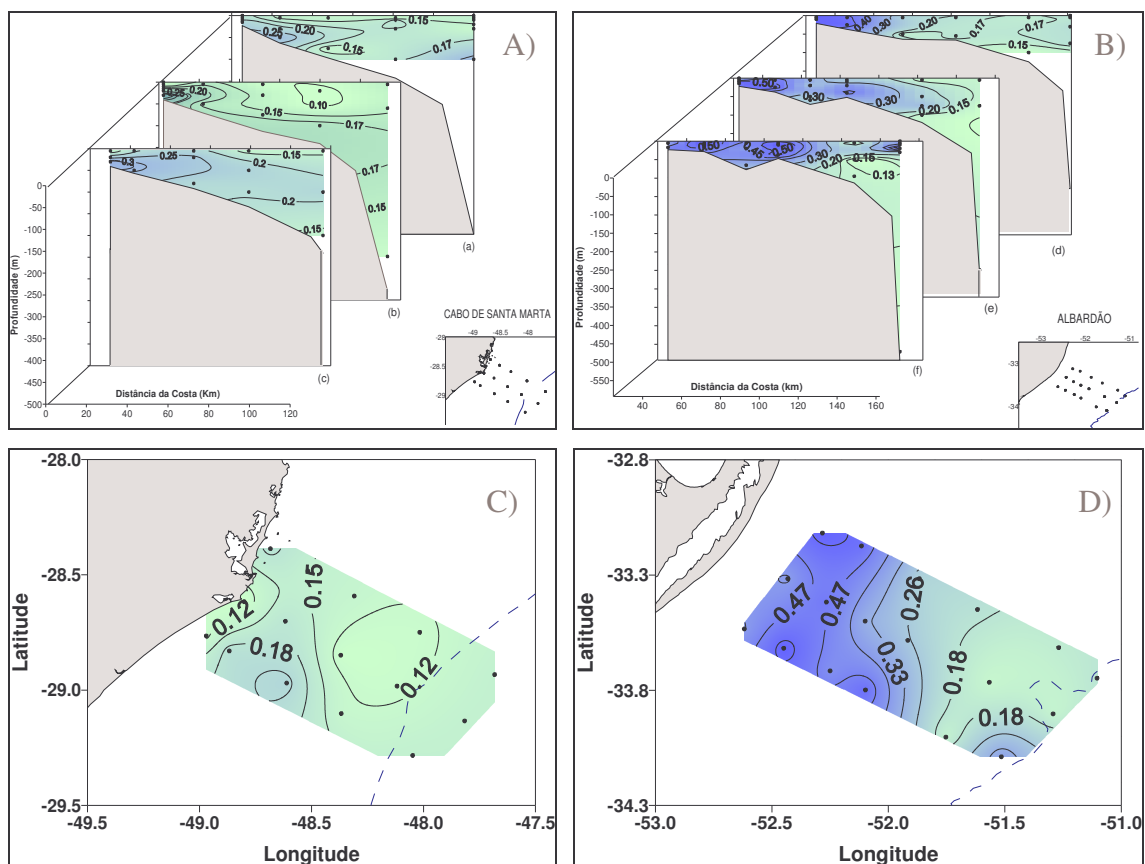


Figura I.A-6. Distribuição vertical e horizontal de nitrito, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

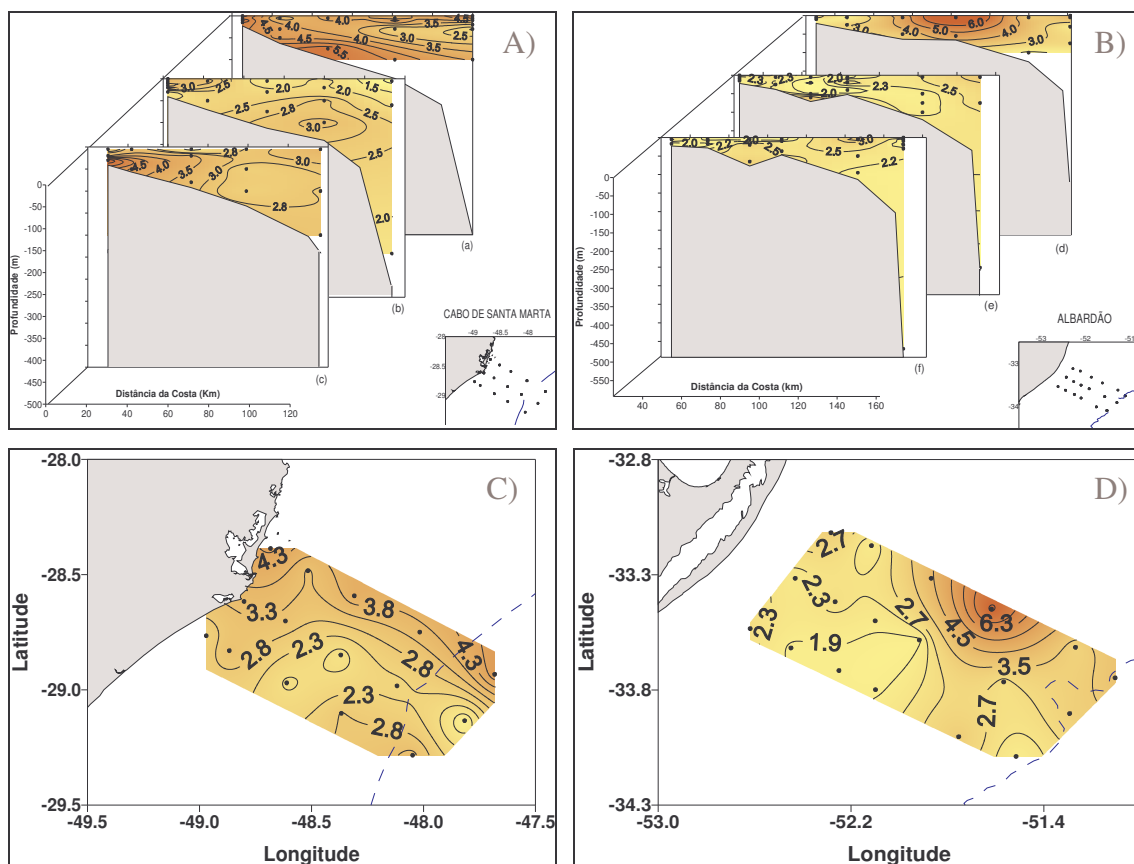


Figura I.A-7. Distribuição vertical e horizontal de amônio, $\mu\text{mol L}^{-1}$, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

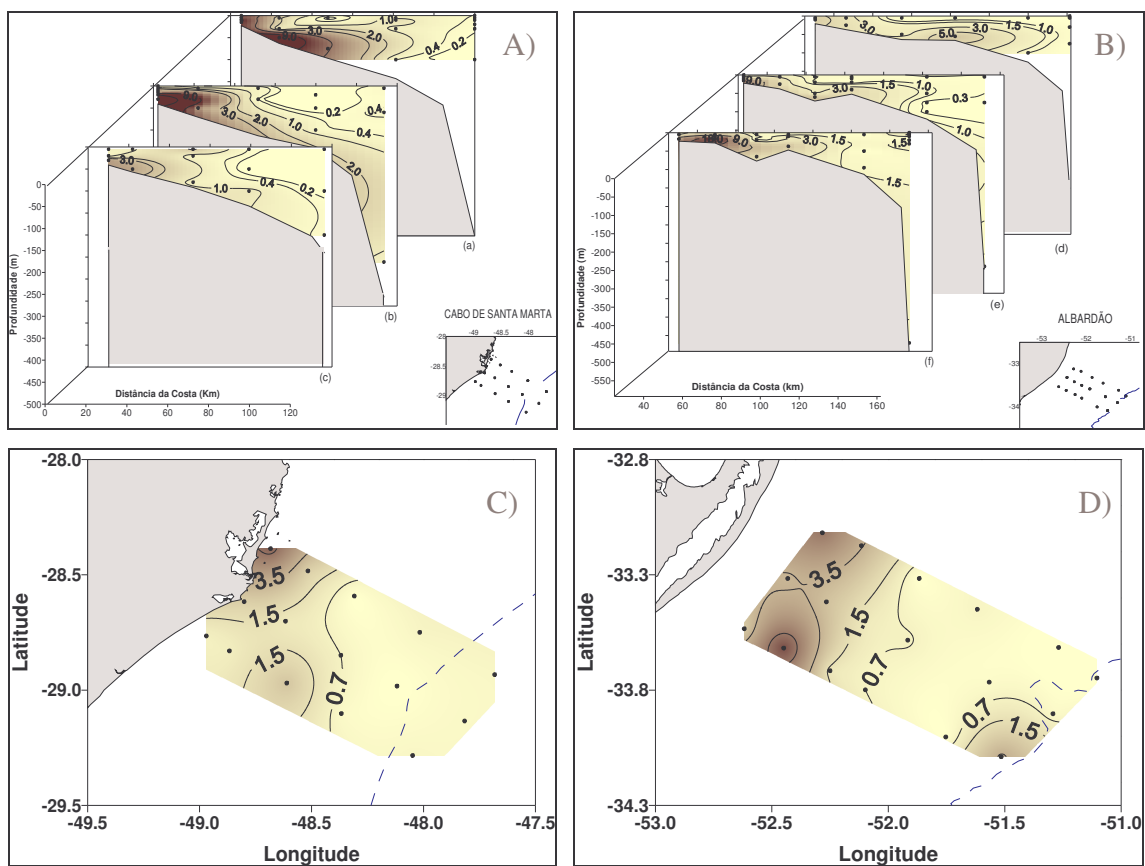


Figura I.A-8. Distribuição vertical e horizontal de material em suspensão, mg L⁻¹, na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

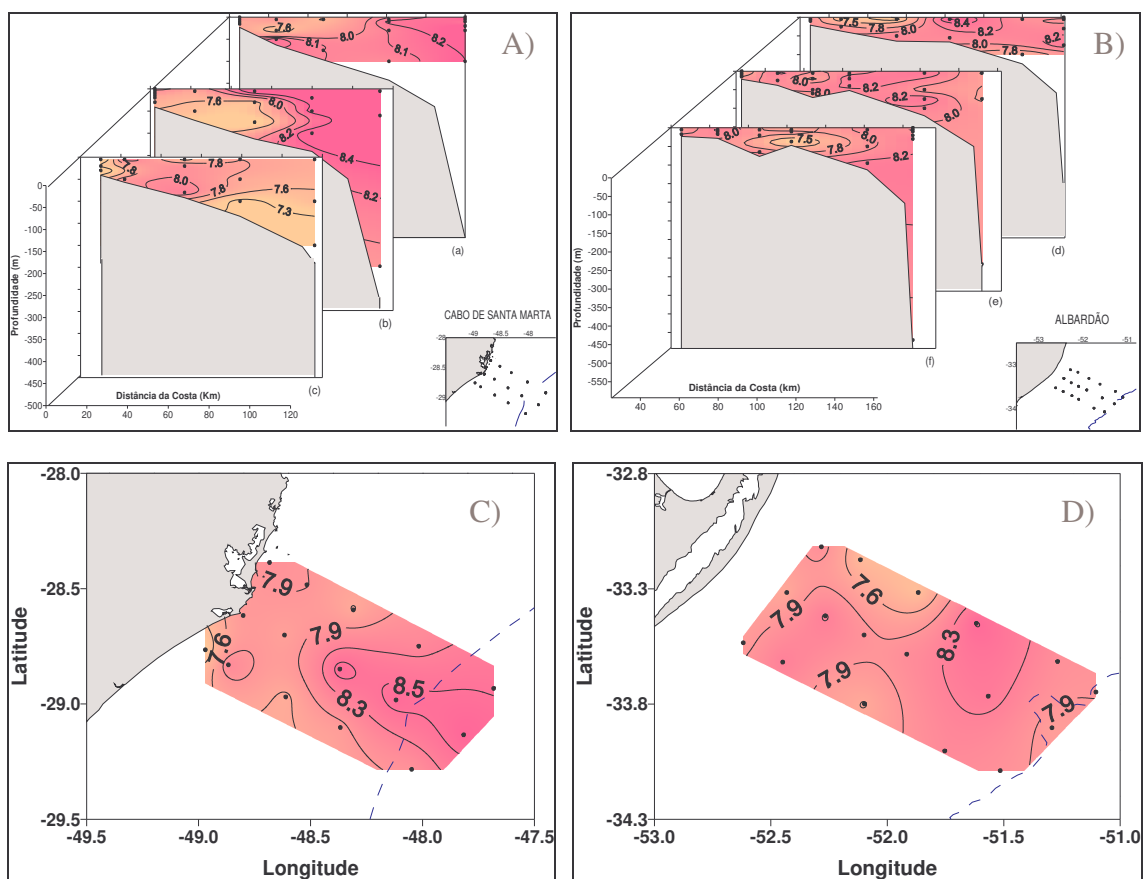


Figura I.A-9. Distribuição vertical e horizontal do pH na plataforma continental nas regiões: de (A e C) Santa Marta e (B e D) do Albardão.

Tabela I.A-1. Dados hidroquímicos das plataformas de Santa Marta e Albardão.

<i>nº da estação</i>	<i>Prof. Coleta</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>	<i>Prof. Local</i>	<i>Dist.da costa</i>	<i>Data</i>	<i>Hora</i>	<i>T.Ar</i>	<i>T.água</i>	<i>Sal</i>	<i>Cond</i>	<i>Alc</i>	<i>pH</i>
	(m)	(Grau)	(Grau)	(m)	(km)	(dd/mm/aaaa)	(hh:mm)	(°C)	(°C)		(mS)	(mEq/L)	
1	-0	-28,39	-48,68	-23,00	5,24	27/8/2005	12:20	20,00	18,05	32,83	43,39	2,11	7,62
1	-5	-28,39	-48,68	-23,00	5,24	27/8/2005	12:20	20,00	18,05	32,83	43,39	2,33	7,98
1	-10	-28,39	-48,68	-23,00	5,24	27/8/2005	12:20	20,00	18,05	32,83	43,40	2,13	7,64
1	-15	-28,39	-48,68	-23,00	5,24	27/8/2005	12:20	20,00	18,13	32,90	43,56	2,23	7,79
2	-5	-28,48	-48,52	-63,00	23,87	27/8/2005	15:29	16,00	17,63	31,98	42,00	2,30	7,91
2	-30	-28,48	-48,52	-63,00	23,87	27/8/2005	15:29	16,00	19,44	34,82	47,15	2,38	7,44
2	-50	-28,48	-48,52	-63,00	23,87	27/8/2005	15:29	16,00	19,96	35,97	49,08	2,08	8,27
3	-5	-28,59	-48,31	-97,00	47,80	27/8/2005	18:40	16,00	18,00	32,60	43,08	2,06	7,58
3	-75	-28,59	-48,31	-97,00	47,80	27/8/2005	18:40	16,00	18,91	36,01	48,06	1,64	8,10
4	-5	-28,75	-48,02	-143,00	81,21	27/8/2005	22:39	15,00	18,96	33,87	45,51	1,75	8,14
4	-10	-28,75	-48,02	-143,00	81,21	27/8/2005	22:39	15,00	19,77	34,92	47,59	2,06	8,24
4	-30	-28,75	-48,02	-143,00	81,21	27/8/2005	22:39	15,00	20,98	36,17	50,39	1,67	8,11
4	-100	-28,75	-48,02	-143,00	81,21	27/8/2005	22:39	15,00	17,59	35,91	46,59	1,48	8,03
5	-0	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	22,21	36,74	52,39	2,29	8,36
5	-5	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	22,21	36,74	52,39	2,42	8,47
5	-10	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	22,21	36,74	52,40	1,87	8,18
5	-20	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	22,21	36,74	52,41	2,46	8,50
5	-30	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	22,22	36,74	52,41	2,46	8,50
5	-100	-28,93	-47,68	-500,00	119,96	28/5/2005	07:37	15,00	21,00	36,56	50,91	2,43	8,47
6	-5	-29,13	-47,82	-479,00	113,49	28/5/2005	12:43	19,00	22,51	36,83	52,83	2,64	8,68
6	-60	-29,13	-47,82	-479,00	113,49	28/5/2005	12:43	19,00	22,68	36,90	53,12	2,36	8,43
6	-400	-29,13	-47,82	-479,00	113,49	28/5/2005	12:43	19,00	9,25	34,77	37,34	2,79	7,91
7	-5	-28,98	-48,12	-138,00	79,87	28/8/2005	18:24	16,00	19,35	34,15	46,24	2,57	8,60
7	-20	-28,98	-48,12	-141,00	79,87	28/5/2005	18:24	16,00	20,52	35,73	49,36	2,56	8,59
7	-50	-28,98	-48,12	-141,00	79,87	28/5/2005	18:24	16,00	21,20	36,44	50,96	2,47	8,49

- Anexos -

7	-100	-28,98	-48,12	-141,00	79,87	28/5/2005	18:24	16,00	18,32	36,10	47,56	2,61	8,62
8	-5	-28,85	-48,37	-113,00	51,54	28/5/2005	21:56	15,00	18,18	32,69	43,35	2,10	8,62
8	-30	-28,85	-48,37	-113,00	51,54	28/5/2005	21:56	15,00	19,29	34,22	46,27	2,44	7,49
8	-75	-28,85	-48,37	-113,00	51,54	28/5/2005	21:56	15,00	19,27	36,00	48,41	1,94	7,20
9	-5	-28,70	-48,62	-71,00	21,98	29/8/2005	06:40	15,00	17,88	32,33	42,65	2,67	7,72
9	-50	-28,70	-48,62	-71,00	21,98	29/8/2005	06:40	15,00	19,73	36,10	48,99	2,52	7,55
10	-0	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	17,86	31,96	42,19	1,40	8,18
10	-5	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	17,86	31,96	42,19	2,26	7,84
10	-10	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	17,99	32,30	42,71	0,91	8,02
10	-15	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	17,86	32,38	42,69	2,18	7,71
10	-20	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	18,15	32,83	43,50	2,21	7,76
10	-30	-28,62	-48,80	-41,00	2,25	29/8/2005	09:36	18,00	19,00	34,46	46,28	2,64	7,68
11	-5	-28,77	-48,97	-41,00	10,05	29/8/2005	13:28	20,00	17,85	31,95	42,17	0,84	7,00
11	-20	-28,77	-48,97	-41,00	10,05	29/8/2005	13:28	20,00	17,78	32,34	42,56	1,85	7,41
11	-30	-28,77	-48,97	-41,00	10,05	29/8/2005	13:28	20,00	18,32	33,38	44,32	1,05	7,06
12	-5	-28,83	-48,87	-57,00	21,87	29/8/2005	15:37	20,00	18,01	32,24	42,67	1,18	8,10
12	-50	-28,83	-48,87	-57,00	21,87	29/8/2005	15:37	20,00	19,85	35,86	48,83	2,78	7,90
13	-5	-28,97	-48,61	-92,00	51,63	29/8/2005	18:57	16,00	18,09	32,45	42,99	2,02	7,54
13	-20	-28,97	-48,61	-92,00	51,63	29/8/2005	18:57	16,00	19,13	33,99	45,83	2,82	7,99
13	-80	-28,97	-48,61	-92,00	51,63	29/8/2005	18:57	16,00	18,67	36,08	47,88	1,73	8,13
14	-5	-29,10	-48,37	-134,00	79,13	29/8/2005	21:58	14,00	18,38	33,11	44,04	2,24	7,80
14	-50	-29,10	-48,37	-134,00	79,13	29/8/2005	21:58	14,00	21,17	36,29	50,74	2,67	7,72
14	-100	-29,10	-48,37	-134,00	79,13	29/8/2005	21:58	14,00	17,93	35,99	47,03	2,06	7,26
15	-5	-29,28	-48,05	-240,00	116,15	30/8/2005	01:35	12,00	21,14	35,84	50,13	2,81	7,96
15	-100	-29,28	-48,05	-240,00	116,15	30/8/2005	01:35	12,00	21,04	36,63	51,05	2,53	7,56
15	-200	-29,28	-48,05	-240,00	116,15	30/8/2005	01:35	12,00	14,69	35,56	43,32	1,67	7,11
16	-0	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	17,30	34,40	44,51	1,56	8,08

- Anexos -

16	-5	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	17,30	34,40	44,51	2,82	7,99
16	-10	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	17,30	34,40	44,52	1,27	8,00
16	-20	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	17,76	34,43	45,01	2,78	8,08
16	-30	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	19,02	35,47	47,50	1,88	8,19
16	-570	-34,09	-51,52	-593,00	150,09	6/9/2005	07:02	15,00	5,37	34,35	33,48	2,77	7,88
17	-5	-34,00	-51,75	-113	126,57	6/9/2005	12:00	20,00	17,76	34,93	45,58	1,66	8,11
17	-50	-34,00	-51,75	-113,00	126,57	6/9/2005	12:00	20,00	18,58	36,16	47,88		7,95
17	-95	-34,00	-51,75	-113,00	126,57	6/9/2005	12:00	20,00	15,16	35,68	43,87	2,08	8,27
18	-5	-33,80	-52,10	-47,00	87,25	6/9/2005	16:50	20,00	13,01	32,30	38,13	2,06	7,58
18	-10	-33,80	-52,10	-47,00	87,25	6/9/2005	16:50	20,00	15,17	33,43	41,36	0,84	8,00
18	-37	-33,80	-52,10	-47,00	87,25	6/9/2005	16:50	20,00	17,13	34,51	44,49	1,66	7,11
19	-5	-33,72	-52,25	-77,00	70,76	6/9/2005	19:48	16,00	15,10	33,21	41,04	2,24	7,80
19	-20	-33,72	-52,25	-77,00	70,76	6/9/2005	19:48	16,00	15,42	33,29	41,44	2,29	7,90
19	-65	-33,72	-52,25	-77,00	70,76	6/9/2005	19:48	16,00	18,09	35,37	46,44	1,27	8,00
20	-5	-33,62	-52,45	-28,00	49,09	6/9/2005	22:21	15,00	12,54	30,86	36,20	1,59	8,26
20	-10	-33,62	-52,45	-28,00	49,09	6/9/2005	22:21	15,00	12,84	30,77	36,36	1,18	8,10
20	-17	-33,62	-52,45	-28,00	49,09	6/9/2005	22:21	15,00	12,54	30,86	36,20	1,18	8,10
21	-5	-33,53	-52,62	-23,00	30,35	7/9/2005	06:54	15,00	12,30	29,36	34,41	2,24	7,80
21	-17	-33,53	-52,62	-23,00	30,35	7/9/2005	06:54	15,00	12,30	29,74	34,81	0,84	8,00
22	-0	-33,32	-52,43	-22,00	27,84	7/9/2005	10:06	18,00	12,51	30,32	32,97	2,08	7,60
22	-5	-33,32	-52,43	-22,00	27,84	7/9/2005	10:06	18,00	12,34	27,98	32,97	2,08	7,60
22	-10	-33,32	-52,43	-22,00	27,84	7/9/2005	10:06	18,00	12,42	28,57	33,66	2,17	7,70
22	-15	-33,32	-52,43	-22,00	27,84	7/9/2005	10:06	18,00	12,41	28,58	33,67	2,24	7,80
23	-5	-33,42	-52,27	-38,00	46,42	7/9/2005	12:06	19,00	12,91	31,07	36,73	1,63	8,28
23	-25	-33,42	-52,27	-38,00	46,42	7/9/2005	12:06	19,00	15,40	32,75	40,82	1,21	8,11
24	-5	-33,50	-52,10	-71,00	64,55	7/9/2005	14:00	19,00	15,90	33,65	42,29	2,82	7,97
24	-20	-33,50	-52,10	-71,00	64,55	7/9/2005	14:00	19,00	16,04	33,73	42,53	2,65	7,70

- Anexos -

24	-50	-33,50	-52,10	-71,00	64,55	7/9/2005	14:00	19,00	17,22	34,52	44,59	1,91	8,20
24	-60	-33,50	-52,10	-71,00	64,55	7/9/2005	14:00	19,00	18,30	35,72	47,08	2,75	7,82
25	-5	-33,58	-51,92	-52,00	83,49	7/9/2005	16:12	20,00	15,45	33,38	41,56	1,02	8,05
25	-10	-33,58	-51,92	-52,00	83,49	7/9/2005	16:12	20,00	15,58	33,64	41,98	1,96	8,22
25	-20	-33,58	-51,92	-52,00	83,49	7/9/2005	16:12	20,00	17,12	34,53	44,49	2,21	8,34
25	-40	-33,58	-51,92	-52,00	83,49	7/9/2005	16:12	20,00	17,44	34,73	45,04	2,01	8,24
26	-5	-33,77	-51,57	-120,00	122,23	7/9/2005	19:23	17,00	18,09	35,00	45,99	2,25	8,36
26	-50	-33,77	-51,57	-120,00	122,23	7/9/2005	19:23	17,00	18,81	35,83	47,72	2,78	7,90
26	-75	-33,77	-51,57	-120,00	122,23	7/9/2005	19:23	17,00	15,57	35,62	44,20	2,25	8,36
26	-100	-33,77	-51,57	-120,00	122,23	7/9/2005	19:23	17,00	13,21	35,29	41,52	1,81	8,16
27	-5	-33,54	-51,29	-527	151,91	8/9/2005	06:07	15,00	17,93	34,81	45,61	2,71	7,78
27	-75	-33,90	-51,29	-527,00	151,91	8/9/2005	06:07	15,00	17,37	35,98	46,43	2,68	7,73
27	-520	-33,90	-51,29	-527,00	151,91	8/9/2005	06:07	15,00	6,10	34,43	34,17	2,77	7,88
28	-0	-33,75	-51,10	-468,00	161,33	8/9/2005	11:19	20,00	18,31	34,98	46,18	1,86	8,18
28	-5	-33,75	-51,10	-468,00	161,33	8/9/2005	11:19	20,00	18,31	34,98	46,18	2,79	7,92
28	-30	-33,75	-51,10	-468,00	161,33	8/9/2005	11:19	20,00	19,27	35,53	47,82	1,72	8,12
28	-75	-33,75	-51,10	-468,00	161,33	8/9/2005	11:19	20,00	19,89	36,38	49,51	2,18	8,31
29	-5	-33,62	-51,27	-125,00	139,93	8/9/2005	14:40	20,00	17,69	34,61	45,13	1,31	8,01
29	-100	-33,62	-51,27	-125,00	139,93	8/9/2005	14:40	20,00	15,23	35,62	43,87	2,56	7,58
30	-5	-33,45	-51,62	-66,00	102,37	8/9/2005	18:03	18,00	16,64	33,78	43,15	2,59	8,62
30	-55	-33,45	-51,62	-66,00	102,37	8/9/2005	18:03	18,00	17,39	35,85	46,30	1,69	8,11
31	-5	-33,32	-51,87	-64,00	74,92	8/9/2005	20:30	17,00	15,36	33,02	41,07	1,52	7,23
31	-50	-33,32	-51,87	-64,00	74,92	8/9/2005	20:30	17,00	17,61	35,08	45,62	1,66	8,11
32	-5	-33,17	-52,12	-37,00	46,23	8/9/2005	22:57	15,00	13,24	30,83	36,77	1,72	7,33
32	-25	-33,17	-52,12	-37,00	46,23	8/9/2005	22:57	15,00	14,23	32,14	39,07	2,29	7,89
33	-5	-33,12	-52,28	-21,00	30,34	9/9/2005	06:20	15,00	12,96	26,72	32,10	0,88	8,01
33	-10	-33,12	-52,28	-21,00	30,34	9/9/2005	06:20	15,00	13,10	30,43	36,22	2,31	7,95

Continuação da Tabela I.A-1.

<i>nº da estação</i>	<i>Prof. Coleta</i>	<i>Prof. Local</i>	<i>O. D.</i>	<i>Saturação</i>	<i>Fosfato</i>	<i>Silicato</i>	<i>Amônio</i>	<i>Nitrato</i>	<i>Nitrato</i>	<i>N/P</i>	<i>MS</i>	<i>Clorofila</i>	<i>Massa de água</i>
	(m)	(m)	(mg L ⁻¹)	(%)	(µmol L ⁻¹)	(µmol L ⁻¹)	(µmol L ⁻¹)	(µmol L ⁻¹)	(µmol L ⁻¹)		(mg L ⁻¹)	(µg L ⁻¹)	
1	-0	-23,00	6,57	84,10	0,53	7,38	5,90	0,19	1,40	14,27	9,75	1,42	AC
1	-5	-23,00	6,25	80,00	0,52	10,24	4,97	0,19	1,19	12,31	6,90	0,97	AC
1	-10	-23,00	4,32	55,38	0,57	13,94	6,18	0,20	1,41	13,59	9,53	0,84	AC
1	-15	-23,00	6,33	81,03	0,54	12,50	5,50	0,24	0,69	11,79	9,07	1,03	AC
2	-5	-63,00	7,21	90,48	0,38	10,24	3,23	0,14	0,93	11,31	2,20	1,09	AC
2	-30	-63,00	6,25	82,57	0,30	9,63	4,34	0,21	1,31	19,37	1,07	0,79	ASTP
2	-50	-63,00	5,13	68,53	0,48	11,68	4,35	0,29	1,97	13,86	13,10	0,65	ASTP
3	-5	-97,00	7,69	98,46	0,56	10,65	4,17	0,13	0,50	8,50	0,10	0,54	AC
3	-75	-97,00	3,36	44,13	0,58	21,13	5,85	0,13	2,66	14,82	6,20	0,28	ASTP
4	-5	-143,00	5,53	73,04	0,69	7,57	3,57	0,11	1,10	6,93	0,60	0,35	AC
4	-10	-143,00	5,93	79,69	0,27	5,94	4,77	0,18	0,86	21,21	1,63	0,26	ASTP
4	-30	-143,00	5,05	68,64	0,22	4,49	2,48	0,17	0,48	14,56	0,80	0,64	AT
4	-100	-143,00	5,21	68,29	1,25	9,63	4,90	0,17	0,15	4,17	0,40	0,10	ACAS
5	-0	-500,00	8,49	119,92	0,41	4,70	5,05	0,14	0,37	13,60	0,23	0,40	AT
5	-5	-500,00	5,53	78,06	0,56	6,75	5,18	0,14	0,53	10,37	0,50	0,33	AT
5	-10	-500,00	6,81	96,16	0,08	10,45	4,02	0,15	0,64	59,97	0,10	0,31	AT
5	-20	-500,00	6,89	97,29	0,12	6,54	2,91	0,14	0,29	28,05	0,20	0,33	AT
5	-30	-500,00	6,57	92,77	0,11	5,52	2,16	0,12	0,30	23,61	0,27	0,31	AT
5	-100	-500,00	4,00	55,56	0,25	4,81	3,94	0,31	0,41	18,31	0,73	0,12	AT
6	-5	-479,00	6,17	87,11		4,49	0,83	0,14	4,35		0,43	0,41	AT
6	-60	-479,00	5,93	83,72	0,19	5,63	1,89	0,14	0,79	15,10	0,60	0,44	AT
6	-400	-479,00	6,25	67,20	1,41	10,04	1,75	0,11	3,40	3,74	0,73		ACAS
7	-5	-138,00	6,81	91,54	0,68	13,94	2,16	0,11	1,88	6,11	0,07	0,27	ASTP
7	-20	-141,00	6,09	82,80	0,32	17,02	2,02	0,09	0,26	7,39	0,03	0,31	AT
7	-50	-141,00	5,93	82,22	0,32	25,24	2,85	0,09	0,32	10,08	0,00	0,32	AT

- Anexos -

7	-100	-141,00	4,08	53,58	0,50	22,98	3,12	0,19	0,37	7,41	0,57	0,08	ACAS
8	-5	-113,00	4,16	54,63	0,40	30,37	1,56	0,11	1,99	9,15	0,70	0,57	AC
8	-30	-113,00	3,68	48,70	0,26	19,69	2,10	0,14	0,52	10,43	0,30	0,77	ASTP
8	-75	-113,00	4,80	64,24	0,46	19,69	2,64	0,17	0,48	7,17	2,07	0,22	ACAS
9	-5	-71,00	7,21	92,31	0,61	10,65	3,16	0,17	0,16	5,72	1,10	0,88	AC
9	-50	-71,00	6,01	80,31	0,69	17,02	2,30	0,16	0,38	4,12	4,50	0,32	AC
10	-0	-41,00	7,37	92,50	0,44	13,73	2,96	0,11	0,54	8,25	1,70	0,96	AC
10	-5	-41,00	5,45	68,37	0,48	11,89	3,50	0,10	0,43	8,45	2,20	1,16	AC
10	-10	-41,00	6,25	80,00	0,48	13,12	3,10	0,16	0,60	8,10	5,70	1,11	AC
10	-15	-41,00	5,45	69,74	0,39	12,50	2,36	0,21	0,55	7,99	2,20		AC
10	-20	-41,00	6,17	78,97	0,91	13,12	4,23	0,23	0,64	5,59	18,26	1,26	AC
10	-30	-41,00	5,93	78,34	1,00	15,70	1,70	0,36	1,36	3,42	28,60	0,99	ASTP
11	-5	-41,00	3,04	38,97	0,47	34,69	2,36	0,11	0,39	6,13	0,80	0,60	AC
11	-20	-41,00	4,32	55,38	0,48	57,69	3,43	0,23	0,35	8,42	0,60	1,00	AC
11	-30	-41,00	0,00	0,00	0,48	16,82	6,50	0,33	1,60	17,67	4,43	0,54	ASTP
12	-5	-57,00	5,13	65,64	0,46	14,14	3,23	0,19	0,23	7,98	0,90	0,55	AC
12	-50	-57,00	5,85	78,16	0,47	19,90	4,42	0,30	1,77	13,90	4,07	0,43	ASTP
13	-5	-92,00	6,73	86,15	0,50	46,19	1,70	0,22	3,12	10,16	2,60	0,48	AC
13	-20	-92,00	6,17	81,51	0,55	19,28	3,63	0,26	0,50	7,93	0,60	0,58	ASTP
13	-80	-92,00	4,64	60,94	0,49	15,17	3,19	0,21	0,27	7,55	0,70		ACAS
14	-5	-134,00	4,88	63,26	0,33	28,32	2,83	0,13	0,42	10,19	0,37	0,42	ASTP
14	-50	-134,00	4,72	65,56	0,34	5,31	2,50	0,23	0,17	8,49	0,00	0,34	AT
14	-100	-134,00	4,48	58,84	0,43	21,13	2,50	0,20	2,01	11,01	1,20	0,08	ACAS
15	-5	-240,00	4,80	66,67	0,18	5,93	3,46	0,15	0,23	21,70	0,53	0,27	ASTP
15	-100	-240,00	4,64	64,44	0,20	4,70	2,85	0,22	3,98	35,87	0,00	0,14	AT
15	-200	-240,00	4,40	54,51	0,61	13,12	2,91	0,14	1,23	6,99	0,30		ACAS
16	-0	-593,00	6,41	81,45	0,47	8,80	2,75	0,39	0,98	8,83	3,00	1,589	ASTP

- Anexos -

16	-5	-593,00	6,41	81,45	0,37	10,04	1,90	0,37	0,58	7,69	3,70	1,052	ASTP
16	-10	-593,00	7,29	92,65	0,50	15,79	2,10	0,43	1,65	8,41	1,30	1,164	ASTP
16	-20	-593,00	6,17	78,40	0,35	9,83	1,90	0,59	1,40	11,08	0,40	0,942	ASTP
16	-30	-593,00	6,97	93,15	0,33	48,45	2,30	0,24	2,28	14,50	2,80	0,239	ASTP
16	-570	-593,00	5,77	56,47	1,64	12,50	1,90	0,08	3,56	3,38	1,20		AIAI
17	-5	-113	7,37	93,67	0,21	8,30	3,39	0,14	3,96	36,36	0,10	1,480	ASTP
17	-50	-113,00	6,41	85,66	0,35	5,02	2,37	0,09	2,99	15,51	0,10	0,044	AT
17	-95	-113,00	6,41	79,29	0,50	6,96	2,09	0,14	5,21	14,99	1,00	0,026	ACAS
18	-5	-47,00	6,25	72,32	0,81	50,09	1,83	0,53	5,02	9,15	0,70	1,372	AC
18	-10	-47,00	6,25	75,44	0,56	38,18	2,16	0,61	3,30	10,78	3,40	0,450	AC
18	-37	-47,00	6,17	78,40	0,59	12,09	2,37	0,53	2,97	9,89	7,00	0,216	ASTP
19	-5	-77,00	6,17	74,47	0,40	19,69	1,83	0,43	3,06	13,32	1,20	0,861	ASAP
19	-20	-77,00	5,45	65,77	0,51	13,94	2,96	0,38	3,51	13,55	0,10	0,929	ASAP
19	-65	-77,00	2,07	27,20	0,57	13,53	2,91	0,33	4,42	13,35	4,50	0,153	ASTP
20	-5	-28,00	4,32	48,46	0,94	32,63	1,83	0,57	4,02	6,81	7,80	1,380	AC
20	-10	-28,00	3,44	38,59	1,10	39,82	2,30	0,55	5,14	7,29	7,80		AC
20	-17	-28,00	4,72	52,95	1,18	35,30	1,83	0,51	3,57	5,00	28,20	1,810	AC
21	-5	-23,00	6,41	71,79	0,73	24,21	2,59	0,40	4,16	9,82	2,40	1,628	AC
21	-17	-23,00	6,41	71,79	0,95	33,04	1,83	0,47	3,15	5,73	12,00	1,243	AC
22	-0	-22,00	6,73	75,38	0,67	54,41	2,70	0,32	2,46	8,17	1,90	4,000	AC
22	-5	-22,00	6,25	69,11	0,63	50,30	2,08	0,39	3,10	8,81	3,30	4,098	AC
22	-10	-22,00	3,28	36,33	0,85	48,86	2,14	0,61	2,42	6,05	6,20	2,488	AC
22	-15	-22,00	6,33	70,00	0,93	51,94	2,01	0,52	3,44	6,41	17,00		AC
23	-5	-38,00	6,33	73,25	1,12	30,58	2,50	0,50	3,08	5,45	2,80	1,458	AC
23	-25	-38,00	5,85	70,60	0,85	17,23	2,30	0,54	2,83	6,63	4,30		AC
24	-5	-71,00	5,61	69,88	0,73	18,66	2,03	0,34	2,94	7,29	1,10	0,693	ASAP
24	-20	-71,00	3,68	45,92	0,77	13,32	1,66	0,28	3,00	6,44	0,80	0,600	ASAP

- Anexos -

24	-50	-71,00	3,68	46,84	0,72	20,51	1,89	0,24	1,99	5,73	2,60	0,248	ASTP
24	-60	-71,00	5,61	73,55	0,56	17,64	3,39	0,24	1,89	9,80	7,60	0,104	ASTP
25	-5	-52,00	6,33	77,34	0,58	14,97	1,83	0,27	2,13	7,25	0,80	1,718	ASAP
25	-10	-52,00	7,45	92,83	0,49	16,42	2,30	0,24	1,60	8,51	0,40	1,894	ASAP
25	-20	-52,00	6,33	80,44	0,40	15,38	2,71	0,42	1,79	12,31	0,60	0,535	ASTP
25	-40	-52,00	5,61	71,27	0,47	16,20	1,75	0,48	0,29	5,40	4,90		ASTP
26	-5	-120,00	5,77	74,67	0,21	14,56	2,50	0,13	1,61	20,56	0,30	1,385	ASTP
26	-50	-120,00	3,84	51,40	0,50	21,33	2,09	0,23	1,09	6,87	1,20	0,182	ASTP
26	-75	-120,00	0,00	0,00	0,42	14,36	2,09	0,30	0,75	7,48	0,00	0,024	ASTP
26	-100	-120,00	2,08	24,72	0,71	9,42	2,16	0,14	1,49	5,34	0,00	0,005	ACAS
27	-5	-527	5,37	69,48	0,30	14,56	3,26	0,14	3,52	22,82	0,40	1,041	ASTP
27	-75	-527,00	6,57	84,57	0,36	20,84	2,71	0,11	3,85	18,47	0,30	0,054	ASTP
27	-520	-527,00	5,37	53,83	1,63	75,15	1,56	0,17	1,24	1,83	0,00		ACAS
28	-0	-468,00	5,45	70,52	0,26	9,42	2,91	0,20	1,31	16,74	0,00	0,854	ASTP
28	-5	-468,00	3,76	48,74	0,24	41,26	3,94	0,18	1,50	22,96	0,10	0,893	ASTP
28	-30	-468,00	2,32	30,70	0,21	13,32	2,23	0,20	1,39	18,52	0,40	0,598	ASTP
28	-75	-468,00	2,56	34,86	0,15	33,45	2,78	0,19	3,59	44,32	0,20	0,043	AT
29	-5	-125,00	6,65	86,07	0,65	17,64	3,12	0,16	0,92	6,45	0,00	1,638	ASTP
29	-100	-125,00	5,13	63,43	0,36	13,12	1,89	0,10	2,88	13,50	1,00	0,026	ASTP
30	-5	-66,00	3,04	38,69	0,60	17,23	8,50	0,19	3,49	20,21	0,60	2,004	ASAP
30	-55	-66,00	2,40	29,73	0,48	22,16	4,76	0,19	2,92	16,50	7,10	0,076	ASTP
31	-5	-64,00	5,93	71,57	0,62	25,65	4,37	0,23	5,72	16,59	0,10	1,147	ASAP
31	-50	-64,00	3,28	43,08	0,56	20,10	3,26	0,16	3,97	13,09	2,40	0,136	ASTP
32	-5	-37,00	5,61	64,16	1,05	43,11	1,96	0,52	4,20	6,38	3,60	2,303	AC
32	-25	-37,00	6,41	75,80	0,84	26,68	2,96	0,55	5,44	10,59	4,00	0,490	AC
33	-5	-21,00	5,77	64,31	1,08	36,95	3,30	0,56	4,60	7,86	6,00	1,712	AC
33	-10	-21,00	7,37	84,32	1,17	33,86	2,10	0,55	1,63	3,64	6,20	1,135	AC

CAPÍTULO II

Tabela II.A-1. Dados meteorológicos de 1998 (média mensal).

1998 – Amostragens da Lagoa Mangueira						
Mês	Ano	Intensidade da Velocidade do Vento	Direção da Velocidade do Vento	Taxa de Precipitação	Taxa de Evaporação	P-E
1	1998	4.41	SP	196.8	84.7	112.1
2	1998	4.14	E	98	77.6	20.4
3	1998	3.58	SP	151.5	85.2	66.3
4	1998	4.32	SP	248.5	68.9	179.6
5	1998	2.98	SP	149.5	65.7	83.8
6	1998	2.96	SP	122.2	44.5	77.7
7	1998	3.61	NE	205.6	47.5	158.1
8	1998	3.16	NE	313.7	55.8	257.9
9	1998	4.05	SP	144.9	73	71.9
10	1998	3.9	NE	14.3	98.6	-84.3
11	1998	3.63	E	48.6	116.5	-67.9
12	1998	3.69	NE	151.8	122.4	29.4

Fonte: Estação meteorológica da Fundação Universidade do Rio Grande

A estação Meteorológica da FURG caracterizou o mês de junho como um mês sem predominância de ventos. No entanto os dados medidos no mês de junho de 1998 às 12, 18 e 24 horas (GTM), nos indicam que 28% dos ventos foram na direção NE. 28% é uma porcentagem baixa para dizer que existe predominância, mas foi quase o dobro da segunda direção de maior predominância, que é a SW. E ainda se somada as porcentagem que determinam os ventos do quadrante NE e SW, verificamos 45,85 e 26,76, respectivamente.

Tabela II.A-2. Percentual da direção da velocidade do vento para junho 1998.

	Vento	Dados Medidos às 12,18,24 GTM	%
Quadrante NE 45,85%	N	23	3.60
	NE	180	28.17
	E	90	14.08
Quadrante SW 26,76%	S	55	8.61
	SW	91	14.24
	W	25	3.91
Outros	NW	24	3.76
	SE	71	11.11
	C	69	10.80

Fonte: Estação meteorológica da Fundação Universidade do Rio Grande -FURG

Tabela II.A-3. Dados meteorológicos de 2001 (média mensal).

2001 – Amostragens Lagoa Mirim						
Mês	Ano	Intensidade da Velocidade do Vento	Direção da Velocidade do Vento	Taxa de Precipitação	Taxa de Evaporação	P-E
1	2001	2.5	SP	175.3	140.7	34.6
2	2001	2.85	NE	118.3	103	15.3
3	2001	1.45	SP	227	108.5	118.5
4	2001	2.05	NE	198.3	93.1	105.2
5	2001	1.87	SP	108.5	52.3	56.2
6	2001	1.85	SP	186.6	47.9	138.7
7	2001	2.2	NE	148.3	54.2	94.1
8	2001	1.66	NE	24.2	62.1	-37.9
9	2001	4.22	NE	162.7	75.6	87.1
10	2001	3.51	NE	75.1	93.6	-18.5
11	2001	2.29	SP	125.6	128.2	-2.6
12	2001	1.97	NE	103.1	138	-34.9

Fonte: Estação meteorológica da Fundação Universidade do Rio Grande- FURG

Tabela II.A-4. Dados meteorológicos de 2005 (média mensal).

2005 – Amostragens na plataforma da região do Albardão						
Mês	Ano	Intensidade da Velocidade do Vento	Direção da Velocidade do Vento	Taxa de Precipitação	Taxa de Evaporação	P-E
1	2005	3.33	SP	17.2	176.6	-159.4
2	2005	4.44	SE	38.9	147.4	-108.5
3	2005	3.02	SE	76.4	172	-95.6
4	2005	2.23	SP	262.5	101.4	161.1
5	2005	2.55	NE	163.4	66.2	97.2
6	2005	2.08	SP	25.4	49.9	-24.5
7	2005	2.06	SP	62.7	70.9	-8.2
8	2005	2.98	SP	74.2	91.7	-17.5
9	2005	4.01	NE	289.5	80.9	208.6
10	2005	3.2	E	106.1	101.2	4.9
11	2005	2.72	E	55.5	149	-93.5
12	2005	2.77	SP	38.9	180.8	-141.9

Fonte: Estação meteorológica da Fundação Universidade do Rio Grande - FURG

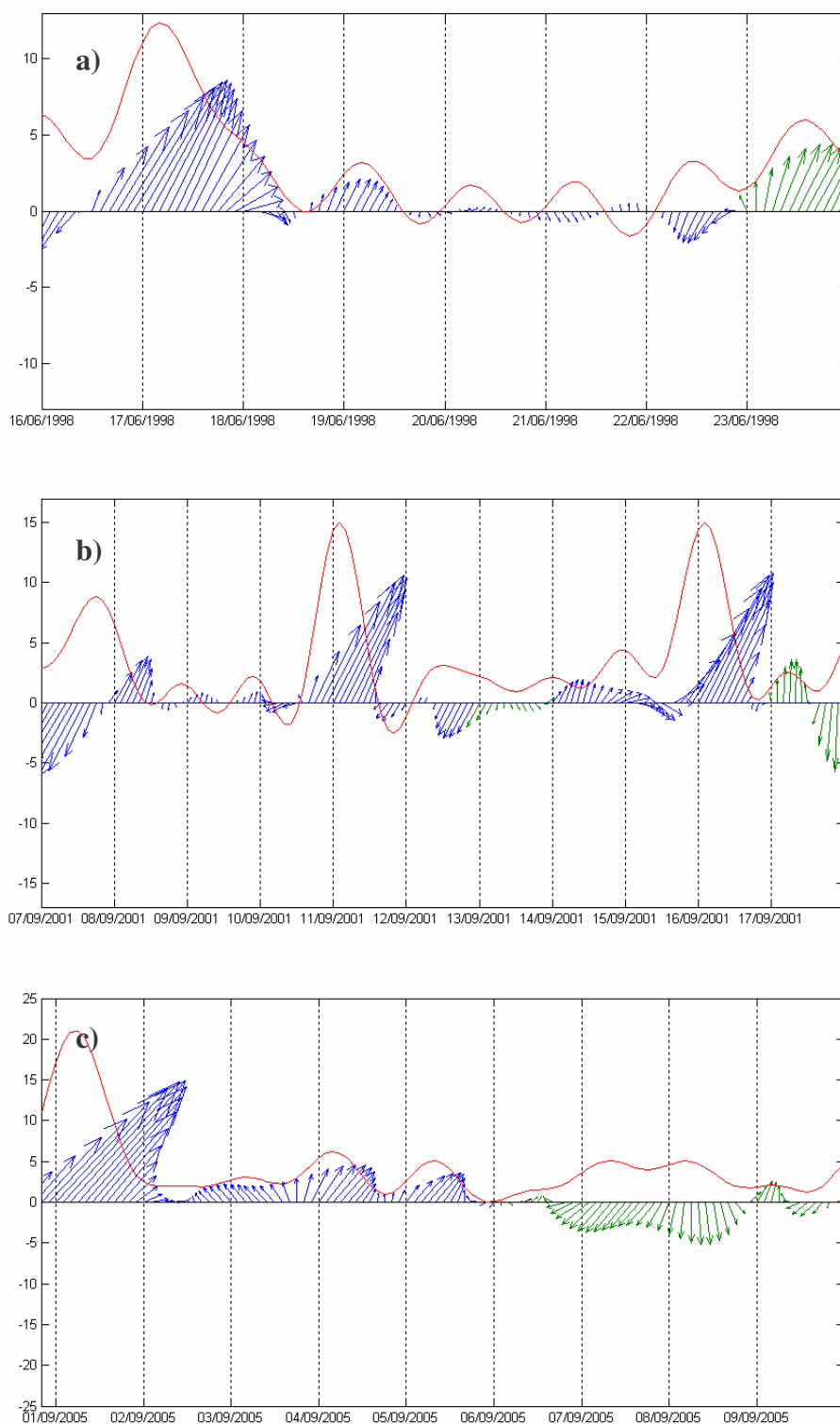


Figura II.A-1. Direção e intensidade da velocidade dos ventos para os períodos amostrais (a) Lagoa Mangueira; (b) Lagoa Mirim e (c) Plataforma da região do Albardão.

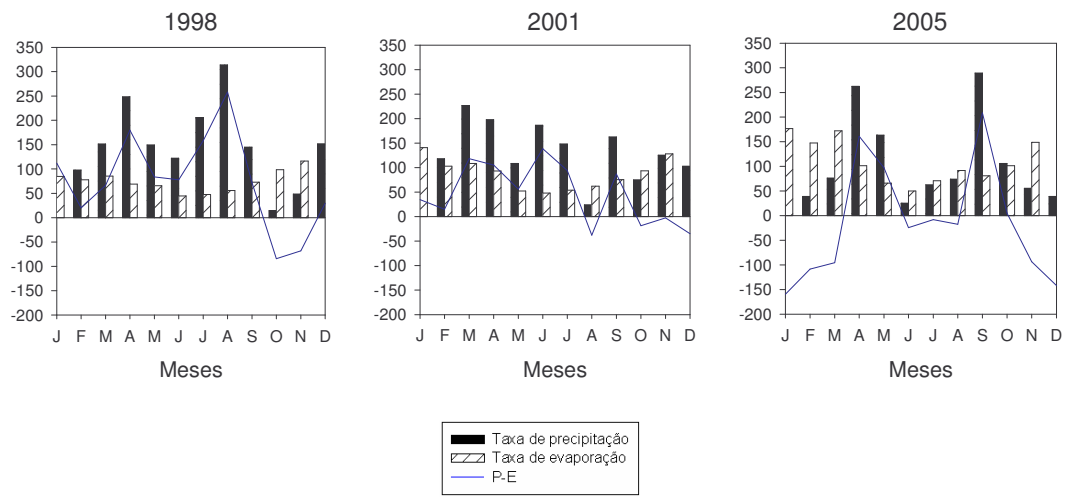


Figura II.A-2. Balanço hídrico ao longo dos anos de amostragem.



São Paulo, 04 de Outubro de 2006.

Prezados autores,

Vimos, por meio desta, comunicar que o trabalho: **CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRANEA DE ORIGEM CONTINENTAL À REGIÃO DE PLATAFORMA DO ALBARDÃO**. Karina Kammer Attisano e Luis Felipe Niencheski, foi aceito para apresentação sob a forma de painel no III Simpósio Brasileiro de Oceanografia, a ser realizado de 4 a 8 de Dezembro próximo, no Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, em sua sede em São Paulo.

Aproveito a oportunidade para apresentar nossa melhor disposição em contribuir para sua efetiva participação nesse evento.

Atenciosamente,

Prof. Dra Elisabete S. Braga G. Saraiva
Presidente
Comissão Organizadora do III SBO

[XII COLACMAR] - Comunicação de resultado da avaliação de trabalho submetido.

Prezado LUIS FELIPE HAX NIENCHESKI

O Comitê Científico do XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar comunica que o trabalho **CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRANEA DE ORIGEM CONTINENTAL À REGIÃO DE PLATAFORMA DO ALBARDÃO** foi **APROVADO** para apresentação durante a programação do Congresso.

Entretanto, informamos também que estamos procedendo a análise completa dos trabalhos já aprovados para a estruturação da programação científica, sendo que alguns ainda se encontram em avaliação. Portanto, deveremos manter novo contato com você para informá-lo da forma de apresentação do seu trabalho (Painel ou Apresentação Oral), sendo que a modalidade de apresentação sugerida por você será determinante para esta definição, para o que esperamos a sua compreensão.

A Comissão Organizadora antecipadamente agradece sua participação no XII COLACMAR.

Atenciosamente,

Prof. Norberto Olmiro Horn Filho
Presidente do Comitê Científico XII COLACMAR

Estimado LUIS FELIPE HAX NIENCHESKI

El Comité Científico del XII Congreso Latino Americano de Ciencias del Mar comunica que el trabajo **CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SUBTERRANEA DE ORIGEM CONTINENTAL À REGIÃO DE PLATAFORMA DO ALBARDÃO** fue **ACEPTADO** para presentación durante la programación del Congreso.

También, informamos que está siendo elaborada la estructura de la programación científica a partir del análisis completo de los trabajos aceptados. Por lo tanto, entraremos en contacto nuevamente para informarle la forma en que deberá presentar su trabajo (Poster o presentación Oral), la modalidad de presentación sugerida por usted será determinante para esta definición, y esperamos su comprensión.

La Comisión Organizadora le agradece anticipadamente su participación en el XII COLACMAR.

Atentamente,

Prof. Norberto Olmiro Horn Filho
Presidente del Comité Científico XII COLACMAR

Dr. ZURIÑE HERMOSILLA:

Confirmamos que su trabajo ha sido cerrado y enviado para su evaluación con los siguientes datos.

Confirmación de Cierre

CODIGO DE TRABAJO: 16114
FECHA DE ENVIO: 15-8-2006 / 12:20
TITULO: INFLUENCIA DEL COMPLEJO
LAGUNAR PATOS-MIRIM SOBRE LA
PLATAFORMA CONTINENTAL DE RÍO
GRANDE DO SUR
AUTORES: HERMOSILLA, ZURIÑE;
ATTISANO, KARINA; NIENCHESKI, LUIS
FELIPE; ROMERO, INMACULADA;
MARTINEZ, REMEDIOS

Puede consultar su trabajo
haciendo click aquí.
Recuerde que debe estar
conectado a internet.

Si tiene alguna consulta, puede enviarnos un e-mail contestando este mensaje.

Sin otro particular lo saludamos muy atentamente.

*VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar
CENPAT/CONICET - UNPSJB - UTN (U.A. Chubut)
resumenesvjncm@cenpat.edu.ar
<http://www.centropataqonico.com>*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



DECLARAÇÃO

Declaramos para todos os fins que a Sra. *Karina K. Attisano* encaminhou o trabalho "Contribution from continental groundwater to the shelf zone in Albardão área, RS, Brazil", de Attisano, KK; Niencheski, LF; Milani, ICB; Machado, CS; Milani, MR & Zarrur, S. para avaliação e possível publicação no *Brazilian Journal of Oceanography*. Processo no. 834/07.

São Paulo, 28 de fevereiro de 2007.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Ana Maria Setubal Pires Vanin', is written over a faint watermark of the IO logo.

Profa. Dra. Ana Maria Setubal Pires Vanin

Editora-Chefe do BJO

Praga da Oceanografia, 171
05508-900 - São Paulo - SP - Brasil - www.io.usp.br

Tel.: 55-11- 3091-4514
Fax: 55-11- 3093-3002

**CONTRIBUTION FROM CONTINENTAL GROUNDWATER TO THE SHELF ZONE IN
ALBARDÃO AREA, RS, BRAZIL**

Attisano, K. K.; Niencheski, L. F.; Milani, I. C. B.; Machado, C. S.; Milani, M. R; Zarzur, S.

FURG – Fundação Universidade Federal de Rio Grande.

Laboratório de Hidroquímica. Caixa Postal: 474. CEP: 96201-900. Rio Grande – RS/Brasil.

ABSTRACT

The southern Brazilian region is a highly rich and productive area, whose oceanographic phenomena are still scarcely understood due to a great number of forces, such as the continental input from Prata River and Patos Lagoon, several oceanic water masses, and the contribution from groundwater. The shelf near Albardão is highly rich in dissolved nutrients, particularly by the coastal zone. The narrow sandy barrier that separates the ocean from Mangueira Lagoon has led us to wonder about the possibility of groundwater transport, and if it might provide an expressive contribution to the productivity in the surrounding area. In order to prove the idea of such transport, nutrient data from Mirim and Mangueira Lagoons were associated to unpublished data from Albardão area, all collected during a rainy period. The present work shows the need to include groundwater transport from Mangueira Lagoon to the coastal zone as one of the main sources for the productivity increase seen in that region. However, for such phenomenon to be quantified and better understood, it becomes currently necessary to use natural isotopes as tracers of the underground input.

Key words: groundwater; continental transport; nutrients; submarine estuary; South Atlantic Ocean.

RESUMO

A região sul do Brasil é uma área muito rica e produtiva, cujos fenômenos oceanográficos ainda são pouco compreendidos devido ao grande número de forçantes, tais como, aportes continentais do Rio do Prata, Lagoa dos Patos, diversas massas d'água oceânicas e contribuição da água subterrânea. A plataforma da região do Albardão é extremamente rica em nutrientes dissolvidos, especialmente na zona costeira. O estreito cordão arenoso que separa a região do Albardão da Lagoa Mangueira levou-nos a questionar a possibilidade do transporte de água subterrânea e se este poderia contribuir de forma expressiva na produtividade desta região. Para comprovarmos a idéia deste transporte, associamos dados de nutrientes das Lagoas Mirim e Mangueira à dados inéditos da plataforma da região do Albardão, todos em período de alta pluviosidade. Este trabalho demonstra a necessidade de incluir o transporte de água subterrânea da Lagoa Mangueira para a região costeira, como uma das principais fontes para o aumento da produtividade da região. Entretanto, para quantificar e compreender melhor este fenômeno, na hora atual faz-se necessário o uso de isótopos naturais como traçadores desses aportes subterrâneos.

Palavras chave: água subterrânea; transporte continental; nutrientes; estuário submarino; Oceano Atlântico Sul.

1. INTRODUCTION

Shelf waters in southern Brazil have been broadly characterized in terms of water masses and surface continental inputs (Rossi-Wontschowki & Madureira, 2006), though their nutrient contents are still scarcely known. The area known as Albardão – located 120 km south of Rio Grande inlet (Figure 1) – is known to receive influence from Prata River and the Patos-Mirim lagoon complex during some periods of the year. Such inputs raise nutrient concentrations at the location. However, the proximity between Albardão coastal area and Mangueira Lagoon has led us to wonder about the possibility of groundwater transport occurring from the lagoon to the ocean, and if it might make an expressive contribution for the high productivity found in the area.

Although the underground transport is not as evident as the surface one, element flows towards the ocean also take place through groundwater. This is a frequent phenomenon, particularly where the aquifer connects to surface seawaters through permeable sediments (Burnett *et al.*, 2003), which is the case at the southern Brazilian coastal plain. The transport of nutrients and substances through groundwater may alter the composition of surface waters, apparently without any anthropic influences (Burnett *et al.*, 2001). Work developed in the spit that divides Patos Lagoon from the Atlantic Ocean (Windom & Niencheski, 2003; Windom *et al.*, 2006) has provided evidence of continental transport by means of groundwater, in regard to the transport of nutrients and trace elements. It was demonstrated by those authors that underground flows may alter the chemical composition of waters in the adjacent continental shelf.

The study area comprehends the Mirim-Mangueira lagoon complex. Its main economic activity is rice culture, which demands the maintenance of water layers over the rice fields during the whole growth period (Villanueva *et al.*, 2000). According to Burger (2000), wetlands (an ecosystem that is characteristic from the study area) used to be considered unproductive areas, and should be eradicated. Therefore, the possibility of draining world-known Taim wetlands was assessed so that its waters could be used for growing rice.

Water extraction for rice culture has altered the hydrologic regime in the region, including Mirim and Mangueira Lagoons and Taim wetlands. Those are interlinked systems, so that water removal for irrigation and the construction of irrigation systems (drainage channels, rising stations, dams) affects the whole system and may cause a reduction in the water volume needed to the maintenance of local ecosystems (Burger, 2000). The system is yet more affected when associated with evapotranspiration peaks, observed by Villanueva (2000) in the months of October/November and February/March. During such dry seasons, water removal from the lagoons increases, in order to supply the deficit in precipitation rates. This phase coincides with the growth phase in the plantations (Table 1), when the water level in rice farms must be gradually increased from 10 to 15 cm, then kept at such level during growth development (ANA, 2001).

Table 1. Rice cultivation phases.

JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAI
Soil preparation											
Flooding for seeding											
Drainage/Germination											
Flooding for growth											
Drainage											
Harvest											

Source: ANA (2001) and Villanueva (2000).

Mirim (230,000 ha) and Mangueira (80,200 ha) Lagoons supply most of the rice farms in the region with water. About $1.5 \text{ L.s}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ of water from Mirim Lagoon are used in the activity. On the other hand, water removal from Mangueira Lagoon must show careful attention to the extracted volumes (Banzaneve, pers. comm.), as it is the main supplying source for Taim wetlands, which for being part of an Ecological Station (ESEC-Taim) must be dutifully protected, in view of its important ecological functions. Those lagoons ensure water availability during the whole irrigation period, leading many farmers to have the wrong impression that the water sources in the region are inexhaustible (Amaral & Righes, 2005). Such fact makes it yet more difficult to raise the local population's awareness.

This region is influenced by the wind regime; predominant winds come from the NE-SW quadrant (DHN, 1974). Those winds blow along the main axis in the lagoon bodies in the region, and are identified as the main forcing factors controlling water levels and circulation (Garcia, 1998). Under the effect of NE winds, the waters in the lagoons are directed southwards, increasing levels in Mirim and Mangueira Lagoons to such direction and, consequently, the hydrostatic pressure. The opposite behavior takes place when winds blow from the south quadrant. Therefore, it is presumed that Mangueira Lagoon plays an important role in supplying water to the water table, which, by hydrostatic pressure difference, advects into the oceanic coastal zone. It is believed that such transport must be intensified in periods of high pluviometric indexes, when the hydrostatic pressure exerted on such waters is still greater. Corroborating this hypothesis are the high nutrient concentrations found in the coastal portion of the continental shelf near Albardão Lighthouse (33.20°S and 52.70°W). As this region is a singular place in regard to its high nutrient concentration, and the consequent high fish availability (Seeliger *et al.*, 2004), a multidisciplinary project is under way, whose aim is described by its own title: "Comparative assessment of the influence of oceanographic patterns on biological production at the continental shelf and slope in two southern Brazilian areas".

2. MATERIAL AND METHODS

Water samples were collected at four different locations (Figure 1), two from both lagoon environments (Mirim and Mangueira Lagoons), and two from both oceanic environments (continental shelf and oceanic coastal zone). In Mirim and Mangueira Lagoons, due to their shallow depth, only surface samplings were performed. The samples from the Albardão continental shelf used for this study were collected from a 5-m depth, and thus called subsurface samples. For samplings related to the coastal oceanic environment, the samples used were surface, subsurface and 10-m depth samples.

In Mirim Lagoon, 24 samplings were performed, distributed along São Gonçalo Channel and the Brazilian portion of the lagoon (Figure 1), on September 13th and 17th, 2001.

In Mangueira Lagoon, only three samplings were held, which allowed for the representation of the whole lagoon, as they were distributed to the northern, southern and middle portion of the lagoon (Figure 1). Those samples were collected on June 23rd, 1998.

At the Albardão shelf zone, 18 samplings, held between September 6th and 9th 2005, were distributed along three transects. The oceanographic stations nearer the continent were located approximately 30 km from the coast (Figure 1).

The sampling periods for the lagoons and the continental shelf by Albardão area presented winter features, and were related to the months of soil preparation for rice cultivation (Table 1). In this period, there is no use of lagoon waters for seeding flood. Such fact, associated to the high pluviometric rates, was responsible for the level increase in the lagoons, which may reach up to 4 m above the normal level (Friedrich, 2004).

For the oceanic coastal environment, the 10 oceanographic stations distributed between Chuí (33.82 °S) and Conceição (31.83 °S) Lighthouses were recovered from project ECOPEL (Ciotti *et al.*, 1995). This project held four oceanographic cruises, which allowed the four seasons to be characterized: spring (October 1987); winter (September 1988); summer (February 1990), and autumn (June/July 1991).

Samples were collected with the help of 1.5-L Van-Dorn bottles (Mirim and Mangueira Lagoons) and 5.0-L Niskin bottles (shelf and oceanic coastal zone), then transferred to previously washed plastic bottles (1.0 L). Samples were further divided in three parts: one destined to direct measurement of temperature, pH, salinity, and conductivity; one for dissolved oxygen analysis; and the other for nutrient analysis and suspended matter quantification. The samples were filtered immediately after each sampling, through a 0.45- μ m cellulose acetate filter, with the help of a vacuum pump. After filtration, samples destined to nitrite, nitrate, ammonium, phosphate, and silicate analysis were stored in polyethylene bottles, with reactants added when needed, and then frozen pending later analysis, according to methodology described in Baumgarten *et al.* (1996).

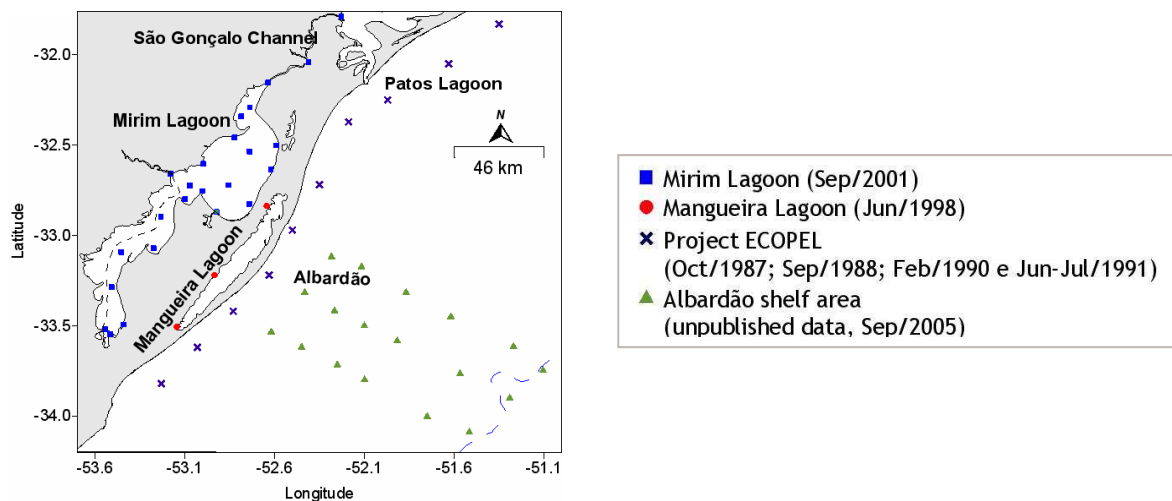


Figure 1. Sampling stations location.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. LAGOON AND OCEANIC ENVIRONMENT

In order to compare samplings held in different years, a brief meteorological study was performed at the distinct environments. Although the year 1998 presented a strong influence from the El Niño, they may be compared to samples from 2001 and 2005, as every period was also under high pluviometric rates and predominant NE winds (FURG's Meteorological Station).

Following is a discussion of the most expressive data, involving phosphate and nitrogen nutrients, dissolved oxygen and its saturation percentage, as well as total suspended matter.

3.1.1. Phosphate and nitrogen compounds

Both in Mirim Lagoon and the shelf by Albardão area, phosphate and nitrogen concentrations showed values according to the stipulated for a balanced environment (Baumgarten & Niencheski, 1998). Except for the areas with greater anthropogenic influence, Mirim Lagoon presented slightly higher concentrations (Friedrich, 2004). Mangueira Lagoon, on the other hand, presented higher concentrations than what is predicted for a natural environment, for both phosphate and nitrogen compounds (Figure 2).

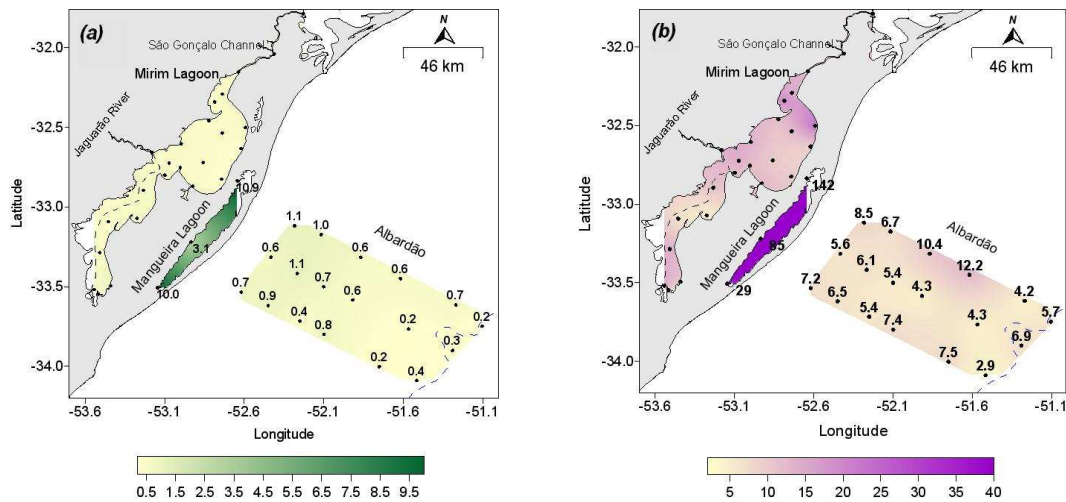


Figure 2. Distribution of (a) phosphate and (b) nitrogen compounds (μM) along the study area.

A great portion of those increased concentrations must be associated with irrigated rice cultivation, characteristic in the region. Rio Grande do Sul state is the largest rice producer, with 26% of Brazil's 3,616,200 hectares, and representing 45% of the national yield (CONAB, 2000). The city of Santa Vitória do Palmar, where Mangueira Lagoon is located, uses about 90,000 hectares for rice growing (Bourscheit, 2003).

For the growing of irrigated rice, many agricultural inputs, plague killers, soil enhancers and especially fertilizers are used (Bueno *et al.*, 2006). The use of such compounds, though improving soil fertility and increasing productivity levels, may also cause serious impacts, mainly considering that the water used for irrigation returns to the sources with no treatment whatsoever, by means of surface waters and the water table. The recommendation for rice cultivation in the state's land is up to 60 kg/ha/year of P_2O_5 and 10 kg/ha/year of nitrogen in basic fertilization, though much higher amounts are actually used (at least $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ of NPK fertilizer). Phosphorus loss by the draining of rice fields with organic soils may reach up to 30 kg/ha/year (IRGA, 2001).

The lost phosphorus is immediately absorbed by the soil's particles, which limits its presence in subsurface waters (water table). Due to being highly soluble, nitrogen may be found both in surface drainage waters and in subsurface ones. An excess of nutrients may be benefic in return flows, if the water is used only for farm irrigation (ANA, 2001). Still it may be harmful when discharging into a water course, leading to its eutrophication by the excessive increase in nutrient concentration, resulting in increased phytoplanktonic production and microbial activity. The biomass increase found for opportunistic species may lead to biodiversity reduction in the planktonic system, thus causing ecosystem imbalance (Burger *et al.*, 2002).

As of yet, the nutrient input implications are all but speculations, and there is no evidence showing the actual impact on adjacent aquatic environments (Friedrich, 2004). Thus far, the system seems to be tolerating the excess of discharged nutrients, as Mirim Lagoon still presents nutrient

concentrations within the stipulated range for a balanced environment, and the fish in Mangueira Lagoon are developing very well, reaching sizes beyond the usual (Brusch, 2005). However, such system needs monitoring, as those concentrations are not increasing in a natural fashion, but as a response to the human activities practiced in the region.

An important factor to be underlined is that there is a huge conflict between the economy and ecological conservation in this area between Mirim Lagoon and the Atlantic Ocean. In the same area whose main income is linked to rice farming, there is a Federal Conservation Unit, the Ecological Station of Taim (ESEC-Taim), located north of Mangueira Lagoon. ESEC-Taim is basically formed by wetland, lagoon, dune, and beachfront ecosystems. The station has a key importance for ecological studies, mainly as Taim wetlands present one of the last remnants of such ecosystem type, which occupies 60% of the area within the Ecological Station (PELD, 2006).

3.1.2. Dissolved oxygen and saturation percentage

Wind-driven water movement, along with the shallow depth in Mirim and Mangueira Lagoons, provide intense gas exchanges with the atmosphere, resulting in greater dissolved oxygen availability in the water. Still, in Mirim Lagoon, oxygen contents are higher, ranging from 8.49 to 11.85 mg.L⁻¹, possibly due to the shorter residence time and consequently to the greater renovation seen in those waters, as Mirim Lagoon receives several tributaries, both Brazilian and Uruguayan alike (Figure 3), the most important of which being Jaguarão River. It is believed that the discharge from those tributaries into Mirim Lagoon increases water movement, making a greater amount of dissolved oxygen available, and thus keeping oxygen saturation at 100%. Mangueira Lagoon, on the other hand, has no tributary at all. That is, all of its waters come from the water table and rainwater.

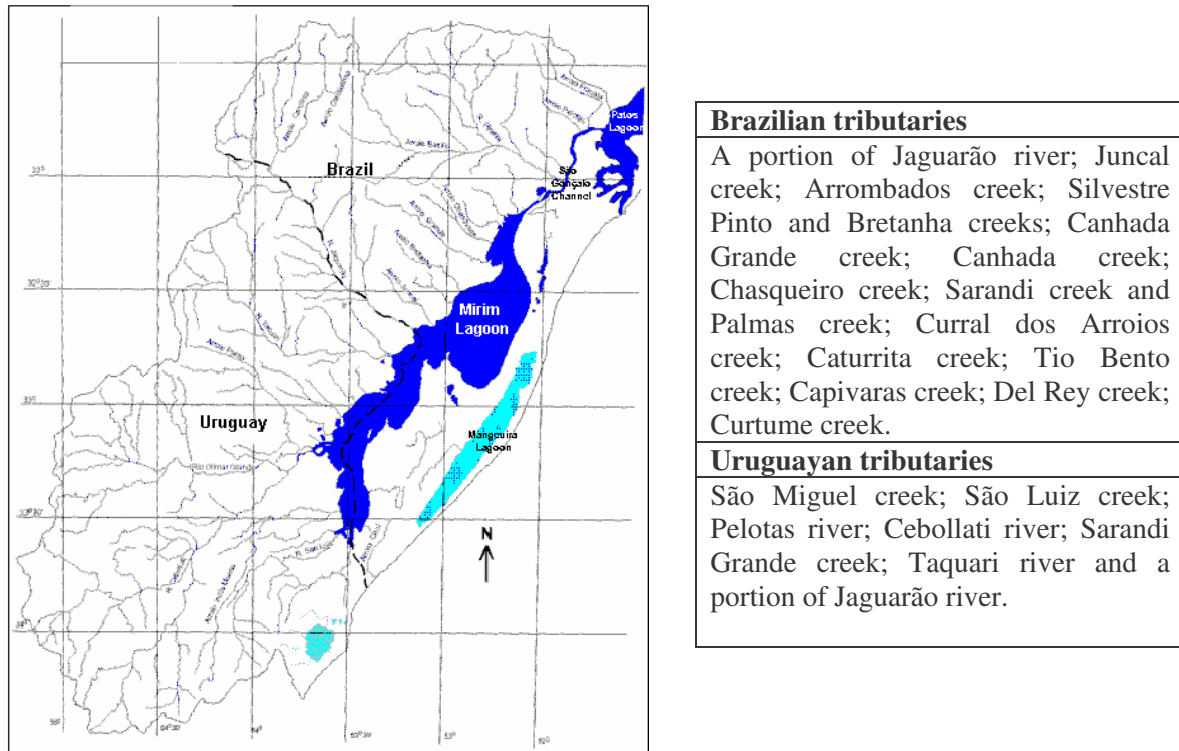


Figure 3. Mirim Lagoon's hydrographic basin (Source: Beltrame & Tucci, 1998; Eurípides, 1998).

Undersaturation was found both in Manguieira Lagoon and in the shelf zone (Figure 4). In Manguieira Lagoon, it may be a consequence of organic matter degradation, showing that the self-depuration ability of the environment is not enough to take in the discharged load of organic matter (Baumgarten & Niencheski, 1998).

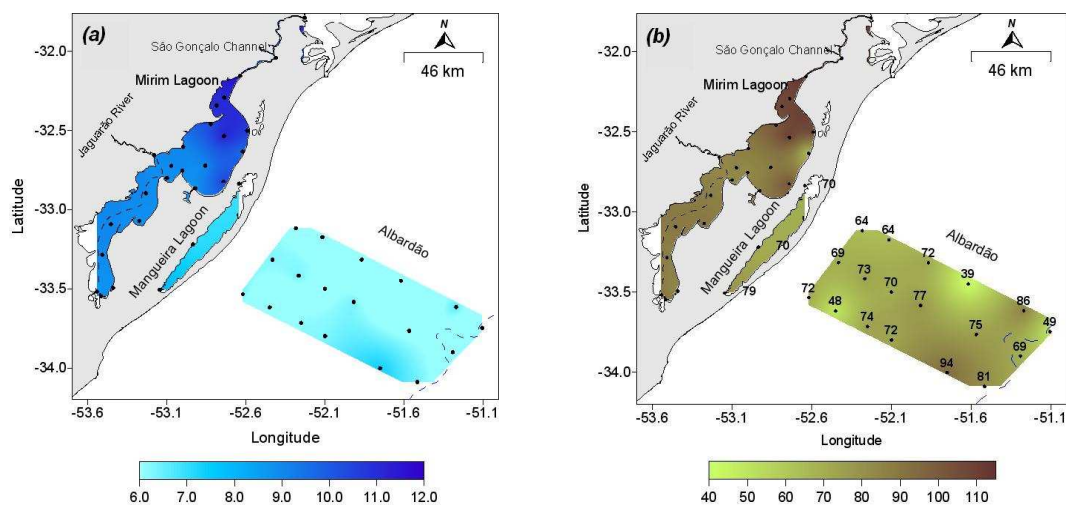


Figure 4. Distribution of dissolved oxygen (mg.L^{-1}) and oxygen saturation (%) along the study area.

3.1.3. Suspended Matter

A modeling study by Paz (2003) concluded that vegetation and wind are the main agents ruling wetland hydrodynamics, and that the vegetation's occurrence, characteristics, and its spatial distribution play a key role on a wetland's hydrodynamic behavior. Besides providing a strong additional resistance to drainage, both emerging or floating vegetation have a protective effect against wind action on the water surface, thus determining a longer drainage time for such waters. In may be seen in Figure 5 that the content of suspended matter reduces southwards in the lagoon, reaching values near 16 mg.L^{-1} .

We can assume that the increased organic matter contents in Mangueira Lagoon must be associated with farming activities and the intense degradation of the vegetation in adjacent wetlands, especially macrophytes, the dominant vegetation in Taim wetlands.

The resistance against the drainage of Mangueira Lagoon waters increases the residence time of organic compounds, thus intensifying the eutrophication process. With the increase in organic matter decomposition (mineralization) and the oxygen decrease, there is a predominance of reduced forms originated in the biological decomposition of protein organic matter, as well as the presence of phosphate in the water by the development of reducing conditions (Baumgarten & Niencheski, 1998). Also, the return – by surface and underground means – of phosphate and nitrogen-rich waters used for irrigation further increases the nutrient contents in this lagoon.

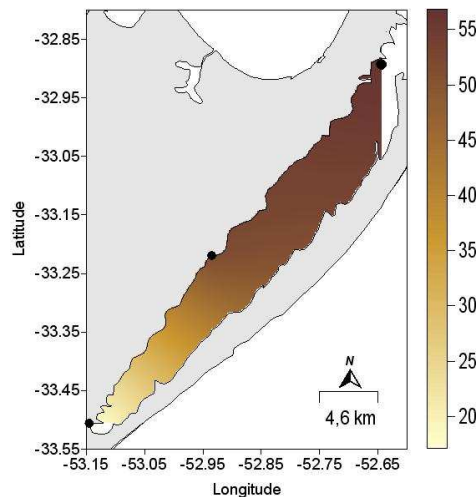


Figure 5. Distribution of suspended matter in Mangueira Lagoon (mg.L^{-1}).

Some features of Mangueira Lagoon are more similar to oceanic waters than to coastal waters. For example, its under-16 N/P ratio and its alkalinity. Data from 1998 show a mean pH value equal to 8.00, and research by ZERI (Zero Emissions Research and Initiatives) Foundation has found pH scores near 9.00. Such alkalinity is due to the existence of a shell deposit in the lagoon's bottom, as it was

part of the ocean in a relatively recent past within geological times – nearly 300,000 years (Brusch, 2005). We also believe that those characteristics may persist for a long time due to the ocean-lagoon interaction through groundwater, as the sand barrier that separates the lagoon from the ocean may behave as an “underground estuary” (Windom & Niencheski, 2003), and the lagoon’s level determines a greater or smaller saline intrusion into the sand strip.

3.2. COASTAL OCEANIC ENVIRONMENT

Offshore data obtained from one cruise (September 2005) reveal an important negative concentration gradient between the coast and the open sea. As such data come from just three transects at one specific region, we recovered previous data from Project ECOPEL, mainly those referring to stations nearer the coast, to identify the actual contribution of continental inputs since the southernmost end of Brazil (Chuí) up to Conceição, located north of the mouth of Patos Lagoon. The use of previous data also brings the advantage of providing a four-season analysis to be made.

3.2.1. Silicate

The mean value of silicate concentrations for four selected regions located near the coast (Project ECOPEL) is presented in Table 2. It may be seen that the highest mean refers to the autumn and winter period, followed by spring and summer.

Table 2. Silicate concentration mean (μM) for the four seasons.

Region	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Spring		Summer		Autumn		Winter	
			- x	s	- x	s	- x	s	- x	s
Chuí	33.82	53.23	18.97	3.42	19.45	251	38.40	5.58	26.95	3.38
Albardão	33.22	52.63	38.04	0	9.05	4.05	24.20	2.50	25.48	3.19
Rio Grande	32.25	51.97	14.29	1.55	7.62	0.46	20.22	6.68	31.04	2.68
Conceição	31.83	51.35	-		7.75	0.24	-		18.55	0.22
General*			21.59	13.61	9.23	3.59	25.44	7.76	24.97	5.30

General* = mean of all concentrations presented at each season in the whole study area.

Those mean values only indicate the periods with higher or lower contribution, but do not define the most important sources for each period.

In order to determine the main sources at each time of the year, charts were built presenting the nutrient concentration versus the S-N distance from Chuí (zero km) to Conceição (273 km). Silicate concentrations are represented in Figure 6.

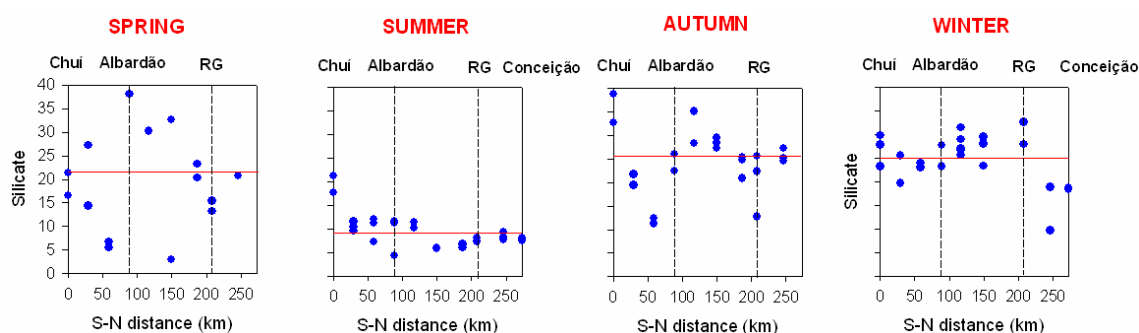


Figure 6. Distribution of silicate concentrations as μM (down to a 10-m depth) along the coast, from Chuí to Conceição.

Silicate is known by several authors as an excellent water mass tracer, especially for Coastal Water (Moreira da Silva & Aragno, 1968; Nagy & Blanco, 1987; Ciotti *et al.*, 1995). The greatest continental input is found in autumn and winter periods. However, besides the land input, there is a seasonal concentration variation, which is intrinsic to its own cycle. It may be verified that continental inputs did not affect the seasonality of silicate's cycle. They just enhanced its seasonality, as they were greater in periods of lower consumption (fall and winter), when silicate regeneration should be taking place, consequently increasing the availability of such compound.

Water hydrochemistry in this region of the Atlantic is highly dependent on meteorological phenomena. For example, the periods with greater continental input (autumn and winter) are related to the predominance of SW winds (Garcia, 1998; Ciotti *et al.*, 1995). Such winds direct the waters of Prata River and Patos Lagoon northwards, providing a tendency of the study area to be dominated by continental waters from both waters bodies – at a greater scale by the Prata, as its mean discharge is $23,300 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Piola, 2002), almost 20 times greater than the mean discharge of Patos Lagoon, which ranges from 700 to $3,000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (Garcia, 1998). In spring and summer, dominant winds are from NE, which direct the waters southwards, helping the fresh water from Patos Lagoon to exit, and directing it southwards. The same thing takes place with the Prata, whose low-salinity waters extend southwards along the Buenos Aires coast (Piola, 2002).

An analysis of Figure 6 shows that for any time of the year, the concentrations by Albardão area are still high; in some instances, such as spring, even higher than the concentrations in stations located near the mouth of Patos Lagoon and Chuí (which represent the input of waters from the Prata). Such fact may indicate the existence of a silicate source other than the traditional ones (Prata River and Patos Lagoon) at Albardão area. Those samplings were held during the spring of 1987, which was a year of El Niño predominance. Even with such phenomenon presenting moderate intensity, it was able to cause a positive rain anomaly in southern Brazil (Ciotti *et al.*, 1995). As already seen, the high pluviometric rates increase water levels in the lagoons and consequently the hydrostatic pressure, which favors groundwater transport through the sand barrier into the ocean. This corroborates the

hypothesis that transport is taking place from Mangueira Lagoon towards the Atlantic Ocean through groundwater. Also in spring, it may be seen that such transport was highly intense, as the mean silicate concentration near Albardão is almost twice the mean calculated for the whole spring of 1987 (Table 2).

In summer and autumn periods, higher silicate concentrations were found near Chuí, though in very different intensities (Figure 6). Such fact is evidence of the strong seasonal variability in continental waters from the Prata. The seasonality of Prata River had already been noted in a study by Piola *et al.* (2000), which used oceanographic data from the continental shelf for a 30-year period. Such data reveal the same seasonality.

In summer – the period in which the lowest continental contribution was seen – silicate contributions are distributed in a highly homogeneous fashion, except in the region that might be influenced by the waters of Prata River.

Autumn stands out as the period with the greatest continental influence, due to the increased silicate concentration mean presented along the whole period. Higher silicate concentrations were also seen in Chuí area (more than $38\mu\text{M}$) whereas the silicate means in Albardão and Rio Grande areas were kept around $20\mu\text{M}$. Such fact indicates that the inputs from Prata River are the greatest for that time of the year. Though the silicate mean by Albardão is very near the mean found in Rio Grande and a little lower than the general mean for the time of the year, the influence of groundwater in Albardão cannot be rule out, due to the concentration decrease found between Chuí and Albardão. The increased silicate concentrations in Chuí area gradually decrease towards north, reaching concentrations as low as $11.27\mu\text{M}$. They then increase again in the intermediate region between Albardão and Rio Grande, presenting higher concentrations nearer Albardão area than Rio Grande (Figure 6). The fact that the increased silicate concentrations are not found directly across from Albardão does not imply saying that they are not originated in the underground transport from Mangueira Lagoon, as in autumn the predominant winds are from SW, which move waters northwards.

In winter, in spite of the higher silicate concentrations found in Rio Grande area right in front of the mouth of Patos Lagoon, the concentrations found in Albardão presented highly similar values. Conceição area, on the other hand, presents much lower concentrations. Such findings from the three regions indicate that the plume formed by the discharge of Patos Lagoon cannot be responsible for the high concentrations found in Albardão area, as the plume is directed by the prevailing SW winds, and should have a greater influence over the region near Conceição and a lower one over the region near Albardão. Still, Conceição area is located 65 km north from the mouth of Patos Lagoon, whereas Albardão region is located 120 km southwards. Therefore, were the plume influencing the silicate concentrations in Albardão area, its influence should also be felt up north passing Conceição.

We may also see that the concentrations from Albardão area and those from Chuí are highly similar. We could also state that Albardão area is influenced by the input from Prata River. Still, by

looking at the area between Chuí and Albardão, we can find concentrations lower than those found near Albardão. That is another evidence that the increased silicate concentrations in Albardão area are not only due to the influence of Patos Lagoon or Prata River, but that they are also subjected to some “additional” source.

Still in regard to the winter period, it is also seen that the concentrations between Rio Grande and Conceição areas decrease northwards, then increase very subtly near Conceição. Such fact points to the occurrence of groundwater transport from Patos Lagoon to the coastal oceanic region, as identified by Windom & Niencheski (2003). However, the data available reveal a higher underground transport efficiency in Albardão area than in Conceição, possibly due to the width of the sand barrier and the low sediment permeability near Conceição area (Pereira *et al.* 2005). The sand barrier separating Patos Lagoon from the Atlantic Ocean across from Conceição area (~9 km) is wider than the barrier that separates Mangueira Lagoon from the ocean in front of Albardão area (~5 km). The permeability coefficient of the sediments was studied by Pereira *et al.* (2005), who considered the characteristics of the fluid and the medium, including porosity, size, shape, and arrangement. They found intermediate permeability for the whole Brazilian coast, except near Conceição Lighthouse and Concheiros (located south from Mangueira Lagoon), where the lowest and the highest sediment permeability coefficients were found, respectively. Such factors, along with the data obtained at stations located nearer the coast, are evidence of the higher magnitude of the underground transport in Albardão area relative to Conceição.

3.2.2. Phosphate and nitrogen compounds

The behavior of phosphate and nitrogen nutrients comes only to confirm the continental inputs determined from the silicate concentrations. The highest mean phosphate values were found in autumn and winter (Figure 7), which represent the periods with the greatest continental input for the whole study area. The mean values between such periods present a very small variation ($\Delta = 0.06$), but even with virtually equal mean values, these two stations present dilution behavior in the opposite direction. In autumn there is a northwards dilution of phosphate concentrations, and in winter the dilution follows the opposite direction, towards Chuí.

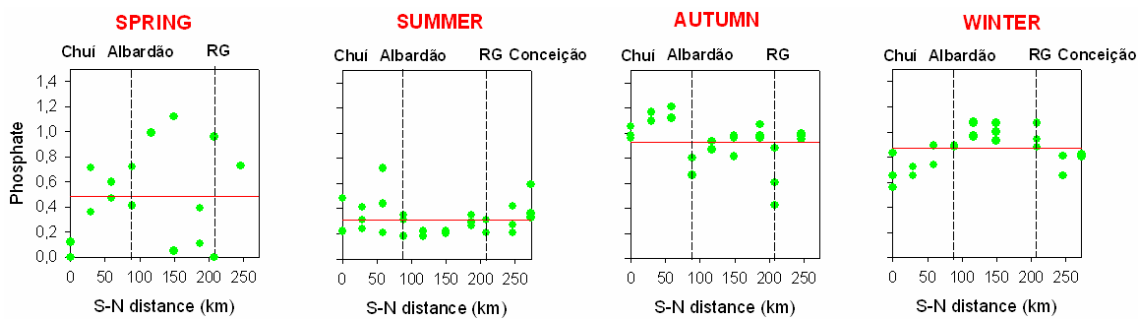


Figure 7. Distribution of phosphate concentrations as μM (down to a 10-m depth) along the coast, from Chuí towards Conceição.

In autumn, lower concentrations are found mainly near Albardão and Rio Grande areas. Such consumption could be a result of an algae bloom, characteristic of the autumn period (Odebrecht & Garcia, 1998).

In summer, phosphate and nitrogen nutrient concentrations were low in relation to the other periods of the year, and presented a homogeneous distribution due to the low continental contribution found for the period. Another reason must be phytoplankton consumption. Only near Chuí is a small increase seen in concentrations, probably related to the Prata input.

In spring, it is clearly possible to see the transport of phosphate along with groundwater from Mangueira Lagoon, as it results in higher phosphate concentrations near Albardão area. Such increased phosphate concentrations may be explained by the buffer effect characteristic of phosphate, which takes place when clay particles with a high amount of dissolved phosphate are found in saline water, presenting high ionic force, and rich in anions such as sulphates, chlorides, and carbonates. The interaction between fresh and saline waters induces the competition between those ions and the adsorbed phosphate for the adsorption sites on the particles' surface. Phosphate may be desorbed, thus increasing its concentration in the water. Therefore, an increase in dissolved phosphate may have occurred, compensating for the dilution caused by seawater, and keeping phosphate concentrations near $1\mu\text{M}$ (Baumgarten & Niencheski, 1998). Phosphate concentrations are also high in front of the mouth of Patos Lagoon. Such fact may be linked to the amount of excess soluble phosphate during fertilizer production being higher than that of nitrogen, which is frequent in the region (Niencheski & Windom, 1994).

Still in spring, the concentrations were reduced towards Conceição. In winter, the opposite takes place, as the highest concentrations are located near Rio Grande, decreasing towards south. As already seen, the discharge from Patos Lagoon, which directly influences Rio Grande area, is indicated as the main factor responsible for the continental contribution in the winter period, resulting in an increase in nutrient concentrations at the place.

Both in summer and autumn, the distributions of nitrogen compound concentrations are highly homogenous (Figure 8), with summer as the period presenting the lowest concentrations, and autumn presenting the highest concentrations for every season of the year. The high nitrogen compound concentrations found in autumn are consistent with our finding of high-intensity continental inputs from all three water bodies (Prata River, Patos Lagoon, and Mangueira Lagoon).

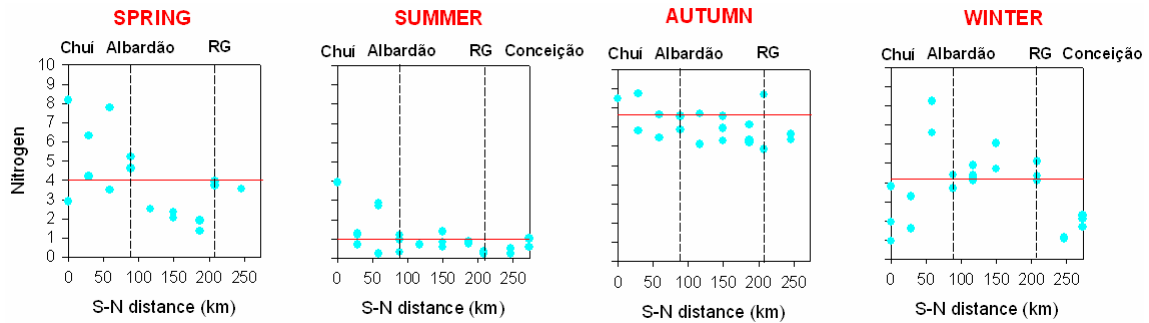


Figure 8. Distribution of nitrogen compound concentrations as μM (down to a 10-m depth) along the coast, from Chuí towards Conceição.

Nitrate has shown to be a good tracer for continental waters, as can be seen in Figure 9, always presenting high contents in regions that receive continental input, whether through the surface (Chuí and Rio Grande) or underground (Albardão). The incoming nitrate is probably responsible for the new production in the region, which depends on nitrogen supplied from outside the euphotic zone, whose dominant source is nitrate (Mann & Lazier, 1991).

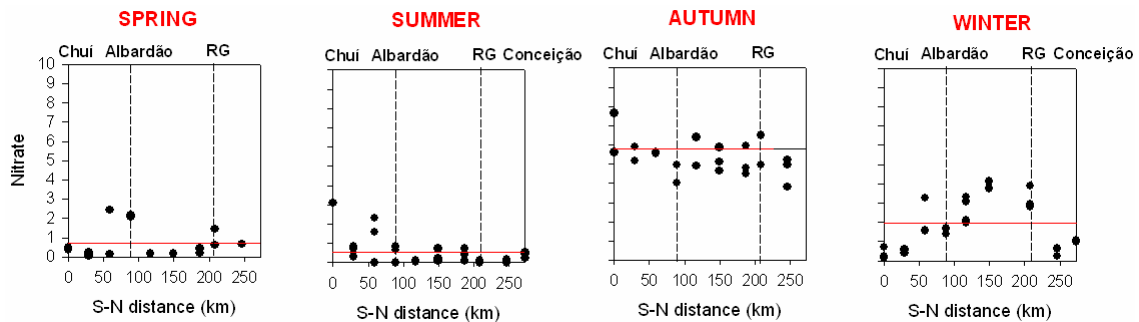


Figure 9. Distribution of nitrate concentrations as μM (down to a 10-m depth) along the coast, from Chuí towards Conceição.

4. CONCLUSIONS

The mean concentration values in Albardão area were always very near or above the general nutrient mean, even when concentrations in Rio Grande or Chuí were high or low. It becomes increasingly clear that Albardão area is fed throughout the year by a source that is independent from the oscillations in discharges from Prata River and Patos Lagoon.

Therefore, this work assessed the need to include groundwater transport from Mangueira Lagoon into the coastal zone as one of the main sources for the productivity increase found in Albardão area. In order for us to be able to quantify and to better understand such phenomenon in the southernmost end of Rio Grande do Sul state, the quantification of the groundwater transport is under way, by using natural isotopes as underground flow tracers.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Lucia Bohmer and Vanderlen Miranda for their assistance in field sampling and analyses. We also thank the students and staff of FURG/Laboratório de Hidroquímica and the captain (Mr. Homero) and crew of /R/V/ Atlantico do Sul. This work was supported in part by the CNPq (Grants 490126/2003-0; 301219/2003-6; 55.2715/2005-0), FAPERGS (Grant 0518017), and CAPES.

6. REFERENCES

- AMARAL, L. G. H. do & RIGHES, A. A. 2005. Estruturas automáticas para controle de água nos canais em lavoura de arroz irrigado. *Rev. Eng. Agric.*, Jaboticabal, 25(1):272-281.
- ANA, 2001. Relatório de Visita de Campo Trecho Paulista da Bacia do Paraíba do Sul Cidades de Guaratinguetá e Taubaté. Fundação COPPETEC. Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ. Agência Nacional de Águas (ANA).
- BAUMGARTEN, M. G.; BARROS ROCHA, M. J. & NIENCHESKI, L. F. 1996 *Oceanografia Química – Manual de Análises em Oceanografia Química*. Rio Grande. 132 p.
- BAUMGARTEN, M. G. Z. & NIENCHESKI, L. F. H. 1998. Avaliação da qualidade hidroquímica da área portuária da cidade de Rio Grande (RS) – Rio Grande. ed. Fundação Universidade Federal do Rio Grande. 57 p.

- BELTRAME, L. F. S. & TUCCI, C. E. M. 1998. Estudo para avaliação e gerenciamento da disponibilidade hídrica da Bacia da Lagoa Mirim. Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, Porto Alegre. 128 p.
- BOURSCHEIT, A. 2003. Palha de arroz gera alimentos e renda em Santa Vitória do Palmar. EcoAgência de Notícias, Brasília.
- BRUSCH, L. R. de F, 2005. Ações de avaliação, aproveitamento e geração de valor econômico aos ativos ecológicos brasileiros: a missão da Fundação ZERI Brasil. Zero Emissions Research Initiatives. Published on website <http://www.zeri.org.br>. Accessed in: jan. 2005.
- BUENO A. da C. & LEMOS, C. A. S. 2006. Soil Fertility of irrigated rice survey in Uruguaiana, RS. Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro. Uruguaiana, 12(1): 132-142.
- BURGER M. I. 2000. Situação e Ações Prioritárias para a Conservação de Banhados e Áreas Úmidas da Zona Costeira.
- BURGER, M. I; MENEGHETI, J. O.; SILVA, M. S. da & SILVA, A. Q. da. 2002. Banhados e áreas úmidas costeiras. In: Workshop para avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeira e marinha do Brasil. Technical Report (CD-ROM). Ministério do Meio Ambiente (MMA), Brasília.
- BURNETT, W. C. & DULAIOVA, H. 2003. Estimating the dynamics of groundwater input into the coastal zone via continuous radon-222 measurements. J. Envir. Radioact., 69(1-2): 21-35.
- BURNETT, W. C.; TANIGUCHI, M. & OBERDORFER, J., 2001. Measurement and significance of the direct discharge of groundwater into the coastal zone. Journal of Sea Research, 46(2): 109-116.
- CIOTTI, A. M.; ODEBRECHT C.; FILLMANN, G. & MÖLLER Jr, O. O. 1995. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf, Cont. Shelf Res., 15 (14):1737-1756.
- CONAB, 2000. Companhia Nacional de Abastecimento. Estimativas de safras. Indicadores da Agropecuária. Brasília, 9(2):8.
- COZZA, K. L. 1999. *Spirulina Plantensis* em meios naturais e sintáticos: fatores nutricionais e custos experimentais". M.Sc Theses in Food Engineering, FURG.
- DHN 1974. Atlas de cartas piloto do Oceano Atlântico: trindade ao Rio do Prata. Diretoria de Hidrografia e navegação, Rio de Janeiro.
- FURG's METEOROLOGICAL STATION. On line: <http://www.meteorologia.furg.br>
- FRIEDRICH, A. C. 2004. "Hidroquímica da Lagoa Mirim-RS". M.Sc. Theses in Oceanic Engineering. FURG. 134 p
- GARCIA, C. A. E. 1998. Características Hidrográficas. IN: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo Sul do Brasil. Editora e cidade p. 18-21.

- IRGA, 2001. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. IRGA - Instituto Riograndense do Arroz, Porto Alegre. 128 p.
- MANN, K. H. & LAZIER, J. R. N. 1991. Dynamics of marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. Blackwell Scientific Publications. 466 p.
- MOREIRA da SILVA, P. C. & ARAGNO, F. J. 1968. Uma correlação entre os valores de salinidade e o teor em silicato na desembocadura do Rio da Plata.
- NAGY, G. J. & BLANCO, A. C. 1987. Balance de silicatos disueltos de superficie en el Rio de la Plata. 2º Congr. Latinoam. De Ciencias del Mar.
- NIENCHESKI, L. F & WINDOM, H. L. 1994. Nutrient flux and budget in Patos Lagoon estuary. Sci. Envir. 149:53-60.
- ODEBRECHT, C & GARCIA, V. M. T. 1998. Composição taxonômica, densidade celular e diversidade. IN: SEELIGER, U.; ODEBRECHT, C.; CASTELLO, J. P. Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do extremo Sul do Brasil. p 18-21.
- PAZ, A. 2003. Análise dos principais fatores intervenientes no comportamento hidrodinâmico do banhado do Taim (RS). M.Sc Theses, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 179p.
- PELD - Pesquisas Ecológicas de Longa Duração 2006. Sistema hidrológico do Taim (sítio 7). Published on site: <http://www.peld.ufrgs.br/>. Accessed in jan. 2007.
- PEREIRA, P. S.; CALLIARI, L. J. & GUEDES, R. M. C. 2005. Permeabilidade das praias arenosas do Rio Grande do Sul: reflexo da herança geológica e morfodinâmica de praias.. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - Guarapari. X Congresso da ABEQUA.
- PIOLA, A. R. 2002: El impacto del Plata sobre la plataforma continental. In: Taller El Niño: sus impactos en el Plata y en la Región Pampeana, E.J.Schnak (ed.), Com. Inv. Cient. de la prov. de Buenos Aires, Asoc. Bonaerense de Científicos, Fac. de Cs. Naturales y Museo de la Plata, La Plata, Argentina. Contribuciones: p 19-22.
- PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MÖLLER Jr., O. O.; CHARO, M. & MARTINEZ, C. 2000. The Subtropical Shelf Front off eastern South America. J. Geoph. Res., 105(C3):6565-6578.
- ROSSI-WONTSCHOWKI, C. L. del & MADUREIRA, L. 2006. O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo.
- SEELIGER, U.; CORDAZZO, C e BARCELLOS, L. 2004. Areias do Albardão: Um guia ecológico ilustrado do litoral no extremo sul do Brasil. Rio Grande: Ed. Ecoscientia, v. 1. 96 p.
- VILLANUEVA, A. O. N.; MARQUES, D. da M. & TUCCI, C. E. M. 2000. The Taim wetland conflict: a compromise between environment conservation and irrigation. Intern. Water Res. Ass., 25 (4):610-616.

- WINDOM, H. & NIENCHESKI, F. 2003. Biogeochemical processes in freshwater-seawater mixing zone in permeable sediments along the coast of Southern Brazil. *Mar. Chem.*, 83 (3-4):121-130.
- WINDOM, H. L.; MOORE, W. S.; NIENCHESKI, L. F. H. & JAHNKE, R. A. 2006. Submarine groundwater discharge: A large, previously unrecognized source of dissolved iron to the South Atlantic Ocean. *Mar. Chem.*, *in press*.