

BIANCA ALVES DIAS MARTINS PARIZOTTO

**QUALIDADE DA ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE
FORAMINÍFEROS BENTÔNICOS EM ESTUÁRIOS DAS BAÍAS
NORTE E SUL DA ILHA DE SANTA CATARINA (BRASIL).**

**Florianópolis
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-graduação em Geografia**

Bianca Alves Dias Martins Parizotto

**QUALIDADE DA ÁGUA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE FORAMINÍFEROS
BENTÔNICOS EM ESTUÁRIOS DAS BAÍAS NORTE E SUL DA ILHA DE SANTA
CATARINA (BRASIL).**

Orientadora: Dr^a Carla Van der Haagen Custodio Bonetti

TESE DE DOUTORADO

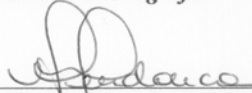
Área de concentração: Utilização e Conservação dos Recursos Naturais

Florianópolis/SC, agosto de 2009

“Qualidade da água e distribuição espacial de foraminíferos bentônicos em estuários das Baías Norte e Sul da Ilha de Santa Catarina (Brasil).”


Bianca Alves Dias Martins Parizotto

Tese submetida ao Curso de Doutorado em Geografia, área de concentração, Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Doutora em Geografia.

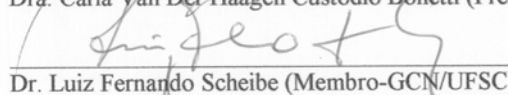


Prof. Dra. Magaly Meñdonça
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia

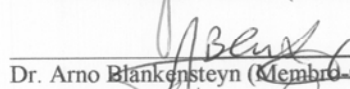
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 10/08/2009



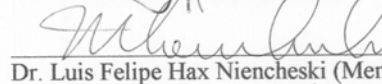
Dra. Carla Van Der Haagen Custodio Bonetti (Presidente e Orientadora-GCN/UFSC)



Dr. Luiz Fernando Scheibe (Membro-GCN/UFSC)



Dr. Arno Blankensteyn (Membro-CCB/UFSC)



Dr. Luis Felipe Hax Niencheski (Membro-FUFRG)



Dra. Leticia Burone (Membro-USP)

Florianópolis - 2009

Dedico esse trabalho a minha orientadora Carla Bonetti que sempre me deu o “norte” do trabalho, além do apoio e amizade, a minha amada filhinha Sofia, ao “mô querido” marido Sergio e sua família (que agora também são minha família), aos meus amados pais e irmãos que são como anjos sempre me acompanhando e apoiando em todos os caminhos que percorro.

Maré Vermelha

“Minha vida é no mar
Minha vida é nadar
Nadar hoje e sempre
Sem saber o que encontrar

Hoje o que sei é que irei até onde a maré me
levar
Águas claras, Netuno é o rei das ondas do mar

Costumo nadar em cardumes, juntos águas
límpidas procurar
Mas de certo por muitas vezes em uma rede nós
vamos parar
Quem sabe com uma cerveja, o prazer nos
petiscar
Talvez com um pouco de sorte, conheceremos
um sushi bar

Vim de longe e hoje cheguei
Maré Vermelha encontrei
Estou meio zozzo, o que será?
Psicodelic fish, uáááááhhh

Maré Vermelha, esgoto, poluição
Não sai com sabão

Mas quem será?
Que honestamente poderá me ajudar?
Viver naturalmente, continue a nadar, continue a
nadar
Mas quem pode ajudar só faz piorar
E eu que pensei que o cabeça de bagre era eu

Vim de longe e hoje cheguei
Maré Vermelha encontrei
Estou meio zozzo, o que será?
Psicodelic fish, uáááááhhh

Maré Vermelha, esgoto, poluição
Não sai com sabão”

Letra: Bianca Parizotto
Música - Banda **Balanço Bruxólico**:
Gabriel Felipe Jacomel
Henrique Meyer
Sergio Parizotto Filho
Paulo Bertotto Pabis
<http://www.myspace.com/balancobruxico>
balancobruxico.mus.br

O lamento de um rio

A meia lua no céu
E esse cheiro de rio
Me deixam cheio de paz
Nesse meu leito que vai

A mata em seu lugar
As margens firmes provém
Consigo ser quem sou
Eu sou o seu maior bem

E dói pensar que amanhã eu nem sei
Se o verde vai estar aqui
Sem mata, sem margem, sem peixes, sem aves
Eu não sou ninguém

E se seus filhos perguntarem por mim
E eu não passar mais aqui
Um leito rochoso sem vida
Indica onde um dia eu corri

A lua não vejo mais
Não tenho o que refletir
Mas mesmo assim vou feliz
Nesse meu leito que vai

Não vejo a lua porque
A mata cresce ao redor
Em suas folhas eu sei
Para mim futuro melhor

E dói pensar que amanhã eu nem sei
Se o verde vai estar aqui
Sem mata, sem margem, sem peixes, sem aves
Eu não sou ninguém

E se seus filhos perguntarem por mim
E eu não passar mais aqui
Um leito rochoso sem vida
Indica onde um dia eu corri

E se seus filhos perguntarem por mim
e eu não passar mais aqui

Um leito rochoso sem vida indica onde um dia eu
corri

Letra: Fabiano Mazzilli / Fernando Bergamini
Música – Banda **Os Pamonheiros**
Fabiano Mazilli
Denis Araki
Renato Chiarinelli
Cristian Lucafó

www.myspace.com/ospamonheiros
www.ospamonheiros.com.br

AGRADECIMENTOS

Esta é uma parte do trabalho que gosto muito, pois aqui podemos tentar de alguma maneira registrar os sentimentos que nos acompanharam durante a realização do trabalho. Vou citar algumas pessoas que foram marcantes nesse período, mas me desculpem se esqueci de alguém...

Começo agradecendo à Prof^a Carla Bonetti por sua amizade, orientação, apoio e sugestões imprescindíveis para a realização desse trabalho. Ter sua orientação foi um privilégio, pois além de ser uma excelente pesquisadora e professora, é uma companhia extremamente agradável. Exemplo realmente a ser seguido! Sentirei muita falta do trabalho diário com você e espero que tenhamos outras oportunidades de trabalharmos juntas novamente!

Aos Professores Luis Felipe Hax Niencheski, Letícia Burone, Arno Blankensteyn e Luiz Fernando Scheibe por aceitarem participar da banca examinadora, os quais contribuíram muito com críticas construtivas para o crescimento do trabalho. Agradeço também ao Prof. Jurandir Pereira Filho e ao Prof. Jarbas pelas críticas construtivas dadas no exame de Qualificação.

Agradeço a Alessandra Fonseca, que além de revisar os capítulos iniciais da tese participando da disciplina seminário de tese, me deu muita ajuda no momento de colocar em funcionamento as metodologias de análise de água permitindo que eu a acompanhasse no Laboratório de Carijós (IBAMA) seus procedimentos analíticos. Agradeço também a outras pessoas me auxiliaram bastante nessa etapa metodológica: Diego (Laboratório de Análise de Água/LOC-LCM), Prof^a Graça (FURG), Maria Luiza (Engenharia Ambiental) e Simão (NEMAR-UFSC), além do apoio constante da minha orientadora não só na metodologia, mas como em todas as etapas.

À Universidade Federal de Santa Catarina, que além de pública e gratuita, proporcionou toda infra-estrutura necessária para a realização do doutorado.

Ao Programa CT-Hidro do CNPq pelos recursos financeiros através de bolsa de pesquisa (Processo nº 142434/2004-3) e taxa de bancada que tornaram possível a realização do trabalho.

A todos do Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC) que convivi por um bom período, professores, alunos, técnicos, pelo carinho, conselhos científicos e amizade. Com certeza sentirei muitas saudades! Obrigada prof. Jarbas que através da coordenação do laboratório e também através de disciplinas sempre contribuiu diretamente para a pesquisa e para meu aprendizado. Agradeço muito aos amigos que fiz no LOC: valeu Cyro e Sereno que me ajudaram muito nas coletas. Franciele, Bruna e Cyro (de novo) que me auxiliaram com os foraminíferos. Bruna Dias, muito obrigada por toda a triagem dos foraminíferos do Rio Tavares e Cyro Conti Milan por me ceder parte dos seus dados do Rio Maciambu. Agradeço também a Lucélia, Natália, Nicolle, Ruy, Diego, João Marcos, Maurício (Didi), Ana Carla, Gustavo, Bia, Alexandre, Rafael... Agradeço muito também ao pessoal da "vizinhança", principalmente ao Laboratório de Camarões Marinhos (LCM), especificamente o pessoal da Microbiologia que fizeram as análises bacteriológicas do trabalho. Valeu Zé Luis, Celso, Filipe, Bruno, Jatobá... Agradeço também ao João, Anselmo, Carlos, Paulo e Andréa, pessoas que fazem à rotina dos laboratórios funcionar.

Ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A. (EPAGRI) nas pessoas da sra Suely Lewenthal Carrião, Coordenadora Geoprocessamento, pela disponibilização da população rural por bacia hidrográfica e na sr^a Vera Lúcia da Silva, responsável pelo Atendimento de Laudos e Dados Meteorológicos, pelos dados pluviométricos e de vento disponibilizados.

À tripulação das embarcações que propiciaram meu trabalho de campo pelos ensinamentos práticos. Muitos ficaram com lama até a canela no manguezal! Valorizo muito esse contato com esses "homens do mar", pois eles sempre têm muito a nos ensinar.

Agradeço ao apoio do pessoal da Estação Ecológica de Carijós (IBAMA) para realização das coletas no Rio Ratonés, especialmente a Marília Medina que participou do campo.

Agradeço a amiga Alessandra Arriada que me ajudou no campo mesmo ficando um pouco “mareada”. Valeu amiga!

Agradeço sempre a todos os professores (desde minhas primeiras letrinhas...) pelos ensinamentos e paciência. Principalmente para aqueles que realmente gostam do que fazem, pois com esses foi um grande prazer aprender. Prof. Felipe Niencheski que vem me acompanhando desde a graduação, me orientando e continua agora na banca de defesa de doutorado. Em especial, nessa etapa, agradeço aos professores da Geografia (Carla Bonetti, Jarbas Bonetti Filho, Joel Pellerin, Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira, Luiz Fernando Scheibe e Norberto Olmiro Horn Filho), da Engenharia Ambiental (Davide Franco com a Disciplina Análise de Dados Ambientais) e do IO-USP (especialmente através da disciplina “Investigación aplicada em Micropaleontologia: foraminíferos como herramientas para el estudio de la zona costera” ministrada pelo Prof. Dr. Alejandro Cearreta- Universidade do País Basco – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Bilbao, Espanha e as prof^{as} Silvia Helena de Mello e Sousa e Letícia Burone) que muito contribuíram para meu aprendizado. Agradeço ainda à Universidad de Concepción (UDEC-Chile) pela oportunidade de fazer o curso “Influence of organic loading on benthic oxygen consumption and nutrient turnover in coastal systems with implications for carrying capacity” com o Prof. Dr. Per Hall (Dept. of Chemistry, University of Gothenburg, Sweden).

Agradeço também aos meus professores de atividades “extra-classe” que tornam o nosso dia tão recompensante: Tuco com aulas de flauta, contrabaixo, sandboard, surf e skate, Jucelha com yoga, Camila e Maria com a dança contemporânea, André com a percussão...

Agradeço aos coordenadores do curso de Pós-graduação em Geografia: Prof. Norberto Olmiro Horn Filho (2002 a 2006) e Prof Carlos José Espíndola (atualmente, desde 2006) e também à Secretaria nas pessoas de: Marli Terezinha Costa e Arlete. Aos colegas da pós-graduação em geografia da UFSC companheiros da caminhada científica. Não citarei todos, pois são muitos... Mas lá vão alguns: valeu Ulisses, Janice, Marcelo Kitahara, Andy, Fábio, Adalto, Lia, André, Jasi...

À hospitalidade e confiança dos manézinhos: Dona Inácia, Seu Deca, Eliete e Seu Adulcci (sempre com uma tainha fresca para me dar). A Joaquina e a Barra da Lagoa foram locais que me deram muita inspiração para trabalhar...

Aos meus amigos, de infância, da graduação, do mestrado, do GERCO (João Guilherme, Alexandre Mazzer, Everton, Gabi, Schirlei, Gustavo, Sabrina, Mirela...) e de todos que de alguma forma me deram carinho e possibilitaram ser o período do doutorado tão agradável apenas por estarem em minha vida... Enfim, agradeço a tudo e a todos que dão sentido a nossa existência...

À minha família, mesmo para aqueles que já estão no céu, avós, avôs, tios, tias, primas e primos, sogro (Sergião), sogra (Sossô), cunhadas (Nela, super obrigada por corrigir meu resumo em inglês!), cunhados pelo grande carinho e confiança. Meu maior agradecimento para meus pais, irmãos e Tuco. Agradeço pelo amor, por sempre acreditarem e confiarem em mim. E Junior, meu querido irmão, jamais esquecerei sua ajuda em meus trabalhos de campo. Amo todos vocês!!!!

Agradeço especialmente ao Tuco por ter colocado mais música na minha vida! Estar sempre ao meu lado o que me trouxe muita paz, tranquilidade e alegria! Além de ter me ajudado muito nos campos, te agradeço muito também pelo amor, carinho, companheirismo e por sonharmos juntos! Um passo a frente e você não está mais no mesmo lugar... E agradeço também pelo indescritível amor agora na espera do nosso bebê! Te amo lindo! Te amo Sofia!

Valeu Mesmo todo mundo que participou de alguma forma dessa etapa da minha vida!!!!!! Agora novos mares me aguardam!

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
ÍNDICE	iii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.3 ENFOQUE DA TESE.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1 ESTUÁRIOS E NUTRIENTES.....	6
2.1.1 Nitrogênio em estuários.....	9
2.1.2 Fósforo em estuários.....	11
2.1.3 Conseqüências do aumento de nutrientes na zona costeira.....	13
2.1.4 Nutrientes nas massas d'água na margem continental de Santa Catarina.....	15
2.1.5 Valores de referência de qualidade de água.....	16
2.1.6 Metodologias utilizadas em pesquisas relacionadas a fluxos de nutrientes em regiões costeiras.....	17
2.1.6.1 Balanço de Massa (LOICZ).....	18
2.1.7 Foraminíferos e tecamebas bentônicos como indicadores das zonas estuarinas e enriquecimento em nutrientes.....	26
3. ÁREA DE ESTUDO	32
3.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	32
3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS QUE APORTAM NAS BAÍAS NORTE E SUL DE SANTA CATARINA.....	33
3.3 APORTES ESTUARINOS.....	39
3.3.1 Rio Cubatão do Sul.....	39
3.3.2 Rio Biguaçu.....	40
3.3.3 Rio Maciambu.....	41
3.3.4 Rio Ratones.....	42
3.3.5 Rio Tavares.....	44
3.3.6 Rio Itacorubi.....	45
4. MATERIAL E MÉTODOS	47
4.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE CAMPO.....	47
4.2 ANÁLISE LABORATORIAL.....	54
4.2.1 Descritores da qualidade da água.....	54

4.2.2	Descritores biológicos no sedimento	58
4.3	TRATAMENTO DOS DADOS	59
4.3.1	Balço de massa dos fluxos de nutrientes	59
	4.3.1.1 Delimitação das áreas e cálculo do volume da zona estuarina	60
	4.3.1.2 Estimativa da descarga fluvial	61
	4.3.1.3 Parâmetros meteorológicos e regime de maré	62
4.3.2	Descritores Ecológicos	62
4.3.3	Análises estatísticas	63
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1	ASPECTOS METEOROLÓGICOS E HIDROGRÁFICOS	65
5.1.1	Precipitação pluviométrica	65
5.1.2	Vazão fluvial	67
5.1.3	Maré	70
5.1.4	Vento	71
5.2	QUALIDADE DA ÁGUA	73
5.2.1	Controle analítico	74
5.2.2	Rio Cubatão do Sul	78
5.2.3	Rio Biguaçu	84
5.2.4	Rio Maciambu	90
5.2.5	Rio Ratores	96
5.2.6	Rio Tavares	102
5.2.7	Rio Itacorubi	108
5.2.8	Comparação entre os estuários em relação à qualidade da água	114
5.3	BALANÇO DE MASSA	121
5.3.1	Rio Cubatão do Sul	121
5.3.2	Estuário do Rio Biguaçu	124
5.3.3	Rio Maciambu	127
5.3.4	Rio Ratores	130
5.3.5	Rio Tavares	133
5.3.6	Rio Itacorubi	136
5.3.7	Comparação entre os estuários em relação ao balanço de massa	140
5.4	RESPOSTA DO COMPARTIMENTO BENTÔNICO	145
5.4.1	Rio Cubatão do Sul	146
5.4.2	Rio Biguaçu	151
5.4.3	Rio Maciambu	156
5.4.4	Rio Ratores	161
5.4.5	Rio Tavares	166
5.4.6	Rio Itacorubi	171
5.4.7	Comparação entre os estuários em relação ao compartimento bentônico	177
5.5	SÍNTESE COMPARATIVA ENTRE OS ESTUÁRIOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SISTEMA COSTEIRO	181

6. CONCLUSÕES	184
7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	187
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
9. ANEXOS	212
Anexo 1 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrados	212
Anexo 2 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 para os rios: Cubatão do Sul, Biguaçu, Maciambu, Ratores, Tavares e Itacorubi.....	214
Anexo 3 – Dados coletados na coluna d´água em estuários das Baías Norte e Sul de Santa Catarina	217
Anexo 4 – Cálculos detalhados (exemplo) para obtenção do balanço de massa: Rio Cubatão do Sul em baixamar (20/04/2007).....	229
BALANÇO DE ÁGUA E SAL – ESTUÁRIO ESTRATIFICADO	229
BALANÇO DE NUTRIENTES – ESTUÁRIO ESTRATIFICADO	231
Anexo 5 – Dados hidroquímicos coletados no momento da coleta de sedimento	234
Anexo 6 – Pranchas (fotos em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV das tecamebas e foraminíferos dominantes na área de estudo)	239
Anexo 7 – Fotos durante a campanha de coleta e pessoas que auxiliaram na pesquisa.....	243

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Síntese do enfoque da tese	5
FIGURA 2 – Seqüência de transformação da matéria orgânica em função do receptor de elétrons e do potencial redox, adaptado de Eckenfelder & Grau, 1992.	11
FIGURA 3 - Diagrama caracterizando os fluxos de matéria	19
FIGURA 4- Balanço de água de um estuário. As flechas representam os fluxos de entradas e saídas de água do sistema.	21
FIGURA 5- Balanço de Sal entre um sistema em estudo (S1) e o sistema adjacente (S2), assumindo a salinidade das águas provenientes do continente e da atmosfera zero.	22
FIGURA 6- Balanço de água e sal em sistemas costeiros estratificados.	23
FIGURA 7- Balanço do material não-conservativo entre um sistema em estudo (Y₁) e o sistema adjacente (Y₂).	26
FIGURA 8 – Foraminíferos como bioindicadores bentônicos	31
FIGURA 9 – Localização das Baías norte e sul de Santa Catarina e bacias hidrográficas estudadas (Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina – Epagri/SDS, 2005 e Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina- Epagri/IBGE, 2004).	35
FIGURA 10 – Pontos de coleta dos dados de qualidade da água em cada estuário (fonte: Epagri/IBGE 2004).	48
FIGURA 11 – Pontos de coleta no estuário do Rio Cubatão do Sul (imagem: Google Earth, 2007).	50
FIGURA 12 – Pontos de coleta no estuário do Rio Biguaçu (imagem: Google Earth, 2007).	51
FIGURA 13 – Pontos de coleta no estuário do Rio Maciambu (imagem: Google Earth, 2007).	51
FIGURA 14 – Pontos de coleta no estuário do Rio Ratoes (imagem: Google Earth, 2007).	52
FIGURA 15 – Pontos de coleta no estuário do Rio Tavares (imagem: google earth, 2007).	52
FIGURA 16 – Pontos de coleta no estuário do Rio Itacorubi (imagem: google earth, 2007).	53
FIGURA 17 – Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2007 e 2008 para as estações meteorológicas do Peri, Florianópolis (Itacorubi) e São José. Fonte: Epagri/ Ciram/Inmet	66
FIGURA 18 – Vazão média anual estimada (ano de 2007 e ano de 2008 até novembro) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.	68
FIGURA 19 – Vazão média mensal estimada (ano de 2007) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.	69
FIGURA 20 – Vazão média mensal estimada (de janeiro à novembro de 2008) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.	69
FIGURA 21 – Média e desvio padrão entre trélicas CEFET e LOC-UFSC	76
FIGURA 22 – Comparação entre análises de nitrogênio amoniacal filtrado e analisado imediatamente após a coleta no Rio Cubatão do Sul e filtrado 12 horas após chegada em laboratório seguido de congelamento para posterior análise.	77

FIGURA 23- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.	80
FIGURA 24- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.	82
FIGURA 25- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 34 casos) ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.	84
FIGURA 26- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.	86
FIGURA 27- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.	88
FIGURA 28- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 36 casos) ao longo do estuário do Rio Biguaçu.	90
FIGURA 29- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas.	92
FIGURA 30- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas (nota: clorofila-a, coliformes fecais e totais na estação M5 não estão representados pela média, mas por um único valor).	94
FIGURA 31- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 36 casos) ao longo do estuário do Rio Maciambu.	96
FIGURA 32- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Ratores sob duas condições de maré nas duas coletas.	98
FIGURA 33- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Ratores sob duas condições de maré nas duas coletas.	100
FIGURA 34- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 31 casos) ao longo do estuário do Rio Ratores.	102
FIGURA 35- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.	104
FIGURA 36- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.	106
FIGURA 37- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 34 casos) ao longo do estuário do Rio Tavares.	107
FIGURA 38- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.	109
FIGURA 39- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.	111
FIGURA 40- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 26 casos) ao longo do estuário do Rio Itacorubi.	113
FIGURA 41- Análise de Componentes Principais (6 variáveis e 135 casos) dos nutrientes inorgânicos dissolvidos comparativa entre os estuários.	120
FIGURA 42 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Cubatão do Sul.	122

FIGURA 43 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Biguaçu.....	125
FIGURA 44 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Maciambu.	128
FIGURA 45 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Ratores.....	131
FIGURA 46 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Tavares.....	134
FIGURA 47 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Itacorubi.....	137
FIGURA 48 – Perfil vertical/longitudinal da salinidade ao longo dos estuários.	141
FIGURA 49 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Cubatão do Sul.	147
FIGURA 50– Densidade estimada no estuário do Rio Cubatão do Sul.....	148
FIGURA 51 – Galhos de árvore na desembocadura do Rio Cubatão do Sul carreados pelas correntes fluviais.	149
FIGURA 52 - Extração de areia observada nas proximidades da estação CK.	149
FIGURA 53 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Cubatão do Sul.	150
FIGURA 54 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Cubatão do Sul.	151
FIGURA 55 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Biguaçu.	153
FIGURA 56– Densidade estimada no estuário do Rio Biguaçu.....	154
FIGURA 57 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Biguaçu.	155
FIGURA 58 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Biguaçu.....	156
FIGURA 59 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Maciambu.....	158
FIGURA 60– Densidade estimada no estuário do Rio Maciambu.	159
FIGURA 61 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Maciambu com proposta de setorização ambiental.....	160
FIGURA 62 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Rio Maciambu.	160
FIGURA 63 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Maciambu.....	161
FIGURA 64 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Ratores.	163
FIGURA 65– Densidade estimada no estuário do Rio Ratores.....	164
FIGURA 66 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Ratores com proposta de setorização ambiental.....	165
FIGURA 67 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Ratores.....	165
FIGURA 68 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Tavares.....	168
FIGURA 69– Densidade estimada no estuário do Rio Tavares.	169
FIGURA 70 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Tavares com proposta de setorização ambiental.....	170
FIGURA 71 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Tavares.	171
FIGURA 72 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Itacorubi.....	174
FIGURA 73– Densidade estimada no estuário do Rio Itacorubi.....	175
FIGURA 74 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Itacorubi para setorização ambiental.	176
FIGURA 75 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Itacorubi.....	176
FIGURA 76 – Pesca artesanal no interior do Rio Cubatão do Sul.....	183

FIGURA 77 – Pesca artesanal na desembocadura do Rio Cubatão do Sul.....	183
FIGURA 78 – Balanço de água do estuário do Rio Cubatão do Sul (04/2007) .	229
FIGURA 79 – Balanço de água e sal do estuário do Rio Cubatão do Sul em baixamar. Fluxos de água em $m^3 d^{-1}$ e fluxo de sal em $ups.m^3d^{-1}$	231
FIGURA 80 – Balanço fósforo inorgânico dissolvido (DIP) do estuário do Rio Cubatão do Sul. Fluxos de água em $m^3 d^{-1}$ e fluxos de fósforo em $mmol.d^{-1}$	232
FIGURA 81 – Balanço nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) do estuário do Rio Cubatão do Sul. Fluxos de água em $10^5 m^3 d^{-1}$ e fluxos de nitrogênio em $10^5.mmol.d^{-1}$	233
FIGURA 82 – Estuário do Rio Cubatão do Sul.....	243
FIGURA 83 – Estuário do Rio Biguaçu	243
FIGURA 84 – Estuário do Rio Maciambu.....	243
FIGURA 85 – Estuário do Rio Ratores	243
FIGURA 86 – Estuário do Rio Tavares	243
FIGURA 87 – Estuário do Rio Itacorubi	243
FIGURA 88 – Algumas pessoas que ajudaram na pesquisa	244

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Receptores de elétron típicos das reações de oxidação da matéria orgânica	10
TABELA 2 - Valores referência para águas doces, salobras e salinas.....	17
TABELA 3 – População e área dos municípios nas Bacias Hidrográficas estudadas no trabalho e no entorno das Baías Norte e Sul.	36
TABELA 4 – Área da Bacia Hidrográfica e sua população nos estabelecimentos rurais	37
TABELA 5 – Data das campanhas de coletas dos dados de água e sedimento em cada estuário	49
TABELA 6 – Número de amostras coletadas em cada estuário.....	49
TABELA 7 – Nomenclatura das estações de coleta de água.....	49
TABELA 8 – Parâmetros analisados em laboratório	54
TABELA 9 - Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2007	66
TABELA 10 - Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2008	67
TABELA 11 – Data das campanhas de coletas dos dados de água e sedimento em cada estuário e a precipitação mensal média do mês de coleta.....	67
TABELA 12 - Estimativa mensais da vazão correspondente ao mês da coleta.....	70
TABELA 13 – Maré para a data da coleta do Rio Ratoles (S/C).....	70
TABELA 14 – Maré para a data da coleta do Rio Biguaçu (S/C).....	70
TABELA 15 – Maré para a data da coleta do Rio Tavares (S/C)	70
TABELA 16 – Maré para a data da coleta do Rio Cubatão do Sul (S/C).....	71
TABELA 17 – Maré para a data da coleta do Rio Maciambu (S/C)	71
TABELA 18 – Maré para a data da coleta do Rio Itacorubi (S/C).....	71
TABELA 19 – Dados de Direção e velocidade média do vento no dia de coleta para cada campanha de coleta	72
TABELA 20- Concentrações utilizadas para cálculo da porcentagem de recuperação em espectrofotômetro HACH 5000.	75
TABELA 21 - Porcentagem de recuperação para análises em espectrofotômetro HACH 5000.	75
TABELA 22 – Amostra analisada em triplicata em diferentes laboratórios	76
TABELA 23 – Comparação entre os resultados do nitrogênio amoniacal analisado no dia da coleta e os resultados obtidos em amostras filtradas no dia posterior a coleta e congeladas para análise futura ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul em 20/04/2007.	78
TABELA 24 – Descritores estatísticos do comportamento dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré.....	79
TABELA 25 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.....	81
TABELA 26 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Cubatão do Sul.	83
TABELA 27 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu.	85
TABELA 28 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.....	87

TABELA 29 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Biguaçu.	89
TABELA 30 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Maciambu.	91
TABELA 31 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas.	93
TABELA 32 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Maciambu.	95
TABELA 33 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Ratonés.	97
TABELA 34 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Ratonés sob duas condições de maré nas duas coletas.	99
TABELA 35 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Ratonés.	101
TABELA 36 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Tavares.	103
TABELA 37 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.	105
TABELA 38 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Tavares.	107
TABELA 39 – Descritores estatísticos do comportamento dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré.	108
TABELA 40 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.	110
TABELA 41 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Itacorubi.	112
TABELA 42- Sumário descritores de todos os estuários (excluídas as estações da Baía e do Rio).	115
TABELA 43- Comparação entre as concentrações (média dividida pela menor média) dos descritores de todos os estuários.	119
TABELA 44 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Cubatão do Sul.	122
TABELA 45- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Cubatão do Sul.	123
TABELA 46- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Cubatão do Sul.	123
TABELA 47- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Cubatão do Sul.	124
TABELA 48 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Biguaçu.	125
TABELA 49- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Biguaçu.	126
TABELA 50- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Biguaçu.	126
TABELA 51- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Biguaçu.	127

TABELA 52 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Maciambu.....	128
TABELA 53- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Maciambu.....	129
TABELA 54- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Maciambu.....	129
TABELA 55- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Maciambu.....	130
TABELA 56 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Ratonés.....	131
TABELA 57- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Ratonés.....	132
TABELA 58- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Ratonés.....	132
TABELA 59- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Ratonés.....	133
TABELA 60 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Tavares.....	134
TABELA 61- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Tavares.....	135
TABELA 62- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Tavares.....	135
TABELA 63- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Tavares.....	136
TABELA 64 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Itacorubi.....	137
TABELA 65- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Itacorubi.....	138
TABELA 66- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Itacorubi.....	138
TABELA 67- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Itacorubi.....	139
TABELA 68- Sumário do balanço de sal médio de todos os estuários.....	140
TABELA 69- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido.....	143
TABELA 70- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Cubatão do Sul.....	146
TABELA 71- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Biguaçu.....	152
TABELA 72- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Maciambu.....	157
TABELA 73- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Ratonés.....	162
TABELA 74- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Tavares.....	167
TABELA 75- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Itacorubi.....	173
TABELA 76- Comparação entre os descritores bioossedimentológicos.....	177
TABELA 77 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Cubatão do Sul.....	212
TABELA 78 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Biguaçu.....	212
TABELA 79 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Maciambu.....	212

TABELA 80 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Ratonos	213
TABELA 81 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Tavares	213
TABELA 82 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Itacorubi	213
TABELA 83 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Cubatão do Sul (SC).....	214
TABELA 84 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Biguaçu (SC).....	214
TABELA 85 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Maciambu (SC)	215
TABELA 86 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Ratonos (SC).....	215
TABELA 87 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Tavares (SC)	216
TABELA 88 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Itacorubi (SC).....	216
TABELA 89 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.....	217
TABELA 90 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.....	218
TABELA 91 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Biguaçu.....	219
TABELA 92 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Biguaçu.....	220
TABELA 93 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Maciambu.....	221
TABELA 94 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Maciambu.....	222
TABELA 95 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Ratonos.....	223
TABELA 96 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Ratonos.....	224
TABELA 97 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Tavares.....	225
TABELA 98 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Tavares.....	226
TABELA 99 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Itacorubi.....	227
TABELA 100 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Itacorubi.....	228
TABELA 101 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Cubatão do Sul nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 07/04/2008	234
TABELA 102 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Biguaçu nos pontos de amostragem de sedimento coletados em 10/03/2008.....	235

Tabela 103 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Ratoles nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 25/11/2007.....	236
TABELA 104 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Tavares nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 11/12/2007.....	237
TABELA 105 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Itacorubi nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 25/02/2008.....	238

RESUMO

Bacias hidrográficas com diferentes características acarretam em taxas diferenciadas dos elementos biogeoquímicos que aportam na zona costeira. Este estudo investigou a distribuição dos elementos nutrientes, assim como as respostas dos foraminíferos bentônicos nos seis principais sistemas estuarinos que deságuam nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina, SC, Brasil. Aportam no lado continental dessas Baías os estuários dos rios: Cubatão do Sul, Biguaçu, Maciambu, e do lado insular os estuários dos rios Ratoles, Tavares e Itacorubi. Entre os três estuários do lado continental, o menos impactado pela urbanização e com menor bacia hidrográfica (71 km²), é o estuário do Rio Maciambu, localizado dentro de uma Unidade de Conservação. Os estuários do Rio Cubatão do Sul (743 km²) e Biguaçu (383 km²) estão sujeitos a maiores aportes antrópicos provenientes de atividades agropecuárias e de esgotos domésticos. No lado insular aportam estuários com menores bacias hidrográficas: Ratoles com 91km², Tavares com 50 km² e Itacorubi com 28 km², sendo este último o mais impactado pela urbanização, já que o Ratoles fica dentro da Estação Ecológica de Carijós e o Tavares dentro da Reserva extrativista de Pirajubaé. Os descritores analisados para avaliação da variabilidade espacial da qualidade da água foram: salinidade, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, turbidez, nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total, (orto)fosfato e silício reativo), nitrogênio e fósforo total, clorofila-a, coliformes total e fecal. Em 2007 e 2008, foram realizadas 4 campanhas de coleta em cada área de estudo, buscando-se obter dados sob diferentes condições de vazão fluvial e de maré. A partir dos dados de salinidade e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio e fósforo) foram elaborados balanços biogeoquímicos utilizando as diretrizes metodológicas do projeto *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone* (LOICZ). No compartimento bentônico foram analisados a distribuição, abundância e composição dos foraminíferos, junto com a caracterização do sedimento quanto a suas frações areia e lama. Os resultados hidroquímicos obtidos revelam que os estuários dos rios com maior urbanização no seu entorno, com ênfase para o Itacorubi, tiveram concentrações similares e às vezes até mais elevadas do que aquelas descritas para sistemas estuarinos poluídos. Os estuários dos rios Tavares e Ratoles, apesar de estarem em unidades de conservação, também apresentaram alguns valores acima dos limites de referência estabelecidos pelo CONAMA 357/05, ressaltando os valores em excesso de coliformes fecais e fosfato, sugerindo o aporte de esgotos domésticos. As melhores condições hidroquímicas foram encontradas no estuário do Rio Maciambu. Quanto ao balanço de massa, todos os estuários tiveram fluxos estimados característicos de consumo de fósforo inorgânico dissolvido (PID), exceto o estuário do Rio Ratoles, que apresentou variações positivas, indicando exportação pela água de fundo do estuário para a Baía Norte. Em relação ao nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), todos os estuários tiveram fluxos estimados característicos de remoção interna no estuário, antes da saída da água para as baías. As maiores concentrações médias de NID e PID nas baías foram encontradas em frente ao estuário do Itacorubi. Os resultados obtidos em relação ao compartimento bentônico sugerem que os estuários dos rios Cubatão do Sul e Biguaçu são os mais desfavoráveis a colonização bentônica. A baixa densidade de foraminíferos bentônicos reflete possivelmente os impactos antrópicos relacionados ao aumento da quantidade de material particulado em suspensão e da remobilização de fundo, decorrentes do desmatamento das margens e das constantes dragagens do leito. O estuário do Rio Maciambu destacou-se pela maior densidade de foraminíferos vivos, sugerindo sua maior produtividade bentônica. O estuário do Rio Itacorubi destacou-se dos demais tanto pelas altas concentrações de nutrientes na coluna d'água, elevados valores de turbidez e maiores porcentagens de lama, como também por apresentar em seu compartimento bentônico indicadores de estresse orgânico (alta dominância de *Ammonia tepida* e testas com diâmetro médio abaixo dos valores medidos nas demais áreas). Em termos comparativos, os estuários do lado continental foram caracterizados pelos maiores fluxos residuais, fluxos fluviais de NID e PID, pelas maiores concentrações de silício reativo e oxigênio dissolvido e pelas maiores densidades de tecamebas (protozoários indicadores de maior contribuição fluvial). Os estuários do lado insular, por sua vez, caracterizaram-se pelo maior número de coliformes fecais e maior concentração de clorofila-a, sobretudo os estuários dos rios Itacorubi e Tavares. O estuário do Rio Ratoles e do Rio Maciambu apresentaram maiores salinidade e, conseqüentemente, maiores fluxos de sal da água de superfície saindo do estuário e entrando pelo fundo.

ABSTRACT

Watersheds with different characteristics lead to different rates of biogeochemical elements that contribute in estuarine systems. Thus, this study investigated the contribution of drainage on the nutrients as well as the responses of benthic foraminifera, with focus on estuarine region of six major systems that discharge in the North and South bays of Santa Catarina, SC, Brazil. The estuaries of rivers: Cubatão do Sul, Biguaçu, Maciambu were mainly fluvial inputs on the West side (continental side) to the bays and the estuaries of rivers Ratones, Tavares and Itacorubi on the East side (insular side). Among the three estuaries on the continental side that contribute the least impacted by the urbanization and with lower basin (71 km²) is the estuary of the Rio Maciambu, located at a Conservation Unit Area. The estuary of the Rio Cubatão do Sul (743 km²) and Rio Biguaçu (383 km²) have consistently higher anthropogenic contributions from agricultural activities and domestic sewage. On the island bring estuaries with lower basins: Ratones with 91km², Tavares with 50 km² and Itacorubi with 28 km², the latter being the most impacted by urbanization. Ratones is located at the Ecological Station of Carijós and Tavares at the Extractive Reserve of Pirajubaé. The descriptors analyzed to assess the spatial variability of water quality were: salinity, pH, dissolved oxygen, temperature, turbidity, dissolved inorganic nutrients (nitrite, nitrate, ammonium, orthophosphate and silicon reactive), nitrogen and total phosphorus, chlorophyll-a, total and fecal coliforms. At 2007 and 2008 were performed 4 samplings in each study the área in order to obtain data under different conditions of river flow and tide. From the data of salinity and dissolved inorganic nutrients (nitrogen and phosphorus), biogeochemical balances have been prepared using the methodological guidelines of *Land-Ocean Interactions in Coastal Zone* (LOICZ) approach. The sediments were analyzed in relation to their distribution, abundance and composition of benthic foraminifera and grain size (sand and mud fraction). The Hydrochemistry results showed that the estuaries of rivers with greater urbanization in the surrounding area, with emphasis on Itacorubi would be similar and sometimes even higher than those found in polluted estuarine systems. The estuaries of rivers Ratones and Tavares, despite being in conservation units, also had some values above the reference limits established by CONAMA 357/05 law, emphasizing the values in excess of fecal coliform and phosphate, suggesting the contribution of domestic sewage. Hydrochemistry best conditions were found in the estuary of the River Maciambu. The estuaries showed pattern of nutrients consumption on the dissolved inorganic phosphorus (DIP) mass balance, except the estuary of the Rio Ratones which showed positive variations indicating exportation of water from the bottom of the estuary to the North Bay. For the dissolved inorganic nitrogen (DIN), all estuaries were estimated such internal removal in the estuary, before leaving the water for the Bays. The results obtained in the benthic compartment suggests that the estuaries of rivers Cubatão do Sul e Biguaçu are most unfavorable to benthic colonization. The low density of benthic foraminifera probably reflects the anthropogenic impacts related to the increased amount of particulate material in suspension and remobilization of sediments from bottom despite the deforestation of the margins and the constant dredging of the bed. The estuary of the Rio Maciambu highlighted by the higher density of living foraminifera, suggesting its higher benthic productivity. The estuary of the Rio Itacorubi showed high concentrations of nutrients and turbidity, besides the higher percentages of mud and also organic indicators of stress in benthic compartment (high dominance of *Ammonia tepida* with reduced diameter). Comparatively, the estuaries on the continental side were characterized by higher residual flows, river flows of DIN and DIP, higher concentrations of reactive silicon and dissolved oxygen and the highest densities of tecamebas (protozoa indicators of river contribution). The estuaries on the island side were characterized by the greatest number of fecal coliforms and higher concentrations of chlorophyll-a, especially in Itacorubi and Tavares estuaries. The estuary of the River Ratones and Maciambu showed higher salinity and, consequently, greater flows of salt water leaving the surface and entering from bottom waters.

1. INTRODUÇÃO

1.1 RELEVÂNCIA DO TEMA

A zona costeira geralmente é uma área densamente povoada e recebe diretamente o aporte das atividades humanas originadas nas bacias hidrográficas. O impacto ambiental deste aporte depende da composição e concentração das substâncias lançadas, as quais estão relacionadas ao tipo de atividade da bacia de drenagem. Por exemplo, regiões com alta densidade populacional podem lançar esgoto doméstico que além de grande quantidade de água, carrega uma série de substâncias poluentes, onde se destacam a matéria orgânica, os nutrientes, organismos patogênicos e material em suspensão (BISHOP, 1983). Já regiões industriais podem adicionalmente lançar metais pesados e hidrocarbonetos. E a atividade agrícola pode aportar diversos compostos para os corpos aquáticos, como fertilizantes (ricos em nutrientes), pesticidas e herbicidas. Essas entradas de origem antropogênica podem provocar interferências danosas no meio, como por exemplo a eutrofização relacionada ao excesso de nutrientes, particularmente em ambientes de circulação restrita.

Além do aporte das bacias hidrográficas, os estuários são sistemas extremamente dinâmicos e susceptíveis a impactos diretamente em suas margens, sendo também muito importantes na qualidade ambiental dos corpos hídricos receptores (ex.: baías e mar). Os ambientes estuarinos são áreas que abrigam ecossistemas complexos de importância biológica e sócio-econômica, que servem como fonte de recursos naturais para pesca e extrativismo, além de servirem como áreas de navegação e de atividades portuárias. São ambientes de transição entre o ambiente continental e o marinho conhecidos por atuarem como filtradores ou ainda concentradores do material originado de sua bacia de drenagem de diversos tipos de substâncias neles introduzidas, entre estas os aportes orgânicos.

No caso das Baías Norte e Sul, os impactos gerados, principalmente, pelos resíduos urbanos em suas margens ou provenientes das bacias hidrográficas e seus estuários, prejudicam diretamente atividades econômicas como a pesca, a produção e a coleta de moluscos. Estas atividades necessitam que o ecossistema aquático esteja com suas propriedades adequadas aos requisitos biológicos dos organismos considerados recursos. A atividade recreativa e o turismo também ficam

prejudicados pelo aumento excessivo de nutrientes, que propicia o crescimento de espécies indesejáveis (por exemplo algas), prejudicando tanto no aspecto visual como no relacionado à saúde humana.

A distribuição espacial e temporal das concentrações de nutrientes muda constantemente nestes ambientes estuarinos, devido ao fluxo de entrada e saída contínuo das águas marinhas e fluviais, provindas dos regimes de maré e do aporte continental, respectivamente. Assim, cada estuário é único, sendo sujeito a diferentes determinantes físicos, químicos, geológicos e biológicos, além dos impactos humanos, acarretando diferentes taxas de transferência de massa dos continentes para os oceanos.

Estudos que subsidiem o gerenciamento do crescimento urbano aliado à sustentabilidade do ambiente, evitando a degradação desses ecossistemas devido a fenômenos indesejáveis relacionados ao aporte excessivo de matéria orgânica são essenciais para as políticas públicas no que tange ao levantamento de dados sobre a qualidade dos recursos hídricos. Não se pode deixar de salientar a importância para a comunidade científica e a sociedade em geral dos estudos relacionados à qualidade do ambiente aquático, considerando que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza e principalmente que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas (CONAMA, 357/05).

Os sedimentos de fundo refletem as condições hidrodinâmicas dominantes no meio e constituem uma fonte de nutrientes para a coluna d'água acima, através das trocas e fluxos na interface água-sedimento, influenciando também na produtividade primária (JORGENSEN, 1996). Dessa maneira, a comunidade bentônica desempenha um importante papel na dinâmica dos processos biogeoquímicos do sedimento e na sua interface água-sedimento (GRALL & CHAUVAUD, 2002). Dentre os foraminíferos bentônicos existem espécies e associações de espécies que refletem eficientemente as características físico-químicas da coluna d'água e dos sedimentos e permitem inferir sobre intervalos bem definidos de salinidade, temperatura, porcentagens de oxigênio dissolvido na água e concentrações de

matéria orgânica no sedimento. Dessa maneira, essas espécies bioindicadoras desempenham importante papel no desenvolvimento de pesquisas ecológicas (BONETTI, 2000). A utilização da associação total de foraminíferos oferece também um quadro médio das condições ecológicas, filtrando a variabilidade sazonal (DEBENAY & GUILLOU, 2002), assim propiciando uma análise do estado médio do ambiente perante a dinâmica da água. Aliado aos foraminíferos bentônicos (protozoários característicos de água salgada e salobra), serão utilizadas as tecamebas, também protozoários, porém indicadores de aporte fluvial.

Neste sentido, a associação entre estratégias químico-analíticas e indicadores biológicos, visando a melhor compreensão das interações espaciais e temporais que se estabelecem dentro de um ecossistema, tem sido considerada como uma promissora tendência científica nos estudos de avaliação ambiental (DEBENAY *et al.*, 2000; SCOTT *et al.*, 2001).

Dessa maneira, este trabalho justifica-se pela incipiente base de dados hidroquímicos e biossedimentológicos disponível para os estuários de Santa Catarina, assim como pela carência de pesquisas com propostas metodológicas integradoras.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho objetivou avaliar a variabilidade hidroquímica e a compartimentação bentônica dos principais estuários que deságuam nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina. Neste sentido, o trabalho é uma proposta de estudo integrado entre descritores hídricos relacionados à qualidade da água, com ênfase nos nutrientes, e descritores biossedimentológicos, com ênfase na distribuição das associações de foraminíferos bentônicos.

Os objetivos específicos foram:

- Investigar descritores de qualidade de água dos rios: **Ratones, Tavares, Maciambu, Cubatão do Sul, Itacorubi e Biguaçu**, com enfoque na distribuição espacial dos nutrientes ao longo da região estuarina dos rios até desagurem nas Baías;
- Calcular o balanço de massa do nitrogênio inorgânico dissolvido e do fósforo inorgânico dissolvido nos estuários, utilizando as diretrizes do projeto LOICZ (“Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone”), comparando os sistemas entre si;
- Caracterizar a distribuição, densidade, riqueza e composição de foraminíferos bentônicos e tecamebas nestes sistemas estuarinos, visando a delimitação de zonas estuarinas e indicativos de locais sob estresse orgânico;
- Associar os descritores abióticos (qualidade da água) e bióticos (foraminíferos) visando sintetizar as características gerais dos estuários estudados e identificar as áreas mais susceptíveis aos impactos antrópicos.

1.3 ENFOQUE DA TESE

A figura 1 sintetiza os principais aspectos que serão abordados na tese:

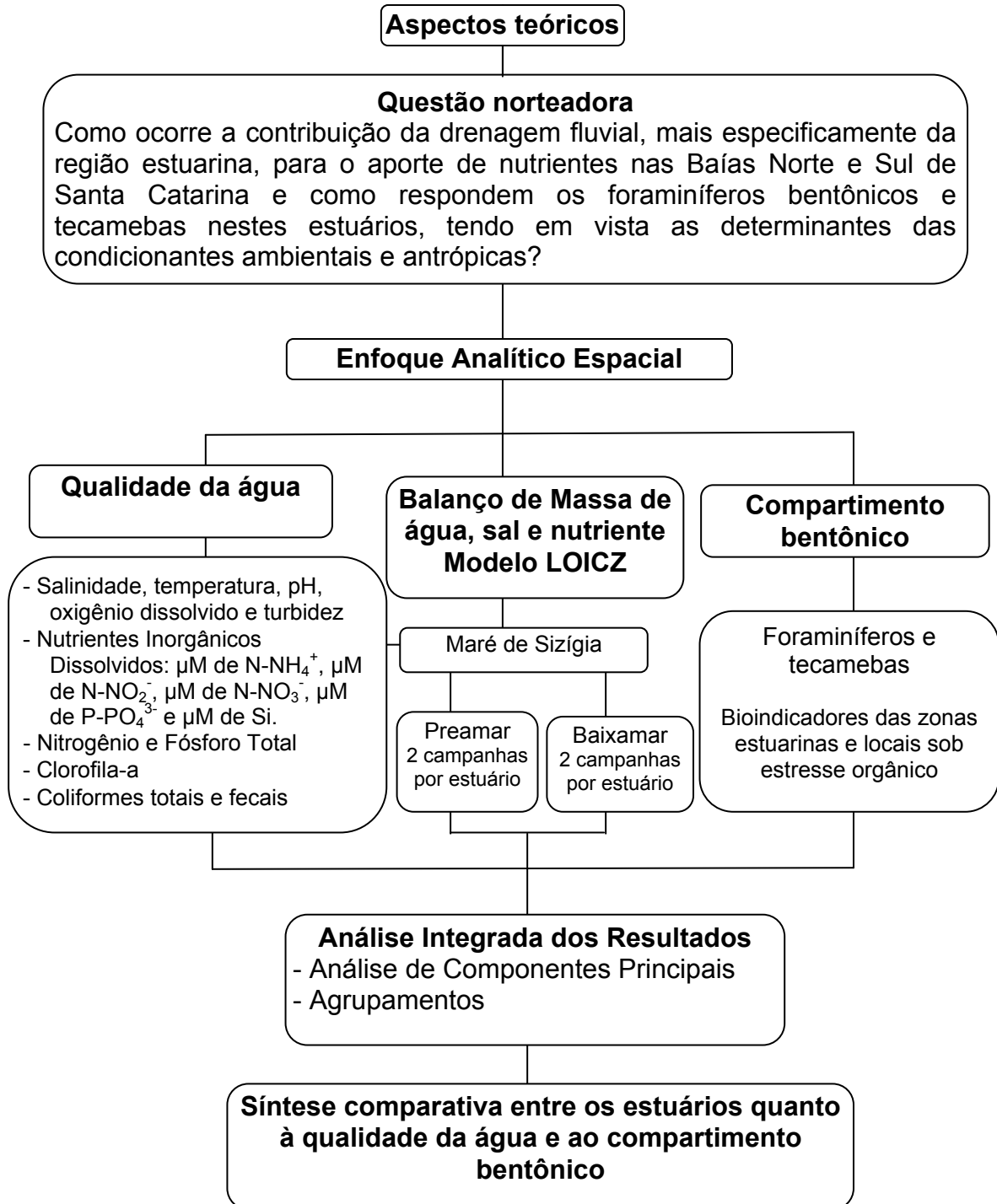


FIGURA 1- Síntese do enfoque da tese

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUÁRIOS E NUTRIENTES

O estuário é “um corpo de água semi-fechado, com uma livre abertura para o oceano ou mar adjacente, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água dos rios provenientes da drenagem das águas continentais” (CAMERON & PRITCHARD, 1963 *apud* MIRANDA *et al.*, 2002). Fairbridge (1980), considera a definição de Dionne (1963), a mais abrangente em termos morfodinâmicos, sendo um estuário definido como: um braço de mar que adentra em um vale de rio tão para o interior quanto o limite da elevação da maré, usualmente sendo divisível em três setores: (a) o baixo estuário (ou estuário marinho), com conexão livre com o mar aberto; (b) o médio estuário, sujeito à intensa mistura de água doce e salgada; e (c) o alto estuário (ou estuário fluvial), caracterizado por apresentar somente água doce, porém sujeito à ação das marés. Os limites entre os setores são variáveis, e sujeitos à constante mudanças decorrentes das variações da descarga fluvial.

Fairbridge (1980) coloca os estuários como feições efêmeras na paisagem, ocorrendo em uma escala de tempo de 10^2 a 10^6 anos, e tendem a ser preenchidos por sedimentos, tal como lagoas. Em relação à hidrodinâmica, um estuário é melhor visto em termos de estado estacionário, independente do tempo em que a evolução geomorfológica altera a hidrodinâmica.

Uma característica importante dos estuários é a grande variação da salinidade no seu interior. Esta, por sua vez, pode ocorrer de diferentes modos como resultado da interação entre a descarga fluvial, o regime de marés e a morfologia do estuário. A distribuição da salinidade é um reflexo direto dos condicionantes hidrodinâmicos, e à medida que estes mudam ao longo do tempo, o mesmo se dá nos modos de mistura.

Os estuários representam a principal via de entrada nos oceanos de nutrientes provenientes de grandes áreas continentais, que correspondem à sua bacia de drenagem. São sistemas considerados biologicamente os mais produtivos do mundo, mais do que os rios e o oceano adjacente, por apresentarem altas

concentrações de nutrientes, que estimulam altas taxas de produção primária (BRAGA *et al.*, 2000).

Estes nutrientes são transformados no próprio estuário ou são transportados para a zona costeira, o que torna estes ambientes particularmente importantes na transformação da matéria orgânica e, portanto nos ciclos globais do Carbono, Nitrogênio e Fósforo. Os altos níveis de produção primária, freqüentemente observados nesses sistemas, são associados diretamente ao grande suprimento de nutrientes inorgânicos dissolvidos, provenientes de fontes terrestres tanto de origem natural quanto antrópica (ZHANG & LIU, 1994; ABREU *et al.* 1995, SOUZA *et al.*, 2003).

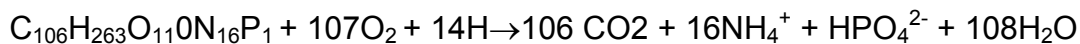
A introdução de nutrientes em um sistema estuarino pode ser feita por processos de descarga fluvial, água subterrânea, córregos, marismas, atividades humanas e decomposição da matéria orgânica da água e do sedimento, todos estes processos liberam nutrientes para o meio. Em locais de intensa urbanização pode se verificar um aumento da entrada de nutrientes nos estuários devido ao aporte de efluentes domésticos e industriais e do escoamento urbano, erosão dos solos, além de efluentes agrícolas (fertilizantes) e aqüicultura.

Os manguezais produzem detritos orgânicos e também são considerados importantes fontes ou sorvedouros de nutrientes. Como fonte, por exemplo a matéria vegetal com baixo valor nutricional pode ser transformada em detrito rico em proteínas através de processos de decomposição e de mineralização realizados por microorganismos que utilizam diretamente a matéria orgânica particulada e dissolvida (MACHIWA & HALLBERG, 2002). Já Wösten *et al.* (2003), através de modelagem biogeoquímica, constataram que os manguezais que margeiam um estuário podem agir como sorvedores de nutrientes.

Basicamente, a matéria orgânica presente no ambiente é composta pela biomassa morta dos organismos e pelo material detrítico provindo de suas excreções, quando vivos. Gordon *et al.*, (1996) representam a estequiometria para a matéria orgânica utilizando a razão de Redfield:



E uma representação química da decomposição da matéria orgânica (respiração / mineralização), disponibilizando nutriente inorgânico dissolvido pode ser expressa como:



Os processos químicos que ocorrem dentro de um sistema estuarino devem ser considerados num contexto de processos físicos de circulação de água, que influenciam a distribuição de substâncias dissolvidas e particuladas controladas pela mistura das águas. As maiores influências na hidrologia de estuários são a descarga do rio e os movimentos de maré, que trazem consideráveis variações nos padrões de circulação, mistura e estratificação entre os diferentes estuários. À medida que o rio flui em direção ao mar, ele desloca a água do estuário e a substitui por uma água nova. A velocidade com que a água é trocada depende da velocidade com que o rio flui. O volume de água dentro de um estuário com uma conexão aberta com o mar irá oscilar de acordo com a oscilação do nível do mar (maré). Assim, a influência marinha sobre o estuário se dá basicamente em função das massas de água costeira próximas à região, e em função de oscilações do nível do mar provenientes de efeitos astronômicos ou meteorológicos.

A quantidade e qualidade dos materiais transportados por correntes, as fontes de sais e o tempo de residência da água no estuário juntamente com as condicionantes meteorológicas, como ventos e chuvas também são fatores que influenciam na biogeoquímica estuarina. Por exemplo, em períodos de maior tempo de residência da água marinha e baixa drenagem continental predominam processos de decomposição da matéria orgânica adsorvida no sedimento, nos quais o oxigênio e outros terminais de elétrons são consumidos e os nutrientes inorgânicos são novamente disponibilizados aos produtores primários na coluna d'água (mineralização) (MADRON *et al.*, 2003). Enquanto em períodos de alta descarga fluvial todo estuário pode ser dominado por água de origem continental, sendo nesse caso os processos de mineralização da matéria orgânica no sedimento de menor importância (PEREIRA FILHO, 2001).

Neste sentido, a circulação estuarina típica de cada estuário aliada às alterações no aporte de nutrientes podem ter conseqüências que vão desde o

aumento da produtividade primária (NIXON, 1992) até a eutrofização do meio, com grandes florações de espécies fitoplanctônicas (PARKER & O'REILLY, 1991; PENNOCK *et al*, 1994).

2.1.1 Nitrogênio em estuários

O nitrogênio existe na água nas formas dissolvidas ou particuladas (por definição maior do que 0,45 μm) e como espécies orgânicas ou inorgânicas. O nitrogênio dissolvido total consiste de formas de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e nitrogênio orgânico dissolvido (DON) que são formas disponíveis para o fitoplâncton, algas e vegetação aquática. O NID compreende as formas oxidadas (nitrato: NO_3^- e nitrito: NO_2^-) e as espécies reduzidas (nitrogênio amoniacal: NH_4^+), enquanto o DON é encontrado em aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, ATP, uréia e ácidos húmicos. O nitrogênio particulado consiste de resíduos de plantas, animais e se encontra adsorvido em partículas minerais que podem ser encontrados em suspensão ou nos sedimentos. O nitrogênio total é medido considerando-se todas as formas de nitrogênio dissolvido e particulado presentes na água (<http://www.ozestuaries.org/indicators/>). O nitrogênio orgânico particulado nos esgotos, por exemplo, pode ser quebrado em compostos orgânicos nitrogenados, como proteínas e uréia e inorgânicos como o amônio.

O nitrato é gerado por via bacteriana a partir do nitrogênio orgânico (processo denominado de nitrificação) e é a forma oxidada mais estável do nitrogênio em solução aquosa. A produção de nitrato por bactérias aeróbias resulta da oxidação bacteriana do amônio, tendo o nitrito como produto intermediário (SPERLING, 1996). No processo fotossintético, o amônio é a forma diretamente assimilável pelos organismos, enquanto que o nitrato deve passar, obrigatoriamente, à forma de amônio dentro da célula (CARMOUZE, 1994).

No ciclo do nitrogênio, os íons nitritos representam o estado de oxidação intermediário entre o amônio e o nitrato. Valores altos de nitrito nas águas significam uma alta atividade bacteriana e carência de oxigênio. Valores altos podem ser encontrados para as águas de saídas de esgotos domésticos, sendo que aí o nitrito pode ser utilizado como indicador de poluição orgânica (SPERLING, 1996). Em

meios anaeróbios, ocorre a denitrificação, ou seja, a redução do nitrato ou nitrito a formas gasosas (N_2 e N_2O). Este processo se dá geralmente em ambiente eutrofizado, onde ocorre a elevada taxa de decomposição da matéria orgânica (CORREDOR *et al.*, 1999), sendo que o N_2O é um dos gases que contribui para o efeito estufa e também para a destruição da camada de ozônio (NEVISON, 2000).

O nitrogênio amoniacal ($NH_3 + NH_4^+$) está presente sob duas formas dissolvidas: o gás amoníaco ou amônia (NH_3) e o íon amônio (NH_4^+), cujas proporções dependem do pH, da temperatura e da salinidade ocorrentes no ambiente amostrado. Em pH marinho (acima de 7) aproximadamente 95% do nitrogênio amoniacal se encontra em forma catiônica como íon amônio (NH_4^+). Entretanto, se o pH ultrapassa 9,5, parte do nitrogênio fica disponível em forma de gás tóxico (amônia não ionizada, NH_3) (BAUMGARTEN *et al.*, 1996) que em níveis elevados pode ser tóxica aos peixes. Este elemento surge da decomposição de proteínas, clorofilas e vários outros compostos biológicos nitrogenados, como matéria orgânica proveniente do lançamento de efluentes domésticos.

A Tabela 1 e a figura 2 apresentam as condições de oxigenação do ambiente relacionadas aos processos de oxidação da matéria orgânica, acarretando em diferentes processos dentro do ciclo do nitrogênio, já que a seqüência de transformação da matéria orgânica é função dos receptores de elétrons e do estado de oxi-redução (ECKENFELDER & GRAU, 1992). Assim, a denitrificação ocorre sob condições anóxicas/hipóxicas, principalmente nos sedimentos por bactérias heterótroficas e cianobactérias que utilizam o nitrato como receptor de elétrons em substituição ao oxigênio e reduzem formas oxidadas NO_3^- ou NO_2^- a N_2 ou N_2O para atmosfera.

TABELA 1 – Receptores de elétron típicos das reações de oxidação da matéria orgânica

Condições	Receptor de elétron	Forma do receptor após a reação	Processo
Aeróbias	Oxigênio (O_2)	H_2O	Metabolismo aeróbio
Anóxicas/hipóxica	Nitrato (NO_3^-)	Nitrogênio gasoso (N_2 e N_2O)	Redução de nitratos (denitrificação)
Anaeróbias	Sulfato (SO_4^{2-}) Dióxido de carbono (CO_2)	Sulfeto (H_2S) Metano (CH_4)	Redução de sulfatos Metanogênese

Fonte: Adaptado de Eckenfelder & Grau, 1992

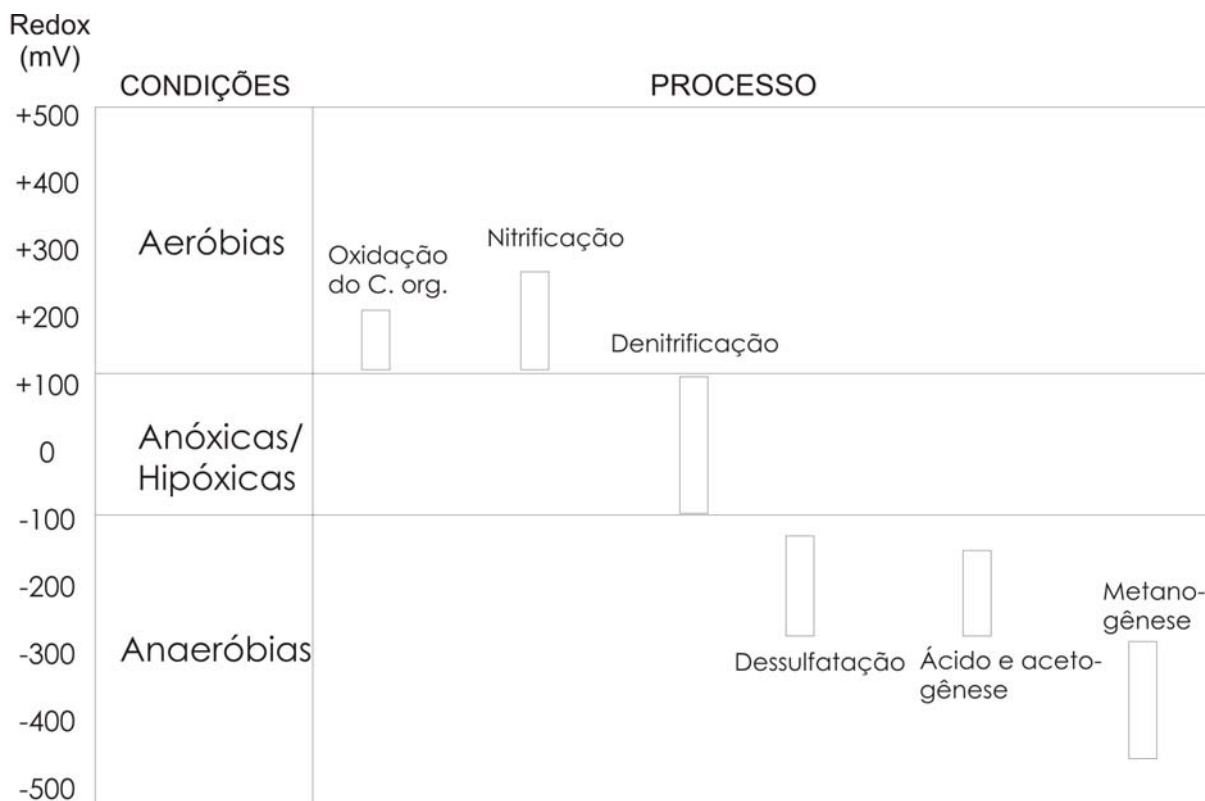


FIGURA 2 – Sequência de transformação da matéria orgânica em função do receptor de elétrons e do potencial redox, adaptado de Eckenfelder & Grau, 1992.

2.1.2 Fósforo em estuários

O fósforo é um elemento químico essencial à vida aquática e ao crescimento de microrganismos, é um elemento químico que participa estruturalmente de moléculas fundamentais do metabolismo celular (fosfolipídios, coenzimas e ácidos nucleicos). Segundo Esteves (1988), o fosfato presente em ecossistemas aquáticos tem origem de fontes naturais (rochas da bacia de drenagem, guano de aves e decomposição da matéria orgânica) e artificiais (fertilizantes agrícolas, esgotos domésticos e industriais).

Como o nitrogênio, o fósforo é encontrado nos estuários em forma dissolvida e particulada e em espécies orgânicas e inorgânicas, sendo o fósforo total a soma das formas dissolvidas e particuladas.

A forma dissolvida é a forma biodisponível e consiste do ortofosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) e fósforo orgânico. O fósforo particulado, que pode estar em suspensão na água ou no sedimento, encontra-se incorporado à estrutura de plantas

e animais aquáticos, fósforo mineral (apatita) e fosfato adsorvido em minerais como óxidos e hidróxidos de ferro.

Os esgotos domésticos são conhecidos como uma das principais fontes de fósforo, particulado ou dissolvido, para ambientes costeiros. Sua introdução excessiva no meio aquático pode estimular o crescimento de organismos fotossintetizantes, chegando a desencadear florações indesejáveis e oportunistas que podem diminuir a disponibilidade de oxigênio (ficando restrito à camada superficial) e à biodiversidade do ambiente aquático (BAUMGARTEN & POZZA, 2001).

Dentre os nutrientes, o fósforo apresenta uma característica diferenciada nos processos de introdução e remoção na coluna d'água. A adsorção e desorção do fosfato da superfície dos sedimentos finos é um mecanismo de regulação das concentrações de fósforo dissolvido nos rios e estuários (FROELICH, 1988 *apud* PASTUSZAK, 2005). O domínio de um ou outro processo depende de fatores físicos e químicos, tais como o fluxo de entrada do nutriente, a turbidez, a camada de oxidação-redução, o tempo de residência e a ocorrência de estratificação na coluna d'água (GRELOWSKI *et al.*, 2000).

O modelo K_d (coeficiente de distribuição) sugerido por Pratska *et al.* (1998) utiliza a partição entre as formas dissolvida e particulada do elemento fósforo como forma de avaliação do sistema estuarino em termos de fonte ou sorvedouro do nutriente. Uma previsão importante do modelo é que o aumento de fósforo em rios pode causar o aumento da remoção de fósforo pelo material particulado nas regiões de baixa salinidade dos estuários, e a extensão dessa remoção depende da concentração de material em suspensão no sistema em questão. Em outros termos, isto quer dizer que a deposição do P é uma característica de sistemas estuarinos poluídos, enquanto a liberação ou fornecimento de P para o mar adjacente ocorre em ambientes naturais não poluídos.

2.1.3 Conseqüências do aumento de nutrientes na zona costeira

Diversos estudos têm evidenciado que as principais causas de contaminação na zona costeira do Brasil estão relacionadas ao processo de adensamento populacional (BRAGA *et al.*, 2000), já que é estimado que metade da população reside a não mais que 200 km do mar (IBGE, 1999). As Baías e estuários são os grandes sorvedouros da poluição aquática, terrestre e atmosférica nas regiões costeiras por serem área de transição entre o continente e o oceano.

Alguns dos problemas mais comuns em grandes cidades costeiras e que refletem diretamente nos recursos hídricos são aporte de efluentes domésticos e industriais e do escoamento urbano, além de efluentes agrícolas que refletem diretamente no aumento do aporte de nutrientes. O lançamento de efluentes pode alterar a razão dos nutrientes, característicos da água natural, ocasionando um desequilíbrio nas associações fitoplânctônicas (CHEVARRIA & KUROSHIMA, 1997). As alterações na carga de nutrientes podem ter conseqüências que vão desde o aumento da produtividade primária até a eutrofização excessiva do meio.

Matejicek *et al.* (2003) encontraram concentrações de elementos crescentes em direção a montante dos rios e observaram também que a diferença entre a cobertura terrestre (floresta, áreas de agricultura, zonas industriais) causaram descargas desiguais de nitrato. Enquanto as áreas urbanas e agrícolas agiram como fornecedoras de nitrato, as florestas operaram como sorvedores. Os aumentos das concentrações de nutrientes inorgânicos e da matéria orgânica dissolvida acima dos níveis naturais são formas graves e comuns de perturbação ambiental afetando os sistemas marinhos costeiros. Esses problemas podem resultar na diminuição de recursos pesqueiros como fonte alimentar, morte de organismos utilizados na maricultura, deterioração do ambiente marinho como área de lazer e turismo, desenvolvimento de algas nocivas, entre outros.

Os compostos nitrogenados e fosfatados inorgânicos dissolvidos são importantes para a caracterização e a detecção de problemas relacionados com a eutrofização já que esses são resultados da mineralização da matéria orgânica (FARIAS, 2003). As florações algais ocorrem geralmente quando há um pulso de entrada de nutrientes, acarretando exportação máxima do carbono em decorrência do crescimento populacional dos seus consumidores, o mesozoplâncton herbívoro,

não acompanha essa floração, fazendo com que grande parte dessas células sedimentem e por isso a exportação de carbono da coluna d'água nesses casos é considerada máxima (KIORBOE, 1993).

Niencheski & Window (1994), a partir de um balanço de massa no estuário da Lagoa dos Patos, uma região ocupada por uma refinaria de petróleo e indústrias de fertilizantes, entre outras, demonstraram que o aporte antropogênico originado nestas instalações foi o principal responsável pelas altas concentrações de nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido na região.

Pagliosa (2004, 2005) constatou diferenças entre as características da água, dos sedimentos e da fauna bêntica entre áreas urbanizadas e não-urbanizadas nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina. Na água (nutrientes dissolvidos, material particulado em suspensão e biomassa fitoplanctônica) e nos sedimentos (chumbo, zinco, cobre, fósforo e polifosfato) as concentrações foram mais elevadas e apresentaram maiores variações nos rios urbanizados do que nos rios não-urbanizados.

O processo de eutrofização em estuários representa uma resposta biogeoquímica ao excesso de nutrientes (NIXON, 1995; CLOERN, 2001) e é controlado por uma complexa interação de fatores biológicos (composição das espécies, taxas de crescimento e pastagem de fito e zooplâncton), químicos (concentração de nutrientes) e físicos (mistura e advecção) e as combinações destes fatores são peculiares a cada sistema (O'HIGGINS & WILSON, 2005).

O processo de eutrofização pode ter origem natural ou antrópica (ESTEVES, 1988), sendo que ambientes rasos, com sedimentos finos, com circulação restrita e com despejos de efluentes domésticos e industriais apresentam-se mais vulneráveis ao processo de eutrofização. O sistema estuarino da Baixada Santista, no litoral sul de São Paulo, é um exemplo de como os efluentes domésticos e industriais provocam aumentos nas concentrações dos nutrientes no meio, provocando sua eutrofização (BRAGA *et al.* 2000).

Conseqüências do excesso de nutrientes podem alterar a composição e quantidade de espécies fitoplantônicas (COLIJN & CADÉE, 2003), além da proliferação de macroalgas bênticas, da perda da biodiversidade e do aumento na

incidência de algas tóxicas, causando alteração da coloração das águas costeiras (BRANDO, 2004). Segundo Codd (1995) as cianobactérias podem apresentar toxinas hepatotóxicas, neurotóxicas e causar reações alérgicas ao ser humano, além de causarem desequilíbrios nos ecossistemas estuarinos. Portanto, apesar dos nutrientes serem constituintes indispensáveis para a produtividade de um corpo hídrico, quando em excesso podem desencadear desequilíbrios ambientais afetando diretamente os seres humanos.

2.1.4 Nutrientes nas massas d'água na margem continental de Santa Catarina

Schmitt (2003) destacou a presença de duas massas de água na margem continental do Estado de Santa Catarina, uma ao sul de Florianópolis denominada Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e outra ao norte denominada Água Tropical (AT). De modo geral, as Baías apresentam altos valores de salinidade, pois sofrem influência da Água Tropical, uma vez que a Corrente do Brasil desloca-se relativamente próxima à costa (SALLES, 1991). Durante o verão, a ACAS penetra na camada profunda em direção à costa, atingindo muitas vezes a parte mais interna da plataforma continental. Durante o inverno, por outro lado, essa massa de água afasta-se em direção a quebra de plataforma (CASTRO *et al.*, 1987).

A corrente do Brasil, que transporta a AT, é caracterizada por ser oligotrófica, com reduzidas concentrações médias de nutrientes dissolvidos (fosfato 0,31 μM , nitrito 0,09 μM , nitrato 1,43 μM , amônio 0,78 μM , silicato 4,83 μM) e as baixas concentrações médias de material em suspensão (4,45-5,96 mg.l^{-1}) (NIENCHESKI & FILLMANN, 1998).

A Água Central do Atlântico Sul é rica em fosfato dissolvido (média de 0,73 μM , máximo de 1,84 μM) e é a maior fonte de nitrato dissolvido, com concentração média de 9,29 μM , variando entre 0,22 a 26,28 μM , enquanto que as concentrações médias de nitrito (0,08 μM) e de amônio (0,74 μM) são baixas (NIENCHESKI & FILLMANN, 1998).

A Água Costeira (AC), resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas da plataforma continental, apresenta temperatura variável em

função da época do ano, e salinidade normalmente inferior à 34, e em alguns casos, inferior à 30. A parte mais interna da plataforma continental é ocupada principalmente pela AC. A AC é caracterizada por alto teor de silicato e teores significativos de nitrato e fosfato, segundo a maior ou menor influência continental (BRAGA & NIENCHESKI, 2006). A mistura da AT com a AC apresenta caracteristicamente águas com maiores turbidez que as demais e enriquecida de nutrientes inorgânicos dissolvidos e clorofila-a (SCHETTINI *et al.*, 1998), apresentando teores variáveis.

2.1.5 Valores de referência de qualidade de água

Em termos de qualidade de águas a legislação ambiental nacional (CONAMA nº 357, 2005) baseia-se nas concentrações de compostos químicos presentes na coluna d'água. Alguns dos parâmetros físico-químicos, biológicos e nutrientes citados na legislação que serão utilizados nesse trabalho foram inseridos na tabela 2, separados por classes de água e por sua salinidade, sendo que o artigo 2º da Resolução CONAMA 357 (2005) define:

- I - **águas doces**: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5;
- II - **águas salobras**: águas com salinidade superior a 0,5 e inferior a 30 ;
- III - **águas salinas**: águas com salinidade igual ou superior a 30.

TABELA 2 - Valores referência para águas doces, salobras e salinas.

PARÂMETROS	DOCES Classe 1	SALOBRAS Classe 1	SALINAS Classe 1
pH	6 a 9*	6,5 a 8,5*	6,5 a 8,5*
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	>6*	>5*	>6*
Clorofila-a (µg/L)	10*		
Turbidez (NTU)	<40*		
Nitrogênio amoniacal (µM de N)	264,3 (3,7mg/L, pH 7,5)* 142,8 (2,0 mg/L, pH entre 7,5 e 8,0)* 71,4 (1,0 mg/L, pH entre 8,0 e 8,5)* 35,7 (0,5 mg/L, pH > 8,5)*	28,5 (0,4mg/L)* 5** (0,07 mg/L)	28,5 (0,4mg/L)*
Nitrato (µM de N)	714,3 (10mg/L)*	28,5 (0,4 mg/L)* 10 a 15 *** (0,14 a 0,21 mg/L)	28,5 (0,4mg/L)*
Nitrito (µM de N)	71,4 (1mg/L)*	5 (0,07 mg/L)* <1*** (0,014mg/L)	5 (0,07 mg/L)*
Fosfato (µM de P)	-	1*** (0,031 mg/L)	-
Fósforo total (µM de P)	3,2 (0,1mg/L)* (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	4 (0,124 mg/L)*	2 (0,062 mg/L)*
Silicato (µM de Si)	-	<150*** (4,2 mg/L)	-

Obs.: 1- Foram apresentadas as concentrações em µM que são utilizadas no presente trabalho e como apresentado pelo CONAMA 357 (mg/L). 2- Citações utilizadas: *CONAMA 357 (2005), **Day et al. (1987) e ***Aminot & Chaussepied (1983).

2.1.6 Metodologias utilizadas em pesquisas relacionadas a fluxos de nutrientes em regiões costeiras

Vários têm sido os métodos utilizados para as determinações dos fluxos de nutrientes, incluindo modelos dinâmicos de nutrientes e análises espaciais (MATEJICEK *et al.*, 2003), a análise de curvas de salinidade/nutrientes (BILLEN *et al.*, 1985), o cálculo de fluxos médios (LEBO & SHARP, 1993; SANDERS *et al.*,

1997) e a elaboração de balanços químicos de massa (LEBO & SHARP, 1993; NIENCHESKI & WINDOM, 1994; FONSECA, 2004; PEREIRA FILHO, 2006).

Alguns projetos têm abordado balanços biogeoquímicos de nutrientes (MANLAY *et al.*, 2004; DALE & PREGO, 2003; MADRON *et al.*, 2003). A avaliação dos balanços de nutrientes a partir da determinação dos seus fluxos tem sido realizada por diversos autores, entre eles: Sanders *et al.* (1997); Simpson *et al.* (1997) e Window *et al.* (1999). Numa tentativa de padronizar estes balanços, o projeto *Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone* (LOICZ) vem desenvolvendo uma metodologia para a determinação dos balanços de massa em sistemas estuarinos, que visa a compreensão do papel da zona costeira nos ciclos do carbono, nitrogênio e fósforo (C, N e P). Embora esta metodologia seja bastante simplificada, ela representa uma tentativa de se comparar diferentes ambientes. Alguns exemplos em Santa Catarina utilizando essa metodologia são: Spillere (2002) no estuário do Rio Itajaí-Açu, Pereira Filho & Schettini (2000) no estuário do Rio Camboriú, Fonseca (2004) na Lagoa da Conceição e Pereira Filho (2006) no Rio Itajaí-açu. No mundo, essa metodologia foi aplicada em aproximadamente 400 locais (CROSSLAND, 2006).

2.1.6.1 Balanço de Massa (LOICZ)

O projeto *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone* (LOICZ) é um dos oito projetos que constituem o *International Geosphere-Biosphere Programme* (IGBP), que foca no estudo da zona de interface terra-oceano-atmosfera e ocupa-se das interações entre estes componentes. A sua estrutura reflete a necessidade de melhor compreender em escala regional e global, a dinâmica dos processos que ocorrem nessa interface e de prever efeitos de alterações climáticas, de variações do nível do mar e de fatores de natureza antropogênica no funcionamento dos ecossistemas costeiros e seus respectivos recursos.

Os estuários, como zonas de transição entre o ambiente continental e o marinho são importantes locais de produção e consumo de matéria orgânica e, portanto de Carbono, Nitrogênio e Fósforo. A compreensão destas transformações e seus fluxos, além de suas interferências pela atividade antrópica em escala regional e global são alguns dos propósitos do projeto LOICZ (TURNER *et al.*, 1998). O enfoque dos estudos é identificar o papel de ambientes aquáticos costeiros na

transformação da matéria orgânica e quantificar os fluxos de material, resultantes destas transformações. A partir dos resultados obtidos em ambientes individuais, obtêm-se balanços regionais, a partir dos quais podem ser estimados fluxos globais.

O projeto LOICZ (<http://www.nioz.nl/loicz/info.htm>) tem como base a determinação matemática do balanço de massa de uma determinada substância (água, sal e nutrientes) numa determinada área geográfica num tempo específico (dia, mês, ano, etc). O modelo deve incluir as principais fontes e sumidouros, internos e externos, da substância a ser avaliada, assim como, os processos internos de transformação desta variável. Ao assumir que a variável apresenta característica não conservativa, pode-se esperar que a diferença entre a entrada e a saída do sistema pode ser explicado pelo processo interno (ciclagem pelos organismos, adsorção e outros) e não apenas por processos de transporte e diluição. Os principais aportes são as entradas a partir de ecossistemas adjacentes (rio, oceano, manguezal, etc.) e antropogênicas (efluentes domésticos e industriais, lixiviação de solos agrícolas, etc.) e os processos metabólicos internos ao sistema.

Na figura 3 é apresentado um diagrama simplificado caracterizando os fluxos de matéria de maneira simplificada. Salienta-se que a descrição teórica e as representações gráficas do modelo apresentada abaixo foram baseadas em Gordon *et al.* (1996). Abaixo serão detalhados os parâmetros utilizados no modelo.

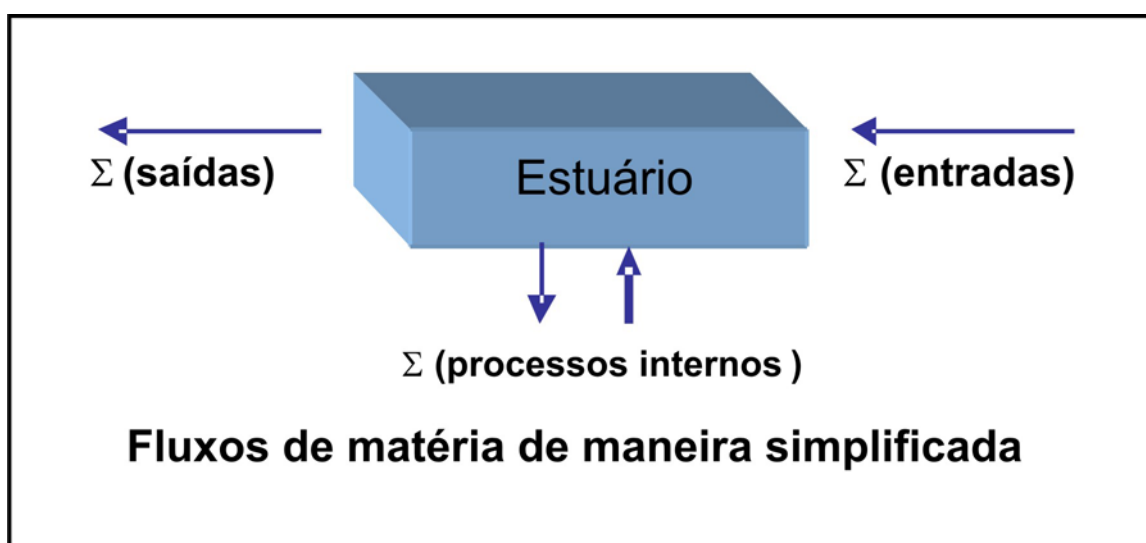


FIGURA 3 - Diagrama caracterizando os fluxos de matéria

Balances de água e sal

Num ecossistema aquático, o balanço hídrico caracteriza a sua inter-relação com os sistemas adjacentes. A água é conservativa, ou seja, o volume de água de um sistema é a diferença entre o fluxo de água que entra e o que sai deste sistema. A conservação do volume de água no sistema implica que o somatório do que entra menos o somatório do que sai é, teoricamente, igual a zero. As fontes de água doce em um estuário são a chuva, os rios, a água subterrânea, os efluentes industriais e domésticos, como esgotos e a água do mar adjacente. A evaporação e o fluxo para o mar adjacente podem ser considerados as vias de saída (figura 4). Podem ocorrer outras fontes, porém não significativas para este balanço e que podem ser ignoradas para os cálculos (GORDON *et al.*, 1996). Sendo assim, o estoque de água no sistema por um tempo ($dV_1 \cdot dt^{-1}$) pode ser representado pela equação:

$$\frac{dV_1}{dt} = V_Q + V_P + V_G + V_O + V_{in} - V_E - V_{out}$$

em que:

V_Q = vazão fluvial

V_P = fluxo de precipitação

V_G = fluxo de água subterrânea

V_O = outros fluxos, ex.: fluxo antrópico (esgotos)

V_{in} = fluxo de entrada (advecção)

V_E = evaporação

V_{out} = fluxo de saída (advecção)

Considerando-se a dificuldade em quantificar V_{in} e V_{out} pode-se rearranjar a equação da seguinte forma:

$$V_{in} - V_{out} = \frac{dV_1}{dt} - V_Q - V_P - V_G - V_O + V_E$$

A diferença entre V_{in} e V_{out} é chamada de fluxo residual (V_R):

$$V_R = V_{in} - V_{out}$$

O fluxo residual (figura 4) é negativo para o sistema em que a perda de água pela evaporação é menor do que a entrada por rios e precipitação, ou seja, este sistema exporta água para o sistema adjacente.

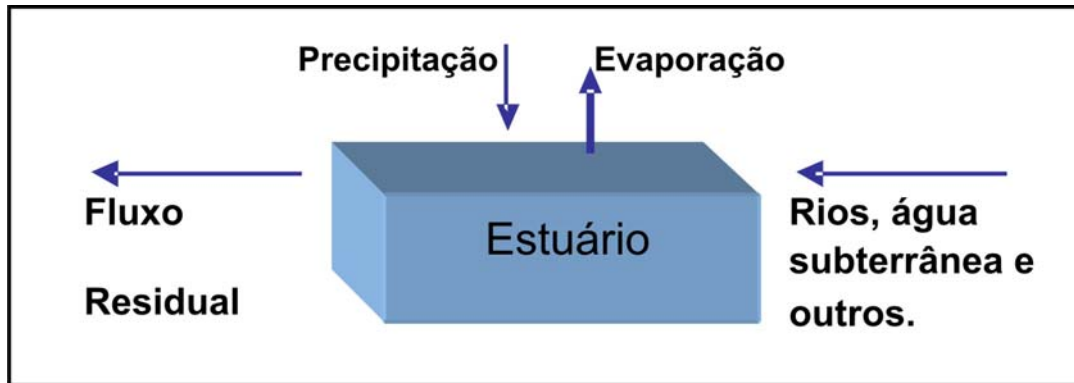


FIGURA 4- Balanço de água de um estuário. As flechas representam os fluxos de entradas e saídas de água do sistema.

De uma forma resumida, o balanço de água e sal do estuário podem ser escritos como (figura 5):

$$\frac{d(VS)}{dt} = \sum V_{in}S_{in} - \sum V_{out}S_{out}, \text{ e expandindo-se:}$$

$$V \frac{dS}{dt} + S \frac{dV}{dt} = \sum V_{in}S_{in} - \sum V_{out}S_{out}$$

Assim, de maneira similar, a variação da armazenagem de sal no sistema ao longo do tempo pode ser representada pela soma de seus aportes e saídas (figura 5):

$$\frac{d(V_1S_1)}{dt} = V_gS_g + V_{in}S_2 - V_{out}S_1$$

Excluindo-se os termos com pouca ou nenhuma contribuição, considerando que a salinidade de algumas fontes e sumidouros de água é igual a zero, temos:

$$\frac{d(V_1S_1)}{dt} = V_{in}S_2 - V_{out}S_1$$

Onde: S_1 é a salinidade do sistema a ser analisado (ex.: estuário Rio Tavares) e S_2 a do sistema vizinho (ex.: Baía Sul). O balanço de água positivo significa que a entrada de água doce supera a perda pela evaporação.

É importante redefinir V_{in} como o fluxo de troca de água com o oceano (V_x), assumindo que o sistema encontra-se em estado constante em relação ao volume:

$$V_X = \frac{1}{(S_2 - S_1)} \left[V_1 \frac{dS_1}{dt} + V_R S_R \right]$$

Considerando o volume (V_1) e a salinidade ($dS_1 \cdot dt^{-1}$) do sistema constantes pode-se dizer que o sistema se encontra em condição de equilíbrio. Sendo assim, o termo [$V_1(dS_1 \cdot dt^{-1})$] pode ser assumido como nulo na equação acima, do fluxo de transporte salino entre dois sistemas, V_X , é simplificado pela equação:

$$V_X = \frac{1}{(S_1 - S_2)} \cdot (V_R \cdot S_R)$$

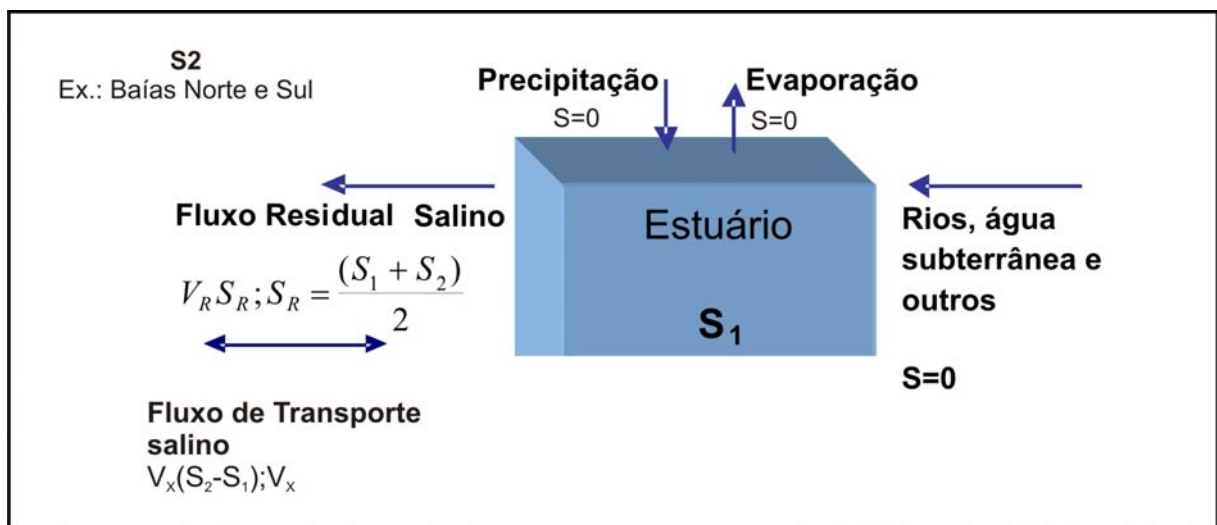


FIGURA 5- Balanço de Sal entre um sistema em estudo (S1) e o sistema adjacente (S2), assumindo a salinidade das águas provenientes do continente e da atmosfera zero.

Para sistemas costeiros com estratificação vertical as equações do fluxo de água e sal descritas acima são modificadas para representarem mais adequadamente os processos de circulação estuarina, considerando o fluxo de mistura vertical, onde as setas verdes indicam os termos que são conhecidos do sistema e as setas vermelhas indicam os termos que são calculados no balanço de massa (figura 6).

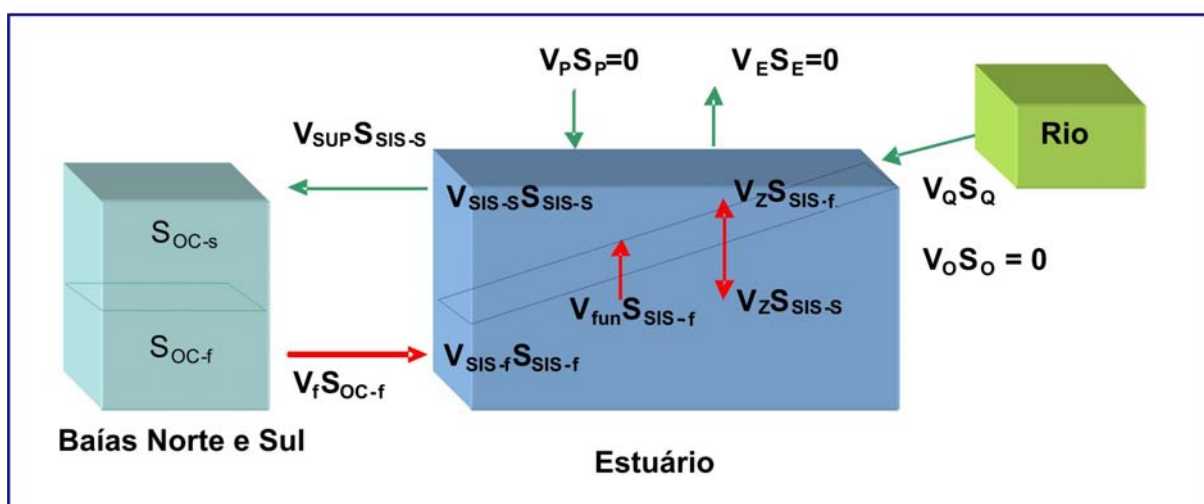


FIGURA 6- Balanço de água e sal em sistemas costeiros estratificados.

A estrutura analítica corresponde ao fluxo superficial de exportação da água menos salina e do fluxo de importação da água de fundo mais salina, com mistura vertical em cada compartimento. Esse modelo representa as análises de Knudsen (1900) para o balanço de água e sal para o Báltico e o conceito geral de circulação estuarina em duas camadas (PRITCHARD, 1969). Nessa expansão, se considera apenas o caso onde volume e salinidade de cada caixa permanecem constantes com o tempo, isto é, $dV/dt = dS/dt = 0$ (WULFF *et al.*, 1994).

Cada compartimento é dividido em caixas de superfície e fundo. Em estado estacionário, o fluxo de entrada vertical da água do fundo para a superfície é igual à diferença entre a água fluindo horizontalmente e a proveniente do fundo. Para a superfície, o fluxo de saída horizontal menos o fluxo de entrada é igual o influxo de água doce mais o fluxo de entrada vertical.

As mesmas siglas e convenções são mantidas considerando fluxos positivos entrando no sistema. O balanço de sal é mantido pela entrada de água de fundo (V_{fun}) trazendo água de salinidade oceânica (S_{oc-f}). O cálculo de V_{fun} somente é possível se existir diferença de salinidade entre a água oceânica (V_{oc-f}) e a água de superfície do sistema (V_{sis-s}). Essa circulação é uma versão simplificada da circulação estuarina, onde a água de fundo do sistema flui para superfície. O fluxo de saída pela superfície (V_{sup}) inclui o fluxo residual e o fluxo de água de fundo do sistema ($V_{sup} = -V_{fun} + V_R$). Para o balanço de sal, considera-se também o termo fluxo

de mistura (V_Z), que só pode ser calculado se existir diferença vertical de salinidade entre a camada de água de superfície e fundo.

Dessa forma, assume-se que:

- O fluxo de saída associado com as entradas de água doce (i.e. V_R) ocorrem na água de superfície.
- O fluxo de água oceânica (V_{fun}) entra pela água de fundo, fluindo para a água de superfície. O fluxo de saída da água de superfície para o oceano (V_{sup}) é igual a $V_R - V_{fun}$ (V_{fun} tem sinal positivo e V_R e V_{sup} tem sinais negativos).
- Não existe o termo fluxo de mistura (V_X) entre o sistema e o oceano, como no modelo que considera todo o sistema como uma caixa.
- O balanço de sal é mantido pela mistura vertical (V_Z) entre as camadas de água de superfície e fundo.

O balanço de água de superfície é dado por:

$$V_{sup} + V_P + V_E + V_O + V_Q + V_G + V_{fun} = 0$$

Obs.: V_{sup} e V_E possuem sinais negativos.

O balanço de água de fundo é dado por:

$$-V_R + V_{sup} + V_{fun} = 0$$

O fluxo oceânico é balanceado pelo fluxo vertical para a camada de superfície, V_Z não entra no cálculo, pois sua magnitude é a mesma nas duas direções verticais.

Assumindo que o fluxo de água doce não carrega sal, o balanço de sal na água de superfície é:

$$V_{sup} S_{sis-s} + V_{fun} S_{sis-f} + V_Z (S_{sis-f} - S_{sis-s}) = 0$$

O fluxo de entrada de sal pela água oceânica é balanceado pelo fluxo advectivo vertical e fluxo de mistura:

$$V_{sup} = V_R - V_{fun}, \quad V_R = -(V_P + V_E + V_O + V_G)$$

Onde,

$$V_{fun} = \frac{V_R S_{sis-s}}{S_{sis-s} - S_{oc-f}}$$

$$V_Z = V_{fun} \frac{(S_{oc-f} - S_{sis-f})}{S_{sis-f} - S_{sis-s}}$$

Balances de substâncias não-conservativas

Uma vez identificados e quantificados todos os fluxos de advecção e mistura obtidos nos balanços de sal e água podem ser elaborados balanços para as substâncias não-conservativas (figura 7). Os sais nutrientes apresentam um comportamento não-conservativo devido à reciclagem biológica e reações químicas que ocorrem independentemente dos processos físicos de advecção e mistura. Sendo assim, os materiais que não são conservativos apresentam os mecanismos de entrada e de saída do sistema governados pelos mesmos fatores atuantes no balanço de água e de sal, sofrendo, além destes, influência dos processos biogeoquímicos, isto é, produção primária e mineralização da matéria orgânica. Os fluxos de nutrientes calculados a partir de balanço de massa permitem inferir se um sistema é exportador ou importador de nutrientes (GORDON *et al.*, 1996).

A equação do balanço de água e sal é modificada para incluir o somatório dos processos que adicionam e removem elementos não-conservativos (Y) do sistema (ΔY):

$$V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} = \sum V_{in} Y_{in} - \sum V_{out} Y_{out} + \Delta Y$$

, e rearranjando-se

$$\Delta Y = V \frac{dY}{dt} + Y \frac{dV}{dt} - \sum V_{in} Y_{in} - \sum V_{out} Y_{out}$$

As unidades de ΔY são massa por tempo, geralmente apresentadas como moles ou Kmoles por dia. É também útil expressar os resultados por unidade de área, dividindo-se o valor estimado pela área do estuário (mol ou $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$), permitindo a comparação com outros sistemas.

Esta equação dos fluxos de variação dos elementos não-conservativos pode ser simplificada quando o aporte total por esgotos é conhecido, desconhecendo-se os fluxos destes excluindo-se o termo V_{in} . Da mesma forma, podem-se inserir quaisquer outras fontes de água, sal e elementos não-conservativos adicionais, presentes no sistema estudado.

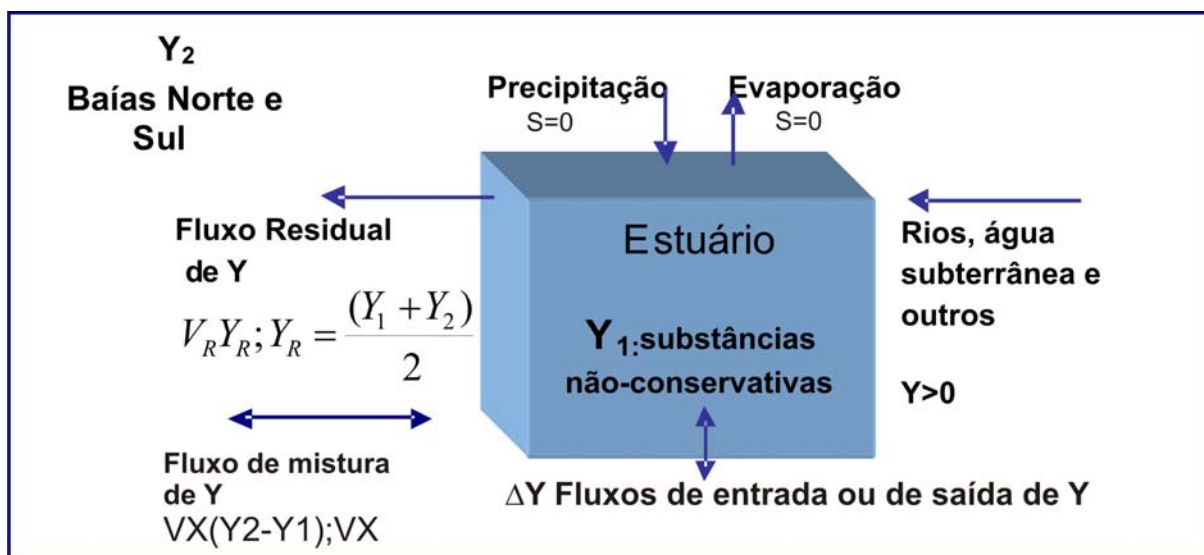


FIGURA 7- Balanço do material não-conservativo entre um sistema em estudo (Y_1) e o sistema adjacente (Y_2).

2.1.7 Foraminíferos e tecamebas bentônicos como indicadores das zonas estuarinas e enriquecimento em nutrientes

Os foraminíferos e as tecamebas, como organismos integrantes do meio-microbentos, são um dos constituintes biológicos mais abundantes dos sedimentos, exercendo importante papel na cadeia trófica que se estabelece neste nível energético. Os foraminíferos são relacionados as águas marinhas e salobras e as tecamebas estão relacionadas, sobretudo às propriedades físico-químicas e de hidrodinâmica da água fluvial.

Os sedimentos de fundo constituem uma fonte de nutrientes para a coluna d'água acima, através das trocas e fluxos na interface água-sedimento, influenciando na produtividade primária (JORGENSEN, 1996). Como os nutrientes são mineralizados a partir da matéria orgânica, áreas mais enriquecidas organicamente podem ser relacionadas a sedimentos com maiores fontes de nutrientes para os produtores primários. Dessa maneira, a comunidade bentônica

desempenha um importante papel na dinâmica dos processos biogeoquímicos do sedimento e na sua interface (GRALL & CHAUVAUD, 2002). Alterações na comunidade bentônica podem ocasionar ruptura nos ciclos biogeoquímicos e degradação do habitat, tanto no sedimento como na coluna d'água (RABALAIS, 2002).

O aumento do fluxo de matéria orgânica no sedimento, inicialmente, aumenta as associações de organismos bentônicos, mas logo que esse aporte supera a capacidade assimilativa do meio, inicia-se o processo de eutrofização bentônica, com conseqüente desaparecimento das espécies menos resistentes. Com isso, há um aumento na densidade e dominância de espécies oportunistas e diminuição na riqueza de espécies do ambiente (GRALL & CHAUVAUD, 2002).

Tecamebas ou amebas testáceas é um termo informal usado para caracterizar um grupo de protozoários bentônicos pertencentes ao Subfilo Granureticulosa. A característica comum a todas tecamebas é a presença de uma testa, em geral com uma única câmara, em forma de saco ou boina, normalmente com uma abertura para extrusão dos pseudópodes (OLIVEIRA, 1999).

Foraminíferos são protozoários (ordem Foraminiferida EICHWALD, 1830; LOEBLICH & TAPPAN, 1998) de águas marinhas e salobras, dotados de uma testa. As testas podem ser uni ou pluriloculares e sua construção pode se dar a partir da cimentação orgânica (quitina ou carbonato) de partículas minerais (como exemplo as micas) ou de fragmentos biológicos (por exemplo, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas) disponíveis no meio (aglutinantes, ex.: subordem Textulariina). Existem também as testas formadas pela secreção de carbonato a partir do próprio protoplasma ou precipitado da água do mar. De acordo com o arranjo interno dos cristais de calcita, as testas calcárias podem ser subdividas em porcelanáceas (subordem Miliolina) e hialinas (subordem Rotaliina) (BARBOSA & SEOANE, 2004).

Esses organismos unicelulares e eucariotas podem ser planctônicos ou bentônicos e têm tamanhos variando de 50 a 800 µm para a grande maioria das espécies. As espécies planctônicas, mais modernas somente a partir do Jurássico, são características de ambientes oceânicos e quando encontradas em ambientes rasos são decorrentes de transporte. Já as espécies bentônicas, registro geológico desde o Cambriano, ocorrem desde estuários até as planícies abissais (CULVER, 1993). A maioria é representada por organismos heterotróficos, aeróbios estritos,

essencialmente marinhos, existindo poucas espécies de água doce pertencentes a Subordem Allogromiina.

A reprodução dos foraminíferos pode ser sexuada ou assexuada, com ciclo de vida curto, de poucas semanas até 5 anos. Em geral se alimentam de diatomáceas, bactérias e detritos nos substratos ou do material em suspensão (NICHOLS, 1974). As diatomáceas e as bactérias são, respectivamente, os principais organismos na síntese e degradação da matéria orgânica. Isto faz com que os protozoários constituam importante degrau na pirâmide alimentar, transferindo o carbono orgânico aos níveis tróficos mais altos. Assim, esses organismos são bons descritores do enriquecimento orgânico já que seu aumento e composição podem estar relacionados à produtividade primária do meio.

Após a morte passam a formar parte constituinte dos sedimentos e fornecem informações à respeito das condições ecológicas dominantes no meio. Sua classificação é feita por diferenças de aspectos mineralógicos na testa. Os foraminíferos bentônicos têm demonstrado ser bons bioindicadores para a compreensão das condições ambientais dos ecossistemas, podendo-se avaliar a relação das associações de foraminíferos com parâmetros geoquímicos. Sua ampla utilização também se deve ao fato de serem abundantes e facilmente coletados, além de responderem às alterações naturais, como respostas aos processos hidroquímicos e hidrodinâmicos (BONETTI, 1995; DEBENAY *et al.*, 2002, DEBENAY *et al.*, 2006) e/ou induzidas pelo homem (ALVE, 1991; YANKO *et al.*, 1994, ALVE, 1995; BONETTI, 2000, CHÂTELET *et al.*, 2004, BURONE *et al.*, 2006) em diferentes escalas temporais.

Conforme Debenay *et al.* (1996), os foraminíferos são organismos marinhos que se distribuem de acordo com as condições ambientais do meio, tendo na salinidade, na temperatura, no oxigênio dissolvido, na turbidez da água, entre outras variáveis, fatores condicionantes para seu desenvolvimento. As associações de foraminíferos freqüentemente se distribuem no ambiente em função da composição e características mineralógicas da testa. As espécies com testas aglutinantes ocorrem normalmente em águas salobras e próximas à desembocadura de rios ou estuários parcialmente confinados. São as que apresentam maior tolerância ao enriquecimento orgânico. Espécies com testas calcárias geralmente habitam áreas

marinhas e possuem diferentes níveis de tolerância ao enriquecimento orgânico e grau de oxigenação do ambiente. A temperatura, salinidade e pH, aliados a disponibilidade de alimento do ambiente, são fatores muito importantes na sua distribuição acarretando em um gradiente horizontal bem demarcado das regiões estuarinas, permitindo que sejam utilizados como ferramenta para classificação das diferentes zonas quanto ao seu estado salino médio.

Podem ser citados exemplos de espécies costeiras características de áreas com forte influência marinhas como: *Ammonia tepida*, *Criboelphidium excavatum* e *Bulimina* spp. Como espécies características de maior influência continental podem ser citadas: *Ammobaculites exiguus*, *Gaudryina exilis*, *Miliammina* spp., *Trochammina* spp. e *Ammotium salsum*, que é uma das espécies mais adaptáveis (DEBENAY *et al.*, 2000). Exemplos de espécies indicadoras de sedimentos ricos em matéria orgânica e com tendências de hipoxia são: *Eggerella adven* (ALVE, 1995), *Buliminella elegantissima* (BONETTI, 2000; BURONE *et al.*, 2006), *Ammonia tepida* (BURONE *et al.*, 2006), *Ammotium cassis*, que também indica áreas de alta turbidez (SCOTT *et al.*, 1995), dentre outras. O grupo formado por buliminídeos e bolivinídeos também têm sido utilizado para o mapeamento de áreas marinhas restritivas, pois estas espécies são oportunistas e tolerantes a áreas organicamente enriquecidas, principalmente em ambientes lamosos e com tendências à hipoxia (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO 1993; BONETTI, 2000).

A riqueza, composição, tamanho e abundância das associações refletem características do ambiente tais como a produtividade, salinidade, nível de oxigenação, profundidade, tipo de sedimentos, fontes de poluentes orgânicos e metais pesados. Em relação aos nutrientes, mudanças nas associações de foraminíferos podem ser observadas em ambientes com tendência à eutrofização (BATES & SPENCER, 1979; TSUJIMOTO *et al.*, 2006). Por exemplo, Yanko *et al.* (1994) e Alve (1995) constataram que amostras coletadas próximas a áreas de despejo de esgoto doméstico apresentaram altas densidades de testas, dominadas essencialmente por aglutinantes, se comparadas às áreas sem poluição. Mudanças na concentração de oxigênio no sedimento e na água e fatores relacionados, como conteúdo de matéria orgânica, têm um importante papel na composição e nas características morfológicas da testa (GOODAY & TURLEY, 1990)

A biometria das testas também pode ser utilizada como indicador de áreas sob efeitos de condições adversas como aumento no aporte de matéria orgânica. Em tais condições, algumas espécies oportunistas podem mudar sua estratégia reprodutiva sexuada para assexuada, gerando organismos menores, de ciclo de vida curto, numa taxa reprodutiva mais elevada (MURRAY, 1991). Além disso, em ambientes de baixas concentrações de oxigênio, os organismos normalmente possuem testas menores, como estratégia de sobrevivência, aumentando a capacidade de assimilação do oxigênio (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993).

Alguns indivíduos podem apresentar deformidades e piritização das testas relacionadas às altas concentrações de metais e anoxia do ambiente (YANKO *et al.*, 1994; ALVE, 1995; GESLIN *et al.*, 2002; CHÂTELET *et al.*, 2004, BURONE *et al.*, 2006). Geslin *et al.* (2002) atentam para o fato de que muitas deformidades podem ser provocadas por estresse natural, como grandes variações na salinidade, acidificação do meio e forte hidrodinâmica, não se relacionando necessariamente a impactos antrópicos, e enfatizam a necessidade de se observar mais profundamente as características da área de estudo para que os efeitos naturais e antrópicos possam ser melhor diferenciados.

Em síntese, a ampla utilização dos foraminíferos e tecamebas como indicadores biológicos de processos costeiros deve-se, entre outros, à sua sensibilidade às mudanças ambientais, à preservação da testa mesmo após a morte do indivíduo e ao seu tamanho reduzido, que facilita a coleta e o armazenamento, além de permitir que se trabalhe com associações estatisticamente significantes. A figura 8 resume o enfoque que será dado para utilização dos foraminíferos como indicadores para identificação das zonas fluviais (caracterizada por maior abundância de tecamebas em comparação com foraminíferos vivos), estuarinas (transição de espécies fluviais e marinhas) e mais marinhas (presença de exemplares característicos do aporte marinho) e de aumento no aporte de nutrientes nos sedimentos (ocorrência de espécies oportunistas, menores riquezas, menores tamanho das testas e abundância).

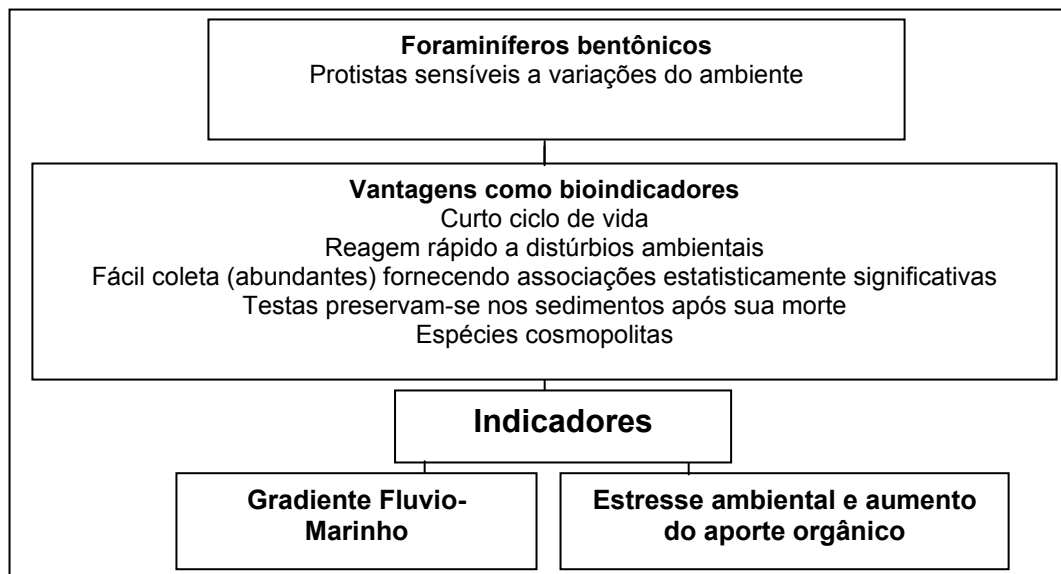


FIGURA 8 – Foraminíferos como bioindicadores bentônicos

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Os sistemas frontais são responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados para a região sul do Brasil, principalmente quando estão associados a vórtices ciclônicos e aglomerados convectivos durante as estações de primavera e verão (QUADROS *et al.*, 1996). Como a área de estudo está situada nas médias latitudes, apresenta características climáticas controladas pela atuação das massas Polar marítima e Tropical marítima do Atlântico. O encontro da massa Tropical e Polar dá origem à frente fria polar, que no seu deslocamento ocasiona grandes mudanças nas condições atmosféricas em qualquer estação do ano. No inverno, a passagem da frente fria é sucedida por ondas de frio das massas polares, que baixam consideravelmente as temperaturas. A frente polar controla também o ritmo de precipitação, visto que as chuvas são em geral pré-frontais, frontais e pós-frontais. O clima regional pode ser classificado como subtropical úmido sem característica seca definida, sendo que o índice pluviométrico mensal varia em média entre 74,1 e 172,4 mm, com um período maior de chuvas na primavera e verão (CRUZ, 1998).

Segundo Truccolo (1998), de maneira geral, durante o inverno e primavera ocorre um aumento de importância dos ventos provenientes do quadrante sul, principalmente em função do aumento da intensidade de passagens de sistemas de frentes frias sobre Santa Catarina. Com a diminuição da intensidade da influência da Massa Polar, associada às frentes frias, no verão e outono, ocorre o predomínio da Massa Tropical sobre o continente, aumentando o predomínio dos ventos do quadrante Norte.

Os ventos dominantes são os norte-nordeste, e promovem o transporte das águas costeiras para o oceano aberto. Já os ventos do quadrante Sul, embora menos freqüentes, são mais intensos, e ocorrem normalmente associado à passagem de frentes frias - fenômeno que no sul do Brasil é característico o ano todo (MELO *et al.*, 1997). Esses ventos ocasionam o efeito contrário ao dos ventos nordeste, promovendo o empilhamento da água junto à costa pelo transporte de Ekman.

3.2 BACIAS HIDROGRÁFICAS QUE APORTAM NAS BAÍAS NORTE E SUL DE SANTA CATARINA

No litoral central do Estado de Santa Catarina (figura 9), separando a Ilha de Santa Catarina do continente adjacente, encontra-se um sistema costeiro formado por dois corpos d'água semi-confinados, denominados localmente como Baía Norte e Baía Sul. Estes se encontram conectados na porção central do embaiamento por uma constrição de aproximadamente 500 m de largura. Sua comunicação com o Oceano se dá através de extremidades localizadas ao norte e a sul, apresentando características estuarinas quanto à circulação. Este ambiente possui cerca de 430 km² de área e 50 km de comprimento (CECCA/FNMA 1997). De maneira geral, as profundidades médias são inferiores a 5 m, sendo que as maiores profundidades encontram-se associadas aos pontos de estrangulamento, localizados nas extremidades norte e sul, nos quais se alcança, respectivamente, 9 e 29 m. No trecho central, onde ocorre a constrição anteriormente assinalada, as profundidades atingem mais de 21 m.

Em Santa Catarina, a rede hidrográfica é constituída por dois sistemas de drenagem, o sistema da vertente do interior, comandado pela bacia Paraná-Uruguaí e o sistema da vertente Atlântica, formado por um conjunto de bacias menores e isolado, onde estão inseridas as Baías Norte e Sul de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1997).

A hidrodinâmica da Baía Sul é controlada, basicamente, por correntes geradas pelos regimes de marés e pela direção e intensidade dos ventos (SILVA, 2002). O regime de marés nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina é do tipo micromarés, com 0,83 m de amplitude média para as marés de sizígia e 0,15 m para as marés de quadratura. As marés apresentam características semi-diurnas, com período de aproximadamente 12 horas para completar o ciclo de preamar e baixamar (CRUZ, 1998). Durante a subida da maré, as águas que entram pela extremidade sul e pela extremidade norte da Baía se encontram próximo a Reserva Extrativista Marinha de Pirajubaé (MARTINS *et al.*, 1997; PRUDÊNCIO, 2003). Estudos baseados em modelos numéricos (MELO *et al.*, 1997; PRUDÊNCIO, 2003) mostram a existência de uma onda estacionária no centro da Baía Sul, na altura da

desembocadura do Rio Cubatão do Sul (MELO *et al.*, 1997; PRUDÊNCIO, 2003), conhecida pelos pescadores locais como “tombo da maré”.

As correntes de maré apresentam-se ligeiramente mais intensas nos momentos de enchente de maré do que nas vazantes, inclusive na área do estreitamento central onde a direção prioritária do escoamento se dá de sul para norte na vazante (PRUDÊNCIO, 2003). Segundo Truccolo (1998), efeitos meteorológicos podem causar expressivas sobre-elevações no nível do mar em relação às marés astronômicas na região costeira catarinense, podendo estas serem superiores a 1 m em condições extremas.

As Baías Norte e Sul de Santa Catarina, além de sua beleza paisagística, possuem grande importância econômica e social para as cidades de entorno, já que estas são utilizadas para a prática de uma série de atividades como o turismo, a maricultura e a pesca artesanal. Todavia, atividades transformadoras da paisagem e da condição de qualidade de água são cada vez mais comuns, como os aterros para expansão viária e despejo de efluentes da estação de tratamento de esgotos. Além das atividades dos municípios diretamente no entorno das Baías, a presença das Bacias Hidrográficas dos Rios Biguaçu e Cubatão do Sul, nas Baías Norte e Sul, respectivamente, representam riscos potenciais na mudança das características naturais destes sistemas, pois uma significativa parcela de dejetos, provindos das cidades com expressiva densidade populacional e atividade agrícola, localizadas nestas bacias, acabam aportando no interior das Baías. Os principais agentes impactantes da urbanização, segundo o poder público local, são o esgoto doméstico que é despejado *in natura*, inclusive por um emissário submarino, os resíduos hospitalares, os agrotóxicos e adubos, os efluentes industriais e a erosão dos solos (SANTA CATARINA, 1996 e 1997).

O trabalho agrícola na região é predominantemente familiar, exercido em propriedades com tamanho inferior a 50 ha e está baseado na cultura de hortifrutigranjeiros, principalmente tomate (SANTA CATARINA, 2001). Estima-se o uso de 188 kg/ano de agrotóxicos por propriedade rural, em sua maioria pertencentes aos grupos químicos dos carbamatos e organofosforados (OLIVEIRA, 1997; LEÃO, 1998). Uma vez dispostos no ambiente, os carbamatos e

organofosforados são rapidamente hidrolisados resultando em compostos nitrogenados e fosfatados (LAWS, 1993).

A população que habita o entorno da Baía Norte e Sul de Santa Catarina abrange 9 municípios conurbados, cujo crescimento populacional passou de 387.119 habitantes em 1980 (IBGE, 1983), para 815.564 em 2007 (tabela 3; IBGE, 2007). No entorno das Baías Norte e Sul localizam-se os municípios de Governador Celso Ramos, Biguaçu, São José, Florianópolis (capital do Estado) e Palhoça. Já nas bacias hidrográficas que serão estudadas no trabalho (figura 9, tabela 3) encontram-se os municípios: Biguaçu e Antônio Carlos na bacia hidrográfica do Rio Biguaçu; Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, Águas Mornas e parte de São Pedro de Alcântara na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul; novamente Palhoça na bacia hidrográfica do Rio Maciambu; e Florianópolis nas bacias hidrográficas do Rio Ratonés, Itacorubi e Tavares.

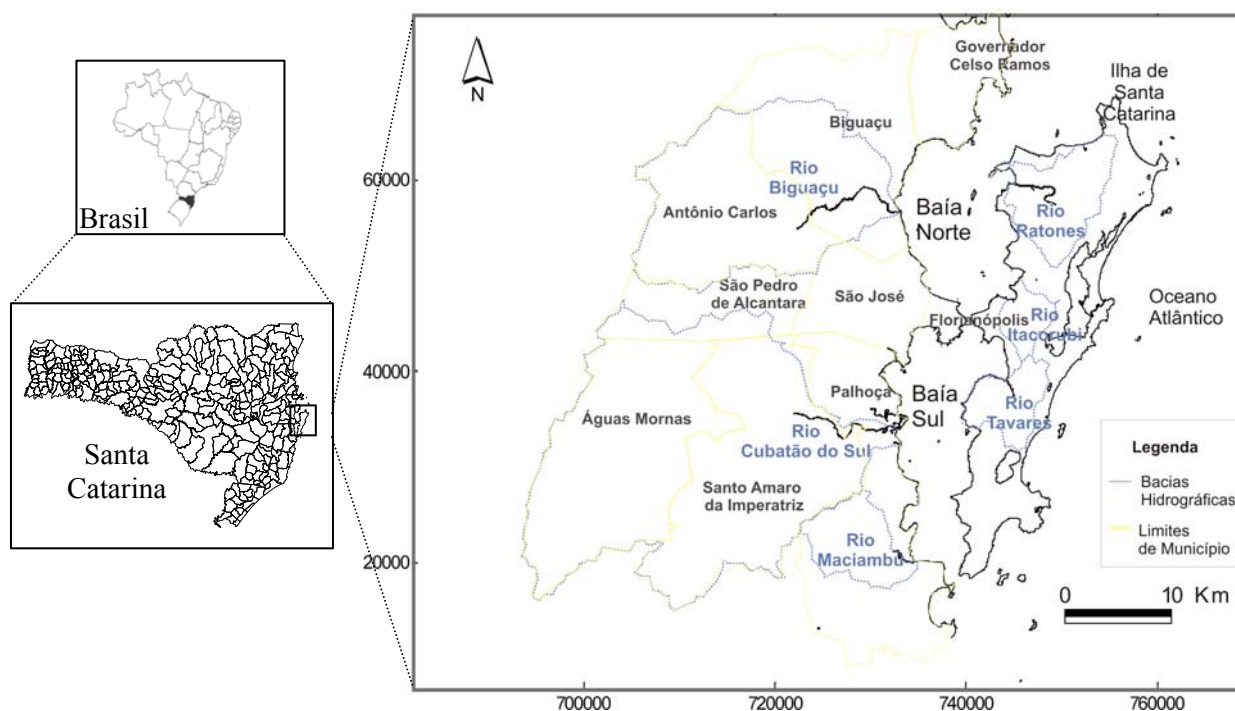


FIGURA 9 – Localização das Baías norte e sul de Santa Catarina e bacias hidrográficas estudadas (Fonte: Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina – Epagri/SDS, 2005 e Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina- Epagri/IBGE, 2004).

TABELA 3 – População e área dos municípios nas Bacias Hidrográficas estudadas no trabalho e no entorno das Baías Norte e Sul.

Município	Localização	Habitantes Urbanos	Habitantes Rurais	População Total	Área (km ²)
Águas Mornas	Bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul	1.924	2.486	4.410	327,7
Antônio Carlos	Bacia hidrográfica do Rio Biguaçu	2.072	5.015	7.087	245,1
Biguaçu	Bacia hidrográfica do Rio Biguaçu	48.039	5.405	53.444	301,6
Florianópolis	Bacias hidrográficas dos rios Ratonos, Itacorubi e Tavares	-	-	396.723*	434,1
Governados Celso Ramos	Entorno da Baía Norte	11.587	588	12.175	102,2
Palhoça	Bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul e do Rio Maciambu	116.987	5.484	122.471	322,7
Santo Amaro da Imperatriz	Bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul	13.974	3.628	17.602	353,4
São José	Entorno das Baías Norte e Sul	-	-	196.887*	115,7
São Pedro de Alcântara	Bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul	3.631	1.134	4.765	141,1
Total		198.214	23.740	815.564	2.344

Fonte: Áreas - Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina Epagri/IBGE (2004) e Contagem da População - IBGE (2007)

Nota: (*) População estimada – Alguns municípios com mais de 170 mil habitantes não foram abrangidos pela contagem da população de 2007.

Mais especificamente em relação ao número de habitantes rurais em cada bacia, podem ser apresentadas as estimativas preliminares do Levantamento Agropecuário de Santa Catarina (LAC) (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E POLÍTICA RURAL, 2005) e alguns de seus resultados encontram-se na tabela 4.

TABELA 4 – Área da Bacia Hidrográfica e sua população nos estabelecimentos rurais

Bacia hidrográfica	Área (km ²)	Número de habitantes nos estabelecimentos rurais
Cubatão	743	3835
Biguaçu	383	3558
Ratones	91	-
Maciambu	71	36
Tavares	50	40
Itacorubi	28	172

Fonte: Áreas das Bacias Hidrográficas - EPAGRI/SDS (2005) e habitantes rurais - Secretaria de Estado da Agricultura e Política Rural (2005).

A principal bacia hidrográfica que deságua na Baía Norte de Santa Catarina é do Rio Biguaçu, localizado na porção continental, seguida das bacias dos Rios Ratones e Itacorubi, ambos com nascentes na Ilha de Santa Catarina. Além desses aportes, pode-se destacar também o Rio Pau do Barco, do lado insular.

Na Baía Sul, as principais bacias hidrográficas são provenientes do Rio Cubatão do Sul e Maciambu, ambos do lado oeste da Baía (porção continental). Na porção insular a principal bacia hidrográfica é a do Rio Tavares. Existem outras pequenas bacias contribuintes de água doce para a porção oeste da Baía Sul, como a dos rios Maruim, Grande, Aririú e Pacheco. Na porção leste ocorrem os rios Ribeirão e dos Defuntos, além do despejo dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de Florianópolis.

Geomorfologicamente a área costeira de Santa Catarina caracteriza-se por vales erodidos voltados para o mar e maciços, morros e colinas envolvidas total ou parcialmente por sedimentação quaternária marinha (CRUZ, 1998). A pesquisa pioneira de caráter geológico regional na Ilha de Santa Catarina foi realizada por Scheibe & Teixeira (1970) *apud* Horn Filho *et al.* (1997). As bacias hidrográficas que desembocam nas Baías são caracterizadas pelo complexo cristalino pré-cambriano, representado por granitos grosseiros e rochas extrusivas - principalmente riolitos. De maneira geral, apresentam rochas ígneas e metamórficas, além dos depósitos sedimentares decorrentes de eventos ocorridos no Quaternário que, através dos processos de erosão e deposição, marcaram a área tanto nos aspectos geológicos como geomorfológicos.

A cobertura vegetal das bacias hidrográficas está inserida nos domínios do bioma Mata Atlântica, dividindo-se em duas grandes regiões fitogeográficas: a

Vegetação Litorânea e a Floresta Pluvial de Encosta Atlântica, também denominada Floresta Ombrófila densa. A Vegetação Litorânea desenvolve-se na planície costeira, sobre solos jovens formados no Quaternário. Nestes solos se desenvolvem as vegetações de manguezal, de dunas e de restinga. A foz dos rios é colonizada por vegetação de marisma, como a gramínea *Spartina alterniflora*, e vegetação típica de manguezal, composta predominantemente pelas espécies *Avicennia schaueriana* (mangue-preto ou siriúba), *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) e a *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) (SOUZA SOBRINHO *et al.* 1969; PANITZ, 1986; SORIANO-SIERRA *et al.* 1986). As duas maiores áreas de manguezal e marisma na região de estudo encontram-se nas unidades de conservação Estação Ecológica de Carijós, cujos principais aportes são os rios Ratonés e Veríssimo, e a Reserva Extrativista Marinha de Pirajubaé, que é formada pelo rio Tavares. Bosques de manguezal e marismas aparecem também nas desembocaduras dos rios Itacorubi, Saco Grande (que também faz parte da Estação Ecológica de Carijós) e da Tapera. No caso do manguezal do Rio Tavares, Espinoza & Rosa (2009) constataram, através de técnicas Sensoriamento Remoto, que a espécie dominante foi a *Avicennia schaueriana*, com coberturas medianas de *Laguncularia racemosa* e menores quantidades da espécie *Rhizophora mangle*.

Estima-se que nos últimos anos (por volta de sessenta anos), 51% das áreas ocupadas por manguezais na Ilha de Santa Catarina foram eliminadas devido a expansão urbana de forma desordenada (CARUSO, 1983; SIERRA DE LEDO *et al.*, 1997). Panitz (1992), Sierra de Ledo & Soriano-Sierra (1997) estudaram os principais estressores nos manguezais de Itacorubi e Ratonés na Ilha de Santa Catarina e de Palhoça e Biguaçu no continente vizinho. Os resultados mostraram que a vegetação dos manguezais responderam diretamente às diferentes ações dos estressores, especialmente, quanto à matéria orgânica e entrada dos nutrientes.

Há também formações vegetais introduzidas pelo homem, como as pastagens para o gado, plantações diversas e reflorestamento com a espécie exótica *Pinus sp.*, que se dispersam facilmente. No lado continental, na região sob influência das marés restam pequenas faixas de marisma e plântulas de árvores de mangue. Os bosques de manguezal mais expressivos estão localizados junto ao limite do Parque Estadual Serra do Tabuleiro, na foz dos rios Maciambu, Cubatão do Sul e Aririú.

3.3 APORTES ESTUARINOS

A seguir serão caracterizados brevemente os aportes estuarinos estudados na pesquisa. Estes aportes estão ordenados da maior para menor bacia hidrográfica (tabela 4), iniciando pelos estuários do lado continental: Cubatão do Sul, Biguaçu, Maciambu; e posteriormente do lado insular: Ratonés, Tavares e Itacorubi.

3.3.1 Rio Cubatão do Sul

No Litoral Centro Catarinense, pode-se afirmar que todos os rios apresentam alguma intensidade de poluição, principalmente por esgoto domiciliar e hospitalar, resíduos sólidos, agrotóxicos, efluentes industriais e sedimentos. A bacia do rio Cubatão Sul é a mais preocupante tendo em vista sua importância para o abastecimento da Grande Florianópolis. (ANA, 2005).

O principal aporte fluvial do lado continental na Baía Sul é proveniente da bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul. Possui a maior densidade de drenagem (1,38 Km/Km²) comparativamente aos outros rios que deságuam nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina. Possui 65 km de extensão e é formado a partir da junção dos rios do Cedro e Bugres, no município de São Bonifácio. Quanto à zona estuarina, Santos (2003) observou estratificação vertical da coluna d'água em 24 de fevereiro de 2002 sob maré de sizígia, até 6 km a partir da desembocadura. O limite da zona estuarina localiza-se no município de Palhoça.

Martins *et al.* (1997) estudaram a dispersão de poluentes a partir do Rio Cubatão do Sul, que apresenta expressivo cultivo de hortaliças e criação de gado bovino, e concluíram que os ventos de Nordeste, embora mais fracos que os de sul, propiciam melhores condições de transporte dos poluentes para o exterior da Baía, através da Ponta dos Naufragados. Já sob vento sul, estes poluentes migram em direção ao norte e ficariam aprisionadas por longo período no interior da Baía Sul.

A retirada da mata ciliar, o despejo de esgoto doméstico, a extração de areia e a agricultura vêm gradativamente degradando tanto as margens como a qualidade e quantidade de suas águas.

3.3.2 Rio Biguaçu

O principal aporte fluvial do lado continental na Baía Norte é proveniente da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu. Este rio possui aproximadamente 40 km de extensão e sua zona estuarina foi estudada por Campos (2003) que constatou estratificação vertical da coluna d'água em 25 de fevereiro de 2002 sob maré de sizígia, até 5 km a partir da desembocadura. Nessa zona localiza-se o município de Biguaçu.

O Rio Biguaçu é um rio cuja desembocadura é dragada com relativa frequência. Segundo Sr. Alvorí Cantú (CIDASC, *com. pessoal* em 2006) , em 1994, foram retirados por sucção 2.700 m³ mensalmente até um volume de sedimento de 350.000 m³ e em 1996 foi retirado um volume de 170.000 m³ a 1.200 m da foz. Em 2006, de janeiro a julho foram dragados 35.847 m³. Segundo Fortes (1996), na proximidade da foz do Rio Caveiras, que é um dos afluentes do Biguaçu, seu depósito paludial (caracterizado por camadas turfáceas formadas por depressões intercristas e/ou influência estuarina) também foi totalmente destruído por aterros e loteamentos. As barras de desembocadura e o canal do Rio Biguaçu, junto à foz, são compostos por sedimentos sílticos e argilosos, podendo ocorrer areia grossa em alguns trechos. A barra de desembocadura caracteriza-se por um depósito sedimentar em forma de coroa, cuja formação está associada, principalmente, às obras de retificação com extensão de 10,7 km, entre 1966 e 1970, nos principais canais fluviais da Bacia.

Fortes (1996) ressalta que de maneira geral, interferências humanas bastante evidentes no Rio Biguaçu são a ocupação humana de forma não planejada, alteração de canais de drenagem por obras de retificação, extração de areia dos leitos dos rios, aterros inadequados sobre mangues, edificação em encostas com alta declividade em terrenos de mangue (zonas sujeitas a constante inundação por água marinha), cultivo de hortaliças, criação de gado bovino e exploração mineral de rochas. A indústria é formada, na maioria, por pequenas empresas de insumos urbanos (indústrias de produtos alimentares, produtos de matéria plástica, mobiliário, entre outras). O acelerado crescimento do banco submerso na desembocadura do Rio Biguaçu, nas últimas décadas, está associado às alterações na rede de

drenagem da respectiva bacia hidrográfica, formando uma feição deltáica intermitente. As obras de retificação de canais que tinham a intenção de acabar com as enchentes, resultaram num aumento da velocidade de fluxo e da capacidade de transporte da corrente fluvial, gerando acelerado processo de assoreamento da foz do rio. Em 1994 foi feita dragagem para desobstrução da foz e o material retirado foi depositado na margem esquerda do Rio Biguaçu a aproximadamente 200 m da foz e próximo ao perímetro urbano, soterrando área de manguezal e de paleocanais fluviais. Campos (2003) observou no dia de sua coleta (25/02/2002) extração de areia por uma draga a aproximadamente 7 km da desembocadura, o que causou elevados valores de turbidez (183 NTU) até uma distância de aproximadamente 1 km.

3.3.3 Rio Maciambu

O estuário do Rio Maciambu aporta do lado continental na Baía Sul e é o segundo maior aporte hidrográfico para esta Baía, após o Rio Cubatão do Sul. O estuário está inserido no município de Palhoça, dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, que é a maior unidade de conservação de proteção integral no Estado de Santa Catarina (criado através do Decreto nº 1.260/75).

Quanto a sua zona estuarina, através da análise integrada das variáveis hidroquímicas, Martins *et al.* (2005) fizeram uma primeira proposta de setorização do estuário do Rio Maciambu em: Subambiente estuarino-marinho até 2,5 km da desembocadura; Subambiente estuarino-fluvial até 4 km da desembocadura e Subambiente fluvio-estuarino até 5 km da desembocadura. Em condição de maré enchente de sizígia, esses autores constataram que a zona estuarina estudada estendeu-se por aproximadamente 5 Km a partir de sua desembocadura na Baía Sul.

Milan *et al.* (2006) concluíram que a distribuição das diferentes espécies de foraminíferos bentônicos neste estuário encontra-se relacionada ao balanço existente entre o fluxo de água doce e a influência marinha, onde as oscilações de temperatura e principalmente de salinidade resultam em diferentes ambientes. Na porção mais a montante, onde esses organismos apresentaram menor densidade,

dominam espécies aglutinantes, principalmente *Miliammina* spp. A jusante, onde a salinidade e a temperatura foram mais altas, dominam espécies calcárias, destacando-se os gêneros *Ammonia* e *Elphidium*. A transição de espécies calcárias para aglutinantes ocorreu de forma gradativa ao longo do estuário, exceção feita a uma amostra localizada no estuário inferior com características biossedimentológicas típicas de setores mais a montante. Esta ruptura no gradiente está relacionada provavelmente a uma contribuição fluvial localizada neste ponto, ocorrendo o domínio de espécies aglutinantes e sedimentos finos com alto teor orgânico.

A planície do Maciambu apresenta basicamente dois pacotes arenosos superpostos, o inferior composto por areias praias com tubos fósseis de *Callichirus major* e o superior, formado por areias eólicas pedogenizadas (CARUSO, 1993). Os arcos praias e os terraços mais elevados contrastam com as zonas úmidas do manguezal e baixios nas desembocaduras do estuário do Maciambu, ao norte, e com as areias do pontal da Guarda do Embaú no rio da Madre, ao sul. A formação da planície está muito mais ligada aos materiais e aos processos marinhos do que aos continentais, sendo que as duas bacias fluviais que a ladeiam aparentemente tiveram pouca influência na sua formação (CRUZ, 1998).

A ocupação na planície do Maciambu ocorre de forma esparsa, havendo pequenos povoados compostos principalmente por famílias de pescadores. Há também um número reduzido de agricultores com pequenas propriedades, atendendo provavelmente o mercado da Grande Florianópolis. Uma atividade que deve ser ressaltada é a rizicultura, estando presente em um expressivo trecho da planície do Maciambu, principalmente as margens da BR – 101.

3.3.4 Rio Ratonés

O estuário do Rio Ratonés aporta do lado insular na Baía Norte e fica dentro da Estação Ecológica (ESEC) de Carijós. Nessa Unidade de Conservação Federal não podem ocorrer usos diretos de recursos naturais. Segundo Bússolo Júnior (2002), na sua desembocadura encontram-se sedimentos arenosos. O manguezal do Rio Ratonés totaliza 6,25 km², abrangendo os estuários dos rios Papaquara,

Ratones e Veríssimo. Salienta-se que o único curso não retificado foi do Rio Veríssimo.

Segundo Pimenta (2003), a ONG Amigos de Carijós no Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós e IBAMA, 2002 *apud* Pimenta, 2003, realizaram durante o mês de outubro de 2003, na bacia hidrográfica do Rio Ratones em um intervalo de dez dias, duas séries de coletas de amostras de água em sete pontos estratégicos localizados nos principais rios e canais da bacia. Foram realizadas análises bacteriológicas dessas amostras pelo Laboratório da Estação de Tratamento de Água de Jurerê Internacional. Os resultados determinaram que todos os pontos analisados apresentaram valores superiores ao padrão de 800 NMP/100mL, considerado como limite para balneabilidade própria pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FATMA). Na quase totalidade dos pontos o valor de coliformes fecais foi superior a 16.000 NMP/100mL. Esses resultados indicam contaminação por esgotos domésticos nessa bacia hidrográfica e que provavelmente estão associados ao tratamento de esgoto através de fossas sépticas e sumidouros onde não são feitas adequadas manutenções periódicas.

Antes da criação da ESEC de Carijós (12/07/1987), a bacia hidrográfica do Rio Ratones sofreu intervenções em seus cursos naturais com a mudança da drenagem natural através da abertura de novos canais, retificação de meandros, canalização, aterros, construções de casas e rodovias, que alteraram significativamente a dinâmica de erosão e sedimentação fluvial. De acordo com Fidélis (1998), as principais alterações promovidas por essas obras na década de 40 foram a construção das comportas construídas para barrar as subidas das marés fazendo que estas modificações reduzissem em 47% as áreas de manguezal na Bacia de Ratones.

Apesar do estuário do Rio Ratones estar em uma Unidade de Conservação, essa Unidade encontra-se inserida em regiões com adensamento humano, sendo portanto susceptíveis às interferências do seu entorno. Além disso, a área da ESEC de Carijós legalmente protegida não abrange toda a bacia hidrográfica, não incluindo, por exemplo, a porção das nascentes, sendo sua suscetibilidade a interferências ainda maior.

3.3.5 Rio Tavares

A bacia do Rio Tavares encontra-se na porção centro-oeste da Ilha de Santa Catarina, ao sul do centro urbano de Florianópolis. Os rios que integram sua bacia são de pequeno porte. Ao norte, o Rio Tavares inicia seu curso nos morros do Sertão e do Badejo, e ao sul, o principal afluente, Ribeirão da Fazenda, nasce no Morro dos Padres. Os médio e baixo cursos desses rios percorrem áreas de planície, desaguando na Baía Sul após atravessar uma grande extensão de manguezal, a maior da Ilha de Santa Catarina (aproximadamente 8 km²). A área de mangue fica localizada dentro da Reserva Extrativista Marinha de Pirajubaé (Decreto Presidencial nº 533, de 20/05/1992), com uma área de 14,4 km². Nessa Unidade de Conservação federal podem ocorrer usos diretos de recursos naturais, como ocorre a extração de berbigão.

Quanto a extensão da zona estuarina, Araújo (1993) no período de janeiro a junho de 1992, constatou, com base nos valores médios de salinidade, que a zona atingida pelas oscilações de maré estende-se, por aproximadamente, 7 km a partir da foz do Rio Tavares.

Araújo (1993) fez 12 coletas (janeiro a junho de 1992) desde a nascente do Rio Tavares até sua foz e em seu principal afluente o Ribeirão da Fazenda, de parâmetros físico-químicos (coletados a meia água na maré de enchente) e microbiológicos (coletados na maré de enchente e vazante), além de associar a aspectos da dinâmica da vegetação em 34 anos (fotografias aéreas de 1956 e 1978 e imagem de satélite SPOT de 1990). Algumas de suas conclusões foram em relação à influência antrópica com riscos à saúde pública e ambiental, além do comprometimento aos fins da Reserva Marinha de Pirajubaé. Mais especificamente, em relação à vegetação de mangue, a autora constatou que houve um decréscimo de 12,67% em 34 anos. De maneira geral, com relação ao resultado das análises físico-químicas, os valores médios mais altos de salinidade, DBO, nitrogênio total e fósforo total foram encontrados na foz, decrescendo em direção à montante do rio. Esses valores foram considerados permissíveis pela legislação vigente na época-classe 7, artigo 10, resolução nº 20 CONAMA de 1986, porém vale salientar que de acordo com Resolução do CONAMA nº 357 de 2005, alguns valores médios já não

se enquadraram como permissíveis, como o fósforo total e oxigênio dissolvido. Em relação aos parâmetros microbiológicos, em maré de enchente, valores acima do permitido pela legislação (artigo 10, resolução nº 20 CONAMA de 1986 e CONAMA 274 de 2000) foram localizados até o médio curso do Rio Tavares e os maiores valores foram encontrados na foz (110.000 NMP/100ml), evidenciando a contaminação por lançamentos orgânicos provenientes da jusante trazidos pela oscilação da maré. Na estação mais a montante (no morro do Sertão) não foi constatado nenhum parâmetro acima da legislação (artigo 1, resolução nº 20 CONAMA de 1986 e CONAMA 357 de 2005). Os valores de salinidade foram 0, nitrogênio total 0, coliformes fecais 0, os menores valores de DBO e o fósforo total também foram 0, sugerindo que a principal fonte de fosfato do Rio Tavares é o lançamento doméstico, já que as rochas da cabeceira do rio são de origem granítica, não tendo fósforo em sua composição.

3.3.6 Rio Itacorubi

A bacia hidrográfica do Rio Itacorubi deságua na Baía Norte e é drenada pelos rios Sertão e Itacorubi na Ilha de Santa Catarina, rios de pequeno porte e de percurso sinuoso, com respectivamente 4 km e 5,9 km de extensão, com profundidades entre 0,5 e 3 m e largura média de 14 m. Existem também, canais naturais e artificiais, construídos para drenagem, ocupando hoje cerca de 1,42 km², 79% menor que sua área original (SORIANO-SIERRA, 1993; MASUTTI, 1999).

Laut *et al.* (2006) setorizaram o estuário em três zonas, com base na distribuição de foraminíferos bentônicos, ocorrência de bactérias aeróbicas e anaeróbicas e fatores abióticos, tais como os teores de matéria orgânica no sedimento. Os setores foram associados ao provável gradiente de confinamento que se estabelece na área: grupo A – aumento na participação de representantes de condições marinhas; grupo B – abundância de espécies sem dominância no estuário externo e grupo C com espécies estuarinas típicas de áreas mais confinadas. Os grupos sugeriram condições tróficas aceitáveis no estuário externo e tendências a eutrofização no estuário interno.

Às margens do Rio Itacorubi funcionava o antigo aterro sanitário da cidade, que esteve ativo durante 33 anos, acumulando cerca de 75 milhões de toneladas de lixo em área de 12 ha sob o manguezal (PANITZ, 2003). Mesmo após sua desativação, a infiltração e a percolação de água no terreno trazem para dentro do canal do Rio Itacorubi o chorume (DALOTTO, 2003).

Segundo Sr. Alvorí Cantú (CIDASC, *com. pessoal* em 2006), o Rio Itacorubi foi dragado há cerca de 10 anos atrás. Masutti (1999) estudou o manguezal do Itacorubi em relação aos metais pesados nos compartimentos bióticos (*Spartina alterniflora*, *Mytella guyanensis* e *Chasmagnatus granulata*) e abióticos (sedimento e água intersticial). A autora concluiu que este encontra-se moderadamente contaminado, principalmente por Cádmio e Cobre, e sua função como barreira biogeoquímica foi verificada. Com exceção do chumbo, o manguezal apresentou maiores concentrações de metais em relação aos estudos anteriores verificados pela autora. O aterro de lixo pareceu ser a principal fonte de metais, que, entretanto, pode estar também sujeito ao aporte através da Baía adjacente. Apesar de ser considerado Área de Preservação Permanente (APP) pela legislação ambiental, o manguezal do Itacorubi vem sofrendo vários impactos antrópicos e possui hoje cerca de 150 ha (1,5 km²), menos de 60% da sua área original (PANITZ, 1997). De acordo com o Plano Diretor da Grande Florianópolis, o manguezal do Itacorubi é cercado por “zonas de urbanização prioritárias” e “zonas de urbanização autorizada” (SORIANO-SIERRA *et al.*, 1998). Sua área foi sucessivamente reduzida para a construção da rodovia SC-403, a construção do aterro sanitário com cerca de 12 ha (0,12 km²), para o loteamento Santa Mônica e mais recentemente para construção do Shopping Iguatemi. Alguns dos impactos antrópicos, sofridos no manguezal e conseqüentemente no estuário, são o aporte de efluentes de esgotos não tratados de toda bacia hidrográfica, que drena grandes bairros como Trindade, Pantanal, Córrego Grande, Itacorubi e Santa Mônica e efluentes de laboratórios da Universidade Federal de Santa Catarina e do Hospital Universitário (PANITZ, 1997).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO DOS DADOS DE CAMPO

Entre 2007 e 2008 foram obtidos, em duas datas de coletas, dados de qualidade da água em cada um dos seis estuários que aportam nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina (figura 10). Foram amostradas em duas datas de coleta buscando analisar diferentes condições precipitações pluviométricas. Estas campanhas foram sempre em maré de sizígia, sob duas condições de preamar e baixamar. A estratégia de coletar em maré de sizígia e sob duas condições de maré foi escolhida por propiciar observação de condições extremas em relação as variações de maré no estuário. Estes estuários amostrados apresentam diferentes estágios de urbanização, sendo Cubatão do Sul (na Baía Sul), Biguaçu (na Baía Norte) e Itacorubi (na Baía Norte) mais urbanizados se comparados aos outros três que estão localizados em Unidades de Conservação: Ratonés (na Baía Norte), Maciambu (na Baía Sul) e Tavares (na Baía Sul).

Parâmetros físico-químicos (salinidade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido) foram determinados em campo, com uma sonda multiparâmetro YSI - 556MPS, com limite de detecção de 0,01, calibrada para utilização em campo sempre no dia anterior à coleta. Esses parâmetros foram medidos na água de superfície e fundo desde a região fluvial até as Baías, após a desembocadura dos estuários (figura 10).

Amostras de água foram obtidas, com auxílio de uma garrafa tipo *Van Dorn*, com capacidade de 1,5 litros, em dois níveis (superfície e 10 cm do fundo) para análise em laboratório da concentração dos nutrientes totais e inorgânicos dissolvidos, clorofila-a, turbidez e coliformes fecais. Essas amostras foram acondicionadas no campo, sob refrigeração, em frascos numerados e previamente limpos com ácido clorídrico diluído.

O sedimento foi coletado através do amostrador *Van Veen* e colocado em frascos plásticos de aproximadamente 150 mL contendo solução de Rosa de Bengala, diluída em álcool 40%, para corar o protoplasma dos foraminíferos vivos no momento da coleta ou recém mortos com o corante Rosa de Bengala, além da fixação da amostra pelo álcool.

Foram coletados no máximo os 3 primeiros centímetros superficiais do sedimento, uma vez que a fauna recente se concentra principalmente nesse nível (ALVE e MURRAY, 2001).

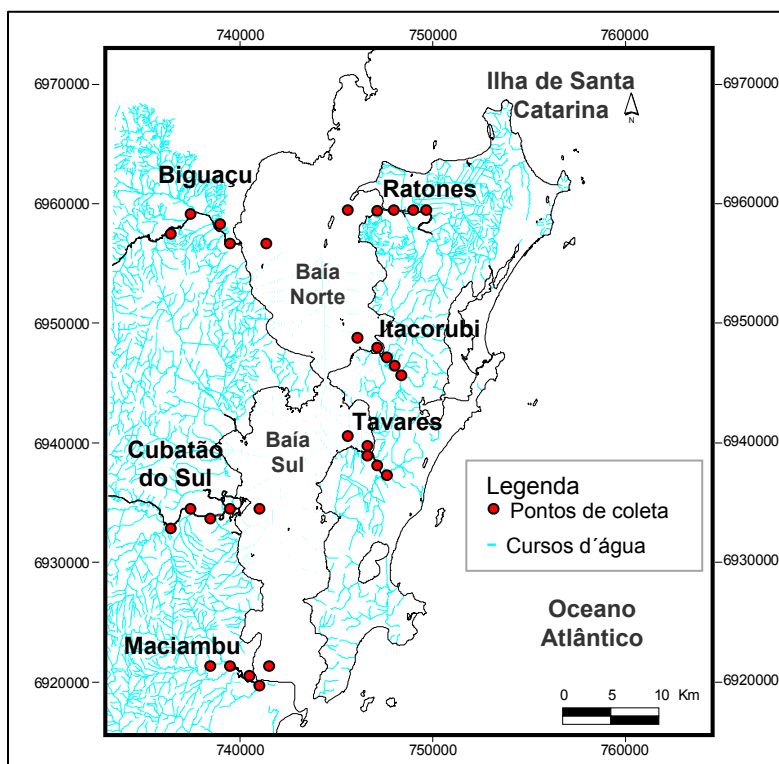


FIGURA 10 – Pontos de coleta dos dados de qualidade da água em cada estuário (fonte: Epagri/IBGE 2004).

Na tabela 5 são apresentadas as datas das coletas dos dados de água e sedimento em cada estuário, ordenadas cronologicamente pela data da primeira coleta. O posicionamento e a hora da coleta (hora não corrigida para o horário de verão) das estações foram determinados com o auxílio de um GPS de navegação Garmin Modelo GPSMAP 76S. Todos os mapas do trabalho estão em Projeção Universal Transversa de Mercator, Datum Horizontal SAD 69, Zona 22S. A profundidade foi determinada através de um cabo graduado.

TABELA 5 – Data das campanhas de coletas dos dados de água e sedimento em cada estuário

Estuários (SC)	Data da 1ª coleta (água: baixamar e preamar)	Data da 2ª coleta (água: baixamar e preamar e sedimento)
Rio Ratores	19/03/2007	25/11/2007
Rio Biguaçu	20/03/2007	10/03/2008
Rio Tavares	04/04/2007	11/12/2007
Rio Cubatão do Sul	20/04/2007	07/04/2008
Rio Maciambu	04/06/2007	25/10/2007
Rio Itacorubi	13/08/2007	25/02/2008

A malha amostral das estações de coleta de água consistiu em cinco estações de coleta, sendo três estações no eixo principal de penetração da água marinha na região estuarina, uma na Baía e a última no primeiro desnível topográfico atingindo a porção fluvial (figura 10, tabela 6). Exceto as estações de coleta localizadas na porção fluvial, todas as estações foram amostradas em condição de preamar e baixamar.

TABELA 6 – Número de amostras coletadas em cada estuário

Local	Nº de estações (água)	Coletas/ estuário	Total de amostras de água nas duas campanhas*	Total de amostras de sedimento
Rio Cubatão do Sul	5	2	34	12
Rio Biguaçu	5	2	36	11
Rio Maciambu	5	2	33	13
Rio Ratores	5	2	31	12
Rio Tavares	5	2	34	14
Rio Itacorubi	5	2	26	8
Número Total	30	12	194	70

Nota: *Quando a profundidade foi inferior a 0,5 m, não foi coletada água de fundo, na porção fluvial foi feita apenas uma coleta e também em algumas situações as amostras da Baía não foram coletadas em preamar por falta de condição amostral (mau tempo).

A nomenclatura das estações de coleta de água seguiu o padrão abaixo (tabela 7):

TABELA 7 – Nomenclatura das estações de coleta de água

Local	Estações de coleta	Compartimento	Condição de maré
C–Rio Cubatão do Sul	1–Baía	S– Superfície	B- Baixamar
B–Biguaçu	2–Desembocadura do estuário	F- Fundo	P- Preamar
M–Maciambu	3 e 4 – interior do estuário		
R–Ratores	5 – porção fluvial		
T–Tavares			
I–Itacorubi			

A malha amostral para coleta dos sedimentos coincidiu com os pontos de água e foram adicionados pontos entre estas estações de água a fim de sua equidistância não ultrapassar 2 km. A nomenclatura das estações de coleta de sedimento seguiu o mesmo padrão das letras iniciais do nome de cada rio, que foram omitidas nas figuras abaixo (11 a 16) para melhorar a apresentação visual, seguida de letras em ordem alfabética para as diferentes estações iniciando da Baía em direção a montante.

As figuras 11 a 16 ilustram as estações de coleta de água e sedimento em cada estuário, sendo em amarelo as estações de água e sedimento e em branco apenas as de sedimento. No Anexo 1 são apresentadas as coordenadas geográficas de cada ponto amostral.



FIGURA 11 – Pontos de coleta no estuário do Rio Cubatão do Sul (imagem: Google Earth, 2007).

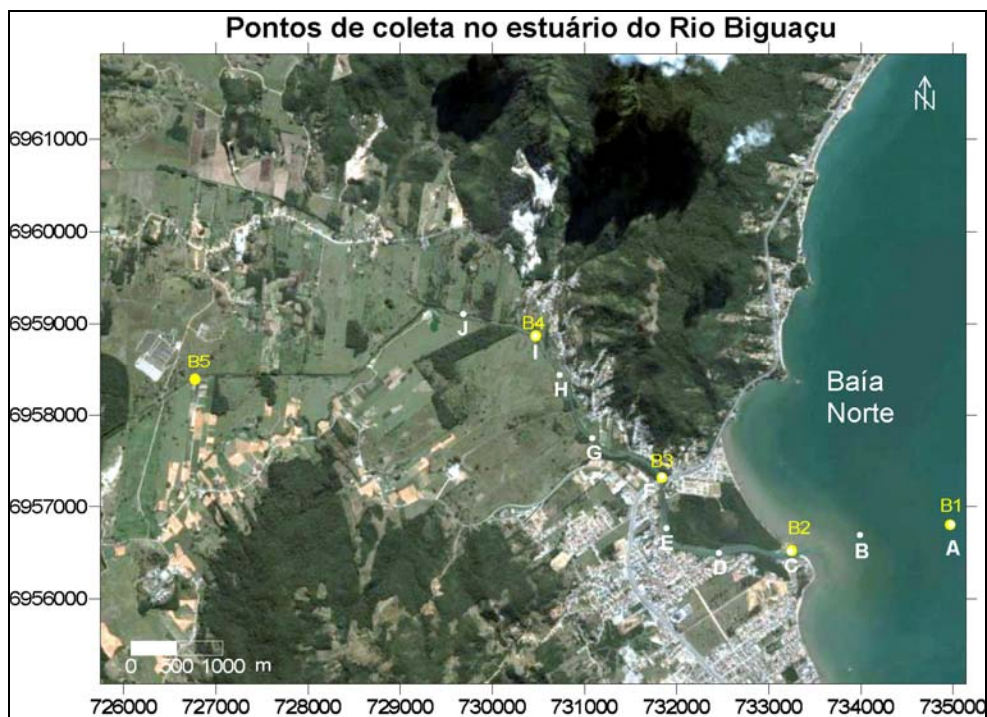


FIGURA 12 – Pontos de coleta no estuário do Rio Biguaçu (imagem: Google Earth, 2007).



FIGURA 13 – Pontos de coleta no estuário do Rio Maciambu (imagem: Google Earth, 2007).

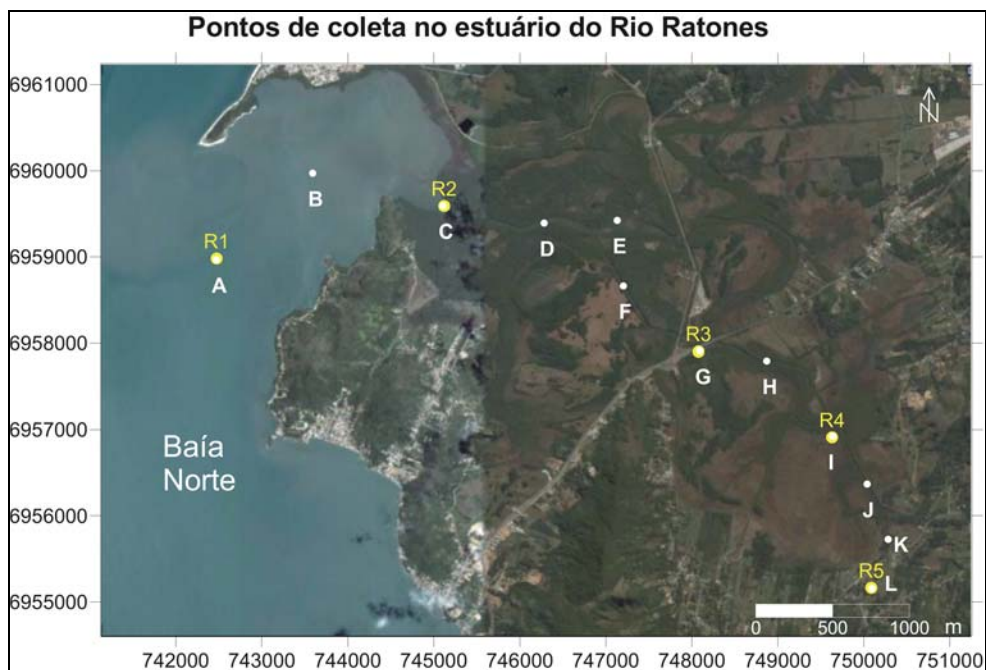


FIGURA 14 – Pontos de coleta no estuário do Rio Ratores (imagem: Google Earth, 2007).

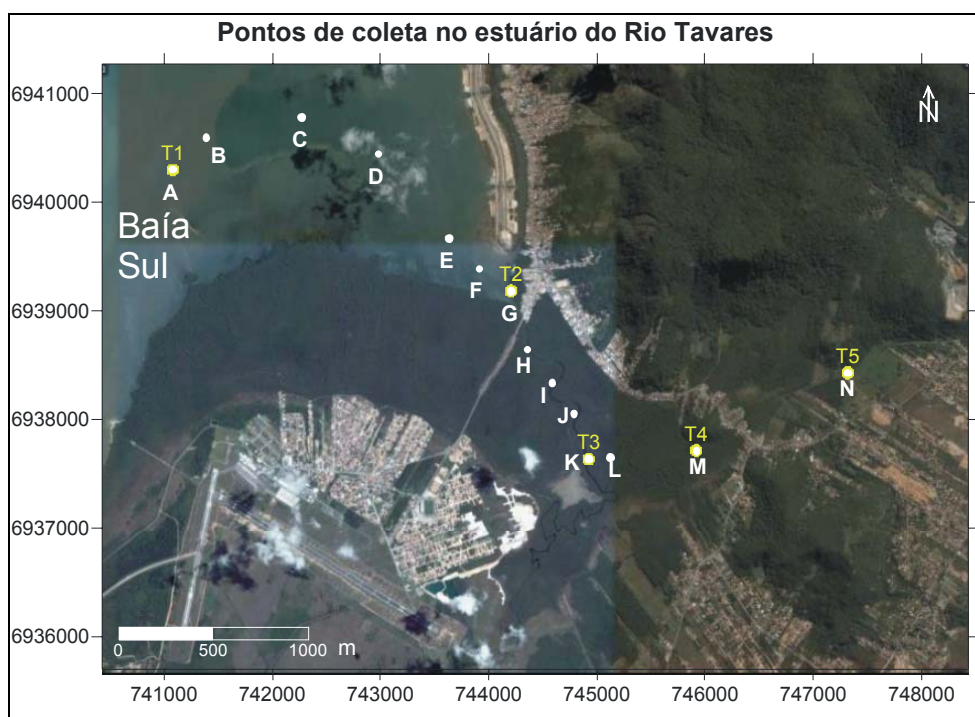


FIGURA 15 – Pontos de coleta no estuário do Rio Tavares (imagem: google earth, 2007).

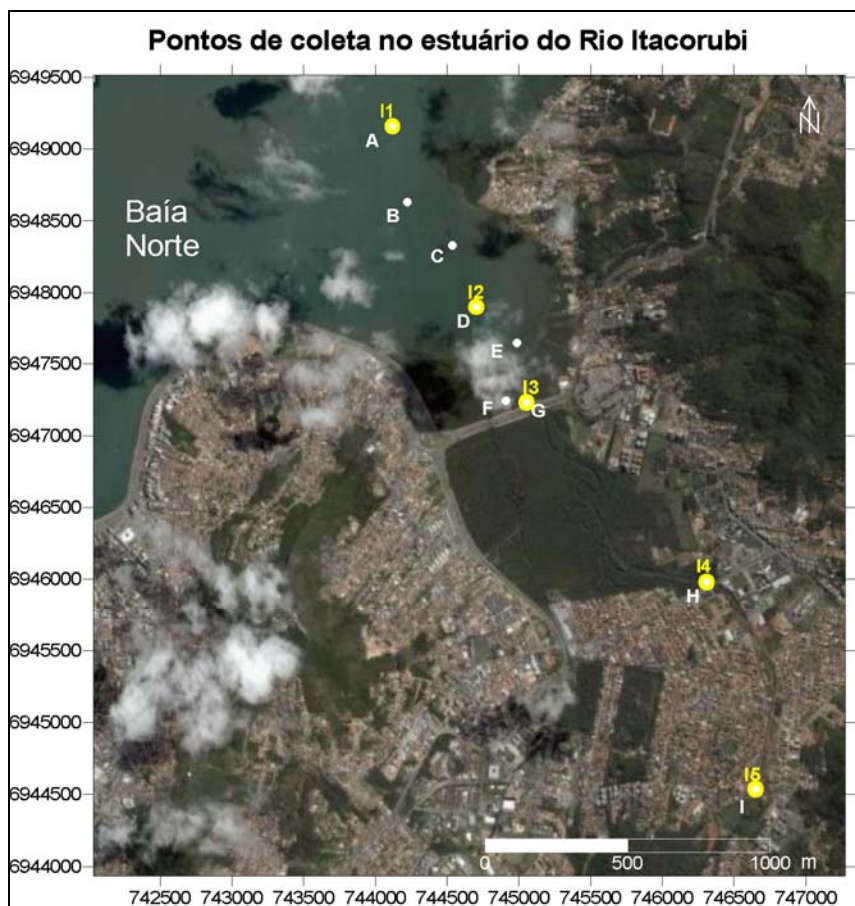


FIGURA 16 – Pontos de coleta no estuário do Rio Itacorubi (imagem: google earth, 2007).

4.2 ANÁLISE LABORATORIAL

Após a coleta em campo, as amostras foram levadas ao laboratório onde foram devidamente acondicionadas de acordo com a análise a ser realizada. A tabela 8 discrimina os parâmetros analisados em laboratório que são detalhados nos subitens 4.2.1 e 4.2.2.

TABELA 8 – Parâmetros analisados em laboratório

Parâmetro	Método
Nutrientes inorgânicos dissolvidos	Filtragem (0,45 µm de porosidade) posterior a coleta / congelamento das alíquotas / Análises espectrofotométricas: nitrato, nitrito, fosfato e silício (AMINOT & CHASSEPIED, 1983), descrito em Baumgarten <i>et al.</i> (1996) e Niencheski <i>et al.</i> (2006) e para o nitrogênio amoniacal Método de Koroleff (1969) descrito em Grasshoff <i>et al.</i> (1983) e Niencheski <i>et al.</i> (2006).
Nitrogênio total e fósforo total	Método de digestão alcalina por persulfato de potássio (KOROLEFF, 1977, 1983 <i>apud</i> PARANHOS, 1996) com leitura posterior em espectrofotômetro do nitrato e fosfato.
Clorofila-a	Material filtrado e congelado para posterior extração em acetona 90% seguida por centrifugação e leitura em método espectrofotométrico (AMINOT, 1983J; PARSONS <i>et al.</i> , 1984 adaptado por PARANHOS, 1996).
Coliformes Totais e fecais	Método de substrato definido (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992) e para a quantificação do Número Mais Provável (NMP) foram utilizadas combinações de poços positivos em séries de 5 poços com diluições da amostra em 0,1; 0,01 e 0,001 mL (BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL, 1984).
Turbidez	Turbidímetro Orbecco 966 (curva calibrada para 0-200 NTU)
Foraminíferos e tecamebas	Separação à úmido da fração arenosa, flotação em tricloroetileno, triagem (BOLTVOVKOY & WRIGHT, 1976) e identificação segundo Loeblich & Tappan (1988).

4.2.1 Descritores da qualidade da água

Após chegada em laboratório as amostras de água para o nitrogênio e fósforo total foram separadas em alíquotas e congeladas (sem filtragem). Dois dias após a coleta, foi feita sua determinação utilizando o método de digestão alcalina por persulfato de potássio (KOROLEFF, 1977, 1983 *apud* PARANHOS, 1996). Após a digestão, foram analisados o ortofosfato segundo métodos espectrofotométricos UV-Vis, descritos em Baumgarten *et al.* (1996) e Niencheski *et al.* (2006) e o nitrato analisado pelo método colorimétrico da Brucina descrito por Fries (1971) também com leitura em espectrofotômetro.

Outras alíquotas de água, também sem filtrar, foram utilizadas para análise dos coliformes e para obter os valores de turbidez.

O grupo de bactérias coliformes é considerado como o principal indicador de contaminação bacteriológica de origem fecal e define a adequabilidade do uso da água. A *Escherichia coli* (*E. coli*, 99% dos coliformes fecais) é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae e é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas, sendo assim importante indicadora de impacto antrópico por lançamento de efluentes domésticos e de pecuária. Os coliformes totais e fecais foram determinados pela equipe do Laboratório de Microbiologia Aplicada à Aqüicultura, do Laboratório de Camarões Marinhos, na Universidade Federal de Santa Catarina. A metodologia utilizada por este laboratório foi a de substrato definido (American Public Health Association, 1992) para simultaneamente detectar coliformes totais e fecais das amostras de água. Foram utilizados dois indicadores, ortho-nitrophenyl-b-D-galactopyranoside (ONPG) e 4-methylumbelliferyl-b-D-glucuronide (MUG), como fonte de carbono e que podem ser metabolizados, respectivamente, pelas enzimas: b-D-galactosidase (produzida por coliformes totais) e b-glucuronidase (produzida por *E. coli*). As amostras positivas para o grupo de coliformes totais crescem na amostra com o substrato, utilizando b-galactosidase para metabolizar o ONPG e mudar a coloração de incolor para amarela. As amostras positivas para *E. coli* usam a enzima b-glucuronidase para metabolizar o MUG e gerar fluorescência sob a luz ultravioleta (UV) com o comprimento de onda de 366 nm (APHA, 1992). Para a quantificação do Número Mais Provável (NMP) foram utilizadas combinações de poços positivos em séries de 5 poços com diluições da amostra em 0,1; 0,01 e 0,001 mL (Bacteriological Analytical Manual, 1984).

A turbidez foi determinada na amostra, em temperatura ambiente, através de um turbidímetro de bancada marca Orbecco 966, com limite de detecção de 0,1 NTU, sendo seu sensor previamente calibrado com solução padrão de formazina.

Para as demais análises, o restante das amostras foi armazenado em geladeira com temperatura de 4°C para filtragem 12 horas após a chegada em laboratório.

Para os nutrientes inorgânicos dissolvidos: nitrogênio amoniacal (íon amônio NH_4^+ e amônia NH_3), nitrito dissolvido (NO_2^-), nitrato dissolvido (NO_3^-), Silício reativo

dissolvido (formas mono e dímeras do H_4SiO_4) e ortofosfato dissolvido (íons PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} e H_2PO_4^-), 250 mL da amostra foi filtrada, com auxílio de bomba de pressão a vácuo não ultrapassando a pressão 200 mmHg, em membranas de celulose Whatman de porosidade 0,45 μm para a eliminação do material particulado e retenção das células para análise de clorofila-a. A água filtrada de cada amostra foi separada em diferentes alíquotas para análise imediata. O procedimento metodológico analítico baseou-se em métodos espectrofotométricos UV-Vis, descritos em Baumgarten *et al.* (1996) e Niencheski *et al.* (2006). As amostras foram lidas utilizando cubetas de quartzo de 1 cm de passo óptico em um espectrofotômetro HACH na faixa do visível, onde os comprimentos de onda para cada nutriente foram de: 630 nm para N-NH_4^+ , 543 nm para N-NO_2^- e N-NO_3^- , 810 nm para Si e 885nm para P-PO_4^{3-} . Para o cálculo da concentração das amostras relacionadas às suas absorvâncias foram feitas curvas de calibração anteriores ao início das coletas com os Coeficientes de Correlação Linear de Pearson (R^2) aceitos com mínimo de 0,99, os quais foram 0,9979 para N-NH_4^+ (10 pontos), 0,9992 para N-NO_2^- (15 pontos) e 0,9940 para N-NO_3^- (13 pontos), 0,9967 para para Si (17 pontos) e 0,9990 para P-PO_4^{3-} (10 pontos).

A análise do nitrato foi realizada através de sua redução em coluna de cádmio e análise posterior do nitrito. O nitrato a que se refere a curva de calibração foi utilizado para análise do nitrogênio total que após oxidação foi analisado utilizando o método da Brucina (exposto acima) com leitura em espectrofotômetro do nitrato. Optou-se por não passar a amostra tratada para a análise do nitrogênio total pela coluna de redução de cádmio para evitar a contaminação da mesma, já que as concentrações após a oxidação foram bastante elevadas.

Para certificação do preparo das soluções padrão utilizadas nas diluições para a curva dos nutrientes foram analisadas também diluições a partir de soluções padrões compradas em outro laboratório (ALFAKIT LTDA).

Simultaneamente a todas as análises dos nutrientes inorgânicos dissolvidos foram feitos réplicas com padrões de concentrações para testar a precisão e exatidão das retas de calibração. A precisão e exatidão dos dados obtidos no espectrofotômetro foram testadas de acordo com a porcentagem de recuperação,

modificada segundo normas descritas pela EPA/8015A. A porcentagem de recuperação (r) foi determinada pela equação abaixo:

$$r = 100x \frac{A}{E}$$

onde,

A: é a concentração padrão analisada,

E é a concentração média obtida entre as análises.

As membranas utilizados na filtragem das amostras foram acondicionados separadamente envoltas em papel alumínio e congeladas para análise de clorofila-a, seguindo a metodologia descrita por Aminot (1983J) e Parsons *et al.* (1984) adaptado por Paranhos (1996). A análise consistiu de extração dos pigmentos em 5 mL de acetona 90% num período de 24 horas, no escuro. Após este período, os tubos de ensaio com seus respectivos filtros foram centrifugados por 10 minutos a 4.000 rpm, para a decantação dos resíduos em suspensão. Ao final da centrifugação, foram retiradas alíquotas de 3 mL de cada amostra, para a medida espectrofotométrica da absorbância nos comprimentos de onda de 750 e 665 nm. Por fim, os valores da absorbância, obtida para os diferentes comprimentos de onda acima foram inseridos nas fórmulas estabelecidas por Brandini (2006) para obter as concentrações de Clorofila-a:

$$Clor_a(ug/L) = \frac{(A * K(665 - 665a * v))}{V_f * p}$$

Onde:

A = Coeficiente de absorção da clorofila-a = 11,0

K = Constante de redução da absorbância para a concentração inicial de clorofila-a = 2,43

665 = Absorbância antes da acidificação

665a = Absorbância após a acidificação

v = Volume de acetona usado para extração (mL)

V_f = Volume de água filtrado (em litros)

p = passo ótico da cubeta (cm)

Quando as absorvâncias em 750 e 750a foram positivas, estas foram descontadas dos valores de absorvância de 665 e 665a.

4.2.2 Descritores biológicos no sedimento

No máximo uma semana após a coleta, alíquotas de 50 cm³ dos sedimentos preservados em campo com solução de álcool e Rosa de Bengala, foram peneiradas, à úmido, com malha de 0,062 mm, para separação da fração arenosa da lamosa. Ambas as frações foram armazenadas e secas em estufa com temperatura de 50°C.

A fração retida na peneira foi submetida ao processo de flotação em tricloroetileno (BOLTVOSKOY & WRIGHT, 1976). Obteve-se, assim, uma primeira separação dos foraminíferos, tecamebas e demais organismos com densidade inferior aos demais constituintes do sedimento decantado. O material que ficou no sobrenadante (carapaças, valvas, fragmentos carbonáticos e vegetais, micas, entre outros) foi recolhido em filtros de papel e deixado secar em temperatura ambiente para posterior análise.

Após esta etapa, o material flotado foi pesado e colocado em placas de petri com fundo quadriculado para serem recolhidas as testas dos foraminíferos (triagem) e identificadas. As testas foram triadas a seco com auxílio de pincel de pêlo de marta nº 000 sob lupa Carl Zeiss, com magnificação de até 160X, e acondicionadas em lâminas micropaleontológicas.

Todos os foraminíferos e tecamebas da amostra foram contados, quando tiveram densidades inferiores a 1000 indivíduos e foram recolhidos e armazenados devidamente colados para identificação até 300 organismos quando a amostra era proveniente da Baía e 100 organismos quando a amostra era estuarina. Segundo Patterson & Fishbein (1989), este número garante que espécies que participam na amostra total com no mínimo 10% em abundância estejam significativamente bem

representadas, podendo ser utilizadas com segurança para fins de cálculos estatísticos. Nas amostras com densidade acima de 1000 indivíduos, foi feita uma estimativa de densidade total usando o peso parcial da fração analisada. Foram diferenciados e quantificados na amostra também a população viva no momento da coleta, o percentual de deformações e piritização. Nesse trabalho optou-se por trabalhar com a associação total (vivos + mortos) já que o enfoque foi voltado para avaliação da condição média da distribuição espacial nos estuários e não apenas para os organismos vivos no momento da coleta (DEBENAY *et al.*, 2000).

Os gêneros e quando possível as espécies de foraminíferos e tecamebas foram identificadas com base em pranchas taxonômicas publicadas em diferentes trabalhos científicos sobre foraminíferos de ambientes costeiros, conforme detalhado no Anexo Taxonômico apresentado por Bonetti (2000). A classificação adotada baseou-se no tratado taxonômico de Loeblich & Tappan (1988).

4.3 TRATAMENTO DOS DADOS

4.3.1 Balanço de massa dos fluxos de nutrientes

Foram calculados os fluxos de nutrientes para a zona estuarina utilizando os valores dos pontos coletados em baixamar e preamar, na maré de sizígia, nas duas campanhas, totalizando 4 balanços de massa por estuário. Estes fluxos foram estimados utilizando a metodologia sugerida no projeto *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone* (LOICZ), descrita em GORDON *et al.* (1996).

Nessa metodologia existe a opção de considerar o estuário como uma única caixa (coluna d'água homogênea) ou considerar estratificação da coluna d'água. Optou-se por utilizar as aproximações para sistemas estuarinos estratificados, buscando representar mais adequadamente a circulação estuarina.

A partir desta proposta metodológica foram estimados o balanço de água e sal, fluxo de mistura vertical estuarino e por fim, os balanços de massa do nitrogênio e fósforo inorgânico dissolvido (NID e PID).

Foram utilizadas as seguintes equações (o significado de cada variável está descrito no subitem 2.1.6.1), descritas em detalhe por Gordon *et al.*, (1996):

Balço de água:

$$V_R = -(V_Q + V_P + V_E + V_G + V_O)$$

Balço de sal:

$$V_{\text{sup}} = V_R - V_{\text{fun}}, \text{ onde:}$$

$$V_{\text{fun}} = \frac{V_R S_{\text{sis-s}}}{S_{\text{sis-s}} - S_{\text{oc-f}}}$$

Fluxo de mistura vertical estuarino:

$$V_Z = V_{\text{fun}} \frac{(S_{\text{oc-f}} - S_{\text{sis-f}})}{S_{\text{sis-f}} - S_{\text{sis-s}}}$$

Balço de massa do fósforo inorgânico dissolvido:

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = \Delta DIP_{\text{sup}} + \Delta DIP_{\text{fun}}$$

$$\Delta DIP_{\text{sup}} = -(V_Q DIP_Q + V_{\text{sup}} DIP_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIP_{\text{sis-f}} + V_Z (DIP_{\text{sis-f}} - DIP_{\text{sis-s}}))$$

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = -(V_Q DIP_Q + V_{\text{sup}} DIP_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIP_{\text{oc-f}})$$

Balço de massa do nitrogênio inorgânico dissolvido:

$$\Delta DIN_{\text{sis}} = \Delta DIN_{\text{sup}} + \Delta DIN_{\text{fun}}$$

$$\Delta DIN_{\text{sup}} = -(V_Q DIN_Q + V_{\text{sup}} DIN_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIN_{\text{sis-f}} + V_Z (DIN_{\text{sis-f}} - DIN_{\text{sis-s}}))$$

$$\Delta DIN_{\text{sis}} = -(V_Q DIN_Q + V_{\text{sup}} DIN_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIN_{\text{oc-f}})$$

O Anexo 4 apresenta detalhadamente os cálculos utilizando as equações acima com o Rio Cubatão do Sul, como exemplo.

4.3.1.1 Delimitação das áreas e cálculo do volume da zona estuarina

As áreas das bacias hidrográficas foram obtidas através de soma dos polígonos do Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina (EPAGRI/SDS, 2005) utilizando o programa ArcView 3.2.

Para cálculo dos fluxos por área estuarina no balanço de massa foram digitalizadas as áreas com limites definidos a partir dos dados abióticos (salinidade e pH) e bióticos (foraminíferos) e com suporte de bibliografia, quando existente.

O volume estuarino foi obtido multiplicando a área estuarina pela profundidade média no canal estuarino, conforme constatada em saída de campo.

4.3.1.2 Estimativa da descarga fluvial

A descarga fluvial foi estimada de acordo com a equação clássica estabelecida por Schreiber (1904) *apud* Miranda *et al.*, (2002). Foram utilizadas temperaturas e precipitação mensal, área da bacia hidrográfica e a evapotranspiração estimadas segundo Holland (1978) *apud* Miranda *et al.* (2002), onde foram utilizadas as seguintes equações:

$$V_Q = \frac{\Delta f}{P} \cdot PA \cdot \frac{10^3}{31}$$

onde,

V_Q ($m^3 \cdot d^{-1}$) - descarga fluvial,

$\Delta f/P$ - razão do escoamento superficial,

P ($mm \cdot mes^{-1}$) – média da precipitação mensal

A (km^2)- área da bacia hidrográfica (subitem 4.3.1.1)

$10^3/31$ - o fator de conversão das unidades utilizadas para $m^3 \cdot d^{-1}$.

A razão do escoamento superficial $\Delta f/P$ é calculada pela equação:

$$\frac{\Delta f}{P} = \exp\left(\frac{-E_v}{P}\right)$$

onde, E_v e P indicam as taxas médias mensais de evaporação e precipitação, respectivamente.

$$E_v = 1 * 10^9 \exp\left(\frac{-4620}{(273,15 + T)}\right)$$

onde,

Ev (mm) – evapotranspiração mensal calculada

P (mm) - precipitação média mensal

T (°C) – temperatura atmosférica mensal

4.3.1.3 Parâmetros meteorológicos e regime de maré

Para estimativa da vazão dos estuários que aportam nas Baías provenientes do lado continental, Rio Cubatão do Sul, Rio Biguaçu e Rio Maciambu, foram utilizados os dados da estação meteorológica de São José (latitude: 27°36'07" S, longitude: 48°37'11" O, altitude: 1,84 metros). Já para os estuários provenientes do lado insular foram utilizados dados da estação de Florianópolis-Itacorubi para o Rio Ratonés e Rio Itacorubi (latitude: 27°38'50" S Longitude: 48°30' O, altitude: 2 metros) e Estação Eta Casan do Peri (latitude: 27°43'00' S, longitude: 48°30'00' O', altitude: 1,75 metros) para o Rio Tavares. No caso dos dados de temperatura média mensal foram utilizados os da estação de São José, pois não tinham nas demais estações. Esses dados mensais, referentes ao período do trabalho, foram concedidos pela Empresa Brasileira de Agropecuária (EPAGRI). Para o cálculo da precipitação e evaporação nos balanços de massas foi utilizada o valor médio do mês de coleta (mm/mês), transformada em diária (m/dia) e multiplicada pela área (m²) do sistema, dando o resultado em m³/dia.

A definição da situação da maré (preamar ou baixamar) e fase da maré (sizígia e quadratura) foi feita através de consulta à página dos dados da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), nos períodos das coletas em campo (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/cartas/carta.htm>).

4.3.2 Descritores Ecológicos

Após a identificação das espécies de foraminíferos, seguiu-se a confecção da tabela de abundância total de foraminíferos, realizando a somatória dos organismos vivos e mortos. A partir dos valores de frequência absoluta, calcularam-se os dados de frequência relativa das espécies encontradas.

Foram calculadas também a densidade total estimada (número de indivíduos em 50 mL de sedimento), razão vivos/total, número de espécies, e os valores percentuais de testas calcárias porcelanáceas, calcárias hialinas e aglutinantes e, por fim, estudos biométricos relacionados ao diâmetro das testas.

A biometria foi obtida a partir de medidas realizadas ao longo do eixo de maior tamanho medidos em 30 exemplares selecionados aleatoriamente entre as testas da *Ammonia tepida* triadas em cada estação. O processamento destes dados foi feito com o auxílio de fotomicrografias das lâminas trabalhadas no programa AxionVision da Zeiss.

4.3.3 Análises estatísticas

Para auxiliar à interpretação dos resultados de qualidade da água foram feitas análises estatísticas descritivas como média, desvio-padrão, valor máximo e mínimo dos nutrientes para as diferentes zonas estudadas (porção fluvial, zona estuarina e Baía).

A representação gráfica dos perfis contínuos da salinidade da água ao longo do estuário foi obtida utilizando a krigagem como método de interpolação, no Programa Surfer 8.0.

Foram obtidos os coeficientes de correlação múltipla paramétrico de Pearson, considerando um nível de significância superior a 95%, para avaliação das possíveis relações entre os descritores de qualidade de água.

A fim de integrar os descritores, com auxílio do programa *Multi Variate Statistical Package* (MVSP), foram aplicadas técnicas de Análise de Componentes Principais e Agrupamento, a partir de matrizes de valores de z (padronizadas para eliminar o efeito das diferentes unidades) e normalizadas em $\log_e(x+1)$ composta pelas variáveis e os casos (estações amostrais).

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi aplicada para os descritores de qualidade de água para averiguar a importância das variáveis no gradiente de distribuição das estações. Foram selecionados 8 descritores (salinidade, clorofila-a, nitrogênio amoniacal, nitrato, turbidez, silício reativo, oxigênio dissolvido, fosfato para Análise de Componentes Principais visando sintetizar o comportamento geral nas duas coletas nos compartimentos ambientais: baía, estuário e rio.

A Análise de Componentes Principais (PCA) consiste em um método de ordenação comum em estudos ecológicos (LUDWIG & REYNOLDS, 1988). É uma análise vetorial de uma matriz de similaridade, covariância ou correlação utilizada para reduzir a poucas variáveis sintéticas, denominadas componentes principais, um conjunto de medidas correlacionadas linearmente (Pielou, 1984).

A Análise de agrupamento modo Q foi utilizada para os descritores biológicos do sedimento (foraminíferos bentônicos) para identificar similaridade espacial em cada estuário quanto a estes descritores. Os descritores usados na matriz foram os mesmos para todos os estuários (densidade total, densidade de vivos, razão vivos/total, riqueza, % de testas aglutinantes), assim como o mesmo nível de corte. A técnica utilizada para obter a matriz de associação foi a Distância Euclidiana Quadrada e a estratégia de agrupamento para a construção do dendrograma foi o método de variância mínima (Ward). Segundo Valentin (2000), quanto mais próximas são as amostras quanto aos descritores analisados, maior é a similaridade entre elas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados do trabalho, iniciando-se pelos dados meteorológicos (temperatura do ar e precipitação) e os dados calculados de vazão, que serão posteriormente as entradas do balanço de massa. Nesse mesmo capítulo, visando à caracterização geral das condições hidrológicas e oceanográficas nos momentos da amostragem, serão apresentados também os dados de maré e vento para o período de estudo. Posteriormente serão apresentados os descritores abióticos (qualidade da água), o balanço de massa para os nutrientes inorgânicos dissolvidos nitrogênio e fósforo, os descritores biológicos (foraminíferos e tecamebas) e por fim, a integração desses dados e a comparação dos diferentes estuários amostrados.

5.1 ASPECTOS METEOROLÓGICOS E HIDROGRÁFICOS

Nesse item são apresentados os aspectos meteorológicos (precipitação pluviométrica e ventos) e hidrográficos (vazão fluvial e maré). Primeiramente são apresentados os dados mensais de precipitação pluviométrica, seguidos dos dados da vazão fluvial estimada a partir destes dados. Após são apresentados os dados de maré e vento observados nos dias de coleta.

5.1.1 Precipitação pluviométrica

A figura 17 mostra a variação da precipitação nas diferentes estações meteorológicas utilizadas nesta pesquisa. Cabe destacar que 2008 foi um ano com maior precipitação refletindo diretamente na vazão (figura 18, 19 e 20), com total médio de 2074,2 mm (dados até novembro de 2008), comparado a 2007 total médio de 1351,3 mm.

Em 2007 a maior precipitação mensal média entre as estações meteorológicas foi para o mês de março com 198 mm, quando foram feitas as primeiras coletas do Rio Ratonas (19/03) e Rio Biguaçu (20/03), e a menor para junho com 6,5 mm, quando foi feita a primeira coleta do Rio Maciambu, no dia 04/06 (figura 17, tabela 9 e 11. Em abril com precipitação média de 74,4 mm foram coletadas amostras nos rios Tavares (04/04) e Cubatão do Sul (20/04). Os demais estuários foram coletados em ordem crescente de precipitação: 91,4 mm (segunda

coleta do Ratores em novembro), 97,9 mm (primeira coleta do Rio Itacorubi em agosto), 120,7 mm (segunda coleta do Rio Tavares em dezembro) e 143,9 mm (segunda coleta do Rio Maciambu em outubro) (figura 17, tabela 9 e 11).

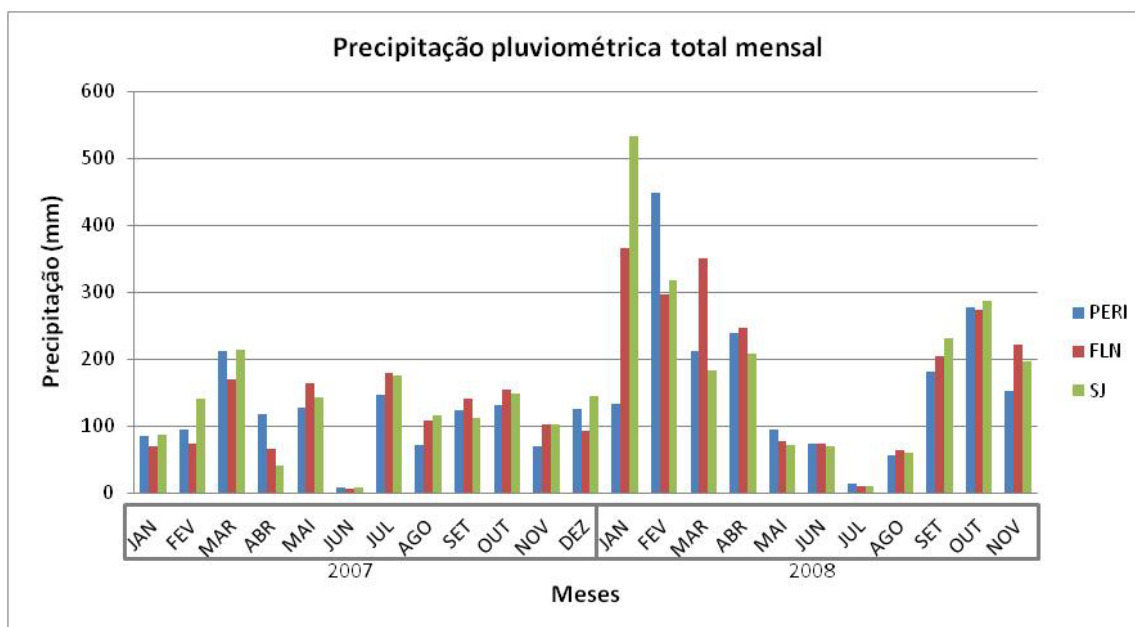


FIGURA 17 – Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2007 e 2008 para as estações meteorológicas do Peri, Florianópolis (Itacorubi) e São José. Fonte: Epagri/ Ciram/Inmet

Em 2008, a maior precipitação mensal média entre as estações meteorológicas foi para o mês de fevereiro com 353,5 mm, quando foi feita a segunda coleta do Rio Itacorubi (tabela 10 e 11). A segunda coleta do Rio Biguaçu foi em março com precipitação mensal média de 248,4 mm e do Rio Cubatão do Sul foi em abril precipitação mensal média de 207,8 mm.

TABELA 9 - Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2007

Estações Meteor.	Meses de 2007											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
PERI	84,9	94,4	211,9	117,4	127	7,1	145,5	70,5	123,8	130,8	69,3	125,1
FLN	68,5	73,3	168,3	64,6	162,6	5,6	179,3	108,3	140,7	153,1	102,1	93,1
SJ	87,3	140,1	213,7	41,2	142	6,9	174,3	114,9	111,8	147,8	102,8	143,8
média	80,2	102,6	198,0	74,4	143,9	6,5	166,4	97,9	125,4	143,9	91,4	120,7
desvio	10,2	34,1	25,7	39,0	17,9	0,8	18,2	24,0	14,5	11,7	19,1	25,6

Fonte: Epagri/ Ciram/Inmet

TABELA 10 - Precipitação pluviométrica total mensal (mm) em 2008

Estações Meteor.	Meses de 2008										
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
PERI	133,3	447,4	211,7	238,9	94,7	72,2	13,6	56,4	180,4	276,3	152,5
FLN	365,1	296,7	350,3	246,9	77,8	73,4	10,3	63,4	204,6	274	221,1
SJ	532,6	316,4	183,2	207,8	71,9	68,6	10	58,8	230,2	286,5	195,6
média	343,7	353,5	248,4	231,2	81,5	71,4	11,3	59,5	205,1	278,9	189,7
desvio	200,5	81,9	89,4	20,7	11,8	2,5	2,0	3,6	24,9	6,7	34,7

Fonte: Epagri/ Ciram/Inmet

A tabela 11 apresenta a precipitação mensal média do mês em que foi feita a coleta em cada estuário. Os estuários que foram coletados com maior diferença de precipitação entre as coletas foram os do Rio Itacorubi (188,4 mm), seguidos dos rios Cubatão do Sul (166,6 mm), Maciambu (140,9 mm) e Ratores (66,2 mm). Os estuários dos rios Biguaçu (30,5 mm) e Tavares (7,7 mm) tiveram diferença de precipitação menos pronunciada.

TABELA 11 – Data das campanhas de coletas dos dados de água e sedimento em cada estuário e a precipitação mensal média do mês de coleta

Estuários (SC)	1ª coleta – Precipitação (mm)	2ª coleta - Precipitação (mm)	Diferença de precipit. média mensal (mm) entre as coletas
Rio Ratores	168,3 (19/03/2007)	102,1 (25/11/2007)	66,2
Rio Biguaçu	213,7 (20/03/2007)	183,2 (10/03/2008)	30,5
Rio Tavares	117,4 (04/04/2007)	125,1 (11/12/2007)	7,7
Rio Cubatão do Sul	41,2 (20/04/2007)	207,8 (07/04/2008)	166,6
Rio Maciambu	6,9 (04/06/2007)	147,8 (25/10/2007)	140,9
Rio Itacorubi	108,3 (13/08/2007)	296,7 (25/02/2008)	188,4

Nota: a ordem dos rios segue a ordem cronológica das primeiras coletas

5.1.2 Vazão fluvial

A figura 18 mostra a média anual estimada da vazão nos rios das Baías Norte e Sul no ano de 2007 e 2008 (até novembro). As figuras 19 e 20 apresentam a vazão média estimada, respectivamente, para os anos de 2007 e 2008 (até novembro). Os dados mensais utilizados nessa figuras são apresentados no Anexo 2.

A tabela 12 apresenta as estimativas mensais da vazão correspondente ao mês da coleta. Os rios estudados, exceto o Rio Cubatão do Sul, não apresentam monitoramento de sua vazão, dificultando a comparação das estimativas. Kobiyama & Oliveira (1999) analisaram uma série de dados de vazão fluvial de 1977 e 1994 para o Rio Cubatão do Sul e observaram que a média mensal mais alta foi de $20,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e média mensal mais baixa de $8,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Pela estimativa do presente estudo, os valores estimados para o Rio Cubatão do Sul, utilizando dados de precipitação mensal estão em maior amplitude de variação ($0 - 26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para 2007 e $0 - 105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para 2008).

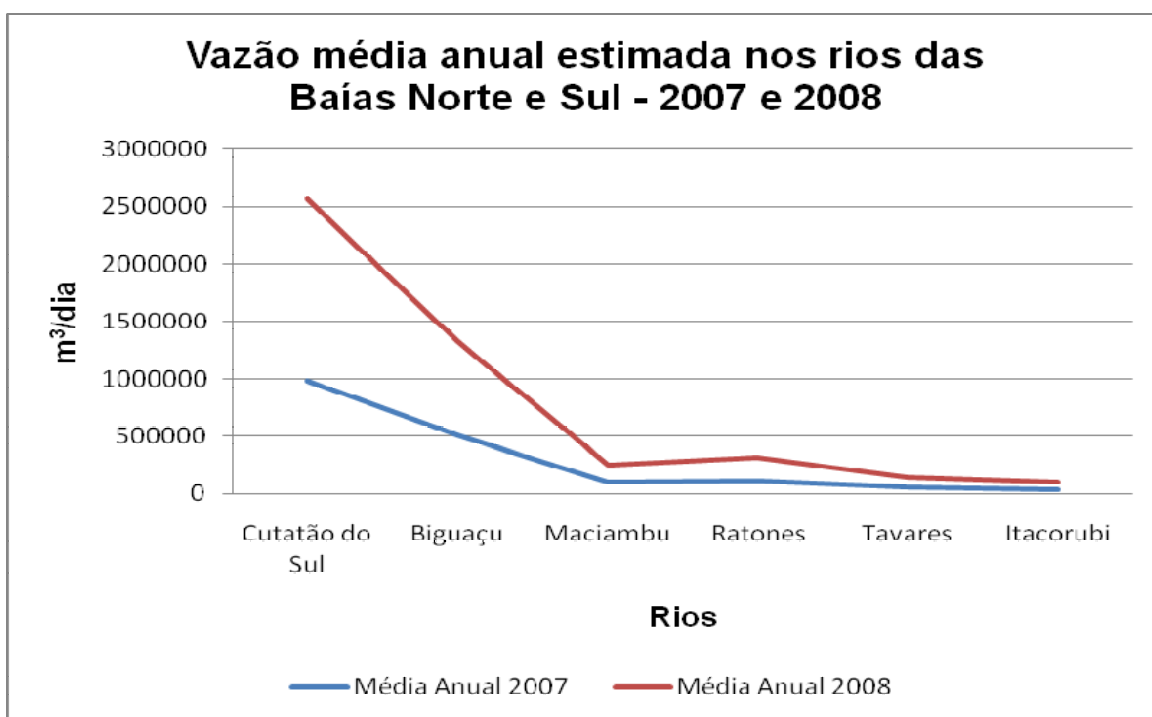


FIGURA 18 – Vazão média anual estimada (ano de 2007 e ano de 2008 até novembro) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.

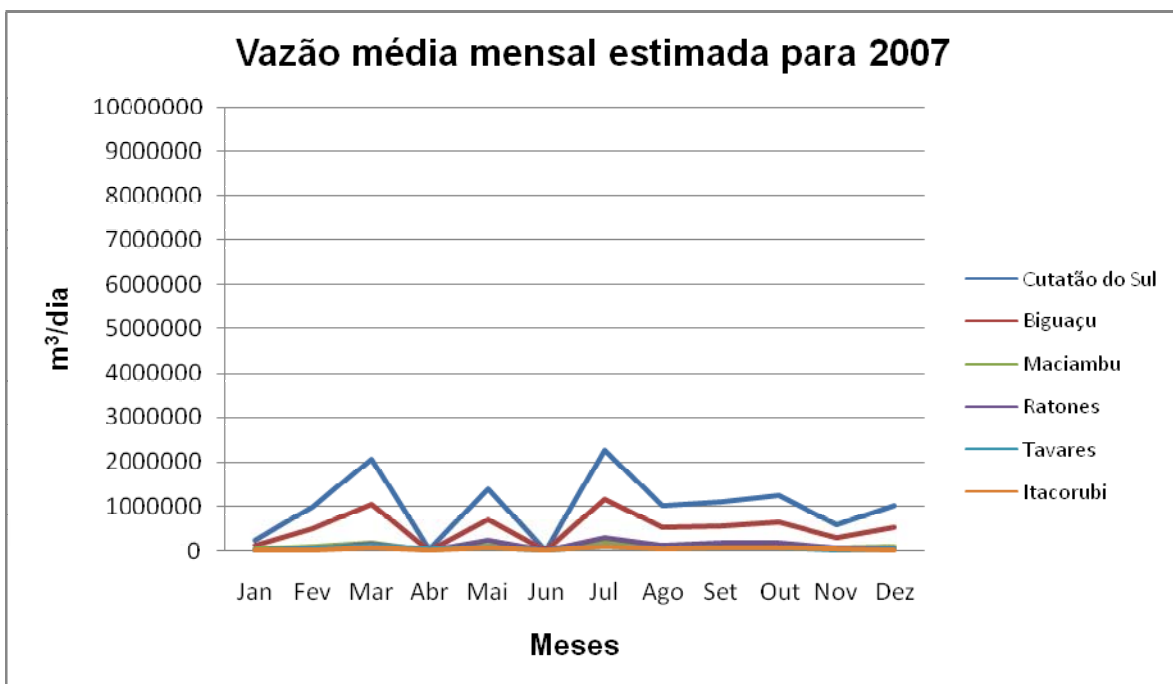


FIGURA 19 – Vazão média mensal estimada (ano de 2007) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.

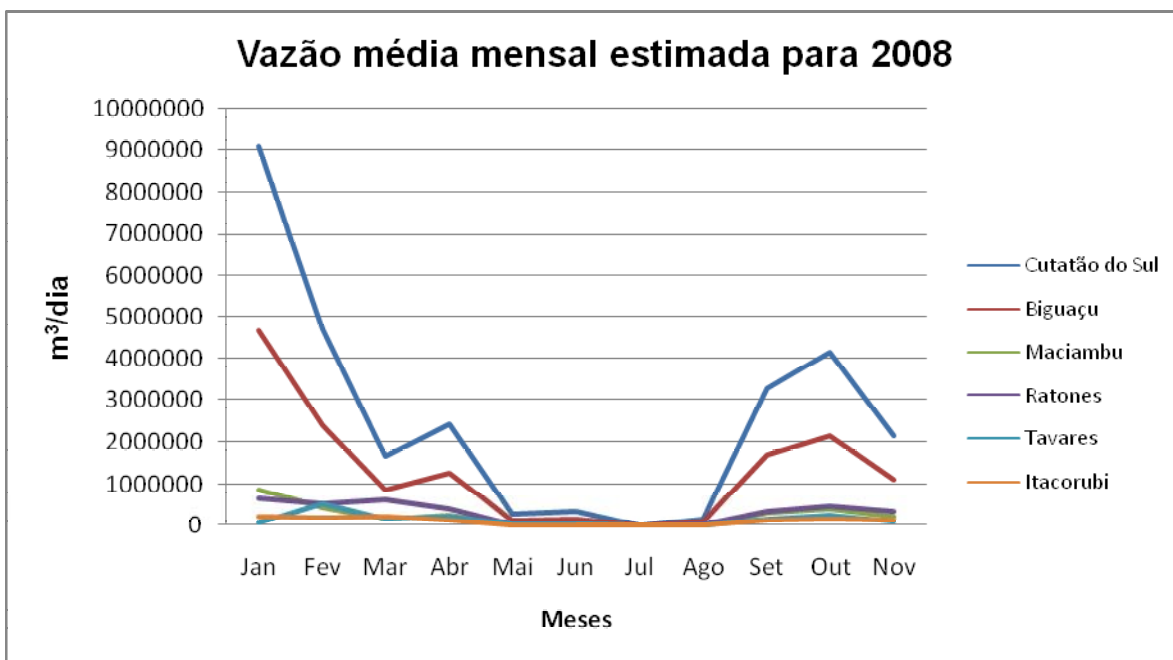


FIGURA 20 – Vazão média mensal estimada (de janeiro à novembro de 2008) nos principais rios das Baías Norte e Sul de Santa Catarina.

TABELA 12 - Estimativa mensais da vazão correspondente ao mês da coleta

Rio	Mês/ano da Coleta	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m ³ /dia)
Ratones	03/2007	25,88	168,3	195,1	1,55*10 ⁵
	11/2007	21,64	102,1	156,2	6,71*10 ⁴
Biguaçu	03/2007	25,88	213,7	195,1	1,06*10 ⁶
	03/2008	24,29	183,2	179,60	8,49*10 ⁵
Tavares	04/2007	23,40	117,4	171,4	4,54*10 ⁴
	12/2007	24,28	125,1	179,5	4,81*10 ⁴
Cubatão do Sul	04/2007	23,40	41,2	171,4	1,59*10 ⁴
	04/2008	21,52	207,8	155,20	2,44*10 ⁶
Maciambu	06/2007	17,08	6,9	122,1	0,00
	10/2007	21,74	147,8	157,0	1,17*10 ⁵
Itacorubi	08/2007	16,14	108,3	115,9	3,35*10 ⁴
	02/2008	24,78	296,7	184,25	1,59*10 ⁵

5.1.3 Maré

Os dados de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) para os períodos das coletas em campo estão apresentados abaixo nas tabelas 13 a 18. Em negrito está destacado o horário aproximado em que foi feita a coleta, sendo que pela manhã foram as condições de maré em baixamar e pela tarde em preamar.

TABELA 13 – Maré para a data da coleta do Rio Ratones (S/C)

Hora 1ª coleta (19/03/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (25/11/2007)	Altura (m)
02:36	1,1	03:32	1,6
06:54	0,4	10:19	0,6
14:58	1,4	15:17	1,2
21:51	0,1	20:08	0,3

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

TABELA 14 – Maré para a data da coleta do Rio Biguaçu (S/C)

Hora 1ª coleta (20/03/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (10/03/2008)	Altura (m)
03:04	1,1	03:56	1,2
07:04	0,3	08:04	0,2
15:39	1,4	16:39	1,2
22,54	0,4	20:53	0,4

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

TABELA 15 – Maré para a data da coleta do Rio Tavares (S/C)

Hora 1ª coleta (04/04/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (11/12/2007)	Altura (m)
03:23	1,4	03:13	1,2
07:58	0,3	07:54	0,6
15:23	1,3	15:34	1,1
20:02	0,4	21:56	0,3

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

TABELA 16 – Maré para a data da coleta do Rio Cubatão do Sul (S/C)

Hora 1ª coleta (20/04/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (07/04/2008)	Altura (m)
00:26	0,9	02:53	1,2
03:41	1,2	07:06	0,2
07:41	0,3	15:43	1,4
11:09	0,7	22:47	0,6
12:38	0,7		
16:51	1,4		
20:06	0,9		
23:08	1,2		

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

TABELA 17 – Maré para a data da coleta do Rio Maciambu (S/C)

Hora 1ª coleta (04/06/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (25/10/2007)	Altura (m)
04:21	0,9	00:54	1,3
11:32	0,2	07:23	0
16:49	1,2	13:11	1,2
20:47	0,5	19:32	0,5
23:38	0,6		

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

TABELA 18 – Maré para a data da coleta do Rio Itacorubi (S/C)

Hora 1ª coleta (13/08/2007)	Altura (m)	Hora 2ª coleta (25/02/2008)	Altura (m)
01:58	0,9	04:58	1,0
08:56	0	08:58	0,1
15:02	1,1	17:00	1,2
19:51	0,4	21:15	0,3

Fonte: Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN)

5.1.4 Vento

Os dados de direção e velocidade média do vento são provenientes das estações de São José (completa) e da estação de Florianópolis quando disponível (tabela 19). A média da intensidade do vento considerando todos os estuários foi de 8,32 Km/h, com um máximo de 23,76 Km/h no estuário do Rio Biguaçu (segunda coleta pela tarde) e mínimo no Rio Maciambu de 0,36 Km/h (primeira coleta pela manhã). De maneira geral os ventos mais intensos foram no período da tarde na preamar e a direção predominante foi Sudeste.

TABELA 19 – Dados de Direção e velocidade média do vento no dia de coleta para cada campanha de coleta

Estuários (SC)	Hora	Direção	Intensidade média (km/h)	
			Primeira coleta	Segunda coleta
Rio Ratores	9:00	W ²	3,96 ²	SE ²
	15:00	NE ¹	3,6 ¹	SE ²
Rio Biguaçu ²	9:00	NW	3,96	W
	15:00	SE	14,76	N
Rio Tavares	9:00	SE ¹	7,2 ¹	SE ²
	15:00	SE ¹	7,2 ¹	SE ¹
Rio Cubatão do Sul ²	9:00	N	7,56	NW
	15:00	NE	16,2	N
Rio Maciambu ²	9:00	W	0,36	E
	15:00	NE	13,68	N
Rio Itacorubi	9:00	W ¹	7,2 ¹	SW ²
	15:00	NE ¹	3,6 ¹	E ²

Fonte: CIRAM/EPAGRI

Nota: ¹ Estação de São José, ² Estação de Florianópolis

5.2 QUALIDADE DA ÁGUA

O primeiro subitem (5.2.1) apresenta alguns testes laboratoriais que foram feitos durante as análises químicas objetivando certificação das mesmas quanto a sua exatidão e precisão.

Nos demais subitens (5.2.2 ao 5.2.7) são apresentados os dados dos descritores de qualidade da água (salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fosfato (ortofosfato ou fósforo inorgânico dissolvido-PID), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID, somatório do $N-NH_4^+ + N-NO_3^- + N-NO_2^-$), silício reativo (silicato), fósforo total, nitrogênio total, clorofila-a, coliformes totais e coliformes fecais) da primeira e segunda coletas dos 6 estuários estudados.

Coliformes totais e fecais foram analisados apenas na segunda campanha de amostragem, com exceção do Rio Itacorubi que foi possível a análise nas duas campanhas. A unidade utilizada nessas análises de coliformes são NMP/mL (número mais provável por mililitro), que é uma estimativa da densidade média de bactérias do grupo coliforme em uma amostra, calculada a partir da combinação de resultados positivos como detalhado na metodologia. Dessa maneira, alguns valores máximos e mínimos são colocados de forma incerta como maiores ou menores que determinado valor (ex.: >2400).

A clorofila-a foi analisada em todas coletas, exceto na primeira coleta do Rio Maciambu.

Os dados de qualidade da água (dados brutos no Anexo 3) são apresentados e discutidos em relação a seus padrões gerais e, posteriormente, no item relativo ao balanço de massa são discutidos mais detalhadamente sendo interpretados avaliando a influência das condições de maré (preamar e baixamar) e diferenças entre a água de superfície e fundo. Seus descritores estatísticos são separados pelos ambientes denominados no trabalho de: baía, estuário e rio.

Os dados referentes ao ambiente denominado “baía” foram coletados em frente ao rio, sempre após a visualização do fim da pluma fluvial. Os pontos coletados no ambiente denominado de “estuário” foram coletados a partir da desembocadura até antes da chegada do primeiro desnível topográfico (quando existente), ou do fim da presença de vegetação de mangue juntamente com subsídios dos dados da literatura. Por fim, a denominação do ambiente “rio” foi o

ambiente caracterizado pela ausência da influência da maré, ou seja, ambiente cujo fluxo é sempre unidirecional.

O último subitem (5.2.8) apresenta uma comparação entre os estuários, discutindo a qualidade da água e confrontando com os padrões recomendados pela legislação ambiental disponível e bibliografia de referência para qualidade de água.

5.2.1 Controle analítico

Durante as coletas foram feitas 3 concentrações-padrão de cada nutriente em triplicata visando determinar a precisão, isto é, a maior proximidade entre as medidas (menor desvio médio, maior precisão) e exatidão que se refere a quão próximo uma medida concorda com o valor correto (porcentagem de recuperação) da curva durante as análises.

A tabela 20 apresenta as concentrações utilizadas para confecção da tabela 21 que segue a proposta da EPA (1996) descrita na metodologia. As análises foram feitas quando a média da porcentagem de recuperação foi entre 90 e 110%. Pode-se observar que o nitrito e o silício foram os nutrientes onde as análises foram mais precisas e exatas. Enquanto que a porcentagem média menor de recuperação para o Ortofosfato (94,6%) indica que os valores lidos foram em média maiores que concentração padrão e o inverso para os outros nutrientes (Nitrogênio Amoniacal e Nitrato).

TABELA 20- Concentrações utilizadas para cálculo da porcentagem de recuperação em espectrofotômetro HACH 5000.

Padrão	Leitura		
µM Si			
10	9,29	9,64	10,71
20	21,43	21,43	21,43
60	55,00	57,50	58,57
µM N-NH₄⁺			
2	2,429	2,357	2,429
5	5,000	5,000	5,000
7	6,429	6,643	6,500
µM N-NO₃⁻			
14	14,857	14,536	14,829
50	50,121	50,000	50,000
143	114,286	128,571	107,143
µM N-NO₂⁻			
2	1,500	1,500	1,429
6	6,000	5,714	6,143
10	10,286	10,000	10,286
µM P-PO₄³⁻			
2	2,161	2,129	2,226
5	5,161	5,484	4,839
7	7,097	6,774	6,774

TABELA 21 - Porcentagem de recuperação para análises em espectrofotômetro HACH 5000.

Nutrientes Inorgânicos Dissolvidos	Recuperação (%)			Média (% de recuper.)	Desvio Padrão (% de recuper.)
Silício reativo	101,2	93,3	105,2	99,9	6,0
Nitrogênio Amoniacal	91,49	104,0	110,36	102,0	9,6
Nitrato (para análise do Nitrogênio total)	96,91	99,92	122,45	106,4	14,0
Nitrito	101,61	100,8	98,13	100,2	1,8
Ortofosfato	92,08	93,0	98,81	94,6	3,6

Além desse procedimento foi enviada uma amostra, em triplicata, para ser analisada pela Escola Técnica Federal de Santa Catarina (CEFET) (tabela 22, figura 21) e pelo Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Pôde-se observar que as réplicas do CEFET tiveram maior variação entre as análises, sendo menos precisas sobretudo o nitrogênio amoniacal e o nitrato (maiores coeficientes de variação). Todas as análises apresentaram coeficiente de variação acima de 10 %, exceto ortofosfato e fósforo total que apresentaram coeficiente de variação de 0% indicando que não houve variação entre as réplicas.

TABELA 22 – Amostra analisada em triplicata em diferentes laboratórios

Amostra	Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻ (μM)	Si	P-total	N-total
LOC-UFSC	2,138	76,714	6,071	2,500	3,452	64,71	5,290	302,714
LOC-UFSC	3,742	98,714	5,786	2,714	4,194	72,75	6,677	460,786
LOC-UFSC	2,673	87,000	5,214	2,714	3,645	70,93	6,935	276,143
média	2,851	87,476	5,690	2,643	3,763	69,46	6,301	346,548
Desvio padrão	0,817	11,008	0,436	0,124	0,385	4,21	0,885	99,821
Coefficiente de variação	28,657	12,584	7,663	4,692	10,231	6,061	14,045	28,804
CEFET	3,700	21,429	8,571	17,857	0,323	47,50	0,097	86,429
CEFET	3,220	57,143	0,714	21,429	0,323	130,00	0,097	429,286
CEFET	2,100	364,286	42,143	21,429	0,323	138,57	0,097	276,143
média	3,007	147,619	17,143	20,238	0,323	105,36	0,097	263,952
Desvio padrão	0,821	188,487	22,004	2,062	0,000	50,29	0,000	171,753
Coefficiente de variação	27,303	127,685	128,356	10,189	0,000	47,732	0,000	65,070
LIMA-UFSC	-	-	-	-	-	-	nd	321,429
LIMA-UFSC	-	-	-	-	-	-	nd	200,000
LIMA-UFSC	-	-	-	-	-	-	nd	321,429
média								280,952
Desvio padrão								70,107
Coefficiente de variação								24,953

Nota: CEFET= Escola Técnica Federal de Santa Catarina.

LOC-UFSC= Laboratório de Oceanografia Costeira - Universidade Federal de Santa Catarina.

LIMA-UFSC= Laboratório Integrado de Meio Ambiente - Universidade Federal de Santa Catarina.

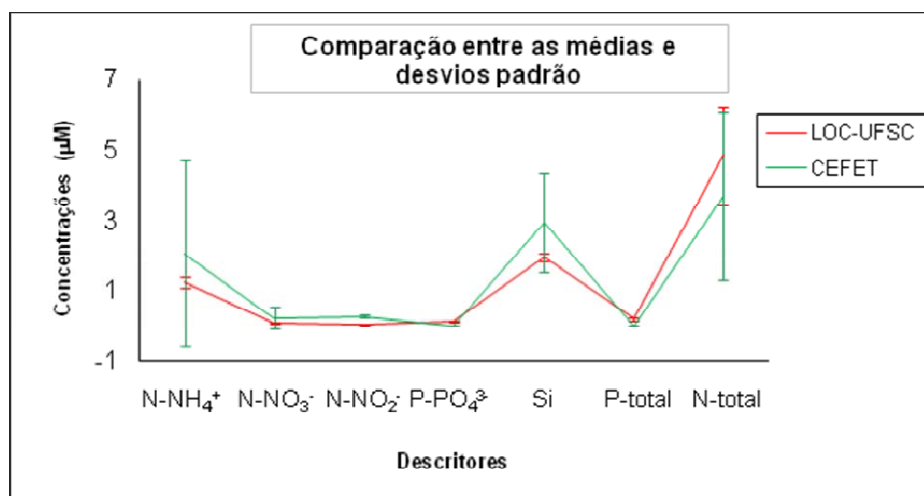


FIGURA 21 – Média e desvio padrão entre tréplicas CEFET e LOC-UFSC

Já nas amostras analisadas no presente trabalho (LOC-UFSC) as maiores imprecisões foram relacionadas ao nitrogênio total, clorofila-a, fósforo total, nitrogênio amoniacal e ortofosfato (Coeficiente de Variação maior que 10 %). De maneira geral o nitrogênio total foi o descritor que apresentou grandes imprecisões em todos os laboratórios (tabela 22).

O nitrogênio total também foi analisado pelo Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) na UFSC (tabela 22). Este laboratório foi o que apresentou maior precisão na análise deste nutriente (menor coeficiente de variação).

Como não foi possível realizar a filtração no dia da coleta foi feito um teste com o amônio coletado do Rio Cubatão do Sul (figura 22, tabela 23) para averiguar a magnitude do erro devido a filtração 12 horas após a coleta. Foram comparadas amostras filtradas imediatamente após a chegada no laboratório e amostras filtradas 12 horas após a chegada em laboratório e congeladas para posterior análise. O intervalo do desvio padrão foi entre 0,05 e 1,92 (tabela 23), sendo o intervalo entre as concentrações de 0,643 μM a 22,643 μM . Para verificar se existiu diferença estatisticamente significativa entre os dois tratamentos analíticos foi aplicado o teste de Análise de Variância (ANOVA Fator único) constatando sua igualdade ($\alpha > 0,05$). E o Coeficiente de Correlação de Pearson entre esses dados foi de 0,99, evidenciando que os dados apresentaram a mesma tendência de variação (figura 22). Apesar de não ter sido encontrada diferença estatística significativa entre os tratamentos, salienta-se que não está sendo proposta alteração na metodologia tradicional de análises de nutrientes. Esclarece-se que esta verificação foi realizada apenas para se calcular o desvio das concentrações analisadas quando se teve como única alternativa a filtração das amostras após 12 horas a chegada ao laboratório (tabela 23).

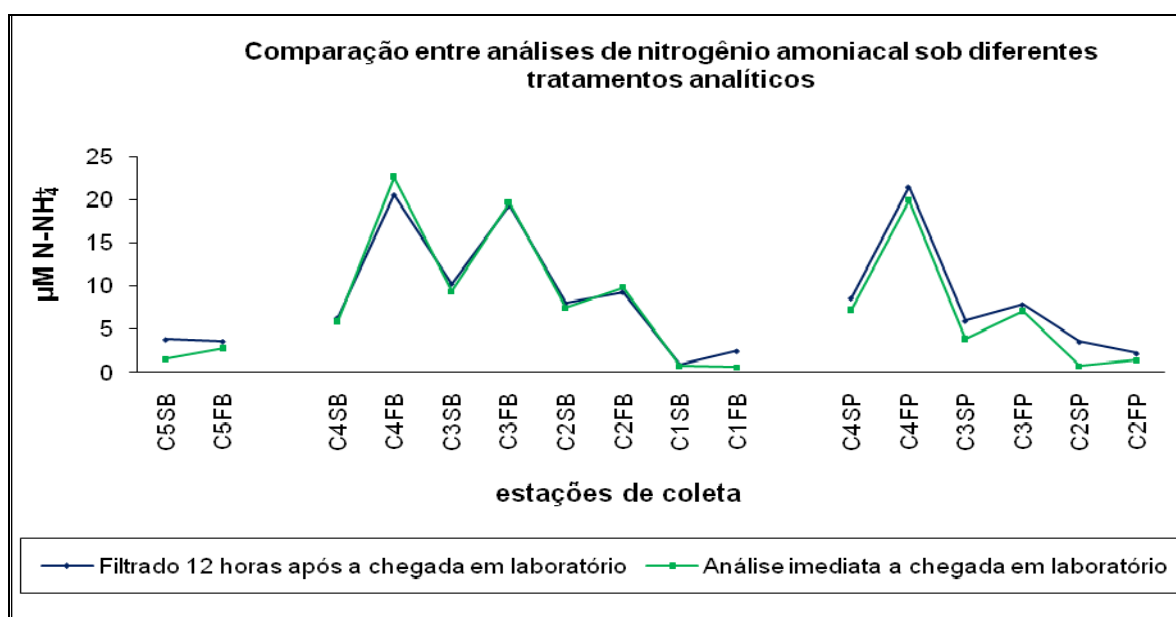


FIGURA 22 – Comparação entre análises de nitrogênio amoniacal filtrado e analisado imediatamente após a coleta no Rio Cubatão do Sul e filtrado 12 horas após chegada em laboratório seguido de congelamento para posterior análise.

TABELA 23 – Comparação entre os resultados do nitrogênio amoniacal analisado no dia da coleta e os resultados obtidos em amostras filtradas no dia posterior a coleta e congeladas para análise futura ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul em 20/04/2007.

Estação de coleta	N-NH ₄ ⁺ (µM) Análise imediata a chegada em laboratório	N-NH ₄ ⁺ (µM) Filtrado 12 horas após a chegada em laboratório	Média	Desvio Padrão
C1SB	0,786	0,857	0,821	0,051
C1FB	0,643	2,429	1,536	1,263
C2SB	7,500	8,000	7,750	0,354
C2FB	9,857	9,286	9,571	0,404
C2SP	0,786	3,500	2,143	1,919
C2FP	1,429	2,143	1,786	0,505
C3SB	9,357	10,214	9,786	0,606
C3FB	19,714	19,286	19,500	0,303
C3SP	3,929	5,929	4,929	1,414
C3FP	7,143	7,857	7,500	0,505
C4SB	5,929	6,286	6,107	0,253
C4FB	22,643	20,571	21,607	1,465
C4SP	7,286	8,571	7,929	0,909
C4FP	19,929	21,500	20,714	1,111
C5S	1,571	3,786	2,679	1,566
C5F	2,857	3,571	3,214	0,505

Nota: **C**– Rio Cubatão do Sul; **1 a 5**– estações de coleta da Baía Sul em direção a montante; **S**– Superfície; **F**- Fundo; **B**- Baixamar; **P**- Preamar.

5.2.2 Rio Cubatão do Sul

Os dados da coluna d'água (superfície e fundo) coletados em preamar e baixamar do Rio Cubatão do Sul adquiridos em 20/04/2007 e 07/04/2008 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação C1), estuário (estações C2, C3 e C4) e rio (estação C5) - são exibidos nas tabelas 24 e 25. Na primeira campanha amostral não foi coletado na Baía Sul em condição de preamar devido à ondulação ter ultrapassado o tamanho de segurança para a navegação.

Quanto aos descritores físico-químicos da coluna d'água da zona estuarina (tabela 24), a salinidade foi de $15,9 \pm 11,3$, com máximo de 31,7 e mínimo de 0,1, evidenciando sua dinâmica. A temperatura variou de 21,2 a 28,6°C, o oxigênio dissolvido de 1,9 a 11,5 mg/L e o pH de 6,7 a 9,0, tendendo a predomínio de valores básicos. Baixas concentrações de oxigênio dissolvido (< 5 mg/L) foram observadas apenas nas estações C3 e C4 na água de fundo na primeira campanha e estão possivelmente relacionadas ao aprisionamento da água marinha devido à maior profundidade. A turbidez atingiu valores bem elevados como 60,3 NTU, sendo maior em média na zona estuarina do que na Baía e na porção fluvial, assim como nas águas de fundo, com valores geralmente maiores na preamar. É importante destacar que durante as amostragens ocorreram atividades de extração de areia,

responsáveis pela ressuspensão de grandes volumes de sedimentos aproximadamente 2,6 Km de distância a montante da estação C4. O local de armazenagem do sedimento dragado fica próximo a estação C3 na margem direita do rio em sentido à desembocadura.

As águas fluviais (salinidade 0) tiveram uma tendência de menores valores médios de temperatura e pH, principalmente na segunda campanha e turbidez média intermediária entre a água estuarina e da Baía e maiores valores de oxigênio dissolvido (tabela 24, figura 23).

A Baía apresentou as maiores salinidades e pH e as menores variações e valores médios de turbidez do que as outras duas zonas (tabela 24, figura 23). A salinidade foi acima de 28,22, com valor máximo de 31,70 na primeira campanha e foi menor na segunda campanha. A pequena variação da salinidade nas águas da baía (desvio padrão de 1,3) indica que durante as campanhas de coleta, as águas provenientes da baía apresentavam-se bem misturadas verticalmente.

TABELA 24 – Descritores estatísticos do comportamento dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía Sul	Média	30,2	24,4	6,9	8,3	5,8
	Desvio padrão	1,3	1,2	0,8	0,1	3,3
	Máximo	31,7	25,7	8,0	8,5	11,4
	Mínimo	28,2	23,0	5,9	8,2	1,9
estuário	média	15,9	24,6	6,5	7,7	11,9
	Desvio padrão	11,3	2,0	2,2	0,5	11,3
	máximo	31,7	28,0	11,5	9,0	60,3
	mínimo	0,1	21,2	1,9	6,7	2,5
rio	média	0,0	22,9	8,0	6,8	9,6
	Desvio padrão	0,0	1,4	0,2	0,3	4,1
	máximo	0,0	24,1	8,2	7,2	15,2
	mínimo	0,0	21,6	7,8	6,5	6,4

Apesar da amplitude da maré ter sido similar, sob condição de maré de sizígia, e o vento ter sido proveniente do quadrante norte nas duas campanhas, a precipitação média mensal foi bastante elevada na segunda campanha (207,8 mm) em comparação a primeira (41,2 mm), o que conseqüentemente refletiu no aumento da vazão fluvial e diminuição da salinidade nas estações C3 e C4 (figura 23). As

estimativas de vazão foram duas ordens de grandeza maiores para abril de 2008 ($2,44 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{dia}$) comparativamente a abril de 2007 ($1,59 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{dia}$).

A estação C4, amostrada mais a montante da zona estuarina (5,5 km da desembocadura) apresentou em suas águas de fundo altos valores de salinidade (acima de 24) nas duas coletas, com exceção da menor salinidade em baixamar (0,05 em superfície e 1,03 na água de fundo) na segunda coleta relacionada a maior vazão. Santos (2003) observou estratificação vertical da coluna d'água, em fevereiro de 2002, sob a mesma condição de maré até 6 km a partir da desembocadura, concordando com os valores encontrados neste trabalho. Porém, destaca-se que como foram encontrados valores elevados de salinidade a 500 m antes do descrito por Santos (2003), o alcance das águas marinhas deve ir mais a montante do que 6 km, como encontrado pelo autor em diferentes condições oceanográficas.

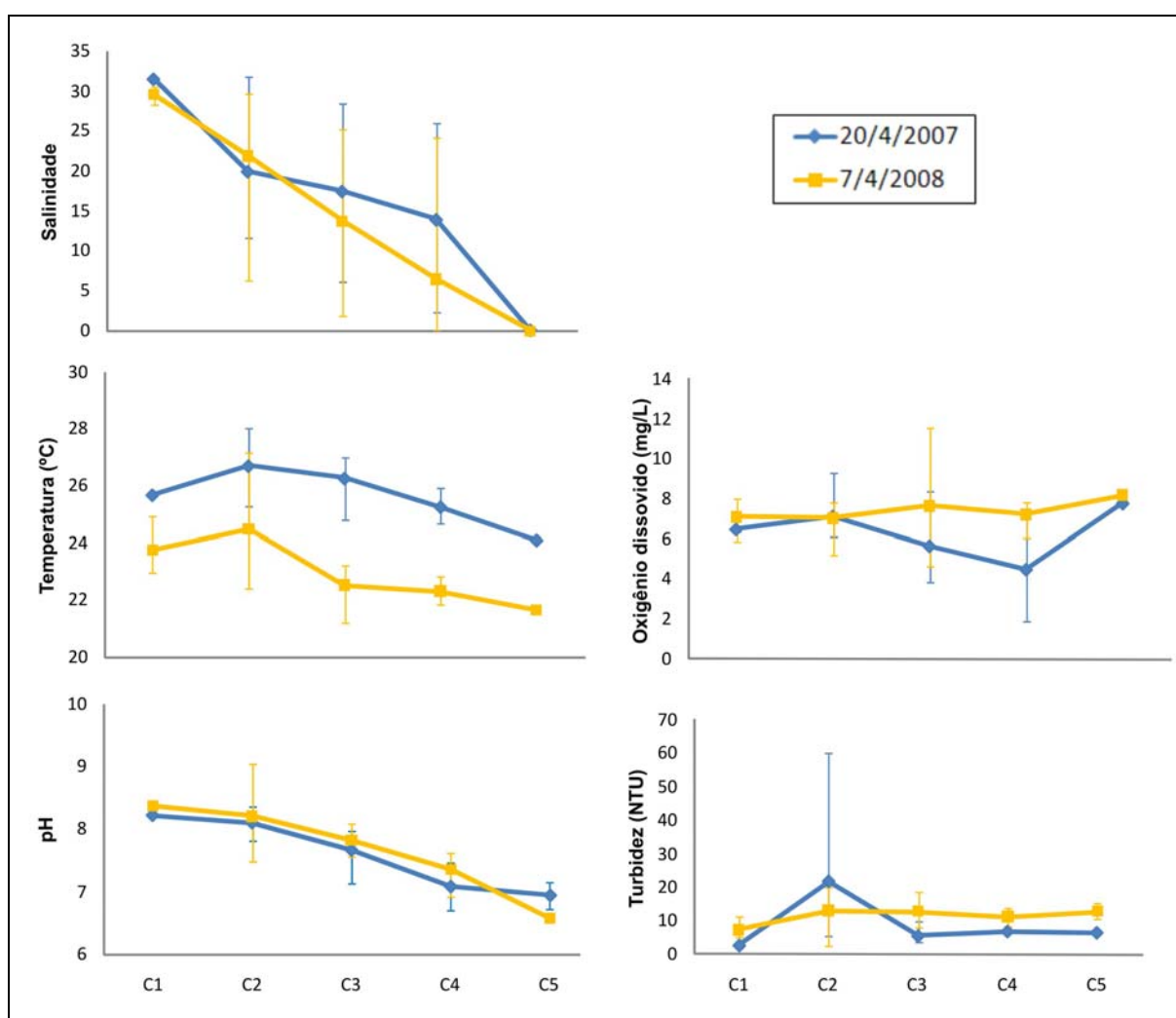


FIGURA 23- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações na zona estuarina se comparada a porção fluvial e a Baía (tabela 25), principalmente na primeira coleta (figura 24). A máxima concentração observada foi de 21,5 μM de N-NH_4^+ na estação C4, mais a montante do estuário.

Apesar de ter sido feita análise de amônio em duplicata, como apresentado no item controle analítico, foram considerados os dados filtrados no dia posterior a coleta para manter o padrão assumido para os demais estuários.

O nitrato apresentou maiores valores na água fluvial e teve como tendência geral o decréscimo em direção à desembocadura (tabela 25, figura 24). Apenas algumas estações estuarinas ultrapassaram 10 μM de N-NO_3^- . Essa tendência de maiores valores ocorreram associadas a intensidade da vazão fluvial, na primeira campanha na estação C4 em água de superfície na baixamar e segunda campanha, com maior vazão atingindo a estação C4 e a C3, ambas em água de superfície na baixamar. Já o nitrito apresentou a máxima concentração de 0,4 μM de N-NO_2^- no estuário.

TABELA 25 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N- NH_4^+	N- NO_3^-	N- NO_2^-	NID	P- PO_4^{3-}	Si	P- total	N- total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	1,1	0,1	0,0	1,2	0,3	26,9	0,7	136,6	7,5	167,5	132,0
	Desvio padrão	0,8	0,2	0,0	1,0	0,1	14,3	0,3	108,4	5,0	51,9	75,9
	Máximo	2,4	0,5	0,0	2,9	0,4	49,8	1,1	347,2	14,3	240,0	240,0
	Mínimo	0,3	0,0	0,0	0,3	0,2	11,1	0,3	32,8	0,7	130,0	79,0
Estuário	média	6,5	6,2	0,2	12,9	0,2	102,5	1,5	209,2	4,2	437,4	94,4
	Desvio padrão	6,1	4,3	0,1	10,5	0,2	60,2	1,7	129,2	4,7	441,1	130,3
	máximo	21,5	14,0	0,4	35,9	0,7	235,3	8,7	535,6	19,2	1610,0	460,0
	mínimo	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	8,2	0,1	65,2	0,0	79,0	4,0
Rio	média	3,4	14,6	0,1	18,1	0,2	119,1	1,4	86,5	1,3	295,0	41,0
	Desvio padrão	0,3	0,9	0,1	1,3	0,2	91,0	1,2	27,2	0,7	77,8	11,3
	máximo	3,8	15,9	0,2	19,9	0,4	223,4	3,0	125,4	2,2	350,0	49,0
	mínimo	3,1	13,8	0,1	17,0	0,0	39,6	0,3	62,1	0,4	240,0	33,0

O nitrogênio inorgânico dissolvido teve a tendência de maiores concentrações no rio, decrescendo em direção à desembocadura (tabela 25), sendo que na primeira campanha os maiores valores foram na região estuarina (figura 24). Já o

nitrogênio total (figura 24), no geral teve maiores concentrações na desembocadura (estação C2) e na estação mais a montante estuarina (C4).

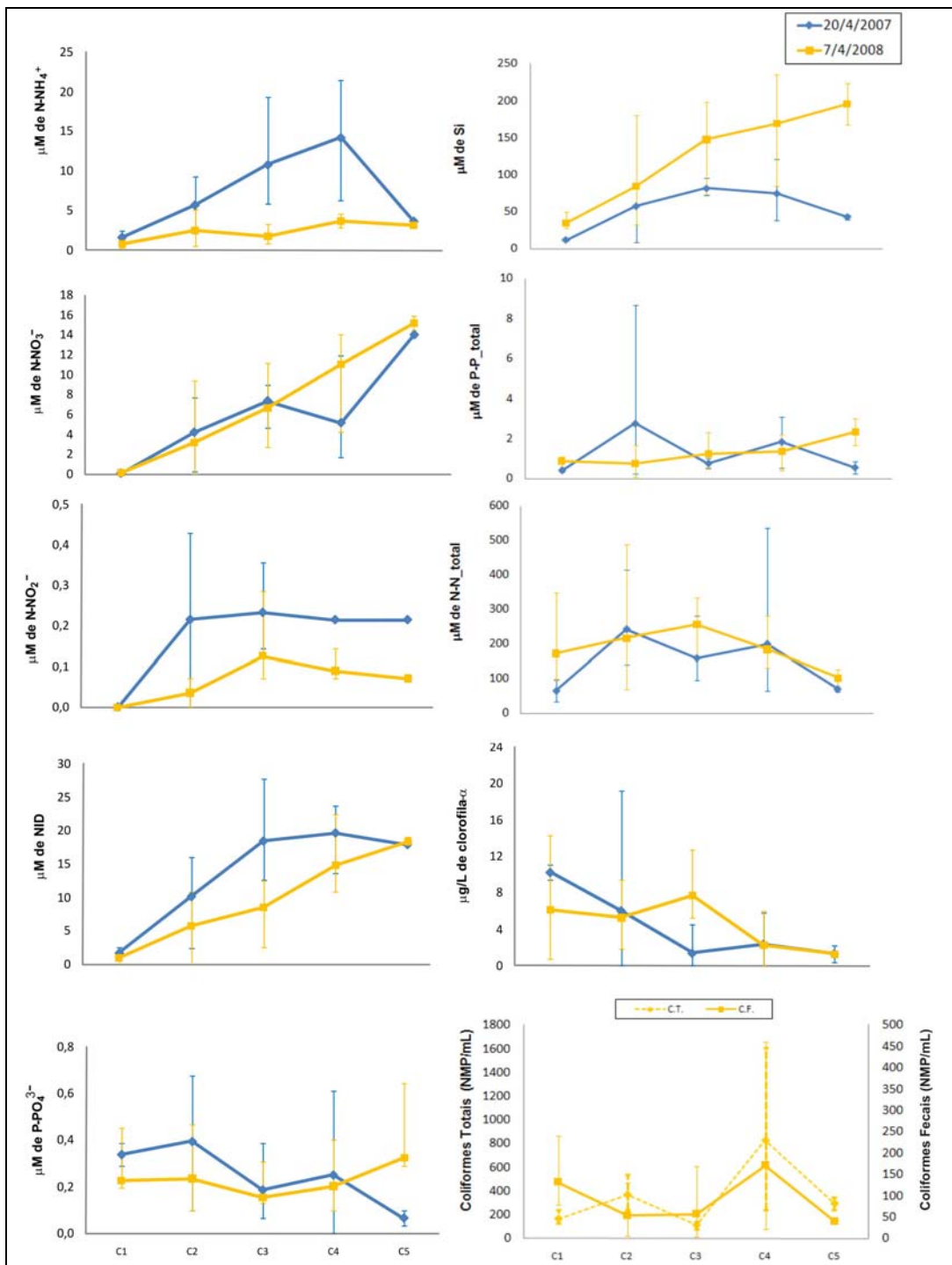


FIGURA 24- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul sob duas condições de maré nas duas coletas.

Na primeira campanha as maiores concentrações de fosfato foram associadas à Baía e à desembocadura (figura 24), enquanto na segunda campanha a maior concentração foi na região fluvial, sendo que na média as concentrações foram semelhantes ao longo de todo gradiente estudado (tabela 25). O fósforo total (tabela 25) apresentou em média maior concentração na região estuarina e menor na Baía.

De maneira geral, as concentrações de silício reativo decresceram em direção ao oceano (figura 24, tabela 25), sendo as maiores variações de concentração encontradas na zona estuarina. A segunda campanha, coletada no mês mais chuvoso, foi a que apresentou as maiores concentrações, com valor máximo na zona estuarina de 235,3 μM de Si na estação C4 em água de superfície.

Em média a concentração mais alta de clorofila-a foi na Baía e o valor máximo foi na zona estuarina na estação C2 na desembocadura em água de fundo (tabela 25).

De maneira geral os maiores valores de coliformes totais e fecais (figura 24) foram na estação C4, sendo que os coliformes fecais apresentaram valores altos também na Baía.

Quanto à correlação entre os dados (tabela 26), a água da Baía mais salina e quente, com maior pH, clorofila-a e fosfato apresentou correlação negativa com o nitrato, nitrogênio inorgânico dissolvido, silício reativo e oxigênio dissolvido.

TABELA 26 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Cubatão do Sul.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	0,47	1,00														
O.D.	-0,52	-0,28	1,00													
pH	0,74	0,35	0,01	1,00												
Turb.	0,21	0,20	-0,03	0,20	1,00											
N-NH ₄ ⁺	0,11	0,48	-0,42	-0,05	0,36	1,00										
N-NO ₃ ⁻	-0,93	-0,45	0,40	-0,75	-0,13	0,04	1,00									
N-NO ₂ ⁻	-0,27	0,33	0,04	-0,19	0,03	0,63	0,32	1,00								
NID	-0,55	0,04	-0,03	-0,55	0,17	0,74	0,70	0,67	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	0,41	0,22	-0,43	0,20	0,43	0,24	-0,36	-0,08	-0,07	1,00						
Si	-0,69	-0,56	0,48	-0,42	0,03	-0,07	0,72	0,10	0,43	-0,22	1,00					
P-total	-0,09	0,02	-0,11	-0,14	0,01	-0,11	0,01	-0,08	-0,07	0,37	0,05	1,00				
N-total	0,33	0,01	-0,38	0,13	0,51	0,23	-0,29	-0,06	-0,04	0,30	-0,08	0,15	1,00			
Cl-a	0,45	0,05	-0,03	0,45	0,10	-0,08	-0,43	0,06	-0,34	0,29	-0,20	-0,18	0,27	1,00		
C.T.	-0,21	-0,11	-0,10	-0,34	0,17	0,44	0,29	0,05	0,34	0,05	0,24	0,01	-0,11	-0,25	1,00	
C.F.	0,00	-0,04	-0,03	-0,09	-0,02	0,18	0,04	-0,16	0,07	0,09	-0,03	-0,13	-0,10	0,00	0,74	1,00

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho ($p < 0,05$)

De acordo com a figura 25 sugere-se que quanto a variabilidade espacial dos descritores de qualidade da água no Rio Cubatão do Sul, sob as condições

amostradas, o nitrato, oxigênio dissolvido e silício reativo foram mais relacionados ao aporte fluvial (grupo 1) enquanto a clorofila-a foi mais relacionadas com as águas mais salgadas da Baía (grupo 3). O grupo 2 foi caracterizado pelas estações estuarinas e próximas à desembocadura (sobretudo na primeira campanha) com maiores teores de fosfato, nitrogênio amoniacal e turbidez.

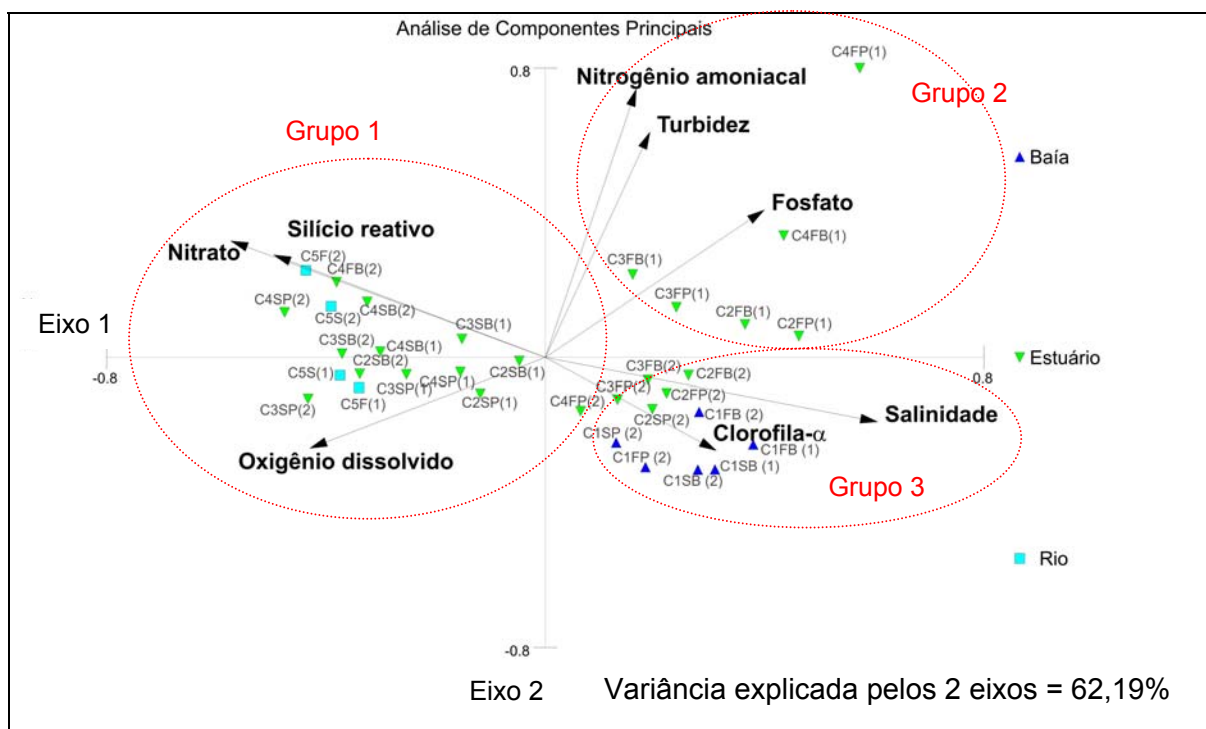


FIGURA 25- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 34 casos) ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.

5.2.3 Rio Biguaçu

Os dados da coluna d'água do Rio Biguaçu coletados em preamar e baixamar adquiridos em 20/03/2007 e 10/03/2008 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação B1), estuário (estações B2, B3 e B4) e rio (estação B5) - são exibidos nas tabelas 27 e 28.

Quanto aos descritores físico-químicos da coluna d'água da zona estuarina, a salinidade foi de $8,5 \pm 12,6$, máximo de 31,5 e mínimo de 0,0. A temperatura variou de 23,7 a 28,9 °C, o oxigênio dissolvido de 4,6 a 7,9 mg/L e o pH de 6,1 a 8,1. Concentração de oxigênio dissolvido menor que 5 mg/L foi observada apenas nas estação B3 na água de fundo na segunda campanha (4,6 mg/L) (figura 26). A turbidez atingiu valores bem elevados de 71,6 NTU, sendo maior em média na zona estuarina do que na Baía e na porção fluvial (tabela 27).

TABELA 27 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía	Média	31,8	27,7	6,9	8,1	16,2
	Desvio padrão	0,4	0,9	0,8	0,1	20,6
	Máximo	32,4	28,7	7,9	8,2	64,3
	Mínimo	31,0	26,3	5,7	8,1	2,3
estuário	média	8,5	25,8	6,8	6,9	24,3
	Desvio padrão	12,6	1,7	0,8	0,8	13,3
	máximo	31,5	28,9	7,9	8,1	71,6
	mínimo	0,0	23,7	4,6	6,1	3,8
rio	média	0,0	25,9	7,3	6,5	24,0
	Desvio padrão	0,0	0,5	0,4	0,3	5,9
	máximo	0,0	26,3	7,7	6,8	32,2
	mínimo	0,0	25,4	6,8	6,2	18,6

A Baía apresentou as maiores salinidades e pH (tabela 27, figura 26). Apesar de terem ocorrido os menores valores médios de turbidez (tabela 27) do que as outras duas zonas, na segunda campanha a turbidez atingiu o alto valor de 64,3 NTU nas águas de fundo da preamar. Este resultado está possivelmente relacionado com a maior intensidade do vento e favorecimento de influência relacionado a sua direção de maior impacto na preamar (vento nordeste com 23,76 km/h) do que na baixamar (vento oeste com 5,76 km/h) e também do que na primeira campanha (noroeste com 3,96 km/h na baixamar e sudeste com 14,76 km/h na preamar).

A salinidade na Baía Norte teve como valor máximo de 32,40 na primeira campanha em baixamar na água de fundo. A pequena variação da salinidade nas águas da Baía (desvio padrão de 0,4) indica condições de mistura semelhantes entre as coletas e também ao longo da coluna d'água.

Na estação B2 notou-se uma forte estratificação da coluna d'água. A primeira campanha apresentou salinidade superficial e próximo ao fundo, respectivamente, de 3,48 de 30,28 na baixamar, e 20,6 e 31,47 na preamar e a segunda campanha de 2,3 de 28,9 na baixamar, e 1,7 e 28,92 na preamar. Na preamar da segunda campanha ocorreram os ventos mais intensos de norte podendo ter influenciado em uma menor penetração da água marinha do que na primeira campanha em preamar (vento sudeste).

A estratificação vertical da coluna d'água foi observada por Campos (2003), em fevereiro de 2002, sob a mesma condição de maré até 5 km a partir da

desembocadura. Já no presente trabalho, possivelmente relacionado à intensa precipitação dos meses de coleta (214 mm na primeira campanha e 183 mm na segunda campanha) a penetração da cunha salina foi inferior a 5 km, sendo que na estação B4 (4,3 km da desembocadura) toda coluna apresentou-se homogênea nas duas campanhas com salinidade zero em preamar e baixamar.

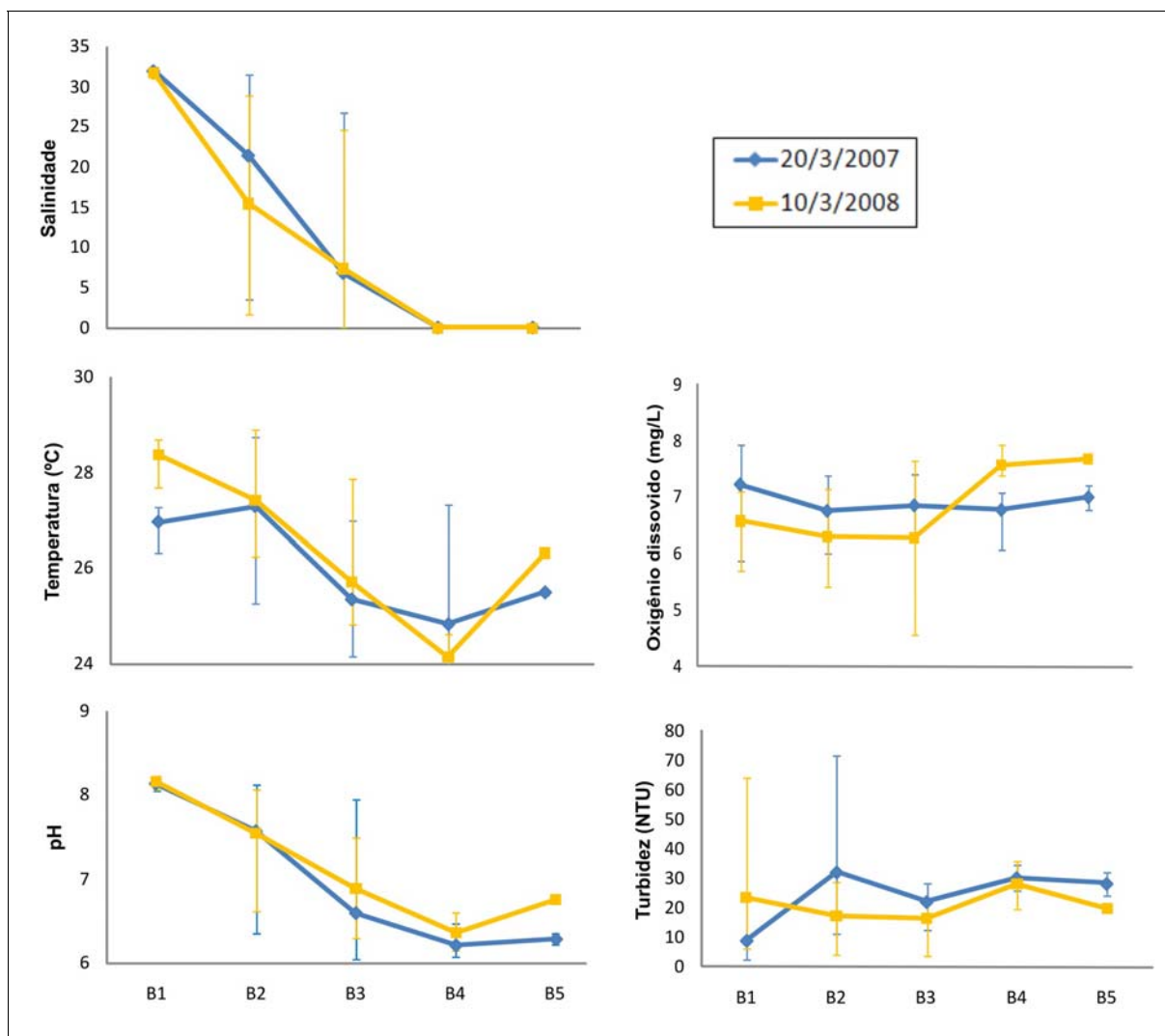


FIGURA 26- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações médias na zona estuarina, se comparada à porção fluvial e à Baía (tabela 28). A máxima concentração observada foi de 13,5 μM na estação B2 (figura 27), mais próximo à desembocadura do estuário, em baixamar na água de superfície da primeira campanha.

TABELA 28 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	2,3	1,6	0,0	3,9	0,4	35,7	51,8	262,6	3,4	5,0	6,0
	Desvio padrão	2,0	1,2	0,1	2,0	0,3	45,5	64,1	284,8	1,1	2,4	4,8
	Máximo	5,5	3,6	0,1	8,0	1,0	144,5	165,8	608,5	4,5	8,0	13,0
	Mínimo	0,4	0,0	0,0	1,9	0,2	7,1	1,0	0,0	1,8	<2,0	<2,0
Estuário	média	6,5	19,9	0,1	26,6	0,5	130,2	45,6	92,0	3,7	131,7	13,0
	Desvio padrão	2,8	11,1	0,1	12,5	0,6	94,5	60,1	129,6	3,3	109,3	13,2
	máximo	13,5	36,2	0,3	43,6	3,0	290,5	214,3	428,3	10,7	350,0	46,0
	mínimo	1,6	1,0	0,0	4,0	0,1	17,1	1,3	0,0	0,0	<2,0	<2,0
Rio	média	3,2	9,7	0,3	13,2	0,4	207,1	2,5	70,2	1,8	245,0	6,5
	Desvio padrão	0,5	0,8	0,2	1,3	0,2	84,7	1,3	6,7	0,0	148,5	2,1
	máximo	3,6	10,2	0,6	14,1	0,6	295,2	3,9	79,6	1,8	350,0	8,0
	mínimo	2,4	8,6	0,1	11,2	0,1	127,5	1,2	64,1	1,8	140,0	5,0

O nitrato apresentou a mesma tendência do nitrogênio amoniacal, com maiores valores médios na água estuarina e decrescendo suas concentrações na água fluvial e Baía (tabela 28). As estações com maiores concentrações observadas foram a B3 e B4 (figura 27). Já a máxima concentração de nitrito foi de 0,6 μM de N-NO₂⁻ na porção fluvial.

O nitrogênio inorgânico dissolvido apresentou a tendência de maiores concentrações na zona estuarina nas duas campanhas (figura 27), sendo as maiores concentrações na primeira campanha. Já o nitrogênio total (figura 27), apresentou concentrações muito baixas na primeira campanha em relação a segunda campanha, salvo na porção fluvial. Na segunda campanha as concentrações foram maiores na Baía, decrescendo para o interior do estuário, sobretudo na preamar.

Na primeira campanha as maiores concentrações de fosfato inorgânico dissolvido e o fósforo total (figura 27) foram associadas às águas próximas à desembocadura (estação B2). A segunda campanha apresentou menores gradientes de concentrações de fosfato entre as estações de coleta (figura 27). O fósforo total apresentou concentrações bem menores do que na primeira campanha com pequeno gradiente de concentração entre as estações de coleta (figura 27).

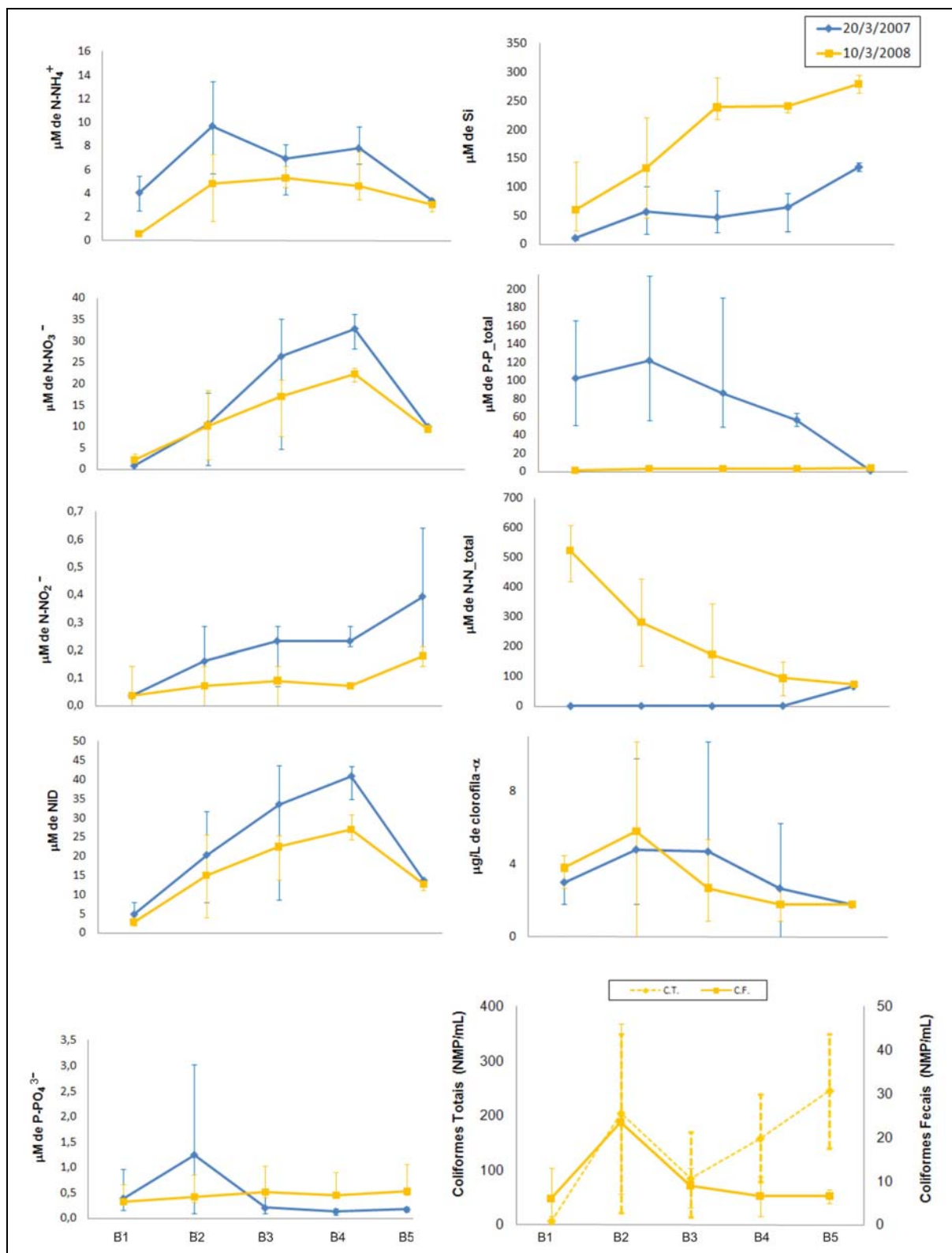


FIGURA 27- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Biguaçu sob duas condições de maré nas duas coletas.

De maneira geral, as concentrações de silício reativo decresceram em direção ao oceano (figura 27, tabela 28), apresentando concentrações bastante elevadas

como a máxima concentração na zona fluvial de 295,2 μM de Si na segunda campanha que atingiu concentrações maiores do que na primeira campanha.

As concentrações mais altas de clorofila-a foram no estuário (estação B2 na segunda campanha e B3 na primeira campanha), com o valor máximo de 10,7 $\mu\text{g/L}$ na estação B3 na água de fundo em preamar (figura 27).

De maneira geral os maiores valores de coliformes totais e fecais foram próximos à desembocadura (estação B2), sendo que os coliformes totais apresentaram também valores altos nas estações próximas à montante estuarina e porção fluvial (B4 e B5, figura 27).

Quanto à correlação entre os dados (tabela 29), de uma maneira geral a água mais salina e quente, com maior pH apresentou correlação negativa com todos os nitrogenados inorgânicos dissolvidos, silício reativo e coliformes totais e positiva com fósforo total, nitrogênio total e clorofila-a.

TABELA 29 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Biguaçu.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃	N-NO ₂	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T.	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	0,81	1,00														
O.D.	-0,30	-0,22	1,00													
pH	0,93	0,82	-0,13	1,00												
Turb.	-0,13	-0,18	-0,15	-0,22	1,00											
N-NH ₄ ⁺	-0,40	-0,29	-0,02	-0,42	0,05	1,00										
N-NO ₃	-0,82	-0,76	0,13	-0,84	0,22	0,58	1,00									
N-NO ₂	-0,56	-0,43	0,06	-0,58	0,17	0,39	0,49	1,00								
NID	-0,79	-0,71	0,10	-0,81	0,20	0,72	0,98	0,52	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	0,32	0,40	0,08	0,37	-0,05	0,09	-0,33	-0,27	-0,26	1,00						
Si	-0,56	-0,32	0,19	-0,41	-0,02	-0,04	0,21	-0,04	0,17	-0,03	1,00					
P-total	0,40	0,20	0,14	0,33	0,02	0,24	-0,18	-0,07	-0,10	0,46	-0,57	1,00				
N-total	0,45	0,56	-0,37	0,46	-0,07	-0,59	-0,45	-0,42	-0,52	-0,06	0,04	-0,49	1,00			
Cl-a	0,57	0,47	-0,51	0,53	0,12	-0,17	-0,40	-0,25	-0,38	0,13	-0,39	0,35	0,27	1,00		
C.T.	-0,55	-0,43	0,39	-0,53	-0,18	0,37	0,38	0,43	0,40	0,33	0,40	0,60	-0,57	-0,27	1,00	
C.F.	-0,27	-0,08	0,09	-0,11	-0,28	0,55	0,26	0,11	0,34	-0,28	0,15	0,23	-0,20	-0,25	0,38	1

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho ($p < 0,05$)

Dessa maneira sugere-se que quanto à variabilidade geral no Rio Biguaçu, (figura 28), a turbidez, o nitrogênio amoniacal e nitrato foram mais relacionados às estações estuarinas (grupo 2). O silício reativo e o oxigênio dissolvido foram mais relacionados ao aporte fluvial (grupo 1) enquanto o fosfato inorgânico dissolvido e a clorofila-a foram mais relacionados com as águas da Baía (grupo 3).

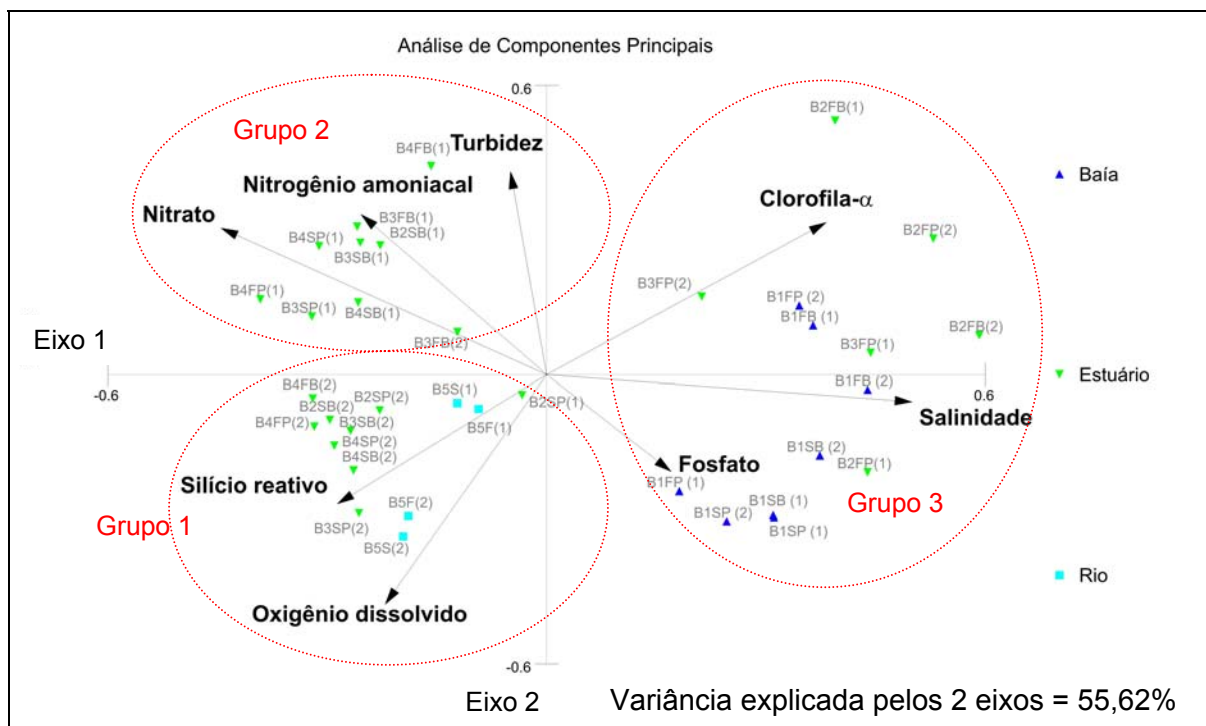


FIGURA 28- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 36 casos) ao longo do estuário do Rio Biguaçu.

5.2.4 Rio Maciambu

Os dados da coluna d'água do Rio Maciambu coletados em preamar e baixamar adquiridos em 04/06/2007 e 24/10/2007 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação M1), estuário (estações M2, M3 e M4) rio (estação M5) - são exibidos nas tabelas 30 e 31.

A salinidade média no estuário foi de $23,9 \pm 7,9$, máximo de 32,5 e mínimo de 4,4. A temperatura variou de 14,3 a 23,8 °C, o oxigênio dissolvido de 5,9 a 9,3 mg/L e o pH médio de $7,8 \pm 0,4$, tendendo a predomínio de valores básicos, variando 6,9 a 8,4. Não foram observadas concentrações de oxigênio dissolvido menor que 5 mg/L, apresentando sempre águas bem oxigenadas. A turbidez foi baixa (< 10 NTU), sendo maior na zona estuarina do que na Baía e na porção fluvial, com valores maiores na segunda campanha (figura 29)

TABELA 30 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Maciambu.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía	Média	32,3	19,0	7,7	8,1	2,3
	Desvio padrão	0,5	1,5	0,5	0,1	2,0
	Máximo	33,0	20,9	8,2	8,3	6,7
	Mínimo	31,8	17,4	6,8	8,0	1,0
estuário	média	23,9	18,9	7,7	7,8	3,7
	Desvio padrão	7,9	2,5	1,1	0,4	2,2
	máximo	32,5	22,8	9,3	8,4	9,2
	mínimo	4,4	14,3	5,9	6,9	1,1
rio	média	0,0	15,7	10,3	7,9	0,6
	Desvio padrão	0,0	4,2	1,7	0,1	0,2
	máximo	0,0	18,7	11,5	8,0	0,7
	mínimo	0,0	12,7	9,1	7,8	0,4

Este rio apresentou as menores temperaturas e turbidez, assim como concentrações de oxigênio dissolvido bastante elevadas.

A salinidade na Baía Sul foi acima de 31,8, com valor máximo de 33,0 na segunda campanha em preamar na água de fundo.

Na estação M2 notou-se certa estratificação da coluna d'água, sobretudo na baixamar. A primeira campanha apresentou salinidade superficial e próximo ao fundo, respectivamente, de 27,48 e 29,31 na baixamar, e 32,5 e 32,5 na preamar e a segunda campanha de 17,25 de 29,83 na baixamar, e 30,06 e 31,53 na preamar.

O mês da primeira campanha de coleta foi um mês com pequeno volume de precipitação (6,9 mm), acarretando em menor contribuição da água fluvial em direção a jusante. A segunda campanha, que apresentou maior precipitação (147,8 mm) comparada a primeira, apresentou menores salinidades e o oxigênio dissolvido, além de maiores valores de turbidez (figura 29). A estratificação vertical da coluna d'água foi observada até a estação M4, 2,5 km a partir da desembocadura, sendo que a cunha salina se estendeu além dessa estação.

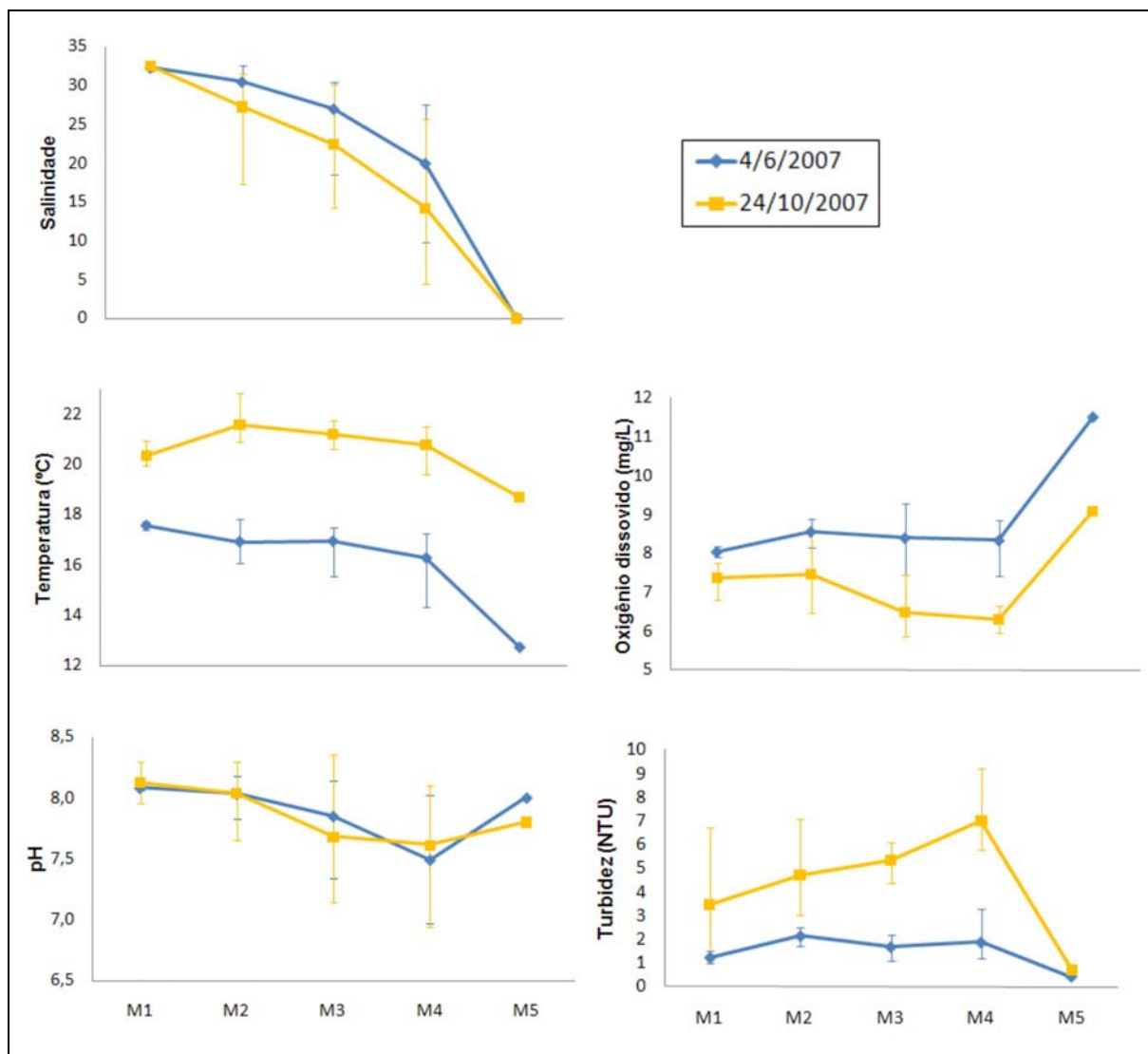


FIGURA 29- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações médias na zona estuarina comparada a porção fluvial e a Baía (tabela 31). A máxima concentração observada foi de $8,2 \mu\text{M}$ de N-NH_4^+ na estação M4 (figura 30), em baixamar na água de superfície da segunda campanha.

O nitrato apresentou maiores valores médios na água fluvial, decrescendo suas concentrações na água estuarina e Baía (figura 30, tabela 31).

O Nitrogênio Inorgânico Dissolvido teve a tendência de maiores concentrações na região fluvial, decrescendo em direção a Baía (figura 30).

TABELA 31 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	2,3	0,4	0,0	2,7	0,4	2,8	0,8	33,5	2,3	94,0	37,8
	Desvio padrão	1,3	0,4	0,0	1,2	0,1	1,7	0,3	25,3	2,4	73,3	61,5
	Máximo	4,4	1,3	0,1	4,5	0,5	5,3	1,2	74,4	5,9	180,0	130,0
	Mínimo	0,9	0,0	0,0	1,6	0,3	0,7	0,5	0,0	1,1	33,0	5,0
Estuário	média	3,7	2,1	0,0	5,6	0,2	46,5	0,6	190,8	1,9	1021,7	30,0
	Desvio padrão	2,0	2,2	0,1	4,0	0,2	45,3	0,5	180,1	1,5	1099,2	27,1
	máximo	8,2	9,3	0,3	16,5	0,5	207,9	1,6	554,3	4,3	>2400,0	79,0
	mínimo	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,0	<2,0
Rio	média	1,9	6,5	0,0	6,3	0,0	2,1	0,5	219,8	-	-	-
	Desvio padrão	2,9	5,7	0,1	7,5	0,0	3,4	0,7	331,9	-	-	-
	máximo	5,2	10,2	0,1	14,6	0,1	6,1	1,3	601,6	-	-	-
	mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-

Nota: as células sem valores são devido ter os dados de apenas 1 campanha e apenas em superfície.

O nitrogênio total, apresentou menores concentrações na primeira campanha em relação à segunda campanha e suas concentrações foram maiores na baixamar, sendo maiores na montante estuarina na primeira campanha e na porção fluvial, decrescendo em direção à desembocadura na segunda campanha (figura 30).

Na primeira campanha as concentrações de fosfato foram menores do que na segunda campanha (figura 30, tabela 31) e o fósforo total também, com exceção da água fluvial que apresentou maiores concentrações na primeira campanha (figura 30, tabela 31).

O valor máximo de 207,9 μM de Si na estação M2 (desembocadura) na água de fundo na primeira campanha, que apresentou as maiores concentrações na zona estuarina (figura 30, tabela 31). Na segunda campanha as concentrações de silício reativo decresceram em direção ao oceano sendo maiores na montante estuarina e apresentando concentrações mais baixas na água fluvial nas duas campanhas.

As concentrações mais altas de clorofila-a foram na porção fluvial e na Baía. O valor máximo de 5,9 $\mu\text{g/L}$ foi na Baía, estação M1 na água de fundo em baixamar na segunda campanha (figura 30).

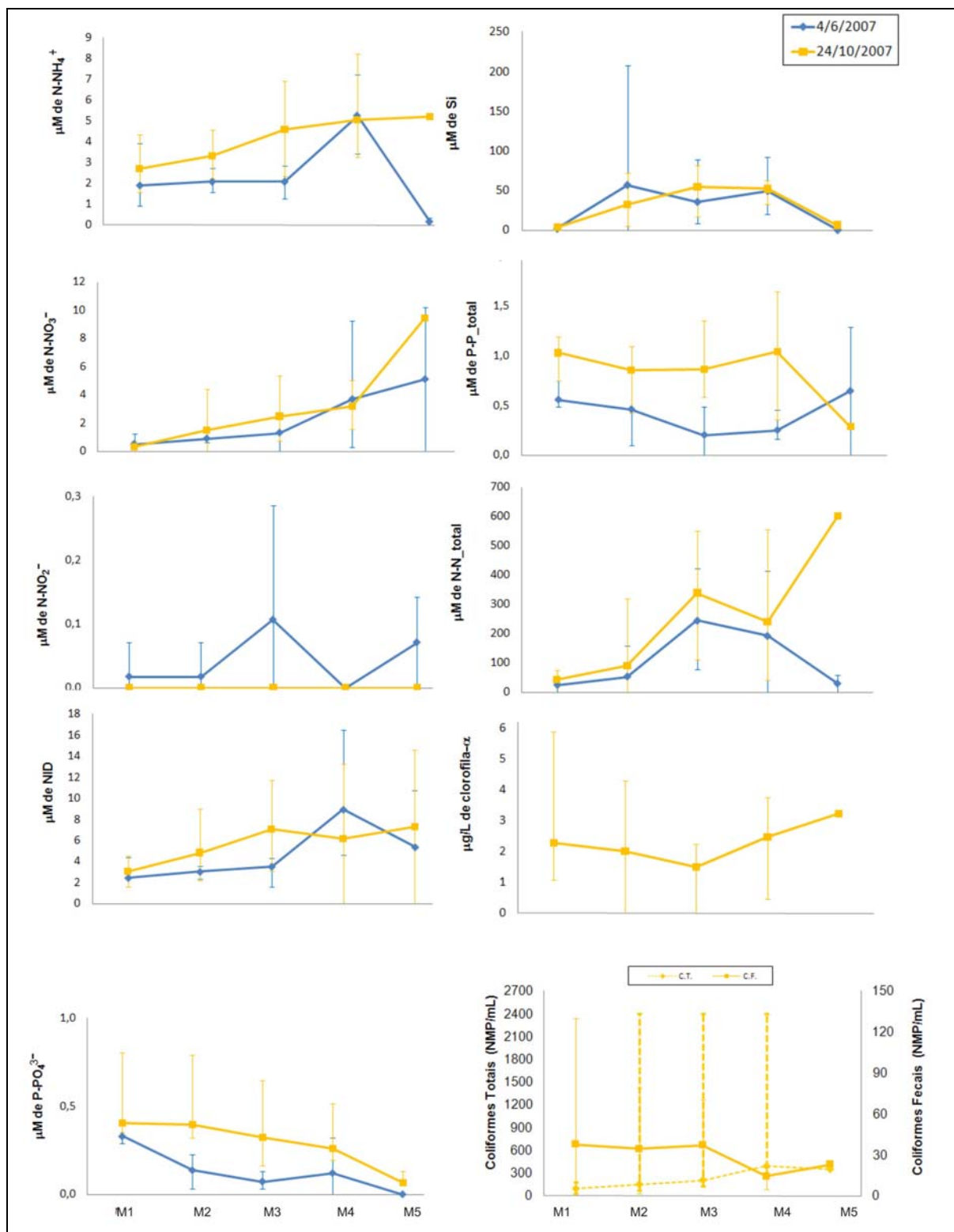


FIGURA 30- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Maciambu sob duas condições de maré nas duas coletas (nota: clorofila-a, coliformes fecais e totais na estação M5 não estão representados pela média, mas por um único valor).

Os coliformes totais apresentaram valores máximos elevados no estuário (>2400 NMP/ml). Os coliformes fecais foram maiores em média na Baía, com máximo de 130 NMP/mL e zona estuarina com máximo de 39 NMP/mL (tabela 31, figura 30).

Quanto à correlação entre os dados (tabela 32), de uma maneira geral a água da Baía mais salina, com maior pH apresentou correlação negativa significativa com o nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrogênio total e positiva com fosfato.

TABELA 32 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Maciambu.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃	N-NO ₂	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T.	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	0,23	1,00														
O.D.	-0,10	-0,70	1,00													
pH	0,61	0,23	0,25	1,00												
Turb.	0,00	0,72	-0,69	-0,02	1,00											
N-NH ₄ ⁺	-0,46	0,17	-0,41	-0,71	0,29	1,00										
N-NO ₃	-0,92	-0,35	0,27	-0,53	-0,15	0,43	1,00									
N-NO ₂	0,00	-0,33	0,53	0,12	-0,25	-0,36	0,03	1,00								
NID	-0,86	-0,17	0,00	-0,71	0,03	0,78	0,90	-0,14	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	0,40	0,66	-0,44	0,23	0,43	0,07	-0,33	-0,30	-0,20	1,00						
Si	-0,29	-0,11	-0,29	-0,50	0,17	0,38	0,22	-0,22	0,33	-0,27	1,00					
P-total	0,11	0,48	-0,18	0,39	0,47	-0,24	-0,13	-0,08	-0,21	0,51	-0,34	1,00				
N-total	-0,63	0,02	-0,22	-0,66	0,09	0,61	0,50	0,02	0,64	-0,26	0,41	-0,39	1,00			
Cl-a	0,11	0,21	0,07	0,33	-0,13	-0,31	-0,11	-	-0,21	0,01	-0,37	0,17	-0,24	1,00		
C.T.	-0,25	0,01	-0,69	-0,56	0,42	0,53	0,33	-	0,45	-0,05	0,66	-0,19	0,40	-0,05	1,00	
C.F.	-0,03	0,12	-0,08	0,03	0,19	-0,13	0,09	-	-0,01	-0,04	0,18	-0,17	-0,02	-0,32	0,21	1,00

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho (p < 0,05)

Dessa maneira sugere-se que quanto a variabilidade geral no Rio Maciambu nas condições amostradas, o nitrato foi mais relacionado às estações mais a montante (grupo 1), a turbidez, o nitrogênio amoniacal, oxigênio e silício reativo (sobretudo próximo a porção fluvial) foram mais relacionados as águas estuarinas (grupo 2), enquanto clorofila-a e fosfato foram mais relacionados com as águas mais salgadas da Baía (grupo 3, figura 31). Como o estuário do Maciambu foi coletado em condições de grande penetração de maré em relação ao aporte fluvial, que ficou evidenciado apenas nas estações bem a montante estuarina, devido as baixas precipitações (sobretudo na primeira campanha). A penetração da água salgada no estuário parece ter agido ressuspensando o fundo e, conseqüentemente, liberando nutrientes no estuário.

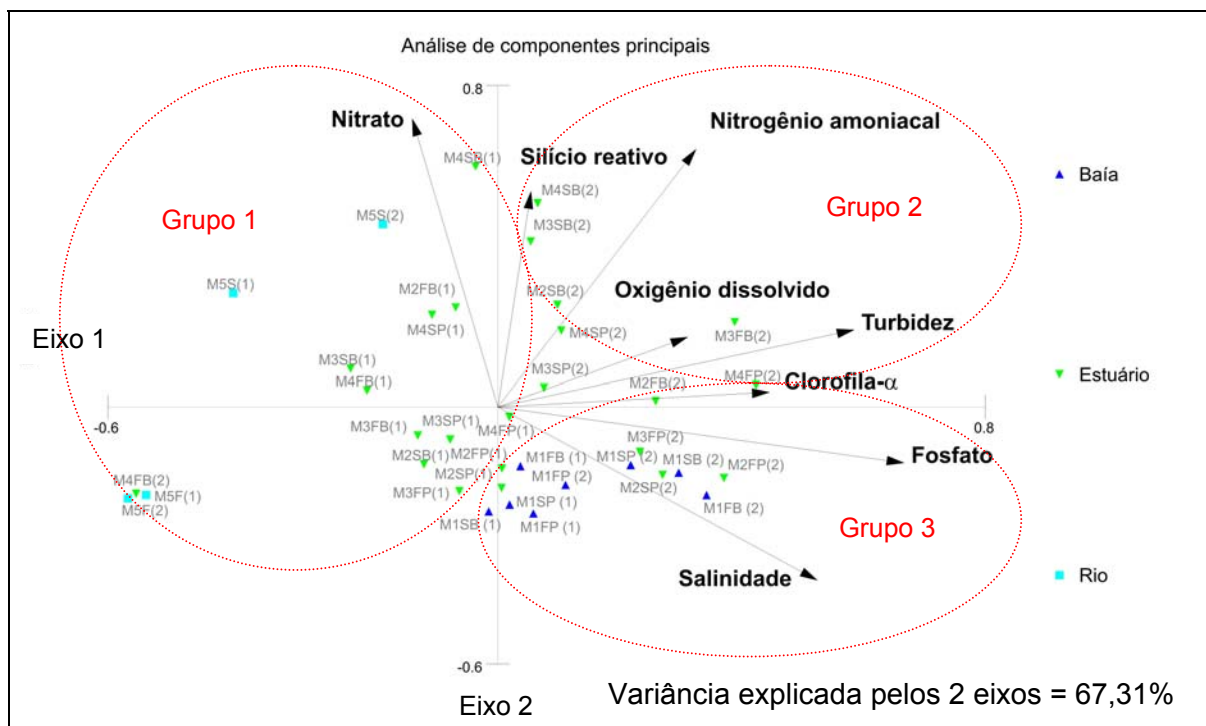


FIGURA 31- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 36 casos) ao longo do estuário do Rio Maciambu.

5.2.5 Rio Ratoles

Os dados da coluna d'água do Rio Ratoles coletados em preamar e baixamar adquiridos em 19/03/2007 e 25/11/2007 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação R1), estuário (estações R2, R3 e R4) e rio (estação R5) - são exibidos nas tabelas 33 e 34.

A salinidade do estuário foi de $22,4 \pm 12,3$, máximo de 33,0 e mínimo de 1,2. A temperatura no estuário variou de 23,8 a 28,3 °C, o oxigênio dissolvido de 2,9 a 7,2 mg/L e o pH médio de 7,6, tendendo a predomínio de valores básicos, variando 6,1 a 8,2.

Concentração de oxigênio dissolvido menor que 5 mg/L foi observada no estuário nas estações R2, R3 e R4 na primeira campanha, relacionadas as águas de baixamar (figura 32). Os maiores valores de oxigênio dissolvido foram relacionados as águas da Baía (figura 32).

A turbidez atingiu valores de 48,0 NTU e foi maior na primeira campanha de coleta (figura 32).

TABELA 33 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Ratonés.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía	Média	33,1	25,5	6,8	8,2	49,2
	Desvio padrão	0,4	1,0	0,3	0,1	97,5
	Máximo	33,6	26,5	7,3	8,3	248,2*
	Mínimo	32,6	24,3	6,5	8,1	5,6
estuário	média	22,4	25,5	5,3	7,6	27,2
	Desvio padrão	12,3	1,5	1,2	0,6	13,6
	máximo	33,0	28,3	7,2	8,2	48,0
	mínimo	1,2	23,8	2,9	6,1	3,5
rio	média	0,1	24,5	5,7	6,1	15,8
	Desvio padrão	0,1	0,8	0,1	0,9	7,8
	máximo	0,1	25,1	5,8	6,8	21,3
	mínimo	0,0	23,9	5,6	5,5	10,3

*Nota: essa turbidez alta pode ser decorrente de erro na amostragem (garrafa de coleta pode eventualmente ter encostado no fundo ressuspendendo sedimentos)

A salinidade e o pH foram menores na primeira campanha (figura 30) associada a intensa chuva no dia anterior a coleta.

A Baía apresentou as maiores salinidades e pH (tabela 33, figura 32). A salinidade foi acima de 32,6 com valor máximo de 33,60 na segunda campanha. Houve pequena variação da salinidade nas águas da Baía (desvio padrão de 0,4).

Na estação R4, ponto mais a montante da zona estuarina, pode-se observar a diferença de influência da água fluvial entre as campanhas. A primeira campanha apresentou salinidade superficial e próximo ao fundo, respectivamente, de 1,18 de 2,56 na baixamar, e 12,66 e 19,24 na preamar e a segunda campanha de 31,54 de 31,7 na baixamar, e 32,66 e 32,84 na preamar. Além da diferença de pluviosidade entre as campanhas, o vento foi de W e NE na primeira campanha e SE na segunda campanha podendo influenciar na entrada de água salgada no estuário causada pelo empilhamento da água marinha na costa.

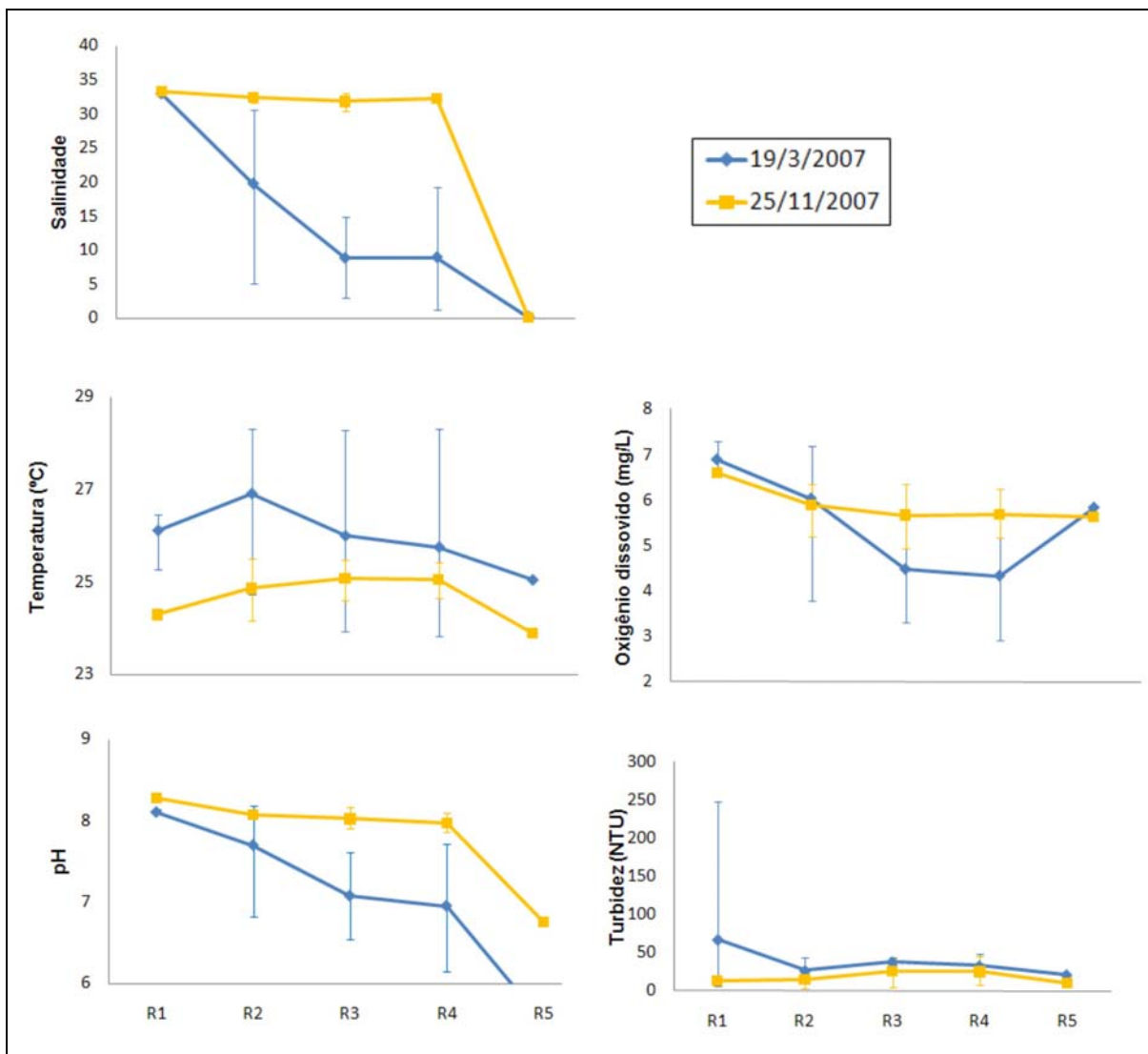


FIGURA 32- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Ratores sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações médias na zona fluvial comparada ao estuário e a Baía (tabela 34). No entanto a máxima concentração observada foi de 25,4 μM na zona estuarina, estação R2 na primeira campanha (figura 33), na desembocadura do estuário.

O nitrato apresentou a mesma tendência do nitrogênio amoniacal de maiores valores médios na água fluvial decrescendo suas concentrações em direção a Baía (tabela 34, figura 33). Esse gradiente ficou mais evidente na primeira campanha. A estação com maior concentração observada foi a R4 (figura 33). Já a máxima concentração de nitrito foi de 0,7 μM de N-NO_2^- no estuário.

TABELA 34 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Ratoões sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N- NH_4^+	N- NO_3^-	N- NO_2^-	P- PO_4^{3-}	NiD	Si	P-total	N-total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	1,9	1,3	0,1	0,5	3,3	13,4	2,6	107,3	3,8	320,0	14,5
	Desvio padrão	1,2	1,7	0,1	0,4	2,1	4,7	1,8	165,9	1,6	311,1	10,6
	Máximo	4,0	4,3	0,4	1,3	6,0	22,1	5,1	369,9	5,3	540,0	22,0
	Mínimo	0,6	0,1	0,0	0,2	0,8	8,2	0,6	0,0	1,5	100,0	7,0
Estuário	média	5,6	3,6	0,2	0,7	9,4	46,0	2,8	239,7	6,1	1804,2	445,2
	Desvio padrão	6,3	4,7	0,2	1,1	10,1	28,8	1,0	127,0	4,8	828,7	663,2
	máximo	25,4	19,2	0,7	5,5	33,7	119,6	4,0	410,1	26,7	>2400,0	>2400,0
	mínimo	0,5	0,2	0,0	0,2	0,0	16,6	0,6	13,8	1,1	350,0	33,0
Rio	média	6,5	13,0	0,1	0,1	9,8	79,9	3,4	53,4	3,1	-	-
	Desvio padrão	5,6	15,0	0,2	0,1	16,5	86,3	3,6	25,0	0,6	-	-
	máximo	10,4	23,5	0,3	0,2	34,3	140,9	6,0	71,1	3,6	-	-
	mínimo	2,5	2,4	0,0	0,0	0,0	18,9	0,9	35,7	2,7	-	-

Nota: as células sem valores são devido ter os dados de apenas 1 campanha e apenas em superfície.

O nitrogênio inorgânico dissolvido apresentou a tendência de maiores concentrações na zona estuarina nas duas campanhas (figura 33), sendo as maiores concentrações na primeira campanha. Já o nitrogênio total (figura 33), apresentou essa mesma tendência de maiores concentrações no estuário, porém as maiores concentrações foram na segunda campanha.

As maiores concentrações médias de fosfato foram no estuário, enquanto o fósforo total (figura 33) foram associadas às águas fluviais na segunda campanha. De maneira geral as concentrações da segunda campanha para ambos descritores foram maiores, com exceção da Baía que apresentou maiores valores máximos e a estação R2 (desembocadura) para o fosfato.

De maneira geral, as concentrações de silício reativo decresceram em direção ao oceano (figura 33, tabela 34), apresentando concentrações bastante elevadas, como a máxima concentração na zona fluvial de $140,9 \mu\text{M}$ de Si na segunda campanha, que apresentou concentrações menores para as demais estações do que na primeira campanha mais chuvosa. No entanto, na primeira campanha as concentrações de silício reativo na zona fluvial foram mais baixas que no estuário.

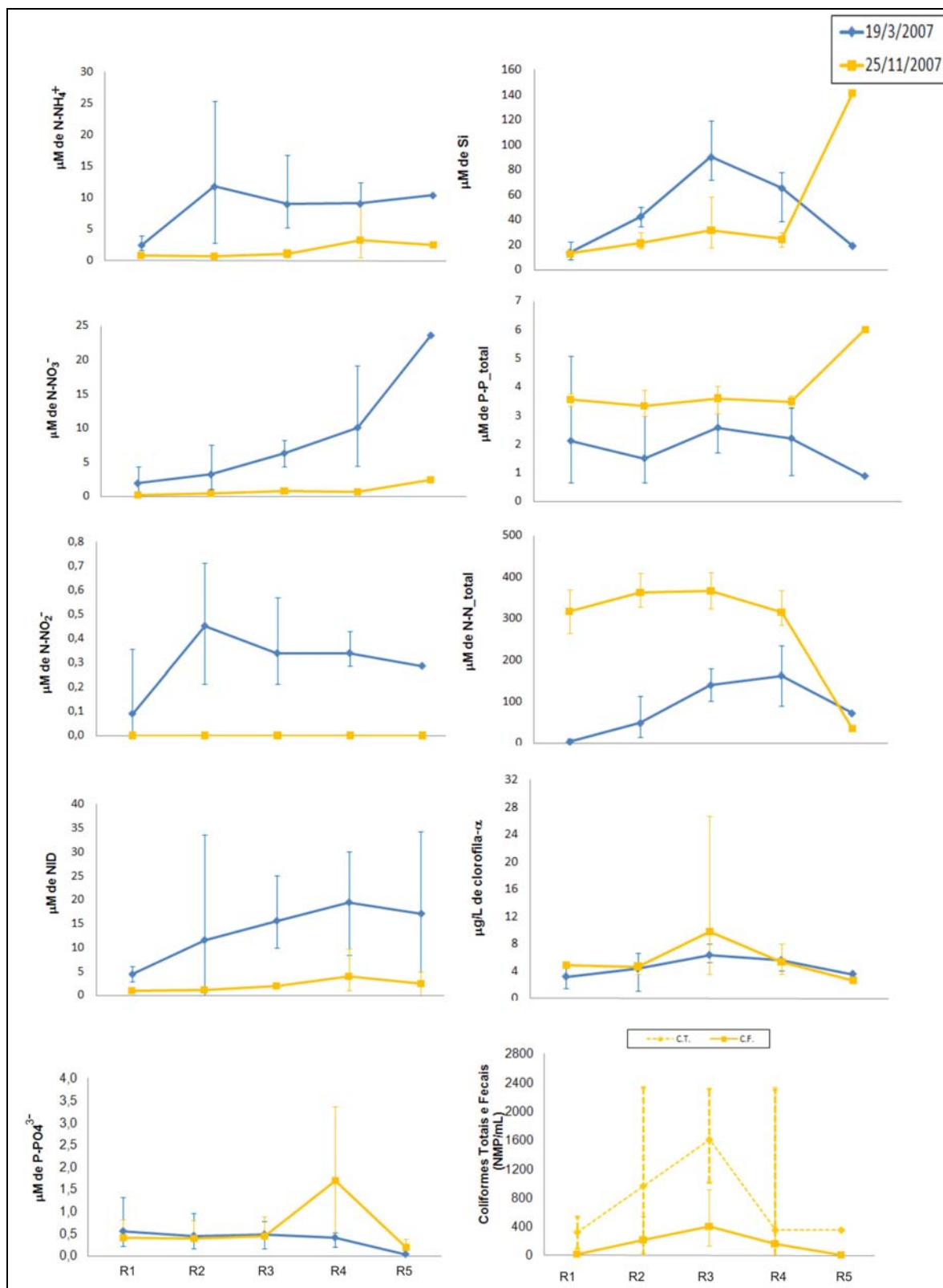


FIGURA 33- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Ratones sob duas condições de maré nas duas coletas.

As concentrações de clorofila-a foram ligeiramente mais altas no estuário, com o valor máximo de 26,7 $\mu\text{g/L}$ na estação R3 (figura 33). No geral as

concentrações foram mais elevadas na segunda campanha que apresentou também os menores valores de turbidez. Além da maior turbidez na primeira campanha, a chuva no dia anterior a coleta parece ter refletido aumentando as concentrações dos nitrogenados inorgânicos dissolvidos e silício reativo (exceto na água fluvial) (figura 33).

Os maiores valores de coliformes totais e fecais foram no estuário (figura 33, tabela 34), apesar de ser dentro de uma unidade de conservação (Reserva Ecológica de Carijós). Foi observado gado próximo a estação R5 (rio) que apresentou baixos valores de coliformes totais e fecais.

Quanto à correlação entre os dados (tabela 35), de uma maneira geral a água mais salina e oxigenada (figura 34), com maior pH apresentou correlação negativa com os nitrogenados inorgânicos dissolvidos e silício reativo e positiva com o nitrogênio total. Os coliformes fecais se correlacionaram positivamente com o nitrogênio inorgânico dissolvido que esteve mais relacionado às águas estuarinas.

TABELA 35 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Ratonés.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T.	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	0,16	1,00														
O.D.	0,70	0,48	1,00													
pH	0,93	0,34	0,70	1,00												
Turb.	-0,01	-0,05	-0,04	-0,03	1,00											
N-NH ₄ ⁺	-0,72	-0,13	-0,68	-0,69	0,05	1,00										
N-NO ₃ ⁻	-0,79	-0,16	-0,50	-0,91	0,04	0,60	1,00									
N-NO ₂ ⁻	-0,70	0,11	-0,51	-0,62	0,03	0,82	0,58	1,00								
NID	-0,84	-0,16	-0,66	-0,89	0,05	0,90	0,89	0,79	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	0,12	-0,18	-0,16	0,06	0,09	0,21	-0,14	-0,09	0,04	1,00						
Si	-0,72	0,05	-0,53	-0,50	-0,09	0,31	0,23	0,41	0,30	-0,07	1,00					
P-total	0,05	-0,68	-0,26	0,03	0,34	-0,16	-0,30	-0,39	-0,26	0,23	0,12	1,00				
N-total	0,45	-0,28	-0,03	0,38	-0,23	-0,38	-0,40	-0,52	-0,44	0,20	-0,28	0,41	1,00			
Cl-a	0,03	-0,05	-0,21	0,03	0,02	-0,02	-0,09	-0,09	-0,06	0,05	0,06	0,13	0,31	1,00		
C.T.	0,30	0,27	-0,46	0,13	0,38	0,29	-0,07	-	0,25	0,28	-0,23	-0,20	0,38	0,31	1,00	
C.F.	0,13	-0,02	-0,44	-0,01	-0,08	0,84	0,01	-	0,78	0,92	-0,09	0,02	0,21	0,02	0,47	1,00

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho (p < 0,05)

Dessa forma sugere-se que quanto a variabilidade geral no Rio Ratonés, (figura 34) sob as condições amostradas o nitrato foi o descritor mais associado à água fluvial (grupo 1), enquanto o nitrogênio amoniacal, silício reativo e turbidez foram mais relacionados às estações estuarinas (grupo 1) principalmente na primeira campanha, possivelmente associada à chuva anterior ao dia da coleta. O oxigênio dissolvido e a salinidade foram mais relacionados com as águas da Baía (grupo 2), sendo a salinidade mais alta característica das estações estuarinas na segunda campanha de coleta que apresentou maior diluição em relação aos nitrogenados

inorgânicos dissolvidos e silício reativo. Neste estuário, o fosfato e a clorofila-a não se associaram as águas marinhas.

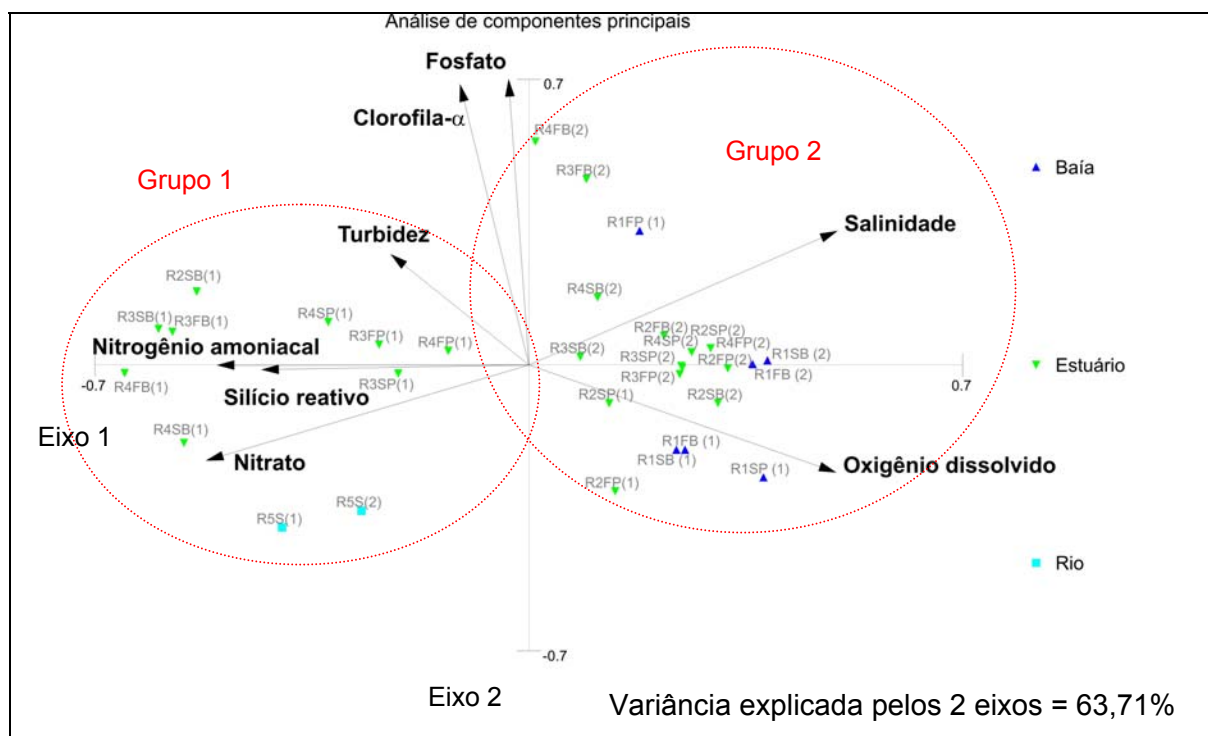


FIGURA 34- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 31 casos) ao longo do estuário do Rio Ratonés.

5.2.6 Rio Tavares

Os dados da coluna d'água do Rio Tavares coletados em preamar e baixamar adquiridos em 04/04/2007 e 11/12/2007 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação T1), estuário (estações T2, T3 e T4) e rio (estação T5) - são exibidos nas tabelas 36 e 37.

No estuário, a salinidade foi de $14,6 \pm 10,7$, máximo de 32,0 e mínimo de 2,4 (tabela 36). A temperatura variou de 24,3 a 28,2 °C, o oxigênio dissolvido de 1,6 a 7,9 mg/L e o pH de 6,5 a 8,2. Concentração de oxigênio dissolvido menor que 5 mg/L foi observada em todos os pontos estuarinos e na porção fluvial, principalmente na segunda campanha que foi menos salgada (figura 35). A turbidez atingiu valores elevados (88,9 NTU) na primeira campanha na estação mais a montante estuarina (T4), sendo maior em média na zona estuarina do que na Baía e na porção fluvial (tabela 36).

TABELA 36 – Descritores estatísticos dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Tavares.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía	Média	32,4	26,8	6,2	8,2	12,4
	Desvio padrão	0,2	1,0	0,2	0,1	11,2
	Máximo	32,6	28,0	6,6	8,3	39,0
	Mínimo	32,2	25,6	6,0	8,1	5,2
estuário	média	14,6	25,8	4,1	7,2	32,2
	Desvio padrão	10,7	1,4	2,1	0,6	22,1
	máximo	32,0	28,2	7,9	8,2	88,9
	mínimo	2,4	24,3	1,6	6,5	5,0
rio	média	0,1	25,2	1,4	6,6	25,8
	Desvio padrão	0,1	0,9	1,6	0,7	24,1
	máximo	0,2	25,9	2,5	7,1	42,8
	mínimo	0,1	24,6	0,2	6,2	8,7

A Baía apresentou em média as maiores salinidades, temperaturas, oxigênio dissolvido, pH e menores valores de turbidez (tabela 36, figura 35). Sua salinidade foi acima de 32,2, com valor máximo de 32,6.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações médias na zona fluvial comparada ao estuário e a Baía (tabela 37). A máxima concentração observada foi de 41,6 μM de N-NH_4^+ na primeira campanha (figura 36) que no geral teve as menores concentrações médias, porém com maiores amplitudes de variação possivelmente associada às diluições causadas pelas maiores amplitudes salinas observadas nessa campanha (figura 35).

O nitrato apresentou maiores concentrações médias na água estuarina decrescendo suas concentrações na água fluvial e Baía (tabela 37). As estações com maiores concentrações observadas foram a T2 e T4 (figura 36) na primeira campanha. A máxima concentração de nitrito também foi na zona estuarina com 3,1 μM de N-NO_2^- na estação T4 na primeira campanha.

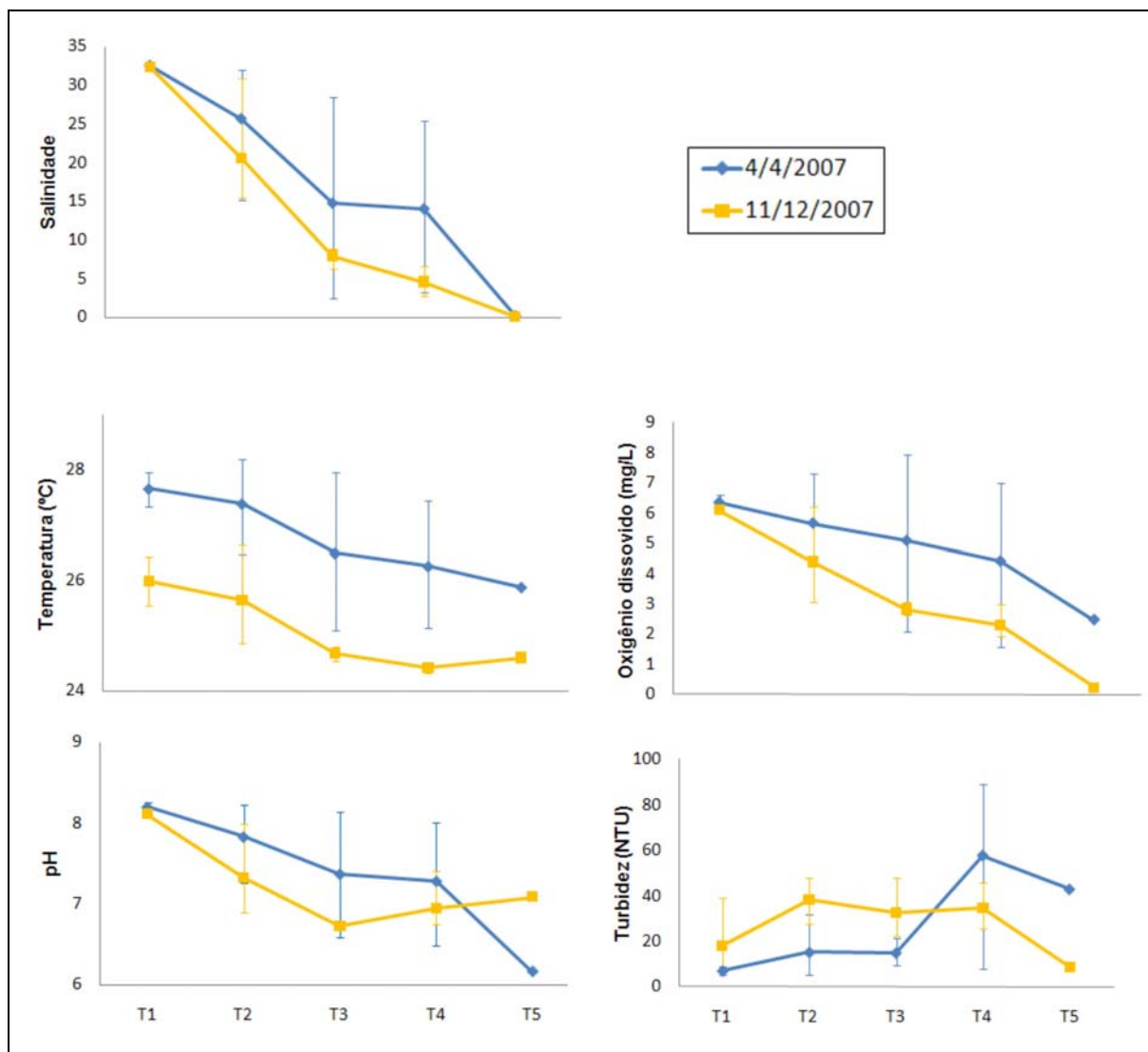


FIGURA 35- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio inorgânico dissolvido apresentou a tendência de maiores concentrações na zona fluvial nas duas campanhas (figura 36), sendo os valores máximos na primeira campanha. O nitrogênio total (figura 36), apresentou maiores concentrações no estuário na primeira campanha, mas na segunda campanha houve um aumento inesperado na Baía.

O fosfato inorgânico dissolvido apresentou os maiores valores no estuário e o fósforo total foi associado as águas fluviais (tabela 37, figura 36). Ambos descritores foram maiores na segunda campanha que apresentou águas menos salgadas.

TABELA 37 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N- NH_4^+	N- NO_3^-	N- NO_2^-	NID	P- PO_4^{3-}	Si	P-total	N-total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	2,4	0,2	0,0	2,7	0,4	24,6	2,6	217,8	6,4	53,5	22,8
	Desvio padrão	1,2	0,3	0,0	1,1	0,2	40,6	1,7	158,7	1,3	29,7	18,4
	Máximo	5,1	0,9	0,1	5,1	0,7	124,3	5,0	403,4	8,0	79,0	49,0
	Mínimo	1,1	0,0	0,0	1,5	0,2	2,9	0,5	0,9	4,0	23,0	7,0
Estuário	média	10,6	4,5	0,6	15,7	0,8	79,2	4,3	171,3	8,7	1681,7	1013,3
	Desvio padrão	8,4	5,6	0,7	11,4	0,5	52,2	2,5	142,0	7,3	765,7	799,9
	máximo	27,9	27,9	3,1	41,5	2,0	264,6	9,1	589,6	24,9	>2400,0	>2400,0
	mínimo	0,1	0,2	0,0	0,6	0,1	6,4	0,8	22,4	1,3	280,0	240,0
Rio	média	39,6	1,6	0,2	27,6	0,5	129,5	7,1	124,9	7,7	-	-
	Desvio padrão	2,8	2,3	0,3	24,2	0,6	11,4	5,2	42,4	8,0	-	-
	máximo	41,6	3,3	0,4	45,2	0,9	137,6	10,7	154,9	13,4	-	-
	mínimo	37,6	0,0	0,0	0,0	0,0	121,4	3,4	94,9	2,0	-	-

Nota: as células sem valores são devido ter os dados de apenas 1 campanha e apenas em superfície.

Em média, as concentrações de silício reativo decresceram em direção ao oceano (figura 36, tabela 37), apresentando concentrações bastante elevadas como a máxima concentração no estuário de 264,6 μM de Si na primeira campanha (estação T4).

As concentrações mais altas de clorofila-a foram no estuário (estação T2 na primeira campanha, com o valor máximo de 24,9 $\mu\text{g/L}$ (tabela 37, figura 36).

De maneira geral os maiores valores de coliformes totais e fecais foram maiores no estuário, com valores maiores que 2400 NMP/mL de coliformes totais e fecais nas estações T2 e T3 (figura 36).

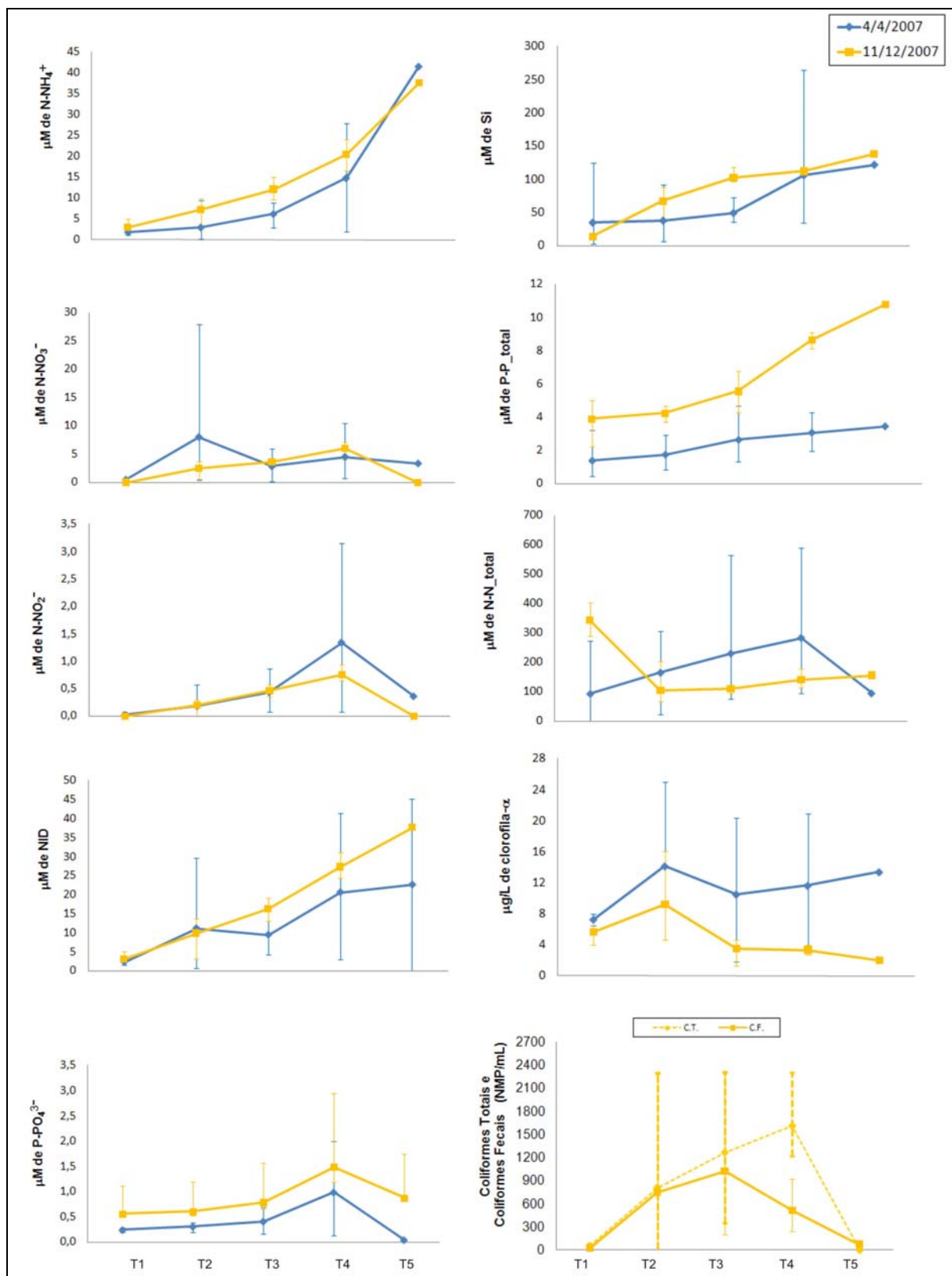


FIGURA 36- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Tavares sob duas condições de maré nas duas coletas.

Quanto à correlação entre os dados (tabela 38), a água mais salina (grupo 2), oxigenada e quente, com maior pH apresentou correlação negativa com nitrogênio amoniacal, nitrito, fosfato, silício reativo, fósforo total e coliformes totais e positiva com clorofila-a. Os coliformes fecais se correlacionaram negativamente com características das águas da Baía (maior salinidade, temperatura, pH, oxigênio dissolvido) e positivamente com os coliformes totais, turbidez e silício reativo que foram associados as águas fluvio-estuarinas (grupo 1, figura 37).

TABELA 38 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Tavares.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T.	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	0,80	1,00														
O.D.	0,92	0,88	1,00													
pH	0,95	0,81	0,91	1,00												
Turb.	-0,24	-0,24	-0,18	-0,25	1,00											
N-NH ₄ ⁺	-0,82	-0,63	-0,79	-0,75	0,24	1,00										
N-NO ₃ ⁻	-0,32	-0,25	-0,39	-0,32	0,11	0,17	1,00									
N-NO ₂ ⁻	-0,62	-0,46	-0,58	-0,61	0,36	0,54	0,37	1,00								
NID	-0,83	-0,64	-0,83	-0,77	0,26	0,92	0,54	0,64	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	-0,64	-0,72	-0,68	-0,58	0,17	0,57	0,27	0,73	0,61	1,00						
Si	-0,75	-0,62	-0,74	-0,71	0,43	0,74	0,31	0,72	0,77	0,57	1,00					
P-total	-0,66	-0,79	-0,72	-0,54	0,15	0,63	0,15	0,23	0,59	0,65	0,52	1,00				
N-total	0,32	0,24	0,42	0,40	-0,01	-0,29	-0,04	-0,23	-0,27	-0,23	-0,32	-0,13	1,00			
Cl-a	0,42	0,65	0,63	0,44	0,10	-0,34	-0,14	-0,34	-0,36	-0,58	-0,33	-0,51	0,39	1,00		
C.T.	-0,84	-0,84	-0,85	-0,81	0,41	0,69	0,66	0,58	0,76	0,50	0,84	0,61	-0,70	-0,54	1,00	
C.F.	-0,33	-0,44	-0,33	-0,60	0,57	0,00	0,32	0,21	0,07	-0,13	0,37	-0,08	-0,63	-0,18	0,60	1,00

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho (p < 0,05)

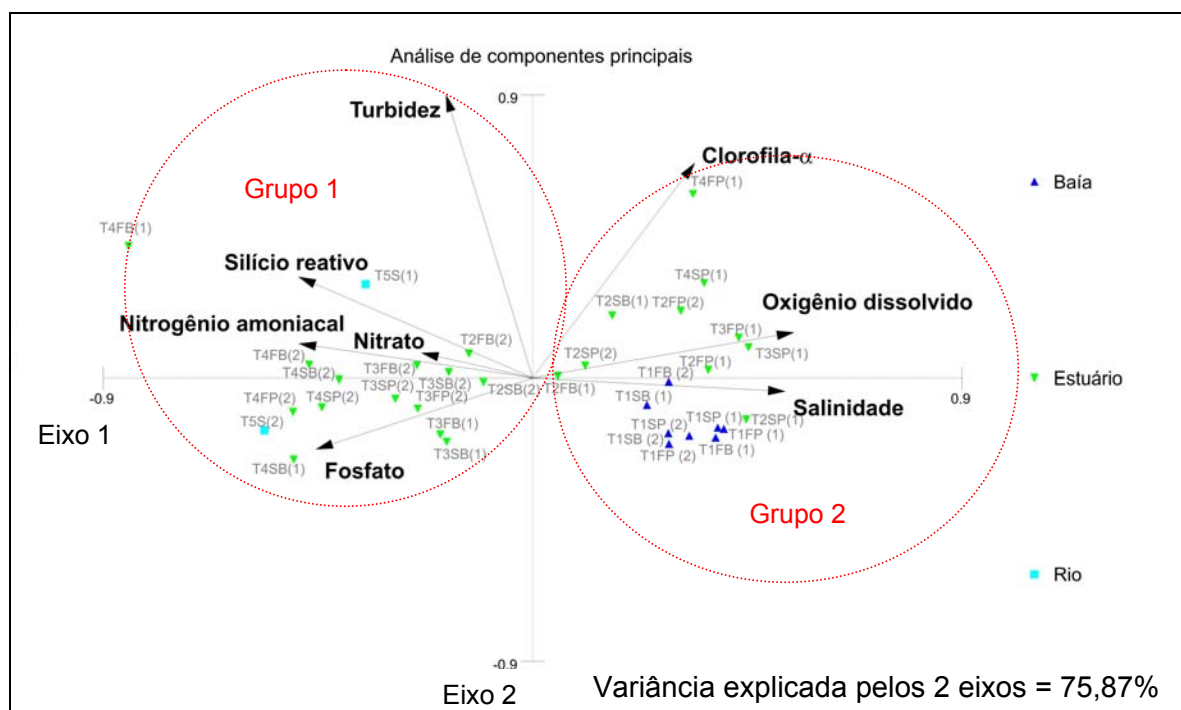


FIGURA 37- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 34 casos) ao longo do estuário do Rio Tavares.

5.2.7 Rio Itacorubi

Os dados da coluna d'água do Rio Itacorubi coletados em preamar e baixamar adquiridos em 13/08/2007 e 25/02/2008 são apresentados no Anexo 3. Seus descritores estatísticos separados pelos ambientes: Baía (estação I1), estuário (estações I2, I3 e I4) e rio (estação I5) - são exibidos nas tabelas 39 e 40.

A salinidade no estuário foi de $16,4 \pm 11,5$, máximo de 27,2 e mínimo de 0,1. A temperatura variou de 17,0 a 27,2°C, o oxigênio dissolvido de 0,6 a 9,0 mg/L e o pH de 6,6 a 8,4. Concentrações de oxigênio dissolvido menor que 5 mg/L foram observada em todas estações do estuário (figura 38), sobretudo em baixamar. A turbidez atingiu valores extremamente elevados na segunda campanha de 156,5 NTU (estação I5) e 135,4 NTU na estação I3, sendo maior em média no rio do que no estuário e na Baía (tabela 39).

A salinidade da primeira campanha foi mais alta em todos os pontos, podendo ser associada às condições de menor precipitação do mês de coleta. Em agosto de 2007 a precipitação foi de 108,3 mm e em fevereiro de 2008 foi de 296,7 mm. Laut *et al.* (2007) encontraram valores mais altos de salinidade na água de fundo do estuário do Rio Itacorubi, variando de 31,9 a 34,7.

TABELA 39 – Descritores estatísticos do comportamento dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré.

Zona	Descritores estatísticos	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
Baía Sul	Média	27,2	21,8	7,3	8,0	7,9
	Desvio padrão	1,0	5,9	0,7	0,4	5,4
	Máximo	28,0	27,7	7,9	8,4	17,4
	Mínimo	25,5	16,2	6,2	7,4	1,9
estuário	média	16,4	21,8	5,4	7,7	42,9
	Desvio padrão	11,5	3,9	2,5	0,5	41,8
	máximo	27,2	27,2	9,0	8,4	135,4
	mínimo	0,1	17,0	0,6	6,6	8,9
rio	média	0,0	20,2	6,6	6,9	82,1
	Desvio padrão	0,0	4,7	2,3	1,5	105,3
	máximo	0,1	23,5	8,2	7,9	156,5
	mínimo	0,0	16,9	5,0	5,8	7,6

A Baía apresentou as maiores salinidades e menores valores de turbidez (tabela 46, figura 38). Sua salinidade foi acima de 25,5, com valor máximo de 28,0 na segunda campanha.

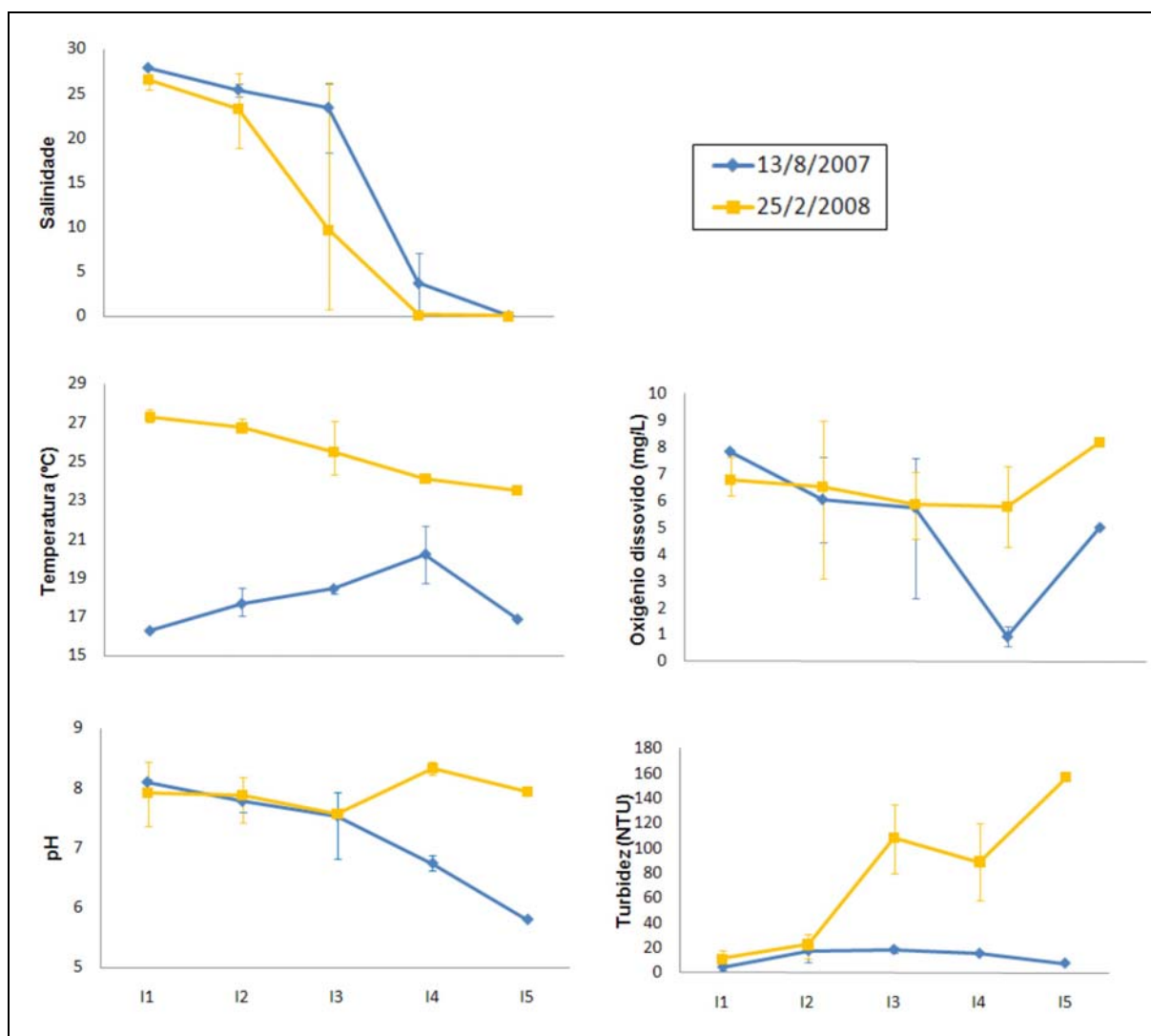


FIGURA 38- Média e amplitude dos dados físico-químicos da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.

O nitrogênio amoniacal apresentou as maiores concentrações médias na zona estuarina, se comparada a porção fluvial e a Baía (tabela 40). A máxima concentração observada foi de 147,6 $\mu\text{M N-NH}_4^+$ na estação I4 na primeira campanha (figura 39).

O nitrato apresentou maiores valores médios na água fluvial na primeira campanha decrescendo suas concentrações na água estuarina até a e Baía (tabela 40). Essa tendência de decréscimo também foi observada na segunda campanha,

porém apenas em relação a montante estuarina (estação I4), sem considerar a estação fluvial (I5) que apresentou concentrações um pouco menores que a estação I4. Laut *et al.* (2007) observaram concentrações 8,6 a 28,6 μM de N-NO_3^- para o estuário do Itacorubi, corroborando os valores encontrados no presente trabalho de 0,4 a 29,3 μM de N-NO_3^- . A máxima concentração de nitrito foi de 8,6 μM de N-NO_2^- na porção fluvial na primeira campanha.

TABELA 40 – Descritores estatísticos dos dados de nutrientes (μM), clorofila-a ($\mu\text{g/L}$) e coliformes (NMP) da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.

Zona	Descritores estatísticos	N- NH_4^+	N- NO_3^-	N- NO_2^-	NID	P- PO_4^{3-}	Si	P- total	N- total	Cl-a	Colif. Totais	Colif. Fecais
Baía	Média	6,1	1,4	0,0	7,5	0,5	18,6	200,9	7,7	6,0	74,0	7,0
	Desvio padrão	4,7	2,3	0,0	6,3	0,1	6,8	217,3	9,0	6,7	117,0	7,2
	Máximo	13,1	6,6	0,0	19,7	0,6	34,9	479,5	25,4	16,9	350,0	22,0
	Mínimo	0,6	0,0	0,0	0,9	0,2	13,7	1,5	1,9	0,0	4,0	<2,0
Estuário	média	60,4	9,1	1,6	47,4	4,3	90,2	195,5	116,6	5,5	1072,9	353,5
	Desvio padrão	46,0	9,6	1,0	51,6	5,5	62,0	198,9	201,3	4,1	902,3	423,0
	máximo	147,6	29,3	3,4	155,6	17,9	208,9	477,2	636,8	11,8	>2400,0	1610,0
	mínimo	1,3	0,4	0,1	0,0	0,8	17,2	4,8	0,4	0,0	110,0	11,0
Rio	média	53,4	41,2	4,6	49,6	7,3	161,6	114,7	245,2	1,6	2005,0	690,0
	Desvio padrão	60,2	28,1	5,6	78,9	8,9	33,2	141,0	336,1	2,3	558,6	325,3
	máximo	96,0	61,0	8,6	165,6	13,6	185,1	214,4	482,9	3,3	2400,0	920,0
	mínimo	10,9	21,4	0,7	0,0	1,0	138,1	15,0	7,5	0,0	1610,0	460,0

O nitrogênio inorgânico dissolvido apresentou maiores concentrações na zona fluvial na primeira campanha e na zona estuarina na segunda campanha (figura 39). Laut *et al.* (2007) encontraram concentrações máximas 70 μM de NID, valores estes menores do que os encontrados no presente trabalho (155,6 μM de NID), provavelmente pela maior diluição (maiores salinidade) observada pelos autores. O nitrogênio total (figura 39) apresentou concentrações mais elevadas na primeira campanha, sobretudo nas estações estuarinas, com máximo valor na estação I4.

O fosfato inorgânico dissolvido apresentou o mesmo comportamento do nitrogênio total, com concentrações mais elevadas na primeira campanha, sobretudo nas estações estuarinas. O máximo valor foi observado na estação I4 (figura 39). Laut *et al.* (2007) observaram menores concentrações máximas de fosfato (7,4 μM de P-PO_4^{3-}), o que também pode estar relacionado com o processo de diluição. Já as maiores concentrações de fósforo total (figura 39) foram na segunda campanha.

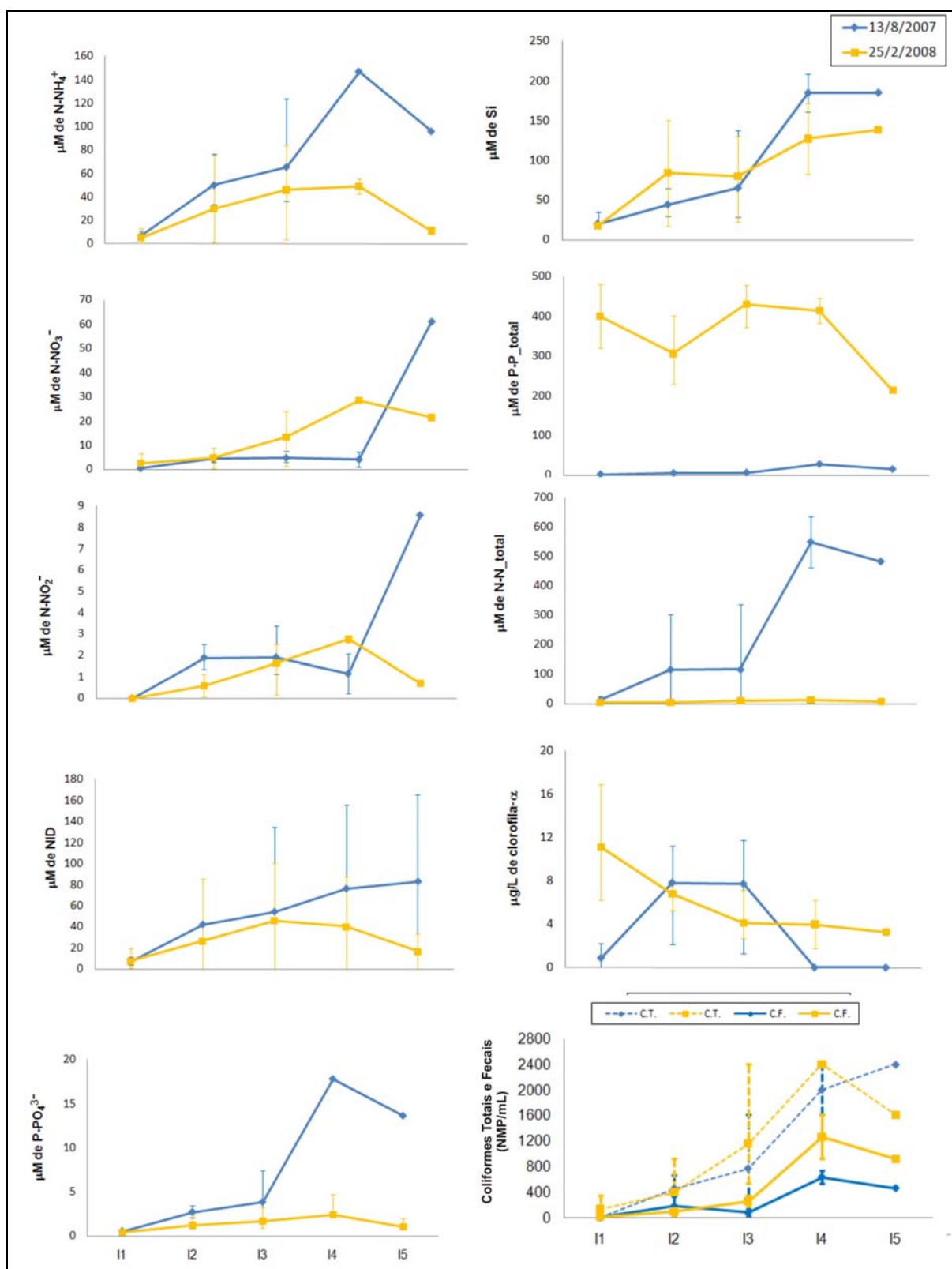


FIGURA 39- Média e amplitude dos dados de nutrientes, clorofila-a e coliformes da água ao longo do estuário do Rio Itacorubi sob duas condições de maré nas duas coletas.

De maneira geral, as concentrações médias de silício reativo decresceram da região fluvial em direção ao oceano (figura 39, tabela 40), porém a máxima concentração foi à montante estuarina (estação I4), com 208,9 μM de Si na primeira campanha. Como com os demais nutrientes, Laut *et al.* (2007) também encontraram menores concentrações máximas de silício reativo (63,2 μM de Si).

Laut *et al.* (2007) observaram as maiores concentrações de todos os nutrientes no estuário do Rio Itacorubi, com exceção do fosfato, na estação de coleta mais próxima ao cemitério e antigo aterro sanitário. Este ponto de coleta fica entre as estações I3 e I4 onde também foram observadas as maiores concentrações dos nutrientes no estuário.

As concentrações mais altas de clorofila-a na primeira campanha foram no estuário e na segunda campanha foram na Baía decrescendo em direção ao rio (figura 39).

A partir da figura 39 pode-se observar que os coliformes totais e fecais tiveram a tendência de aumentar em direção a montante estuarina (estação I4) e decrescer no rio, exceto os coliformes totais da primeira campanha que continuaram em acréscimo. A segunda campanha, estação do mês mais chuvosa, apresentou maiores valores de coliformes totais e fecais do que a primeira.

TABELA 41 – Correlação de Pearson com os dados de qualidade de água do estuário do Rio Itacorubi.

	Sal.	Temp	O.D.	pH	Turb.	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	NID	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cl-a	C.T.	C.F.
Sal.	1,00															
Temp	-0,11	1,00														
O.D.	0,43	0,06	1,00													
pH	0,39	0,21	0,64	1,00												
Turb.	-0,65	0,36	0,08	0,11	1,00											
N-NH ₄ ⁺	-0,57	-0,25	-0,87	-0,74	0,04	1,00										
N-NO ₃ ⁻	-0,74	-0,03	-0,19	-0,45	0,40	0,32	1,00									
N-NO ₂ ⁻	-0,59	-0,28	-0,36	-0,63	0,13	0,54	0,87	1,00								
NID	-0,71	-0,24	-0,81	-0,77	0,14	0,96	0,56	0,73	1,00							
P-PO ₄ ³⁻	-0,52	-0,28	-0,77	-0,78	-0,15	0,86	0,31	0,48	0,84	1,00						
Si	-0,84	-0,03	-0,64	-0,57	0,29	0,72	0,60	0,60	0,80	0,71	1,00					
P-total	-0,20	0,91	0,05	0,26	0,51	-0,26	0,13	-0,15	-0,20	-0,37	-0,05	1,00				
N-total	-0,43	-0,36	-0,76	-0,81	-0,24	0,84	0,29	0,52	0,82	0,94	0,66	-0,43	1,00			
Cl-a	0,34	0,39	0,36	0,20	-0,05	-0,34	-0,23	-0,26	-0,37	-0,42	-0,45	0,29	-0,48	1,00		
C.T.	-0,71	0,04	-0,53	-0,50	0,39	0,57	0,61	0,57	0,67	0,59	0,69	0,11	0,54	-0,41	1,00	
C.F.	-0,80	0,08	-0,25	-0,09	0,61	0,38	0,58	0,38	0,49	0,34	0,59	0,21	0,27	-0,26	0,76	1,00

Nota: Correlações significativas marcadas em vermelho ($p < 0,05$)

A correlação entre os dados (tabela 41) evidenciou de uma maneira geral que a água mais salina, com maior pH e oxigênio dissolvido apresentou correlação negativa com todos nitrogenados inorgânicos dissolvidos, turbidez, fosfato, silício reativo, nitrogênio total, coliformes totais e fecais. Assim, a Baía e as estações estuarinas mais próximas (grupo 2) se caracterizaram por apresentar águas mais

salgadas, oxigenadas e com maiores concentrações de clorofila-a e as estações fluviais e mais próximas ao aporte de água doce foram caracterizadas por apresentarem maiores concentrações de Silício reativo, turbidez, nitrogênio amoniacal e nitrato (grupo 1, figura 40).

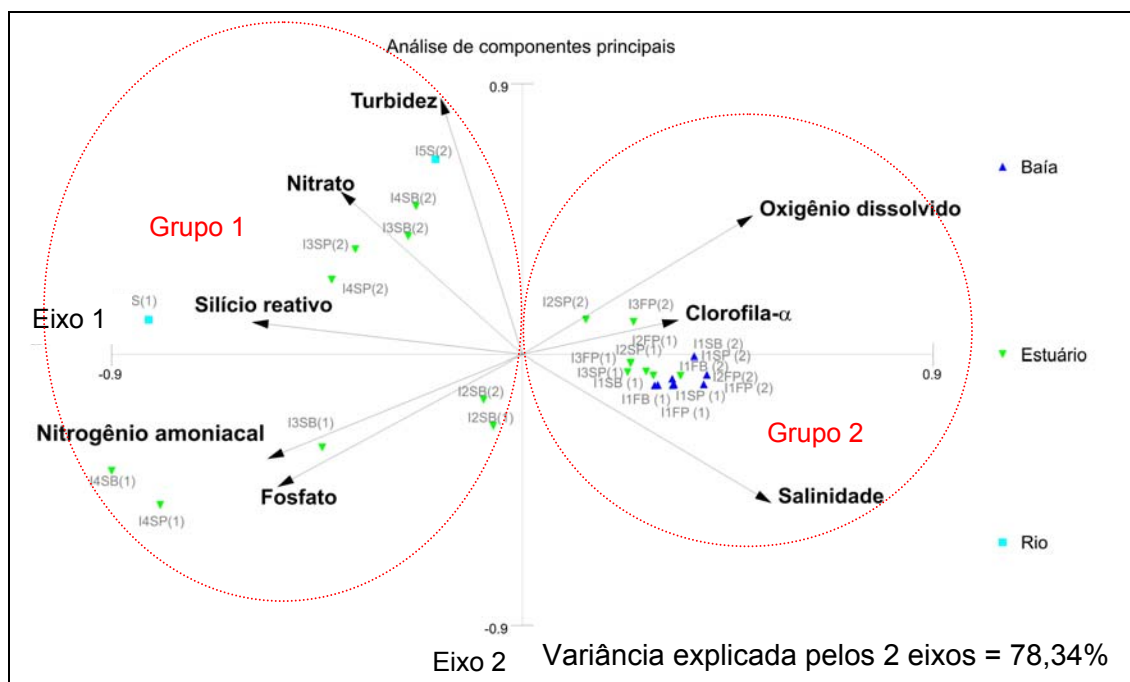


FIGURA 40- Análise de Componentes Principais (8 variáveis e 26 casos) ao longo do estuário do Rio Itacorubi.

5.2.8 Comparação entre os estuários em relação à qualidade da água

Nesse subitem serão enfatizadas as comparações entre as zonas estuarinas, mas inicialmente serão analisadas de forma breve as estações nos rios e nas Baías, onde pode-se destacar que:

- o Cubatão do Sul apresentou sua porção fluvial mais relacionada aos nutrientes nitrato e silício reativo, sobretudo na segunda campanha, mais chuvosa, e na Baía maiores concentrações de clorofila-a;
- o Rio Biguaçu, nas duas campanhas foi caracterizado pelas maiores concentrações de silício reativo na estação do rio e na Baía maiores concentrações de fosfato na primeira campanha e clorofila-a na segunda campanha;
- o Rio Maciambu caracterizou-se pelas maiores concentrações de nitrato, sobretudo na segunda campanha na porção fluvial e fosfato na Baía;
- o Rio Ratonés também apresentou maiores concentrações de nitrato e em ambas as campanhas na porção fluvial e na Baía apresentou altas concentrações de oxigênio dissolvido;
- o Tavares teve maiores concentrações de silício reativo na primeira campanha e fosfato na segunda nas estações do rio. Na Baías foram observadas maiores concentrações de oxigênio dissolvido assim como no Rio Ratonés;
- o Itacorubi caracterizou-se por maiores concentrações de silício reativo na primeira campanha e maiores valores de turbidez na segunda campanha nas estações fluviais. Na Baía ocorreram as maiores concentrações de clorofila-a.

A tabela 42 apresenta os valores médios, máximos e mínimos dos descritores obtidos na água de superfície e fundo, em cada estuário, nas duas campanhas de coleta, amostrados em preamar e baixamar de sizígia.

A salinidade média foi maior nos estuários do Rio Maciambu (23,9) com máximo de 32,5 e no Ratonés (22,4) com máximo 33,0. Valores zero ou próximo a zero foram atingidos nos estuários do Rio Cubatão do Sul (0,1), Biguaçu (0,0) e Itacorubi (0,1).

A temperatura da água variou de 14,3 °C no estuário do Rio Maciambu coletado na estação mais a montante (M4) em junho de 2007 a 28,9 °C no estuário do Rio Biguaçu coletado na estação na desembocadura (B2) em março de 2007.

TABELA 42- Sumário descritores de todos os estuários (excluídas as estações da Baía e do Rio).

Descritores	Cubatão do Sul	Biguaçu	Maciambu	Ratones	Tavares	Itacorubi
Média (máximo e mínimo)						
Salinidade	15,9 (31,7 e 0,1)	8,5 (31,5 e 0,0)	23,9 (32,5 e 4,4)	22,4 (33,0 e 1,2)	14,6 (32,0 e 2,4)	16,4 (27,2 e 0,1)
Temperatura (°C)	24,6 (28,0 e 21,2)	25,8 (28,9 e 23,7)	18,9 (22,8 e 14,3)	25,5 (28,3 e 23,8)	25,8 (28,2 e 24,3)	21,8 (27,2 e 17,0)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	6,5 (11,5 e 1,9)	6,8 (7,9 e 4,6)	7,7 (9,3 e 5,9)	5,3 (7,2 e 2,9)	4,1 (7,9 e 1,6)	5,4 (9,0 e 0,6)
pH	7,7 (9,0 e 6,7)	6,9 (8,1 e 6,1)	7,8 (8,4 e 6,9)	7,6 (8,2 e 6,1)	7,2 (8,2 e 6,5)	7,7 (8,4 e 6,6)
Turbidez (NTU)	11,9 (60,3 e 2,5)	24,3 (71,6 e 3,8)	3,7 (9,2 e 1,1)	27,2 (48,0 e 3,5)	32,2 (88,9 e 5,0)	42,9 (135,4 e 8,9)
Nitrogênio amoniacal ($\mu\text{M de N-NH}_4^+$)	6,5 (21,5 e 0,5)	6,5 (13,5 e 1,6)	3,7 (8,2 e 1,3)	5,6 (25,4 e 0,5)	10,6 (27,9 e 0,1)	60,4 (147,6 e 1,3)
Nitrato ($\mu\text{M de N-NO}_3^-$)	6,2 (14,0 e 0,0)	19,9 (36,2 e 1,0)	2,1 (9,3 e 0)	3,6 (19,2 e 0,2)	4,5 (27,9 e 0,2)	9,1 (29,3 e 0,4)
Nitrito ($\mu\text{M de N-NO}_2^-$)	0,2 (0,4 e 0,0)	0,1 (0,3 e 0,0)	0,0 (0,3 e 0,0)	0,2 (0,7 e 0,0)	0,6 (3,1 e 0,0)	1,6 (3,4 e 0,1)
Nitrogênio inorgânico dissolvido ($\mu\text{M de N-NID}$)	12,9 (35,9 e 0,5)	26,6 (43,6 e 4,0)	5,6 (16,5 e 0,0)	9,4 (39,7 e 0,0)	15,7 (41,5 e 0,6)	47,4 (155,6 e 0,0)
Fosfato ($\mu\text{M de P-PO}_4^{3-}$)	0,2 (0,7 e 0,0)	0,5 (3,0 e 0,1)	0,2 (0,5 e 0,0)	8,9 (33,7 e 0,0)	0,8 (2,0 e 0,1)	4,3 (17,9 e 0,8)
Silício reativo ($\mu\text{M de Si}$)	102,5 (235,3 e 8,2)	130,2 (290,5 e 17,1)	46,5 (207,9 e 0,0)	46,0 (119,6 e 16,6)	79,2 (264,6 e 6,4)	90,2 (208,9 e 17,2)
Fósforo total ($\mu\text{M de P-total}$)	1,5 (8,7 e 0,1)	45,6 (214,3 e 1,3)	0,6 (1,6 e 0,0)	2,8 (4,0 e 0,6)	4,3 (9,1 e 0,8)	195,5 (477,2 e 4,8)
Nitrogênio total ($\mu\text{M de N-total}$)	209,2 (535,6 e 65,2)	92,0 (428,3 e 0,0)	190,8 (554,3 e 0,0)	239,7 (410,1 e 13,8)	171,3 (589,6 e 22,4)	116,6 (636,8 e 0,4)
Clorofila-a ($\mu\text{g/L}$)	4,2 (19,2 e 0,0)	3,7 (10,7 e 0,0)	1,9 (4,3 e 0,0)	6,1 (26,7 e 1,1)	8,7 (24,9 e 1,3)	5,5 (11,8 e 0,0)
Coliformes totais (NMP/mL)	437,4 (1610 e 79)	131,7 (350 e <2)	1021,7 (>2400 e 79)	1804,2 (>2400 e 350)	1681,7 (>2400 e 280)	1072,9 (>2400 e 110)
Coliformes Fecais (NMP/mL)	94,4 (460 e 4)	13,0 (46 e <2)	30 (79 e <2)	445,2 (>2400 e 33)	1013,3 (>2400 e 240)	353,5 (1610 e 11)

Em todos os estuários foram observadas concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L, sugerido como valor limite pela legislação CONAMA 357 (2005) para água salobra classe 1. A menor concentração de oxigênio dissolvido observada foi no estuário do Rio Itacorubi de 0,6 mg/L em baixamar. Em média, as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram observadas nos estuários do lado insular das Baías: Tavares, Ratones e Itacorubi. As concentrações mais baixas ocorreram associadas as águas em condição de baixamar. Na condição de preamar, a entrada de água marinha da Baía aumentou as concentrações de oxigênio dissolvido no estuário, agindo na manutenção de teores mais saudáveis no estuário.

Em relação ao pH, o limite de 6,5 a 8,5, recomendado pela legislação CONAMA 357 (2005) para água salobra classe 1, foi observado apenas nos rios Maciambu e Tavares. Os estuários dos rios Biguaçu e Ratones apresentaram pH

ligeiramente inferior ao sugerido e o estuário do Rio Cubatão do Sul apresentou valor acima do referido na legislação.

A turbidez foi maior no estuário do Rio Itacorubi, com média de 42,9 NTU e máximo de 135,4 NTU e menor no estuário do Rio Maciambu, estuário com menos impacto antrópico, com média de 3,7 NTU e máximo 9,2 NTU.

Os maiores valores de nitrogênio amoniacal foram associados aos estuário do lado insular. O estuário que apresentou as menores concentrações desse descritor foi o menos impactado antropicamente do lado continental, o estuário do Rio Maciambu. Day *et al.* (1987) sugerem 5 μM de N-NH_4^+ como limite para estuários, sendo assim, em média, apenas o estuário do Rio Maciambu e Ratoles estariam mais próximos desse valor. Entretanto, apenas o estuário do Itacorubi apresentou concentrações acima do colocado pela legislação CONAMA 357 (2005) do limite máximo para água salobra (classe 1) de 28,5 μM de N-NH_4^+ .

Pagliosa (2004) estudou os rios Tavares, Ratoles e Veríssimo, que denominou em seu trabalho de rios não-urbanizados e também os rios Aririú, Itacorubi e Maruim, considerados pelo autor como rios urbanizados. Esse autor encontrou para rios não-urbanizados de 8,5 a 23 μM de N-NH_4^+ e para rios urbanizados de 17 a 161,3 μM de N-NH_4^+ . Comparando esses valores com as concentrações de nitrogênio amoniacal encontradas na presente pesquisa, destaca-se o estuário do Rio Itacorubi que apresentou concentrações máximas próximas ao descrito pelo o autor para os rios urbanizados.

Os estuários dos rios Biguaçu e Itacorubi apresentaram alguns valores iguais ou acima do recomendado pela legislação CONAMA 357 (2005) para água salobra classe 1 (28,5 μM de N-NO_3^-). Mas em termos médios todos os estuários encontram-se dentro dos limites estabelecidos por Aminot & Chaussepied (1983) que sugerem 10 a 15 μM de N-NO_3^- , com exceção do rio Biguaçu (19,9 μM de N-NO_3^-).

O nitrito apresentou concentrações abaixo do limite da legislação CONAMA 357 (2005) (5 μM de N-NO_2^-) para água salobra classe 1. Seguindo o sugerido por Aminot & Chaussepied (1983) de concentrações menores que 1 μM de N-NO_2^- , todos os estuários, exceto o Itacorubi, apresentaram-se dentro do intervalo esperado (em termos médios).

Pagliosa (2004) encontrou a tendência dos compostos nitrogenados diluírem ao longo de rios que deságuam nas Baías Norte e Sul de Santa Catarina relacionada a entrada de água salgada no sistema. Essa tendência de diluição pela água marinha também foi observada para todas as campanhas em todos estuários, sobretudo em preamar com maior penetração da água marinha.

O limite sugerido de $1 \mu\text{M}$ de P-PO_4^{3-} por Aminot & Chaussepied (1983) foi excedido nos estuários dos rios Biguaçu, Ratonés, Tavares e Itacorubi. Os mesmos autores sugerem concentração menor que $150 \mu\text{M}$ de Si, sendo que apenas o estuário do Rio Ratonés não a excedeu. Em média a maior concentração de silício reativo foi no estuário do Rio Biguaçu.

O fósforo total apresentou as maiores concentrações no estuário do Rio Itacorubi, sendo que até sua concentração mínima foi acima do sugerido pela legislação CONAMA 357 (2005) de $4 \mu\text{M}$ de P-Ptotal para água salobra classe 1. Depois do estuário do Rio Itacorubi, o estuário do Rio Biguaçu foi o que apresentou as maiores concentrações, seguido dos estuários dos rios Tavares e Cubatão do Sul, que também apresentaram valores acima do recomendado pela legislação supracitada.

A máxima concentração de nitrogênio total constatada foi no estuário do Rio Itacorubi e a maior média no estuário do Rio Ratonés, seguido pelo Rio Cubatão do Sul.

As maiores concentrações médias de clorofila-a foram observadas nos estuários dos rios Tavares, Ratonés e Itacorubi. Os rios do lado continental das Baías apresentaram as menores médias: Cubatão do Sul com $4,2 \mu\text{g/L}$, Biguaçu com $3,7 \mu\text{g/L}$ e Maciambu com $1,9 \mu\text{g/L}$.

A legislação CONAMA 357 (2005) para água salobra classe 1 coloca que a *E. coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente. Esta legislação determina o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Existem limites mais restritivos na referida legislação, como o de 43 por 100 mililitros para o cultivo de moluscos

bivalves destinados à alimentação humana e para a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película. Para a irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, não deverá ser excedido o valor de 200 coliformes termotolerantes por 100 mL.

O estuário que apresentou menores valores em relação aos coliformes totais foi o do Rio Biguaçu. Em relação aos coliformes fecais, considerando o limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, todos os estuários excederam esse limite. Salienta-se que nesta pesquisa não foi realizada a frequência de coleta recomendada pela legislação (80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral) e que para comparar com a legislação os valores de coliformes (NMP/mL) devem ser multiplicados por 100 (NMP/100 mL). E em relação aos coliformes fecais, os estuários dos rios Tavares, Ratonés e Itacorubi apresentaram os maiores valores.

Cerutti e Barbosa (1997), no período de um ano de monitoramento mensal (dezembro de 1993 a novembro de 1994), encontraram altos níveis de contaminação fecal, mais frequentemente, em dois locais na Baía Norte: 1) abaixo da Ponte Hercílio Luz (1.000 a 3.000 UFC – Unidades Formadoras de Colônia), e 2) na desembocadura do Rio Biguaçu com valores variando de 1.500 a 10.000 UCF. Essas autoras avaliaram mais 6 locais na Baía Norte e estes mostraram ocasionais contaminações, influenciadas pela pluviosidade. Episódios de maior precipitação pluviométrica acarretaram deterioração das condições sanitárias e o ponto de amostragem próximo a Ilha Ratonés foi o que apresentou as melhores condições sanitárias.

Pagliosa (2004) observou em seu trabalho que os nutrientes dissolvidos, a matéria particulada em suspensão e a biomassa fitoplanctônica ocorrem em concentrações de três a seis vezes maiores em áreas urbanizadas do que em áreas não-urbanizadas. No caso dos estuários estudados nesse trabalho (tabela 43), comparando-se as médias entre os estuários observa-se a tendência de maiores concentrações dos nitrogenados inorgânicos dissolvidos (NID) no Rio Itacorubi (mais urbanizado e 8 vezes mais concentrado em NID do que Ratonés). O estuário do Itacorubi também apresentou os maiores valores de turbidez e nitrogênio total. O

fosfato foi mais elevado nos estuários dos rios Ratonos e Itacorubi e o fósforo total nos estuários dos rios Itacorubi e Biguaçu. O silício reativo foi mais alto no estuário do Rio Biguaçu que também apresentou as menores salinidades.

TABELA 43- Comparação entre as concentrações (média dividida pela menor média) dos descritores de todos os estuários.

Descritores	Cubatão do Sul	Biguaçu	Maciambu	Ratonos	Tavares	Itacorubi
Salinidade	2	1	3	3	2	2
Turbidez	3	7	1	7	9	12
Nitrogênio amoniacal	2	2	1	2	3	16
Nitrato	3	9	1	2	2	4
Nitrog.inorg.dissolvido	2	5	1	2	3	8
Fosfato	1	3	1	45	4	22
Silício reativo	2	3	1	1	2	2
Fósforo total	3	76	1	5	7	326
Nitrogênio total	2	1	2	3	2	92
Clorofila-a	2	2	1	3	5	3
Coliformes totais	3	1	8	14	13	8
Coliformes Fecais	7	1	2	34	78	27

Em síntese, comparando as concentrações de oxigênio dissolvido, pH, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, fosfato, fósforo total, silício reativo e coliformes fecais com valores de referência na legislação e registradas para os estuários com entorno urbanizados, principalmente os estuários dos Itacorubi e Biguaçu, tiveram concentrações similares e às vezes mais elevadas do que aquelas descritas para sistemas estuarinos poluídos como a Baía de Santos (SP) (BRAGA *et al.*, 2000), Lagoa dos Patos (RS) (BAUMGARTEN *et al.*, 1998) e Baía da Guanabara (RJ) (KJERFVE *et al.*, 1997), salientando que estes resultados evidenciam que a descarga de esgotos nos corpos d'água podem ocasionar valores muito elevados de nutrientes. Em trabalho pretérito, Silva *et al.* (2005) relataram que os valores de nutrientes identificados ao longo do estuário do Itacorubi estão indicando um processo de eutrofização que está se estabelecendo no estuário.

Os estuários dos rios Tavares e Ratonos, apesar de estarem em unidades de conservação, também apresentaram valores acima da legislação supracitada, ressaltando os valores em excesso de coliformes fecais e fosfato, sugerindo o aporte de esgoto doméstico.

De maneira geral, observou-se uma relação inversa entre os nutrientes inorgânicos dissolvidos com a salinidade (figura 41), sendo que o estuário do Rio Itacorubi correlacionou-se positivamente com os nutrientes fosfato, nitrogênio

amoniaco e nitrito e inversamente com a salinidade. O estuário do Rio Biguaçu correlacionou-se com nitrato e silício reativo. O estuário do Rio Maciambu correlacionou-se negativamente com os nutrientes e positivamente com a salinidade. E os estuários dos rios Tavares, Ratoles e Cubatão caracterizam-se pela transição entre silício reativo, nitrato e salinidade.

Bellotto *et al.* (1995) estudaram a dinâmica de nutrientes inorgânicos no estuário do Rio Itajaí-Açu e observaram uma relação dos nutrientes inversa com a salinidade, com exceção do fosfato. Se observadas as correlações e análise de componentes principais de cada rio (subitens 5.2.2 ao 5.2.7), pode-se constatar que essa tendência foi observada também nos rios Cubatão, Biguaçu, Maciambu e Ratoles. Entretanto, os rios Tavares e sobretudo o Itacorubi apresentaram correlação positiva com o nitrogênio amoniacal, nitrito e fosfato, independentemente da salinidade (figura 41), sugerindo aporte orgânico local (possivelmente relacionado a esgotos domésticos).

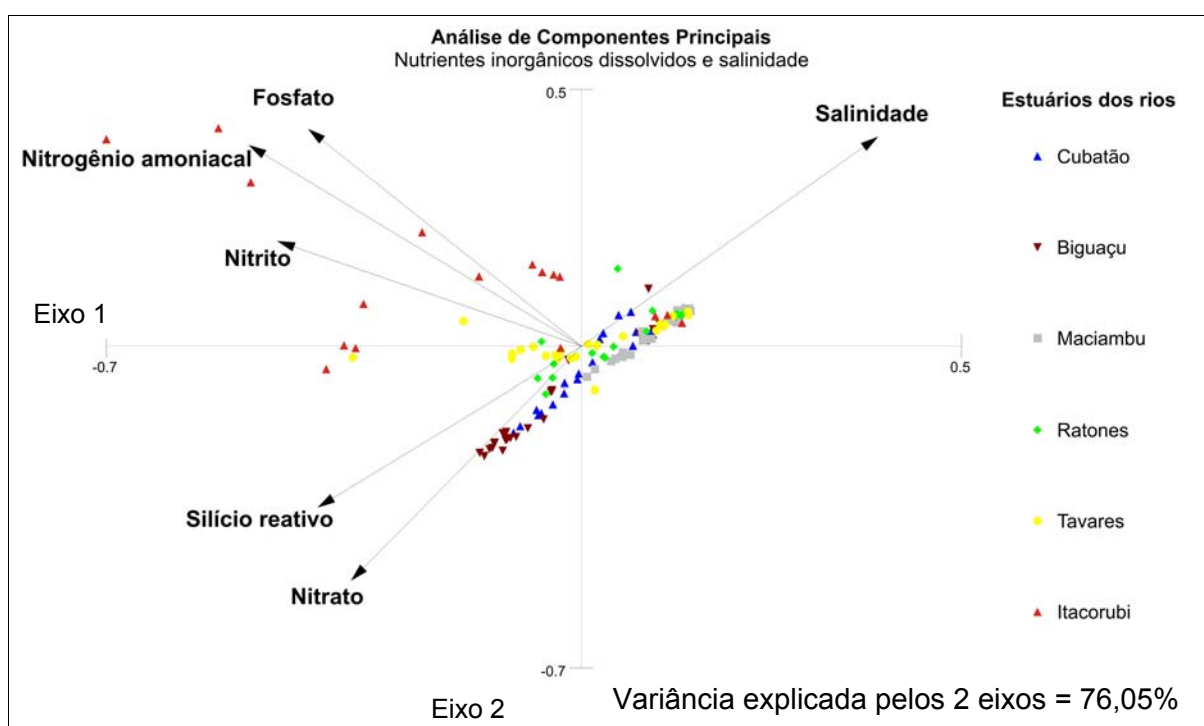


FIGURA 41- Análise de Componentes Principais (6 variáveis e 135 casos) dos nutrientes inorgânicos dissolvidos comparativa entre os estuários.

5.3 BALANÇO DE MASSA

Serão apresentados os balanços de massa de água e sal e dos nutrientes inorgânicos dissolvidos nitrogênio (soma do N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N-NO_2^-) e fósforo (P-PO_4^{3-}) em cada estuário, sob as condições amostradas, com suas características hidrológicas mensais. Posteriormente serão comparados os fluxos médios obtidos em cada estuário.

Tendências de consumo do nitrogênio inorgânico dissolvido e do fósforo inorgânico dissolvido (ou fosfato) são indicadas pelos valores negativos encontrados no cálculo dos fluxos não-conservativos no balanço (ΔNID e ΔPID). Os valores positivos indicam produção ou exportação do nutriente.

5.3.1 Rio Cubatão do Sul

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de $0,59 \text{ km}^2$ (figura 42), com a profundidade média de $3,45 \text{ m}$ ($n=15$, dados das duas campanhas mais os dados obtidos durante a coleta de sedimento), resultando em um volume médio estuarino de $2,04 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

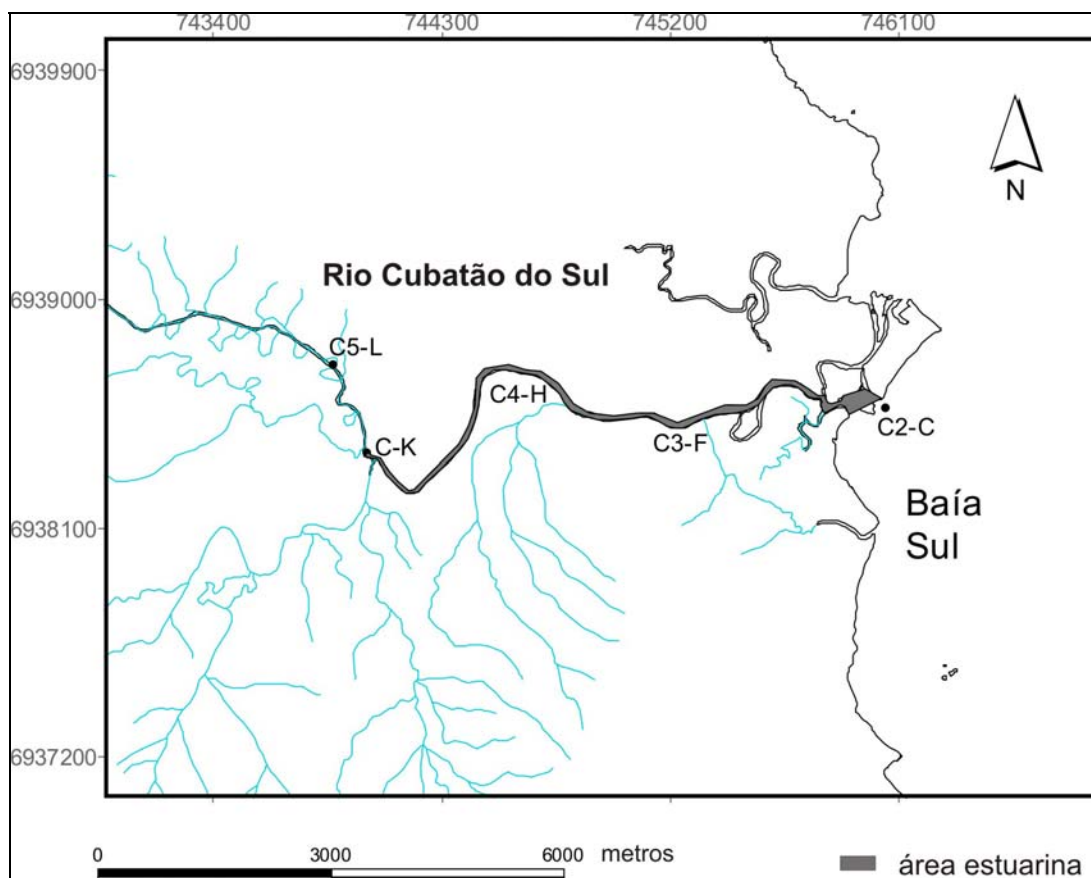


FIGURA 42 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Cubatão do Sul.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 44 foram feitos os balanços de massa.

TABELA 44 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Cubatão do Sul

Compartimentos	20/04/07			07/04/2008		
	NID	PID	Salinidade	NID	PID	Salinidade
Média rio	17,871	0,065	0,02	18,372	0,323	0,02
Água fundo Baía (B)	2,573	0,387	31,70	1,000	0,290	30,58
Água fundo Baía (P)	2,573*	0,387*	31,70*	0,430	0,194	30,14
média sup. Estuário (B)	17,929	0,075	6,89	14,708	0,204	2,75
média fun. Estuário (B)	21,380	0,409	24,67	10,038	0,215	17,30
média sup. Estuário (P)	11,894	0,065	8,41	9,749	0,183	9,87
média fun. Estuário (P)	12,928	0,559	28,35	4,314	0,183	26,27

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol.m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM) / * foi utilizado o mesmo dado, pois não foi coletado na preamar.

O fluxo residual (exportação de água doce para o oceano) foi duas ordens de grandeza maior na segunda campanha devido à maior precipitação e conseqüentemente maior vazão desse mês de abril de 2008 (tabela 45).

TABELA 45- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Cubatão do Sul.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	20/04/2007	07/04/2008
Vazão (V_Q)	$1,59 \cdot 10^4$	$2,44 \cdot 10^6$
Precipitação (V_P)	$8,10 \cdot 10^2$	$4,09 \cdot 10^3$
Evaporação (V_E)	$-3,37 \cdot 10^3$	$-3,05 \cdot 10^3$
Fluxo Residual (V_R)	$-1,33 \cdot 10^4$	$-2,44 \cdot 10^6$

A tabela 46 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Cubatão do Sul. O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior na segunda campanha (relacionado com maior fluxo residual), sendo que nas duas campanhas o fluxo foi mais intenso na preamar, balanceando a entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}) que também foi maior na segunda campanha e sobretudo na preamar. O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso na segunda campanha (mais chuvosa).

TABELA 46- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Cubatão do Sul.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	20/04/2007		07/04/2008	
	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
Fluxo de água de fundo (v_{fun})	$3,71 \cdot 10^3$	$4,82 \cdot 10^3$	$2,41 \cdot 10^5$	$1,19 \cdot 10^6$
Fluxo de água de superf. (v_{sup})	$-1,70 \cdot 10^4$	$-1,82 \cdot 10^4$	$-2,68 \cdot 10^6$	$-3,63 \cdot 10^6$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$1,46 \cdot 10^3$	$8,08 \cdot 10^2$	$2,21 \cdot 10^5$	$2,80 \cdot 10^5$
Fluxo de sal superf. ($V_{\text{sup}} S_{\text{sis-s}}$)	$-1,18 \cdot 10^5$	$-1,53 \cdot 10^5$	$-7,39 \cdot 10^6$	$-3,58 \cdot 10^7$
Fluxo de sal fundo ($V_{\text{fun}} S_{\text{sis-f}}$)	$9,15 \cdot 10^4$	$1,37 \cdot 10^5$	$4,18 \cdot 10^6$	$3,12 \cdot 10^7$
Fluxo de sal Baía ($V_{\text{fun}} S_{\text{oc-f}}$)	$1,18 \cdot 10^5$	$1,53 \cdot 10^5$	$7,39 \cdot 10^6$	$3,58 \cdot 10^7$
Fluxo de sal fluvial ($V_Q S_Q$)	$3,18 \cdot 10^2$	$3,18 \cdot 10^2$	$4,88 \cdot 10^4$	$3,66 \cdot 10^4$

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabelas 47), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo ou diluição de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta \text{PID}_{\text{sis}}$) nas duas campanhas.

TABELA 47- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Cubatão do Sul.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	20/04/2007		07/04/2008	
	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
Varição do PID em superf. ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$)	$-1,75 \cdot 10^3$	$-2,95 \cdot 10^3$	$-2,94 \cdot 10^5$	$-3,40 \cdot 10^5$
Varição do PID no fundo ($\Delta\text{PID}_{\text{fun}}$)	$8,72 \cdot 10^2$	$2,61 \cdot 10^3$	$-9,70 \cdot 10^5$	$-8,80 \cdot 10^5$
Varição do PID no estuário ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$)	$-8,74 \cdot 10^2$	$-3,33 \cdot 10^2$	$-1,26 \cdot 10^6$	$-1,22 \cdot 10^6$
Fluxo de PID fluvial ($V_Q\text{PID}_Q$)	$1,03 \cdot 10^3$	$1,03 \cdot 10^3$	$7,87 \cdot 10^5$	$7,87 \cdot 10^5$
Fluxo de PID superf. ($V_{\text{sup}}\text{PID}_{\text{sis-s}}$)	$-1,28 \cdot 10^3$	$-1,17 \cdot 10^3$	$-5,47 \cdot 10^5$	$-6,64 \cdot 10^5$
Fluxo de PID fundo ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{sis-f}}$)	$1,51 \cdot 10^3$	$2,69 \cdot 10^3$	$5,19 \cdot 10^4$	$2,18 \cdot 10^5$
Fluxo mistura vertic. PID ($V_z(\text{PID}_{\text{sis-f}} - \text{PID}_{\text{sis-s}})$)	$4,88 \cdot 10^2$	$4,00 \cdot 10^2$	$2,43 \cdot 10^3$	0,00
Fluxo de PID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{oc-f}}$)	$1,43 \cdot 10^3$	$1,86 \cdot 10^3$	$7,00 \cdot 10^4$	$2,31 \cdot 10^5$
Varição do NID em superf. ($\Delta\text{NID}_{\text{sup}}$)	$-8,91 \cdot 10^4$	$1,52 \cdot 10^5$	$-1,00 \cdot 10^7$	$3,10 \cdot 10^7$
Varição do NID no fundo ($\Delta\text{NID}_{\text{fun}}$)	$-4,91 \cdot 10^5$	$-3,56 \cdot 10^5$	$-7,40 \cdot 10^7$	$-6,67 \cdot 10^7$
Varição do NID no estuário ($\Delta\text{NID}_{\text{sis}}$)	$-5,80 \cdot 10^5$	$-2,05 \cdot 10^5$	$-8,40 \cdot 10^7$	$-3,57 \cdot 10^7$
Fluxo de NID fluvial ($V_Q\text{NID}_Q$)	$2,84 \cdot 10^5$	$1,03 \cdot 10^3$	$4,48 \cdot 10^7$	$7,87 \cdot 10^5$
Fluxo de NID superf. ($V_{\text{sup}}\text{NID}_{\text{sis-s}}$)	$-3,06 \cdot 10^5$	$-2,16 \cdot 10^5$	$-3,95 \cdot 10^7$	$-3,54 \cdot 10^7$
Fluxo de NID fundo ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{sis-f}}$)	$7,93 \cdot 10^4$	$6,23 \cdot 10^4$	$2,42 \cdot 10^6$	$5,13 \cdot 10^6$
Fluxo mistura vertic. NID ($V_z(\text{NID}_{\text{sis-f}} - \text{NID}_{\text{sis-s}})$)	$3,13 \cdot 10^4$	$8,35 \cdot 10^2$	$2,21 \cdot 10^6$	$-1,52 \cdot 10^6$
Fluxo de NID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{oc-f}}$)	$9,54 \cdot 10^3$	$1,24 \cdot 10^4$	$2,41 \cdot 10^5$	$5,11 \cdot 10^5$

Na primeira campanha, houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de fundo ($\Delta\text{PID}_{\text{fun}}$) e conseqüente exportação de fósforo inorgânico dissolvido produzido nas águas de fundo para água de superfície.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário nas duas campanhas. Entretanto a água de superfície estuarina em preamar nas duas campanhas indicou produção interna do nitrogênio inorgânico dissolvido podendo ser relacionado a matéria orgânica proveniente de fontes não quantificadas no balanço, mas que foram consumidas antes de saírem na Baía Sul.

5.3.2 Estuário do Rio Biguaçu

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de $0,26 \text{ km}^2$ (figura 43), com a profundidade média de 3,15 m (n=15, dados das duas campanhas mais os dados obtidos coletados com os pontos onde foi coletado sedimento), resultando em um volume médio estuarino de $8,19 \cdot 10^5 \text{ m}^3$.

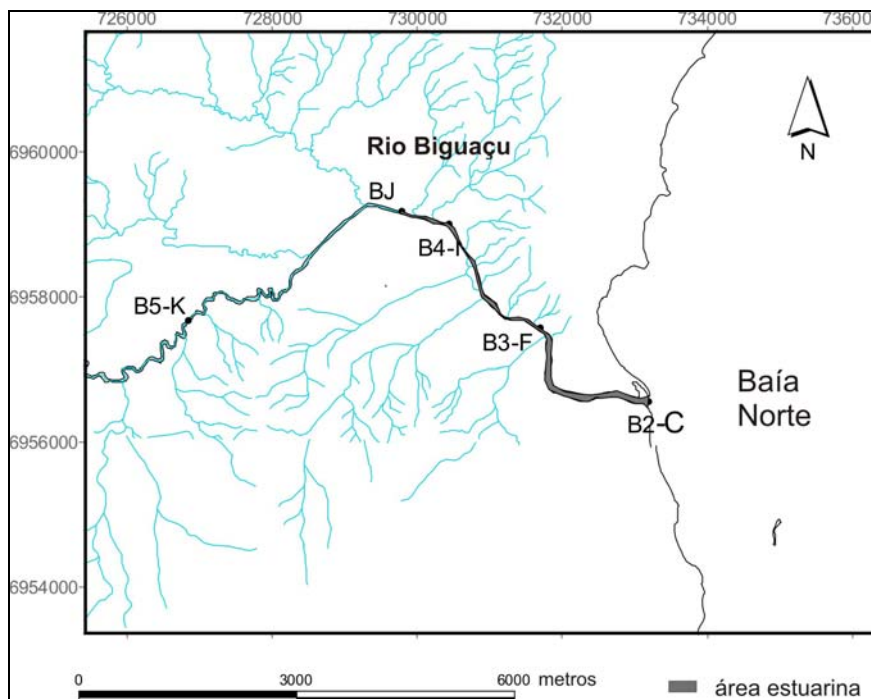


FIGURA 43 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Biguaçu.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 48 foram feitos os balanços de massa.

TABELA 48 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Biguaçu

Compartimentos	NID	PID	Salinidade	20/03/07		10/03/2008	
				NID	PID	NID	PID
Média rio	13,739	0,178	0,03	12,654	0,532	0,03	
Água fundo Baía (B)	5,223	0,258	32,43	1,870	0,387	32,09	
Água fundo Baía (P)	7,953	0,161	31,84	2,592	0,355	31,80	
média sup. Estuário (B)	36,074	0,097	1,19	25,171	0,419	0,79	
média fun. Estuário (B)	33,737	0,269	10,18	20,079	0,462	11,26	
média sup. Estuário (P)	36,892	0,559	6,96	24,985	0,462	0,59	
média fun. Estuário (P)	19,830	1,204	19,44	15,684	0,516	17,85	

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol.m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM)

O fluxo residual (exportação de água doce para o oceano) foi uma ordem de grandeza maior na primeira campanha devido a maior precipitação e conseqüentemente maior vazão desse mês de março de 2007 (tabela 49).

TABELA 49- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Biguaçu.

Fluxos ($m^3 d^{-1}$)	20/03/2007	10/03/2008
Vazão (V_Q)	$1,06.10^6$	$8,49.10^5$
Precipitação (V_P)	$1,85.10^3$	$1,59.10^3$
Evaporação (V_E)	$-1,69.10^3$	$-1,56.10^3$
Fluxo Residual (V_R)	$-1,06.10^6$	$-8,49.10^5$

A tabela 50 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Biguaçu. O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior na primeira campanha (relacionado com maior fluxo residual), sendo que na primeira campanha o fluxo foi ligeiramente mais intenso na preamar e na segunda campanha na baixamar, balanceando a entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}).

O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso na primeira campanha (mais chuvosa), sobretudo na preamar. Campos (2003) avaliou a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos da zona estuarina do Rio Biguaçu e observou durante o período de outubro de 2001 a setembro de 2002 que a pluviosidade foi um dos agentes reguladores da dinâmica do estuário. Em meses com menor quantidade de chuvas há predominância de estratificação na coluna d'água. De modo contrário, em meses com maior pluviosidade há retração episódica da cunha, sendo que a mesma tende a retornar rapidamente, recompondo a condição de equilíbrio do estuário, quando cessa a influência dos eventos pluviométricos.

TABELA 50- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Biguaçu.

Fluxos ($m^3 d^{-1}$)	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
	20/03/2007		10/03/2008	
Fluxo de água de fundo (V_{fun})	$4,04.10^4$	$2,96.10^5$	$2,13.10^4$	$1,61.10^4$
Fluxo de água de superf. (v_{sup})	$-1,10.10^5$	$-1,36.10^5$	$-8,70.10^5$	$-8,65.10^5$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$1,00.10^5$	$2,95.10^5$	$4,25.10^4$	$1,30.10^4$
Fluxo de sal superf. ($V_{sup}S_{sis-s}$)	$-1,31.10^5$	$-9,44.10^5$	$-6,85.10^5$	$-5,10.10^5$
Fluxo de sal fundo ($V_{fun}S_{sis-f}$)	$4,11.10^5$	$5,76.10^5$	$2,40.10^5$	$2,86.10^5$
Fluxo de sal Baía ($V_{fun}S_{oc-f}$)	$1,31.10^5$	$9,44.10^5$	$6,85.10^5$	$5,10.10^5$
Fluxo de sal fluvial (V_QS_Q)	$3,18.10^4$	$3,18.10^4$	$2,55.10^4$	$2,55.10^4$

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabelas 51), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$) nas duas campanhas.

Na primeira campanha houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$) na preamar e conseqüente exportação de fósforo inorgânico dissolvido produzido para as águas de fundo onde foi consumido.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário nas duas campanhas. Entretanto a água de superfície estuarina nas duas campanhas sob as duas condições de maré indicou produção interna do nitrogênio inorgânico dissolvido.

TABELA 51- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Biguaçu.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	20/03/2007		10/03/2008	
	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
Varição do PID em superf. ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$)	-1,10.10 ⁵	2,33.10 ⁴	-9,86.10 ⁴	-6,09.10 ⁴
Varição do PID no fundo ($\Delta\text{PID}_{\text{fun}}$)	-1,75.10 ⁵	-9,22.10 ⁵	-7,10.10 ⁵	-7,75.10 ⁵
Varição do PID no estuário ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$)	-2,84.10 ⁵	-8,99.10 ⁵	-8,09.10 ⁵	-8,46.10 ⁵
Fluxo de PID fluvial ($V_Q\text{PID}_Q$)	1,88.10 ⁵	1,88.10 ⁵	4,52.10 ⁵	4,52.10 ⁵
Fluxo de PID superf. ($V_{\text{sup}}\text{PID}_{\text{sis-s}}$)	-1,07.10 ⁵	-7,59.10 ⁵	-3,65.10 ⁵	-4,00.10 ⁵
Fluxo de PID fundo ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{sis-f}}$)	1,09.10 ⁴	3,57.10 ⁵	9,87.10 ³	8,28.10 ³
Fluxo mistura vertic. PID ($V_Z(\text{PID}_{\text{sis-f}}-\text{PID}_{\text{sis-s}})$)	1,72.10 ⁴	1,90.10 ⁵	1,83.10 ³	6,98.10 ²
Fluxo de PID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{oc-f}}$)	1,04.10 ⁴	4,78.10 ⁴	8,26.10 ³	5,70.10 ³
Varição do NID em superf. ($\Delta\text{NID}_{\text{sup}}$)	2,04.10 ⁷	4,90.10 ⁷	9,88.10 ⁶	2,10.10 ⁷
Varição do NID no fundo ($\Delta\text{NID}_{\text{fun}}$)	-7,45.10 ⁷	-9,69.10 ⁷	-4,25.10 ⁷	-4,31.10 ⁷
Varição do NID no estuário ($\Delta\text{NID}_{\text{sis}}$)	-5,41.10 ⁷	-4,79.10 ⁷	-3,26.10 ⁷	-2,20.10 ⁷
Fluxo de NID fluvial ($V_Q\text{NID}_Q$)	1,46.10 ⁷	1,88.10 ⁵	1,07.10 ⁷	4,52.10 ⁵
Fluxo de NID superf. ($V_{\text{sup}}\text{NID}_{\text{sis-s}}$)	-3,97.10 ⁷	-5,00.10 ⁷	-2,19.10 ⁷	-2,16.10 ⁷
Fluxo de NID fundo ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{sis-f}}$)	1,36.10 ⁶	5,88.10 ⁶	4,28.10 ⁵	2,52.10 ⁵
Fluxo mistura vertic. NID ($V_Z(\text{NID}_{\text{sis-f}}-\text{NID}_{\text{sis-s}})$)	3,37.10 ⁶	-5,03.10 ⁶	8,52.10 ⁵	-1,21.10 ⁵
Fluxo de NID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{oc-f}}$)	2,11.10 ⁵	2,36.10 ⁵	3,99.10 ⁴	4,16.10 ⁴

5.3.3 Rio Maciambu

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de 0,24 km² (figura 44), com a profundidade média de 2,00 m (n=24, dados das duas campanhas mais os dados dos pontos onde foi coletado sedimento), resultando em um volume médio estuarino de 4,80.10⁵ m³.

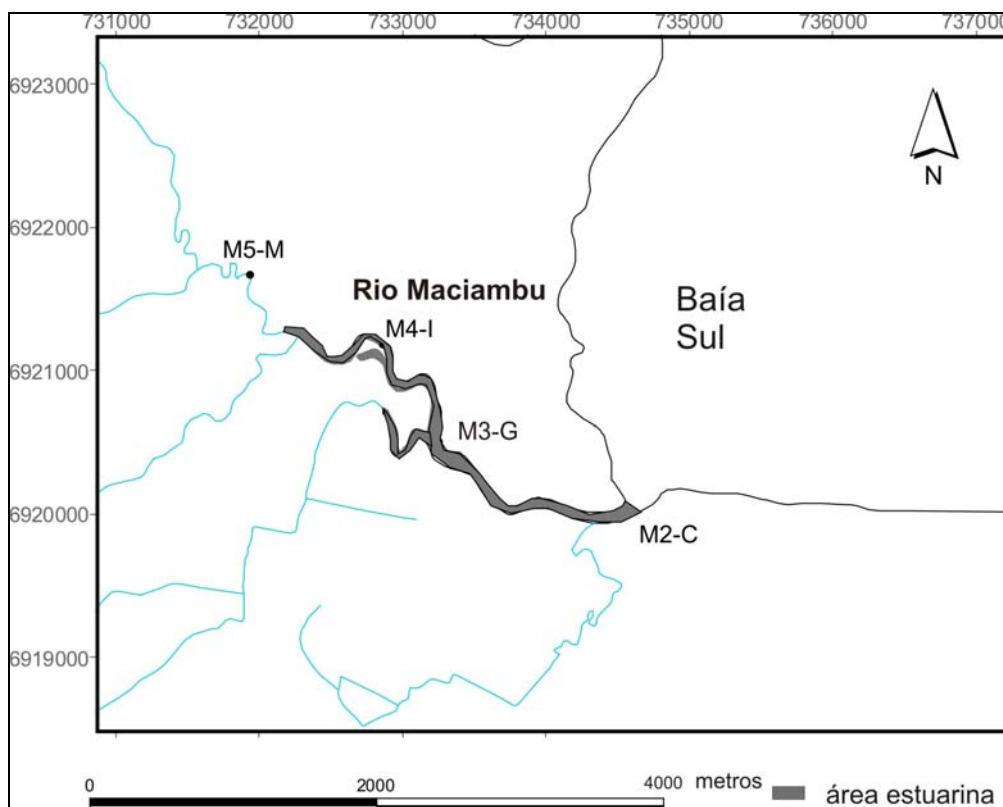


FIGURA 44 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Maciambu.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 52 foram feitos os balanços de massa.

TABELA 52 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Maciambu

Compartimentos	NID	PID	Salinidade	04/06/07		24/10/2007	
				NID	PID	NID	PID
Média rio	5,352	0,000	0,00	14,633	0,065	0,01	
Água fundo Baía (B)	4,361	0,290	32,48	1,571	0,355	31,84	
Água fundo Baía (P)	1,573	0,387	32,09	3,507	0,387	33,00	
média sup. Estuário (B)	7,710	0,151	18,59	11,300	0,247	11,96	
média fun. Estuário (B)	4,347	0,032	26,30	9,042	0,344	19,58	
média sup. Estuário (P)	5,279	0,108	28,06	4,384	0,301	21,05	
média fun. Estuário (P)	3,243	0,151	30,18	3,866	0,398	29,12	

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol.m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM)

O fluxo residual (exportação de água doce para o oceano) na segunda campanha foi de $1,17 \cdot 10^5$ ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$) e na primeira campanha foi estimado como fluxo

inverso, significando água mais salgada entrando no sistema (tabela 53). Esse resultado ocorreu pela estimativa mensal de vazão utilizada no trabalho, de Schreiber (1904) *apud* Miranda *et al.* (2002), que não foi adequada para estimar baixas vazões em pequenas bacias hidrográficas. O mês de junho de 2007 teve a média mensal de precipitação de 6,9 mm. Fluxo residual inverso ocorre em lagoas hipersalinas.

TABELA 53- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Maciambu.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	04/06/07	24/10/2007
Vazão (V_Q)	0	$1,17.10^5$
Precipitação (V_P)	$5,52.10^1$	$1,18.10^3$
Evaporação (V_E)	$-9,77.10^2$	$-1,26.10^3$
Fluxo Residual (V_R)	$9,22.10^2$	$-1,17.10^5$

A tabela 54 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Maciambu na segunda campanha, pois como o fluxo residual estimado foi inverso, ocorre o mesmo com os outros fluxos, ficando inadequada sua interpretação na primeira campanha.

TABELA 54- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Maciambu.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	Baixamar	Preamar
	24/10/2007	
Fluxo de água de fundo (V_{fun})	$7,03.10^4$	$2,06.10^5$
Fluxo de água de superf. (V_{sup})	$-1,87.10^5$	$-3,23.10^5$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$1,13.10^5$	$9,90.10^4$
Fluxo de sal superf. ($V_{sup}S_{sis-s}$)	$-2,24.10^6$	$-6,80.10^6$
Fluxo de sal fundo ($V_{fun}S_{sis-f}$)	$1,38.10^6$	$6,00.10^6$
Fluxo de sal Baía ($V_{fun}S_{oc-f}$)	$2,24.10^6$	$6,80.10^6$
Fluxo de sal fluvial (V_QS_Q)	$1,17.10^3$	$1,17.10^3$

O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior na preamar e conseqüentemente a entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}) também foi maior na preamar (tabela 54).

O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso sob condição de maré em baixamar (tabela 54).

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabela 55), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$) em preamar e baixamar, sendo em condição de baixamar fluxo ligeiramente maior.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário sob as duas condições de maré. Entretanto, a água de superfície estuarina em preamar indicou produção interna do nitrogênio inorgânico dissolvido.

TABELA 55- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Maciambu.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	Baixamar	Preamar
	24/10/2007	
Varição do PID em superf. ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$)	$3,61 \cdot 10^3$	$-1,86 \cdot 10^3$
Varição do PID no fundo ($\Delta\text{PID}_{\text{fun}}$)	$-3,25 \cdot 10^4$	$-2,32 \cdot 10^4$
Varição do PID no estuário ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$)	$-2,89 \cdot 10^4$	$-2,50 \cdot 10^4$
Fluxo de PID fluvial ($V_Q\text{PID}_Q$)	$7,55 \cdot 10^3$	$7,55 \cdot 10^3$
Fluxo de PID superf. ($V_{\text{sup}}\text{PID}_{\text{sis-s}}$)	$-4,63 \cdot 10^4$	$-9,72 \cdot 10^4$
Fluxo de PID fundo ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{sis-f}}$)	$-4,63 \cdot 10^4$	$-9,72 \cdot 10^4$
Fluxo mistura vertic.PID ($V_z(\text{PID}_{\text{sis-f}} - \text{PID}_{\text{sis-s}})$)	$1,10 \cdot 10^4$	$9,58 \cdot 10^3$
Fluxo de PID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{oc-f}}$)	$2,50 \cdot 10^4$	$7,97 \cdot 10^4$
Varição do NID em superf. ($\Delta\text{NID}_{\text{sup}}$)	$-1,26 \cdot 10^6$	$6,63 \cdot 10^5$
Varição do NID no fundo ($\Delta\text{NID}_{\text{fun}}$)	$-2,46 \cdot 10^6$	$-1,36 \cdot 10^6$
Varição do NID no estuário ($\Delta\text{NID}_{\text{sis}}$)	$-3,72 \cdot 10^6$	$-7,01 \cdot 10^5$
Fluxo de NID fluvial ($V_Q\text{NID}_Q$)	$1,71 \cdot 10^6$	$7,55 \cdot 10^3$
Fluxo de NID superf. ($V_{\text{sup}}\text{NID}_{\text{sis-s}}$)	$-2,12 \cdot 10^6$	$-1,42 \cdot 10^6$
Fluxo de NID fundo ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{sis-f}}$)	$6,36 \cdot 10^5$	$7,96 \cdot 10^5$
Fluxo mistura vertic.NID ($V_z(\text{NID}_{\text{sis-f}} - \text{NID}_{\text{sis-s}})$)	$1,02 \cdot 10^6$	$-5,13 \cdot 10^4$
Fluxo de NID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{oc-f}}$)	$1,11 \cdot 10^5$	$7,22 \cdot 10^5$

5.3.4 Rio Ratonés

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de $0,91 \text{ km}^2$ (figura 45), com a profundidade média de 1,55 m (n=15), resultando em um volume médio estuarino de $1,41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

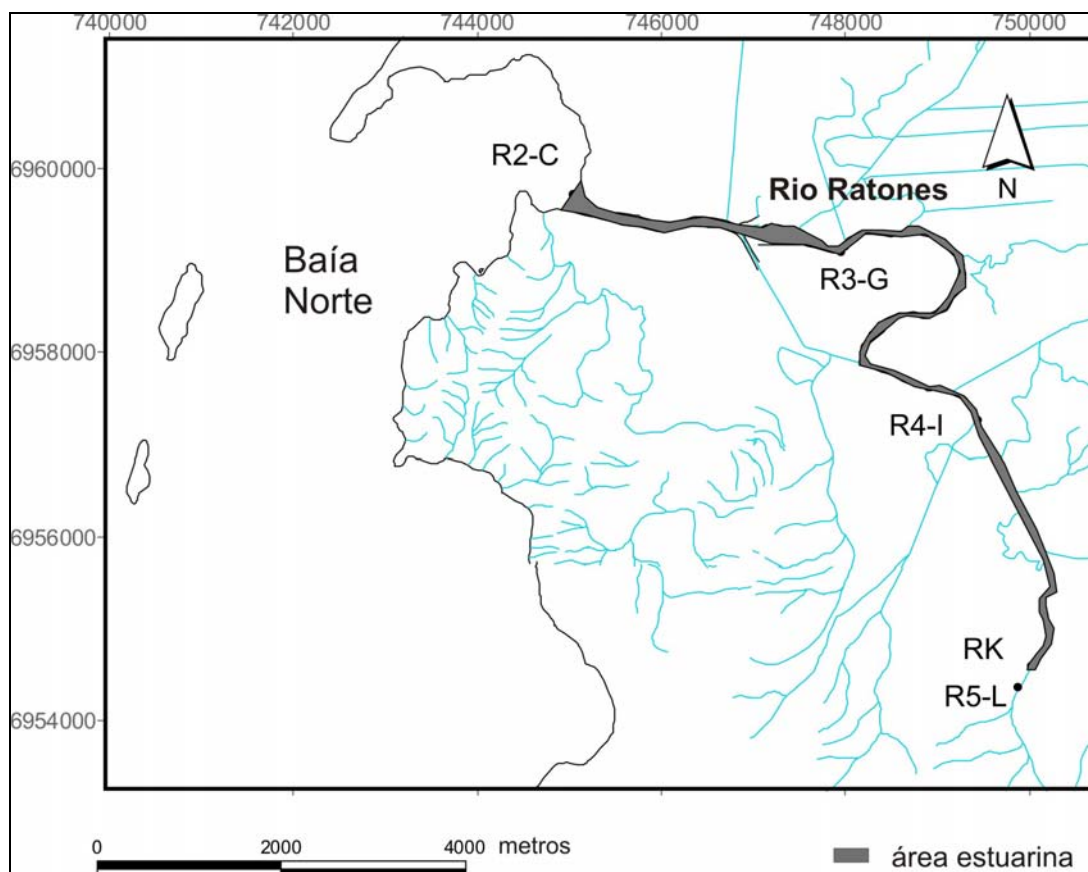


FIGURA 45 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Ratores.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 56 foram feitos os balanços de massa.

TABELA 56 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Ratores

Compartimentos	NID	PID	Salinidade	19/03/07			25/11/2007		
				NID	PID	Salinidade	NID	PID	Salinidade
Média rio	34,262	0,032	0,13	4,855	0,194	0,04			
Água fundo Baía (B)	6,043	0,355	32,85	1,073	0,452	33,24			
Água fundo Baía (P)	2,867	1,323	33,63	1,073*	0,452*	33,24*			
média sup. Estuário (B)	26,903	0,645	3,07	2,238	0,452	31,18			
média fun. Estuário (B)	27,407	0,720	3,70	4,195	2,129	31,56			
média sup. Estuário (P)	9,987	0,280	16,70	1,218	0,387	32,86			
média fun. Estuário (P)	9,296	0,323	21,55	1,555	0,398	32,95			

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol.m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM). * foi utilizado o mesmo dado, pois não foi coletado na preamar.

O fluxo residual (exportação de água doce para o oceano) foi uma ordem de grandeza maior na primeira campanha devido a maior precipitação e conseqüentemente, maior vazão desse mês de março de 2007 (tabela 57) se comparada a novembro de 2007.

TABELA 57- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Ratonés.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	19/03/07	25/11/2007
Vazão (V_Q)	$1,55 \cdot 10^5$	$6,71 \cdot 10^4$
Precipitação (V_P)	$5,11 \cdot 10^3$	$3,10 \cdot 10^3$
Evaporação (V_E)	$-5,92 \cdot 10^3$	$-4,74 \cdot 10^3$
Fluxo Residual (V_R)	$-1,54 \cdot 10^5$	$-6,55 \cdot 10^4$

A tabela 58 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Ratonés. O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior na segunda campanha, sobretudo na preamar, que apesar de ter tido menor fluxo residual (associado a menor vazão) apresentou salinidade estuarina bastante elevada, caracterizando a entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}). Dessa forma, para que o volume estuarino permaneça constante, considerando estado estacionário que é uma premissa do modelo, o aumento de fluxo de fundo incorre no aumento de fluxo pela superfície.

O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso na segunda campanha (menos chuvosa), sobretudo na preamar. Predominou no estuário nessa campanha água com salinidade acima de 31, evidenciando a entrada da maré incorrendo em mistura vertical na coluna d'água.

TABELA 58- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Ratonés.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	19/03/07		25/11/2007	
	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
Fluxo de água de fundo (V_{fun})	$1,59 \cdot 10^4$	$1,52 \cdot 10^5$	$9,89 \cdot 10^5$	$5,66 \cdot 10^6$
Fluxo de água de superf. (v_{sup})	$-1,70 \cdot 10^3$	$-3,06 \cdot 10^3$	$-1,05 \cdot 10^6$	$-5,73 \cdot 10^3$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$7,36 \cdot 10^3$	$3,78 \cdot 10^3$	$4,29 \cdot 10^6$	$1,74 \cdot 10^7$
Fluxo de sal superf. ($V_{\text{sup}} S_{\text{sis-s}}$)	$-5,23 \cdot 10^3$	$-5,11 \cdot 10^3$	$-3,29 \cdot 10^7$	$-1,88 \cdot 10^3$
Fluxo de sal fundo ($V_{\text{fun}} S_{\text{sis-f}}$)	$5,89 \cdot 10^4$	$3,28 \cdot 10^3$	$3,12 \cdot 10^7$	$1,87 \cdot 10^3$
Fluxo de sal Baía ($V_{\text{fun}} S_{\text{oc-f}}$)	$5,23 \cdot 10^3$	$5,11 \cdot 10^3$	$3,29 \cdot 10^7$	$1,88 \cdot 10^3$
Fluxo de sal fluvial ($V_Q S_Q$)	$2,02 \cdot 10^4$	$2,02 \cdot 10^4$	$2,68 \cdot 10^3$	$2,68 \cdot 10^3$

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabelas 59), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo ou diluição de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$) na baixamar nas duas campanhas e produção ou exportação na preamar nas duas campanhas.

Na primeira campanha houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$) na preamar e baixamar e na água de fundo em preamar. Na água de fundo em baixamar houve consumo. Na segunda campanha houve consumo de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$) na água de superfície e produção no fundo.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário nas duas campanhas. Entretanto a água de superfície estuarina na preamar na primeira campanha indicou produção interna do nitrogênio inorgânico dissolvido. Na água de fundo houve consumo na preamar da primeira campanha e produção nas demais condições.

TABELA 59- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Ratonés.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
	19/03/07		25/11/2007	
Varição do PID em superf. ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$)	3,79.10 ⁴	1,53.10 ⁴	-8,84.10 ⁶	-2,35.10 ⁵
Varição do PID no fundo ($\Delta\text{PID}_{\text{fun}}$)	-1,47.10 ⁵	9,52.10 ⁴	8,79.10 ⁶	5,62.10 ⁵
Varição do PID no estuário ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$)	-1,09.10 ⁵	1,11.10 ⁵	-4,25.10 ⁴	3,27.10 ⁵
Fluxo de PID fluvial ($V_Q\text{PID}_Q$)	5,00.10 ³	5,00.10 ³	1,30.10 ⁴	1,30.10 ⁴
Fluxo de PID superf. ($V_{\text{sup}}\text{PID}_{\text{sis-s}}$)	-1,10.10 ⁵	-8,56.10 ⁴	-4,76.10 ⁵	-2,22.10 ⁶
Fluxo de PID fundo ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{sis-f}}$)	-1,10.10 ⁵	-8,56.10 ⁴	-4,76.10 ⁵	-2,22.10 ⁶
Fluxo mistura vertic. PID ($V_z(\text{PID}_{\text{sis-f}}-\text{PID}_{\text{sis-s}})$)	5,54.10 ⁴	1,63.10 ⁴	7,19.10 ⁵	1,87.10 ⁵
Fluxo de PID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{PID}_{\text{oc-f}}$)	5,65.10 ⁵	2,01.10 ⁵	4,47.10 ⁵	2,56.10 ⁶
Varição do NID em superf. ($\Delta\text{NID}_{\text{sup}}$)	-2,13.10 ⁷	1,90.10 ⁶	-2,01.10 ⁷	-7,69.10 ⁶
Varição do NID no fundo ($\Delta\text{NID}_{\text{fun}}$)	1,16.10 ⁷	-4,53.10 ⁶	1,85.10 ⁷	6,77.10 ⁶
Varição do NID no estuário ($\Delta\text{NID}_{\text{sis}}$)	-9,79.10 ⁶	-2,63.10 ⁶	-1,62.10 ⁶	-9,17.10 ⁵
Fluxo de NID fluvial ($V_Q\text{NID}_Q$)	5,31.10 ⁶	5,00.10 ³	3,26.10 ⁵	1,30.10 ⁴
Fluxo de NID superf. ($V_{\text{sup}}\text{NID}_{\text{sis-s}}$)	-4,58.10 ⁶	-3,06.10 ⁵	-2,36.10 ⁶	-6,98.10 ⁵
Fluxo de NID fundo ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{sis-f}}$)	4,36.10 ⁵	1,41.10 ⁵	4,15.10 ⁵	8,80.10 ⁶
Fluxo mistura vertic. NID ($V_z(\text{NID}_{\text{sis-f}}-\text{NID}_{\text{sis-s}})$)	2,02.10 ⁷	-2,61.10 ⁵	1,80.10 ⁷	5,85.10 ⁶
Fluxo de NID da Baía ($V_{\text{fun}}\text{NID}_{\text{oc-f}}$)	9,62.10 ⁴	4,36.10 ⁵	1,06.10 ⁶	6,07.10 ⁶

5.3.5 Rio Tavares

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de

0,19 km² (figura 46), com a profundidade média de 2,3 m (n=20), resultando em um volume médio estuarino de $4,37 \cdot 10^5$ m³.

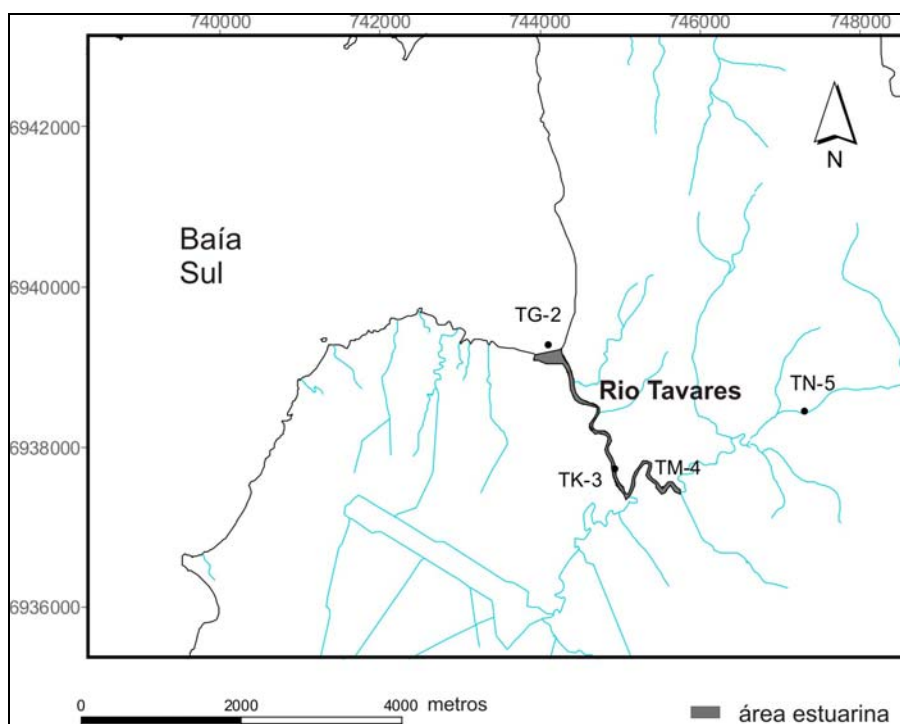


FIGURA 46 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Tavares.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 60 foram feitos os balanços de massa.

O fluxo residual foi muito semelhante entre as campanhas em decorrência da similar vazão (tabela 61).

TABELA 60 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Tavares

Compartimentos	NID	PID	Salinidade	04/04/07		11/12/2007	
				NID	PID	NID	PID
Média rio	45,225	0,032	0,19	37,571	0,871	0,10	
Água fundo Baía (B)	1,649	0,290	32,57	2,573	0,516	32,33	
Água fundo Baía (P)	3,223	0,226	32,55	2,571	0,677	32,62	
média sup. Estuário (B)	19,972	0,968	6,91	17,835	0,839	10,01	
média fun. Estuário (B)	28,916	0,828	10,13	20,215	0,935	10,31	
média sup. Estuário (P)	2,647	0,226	26,82	18,244	0,968	9,62	
média fun. Estuário (P)	3,296	0,226	28,60	14,825	1,065	14,19	

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM)

TABELA 61- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Tavares.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	04/04/07	11/12/2007
Vazão (V_Q)	$4,54 \cdot 10^4$	$4,81 \cdot 10^4$
Precipitação (V_P)	$7,44 \cdot 10^2$	$7,92 \cdot 10^2$
Evaporação (V_E)	$-1,09 \cdot 10^3$	$-1,14 \cdot 10^3$
Fluxo Residual (V_R)	$-4,51 \cdot 10^4$	$-4,78 \cdot 10^4$

A tabela 62 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Tavares. O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior sob condição de maré em preamar na primeira campanha que conseqüentemente teve a maior entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}).

O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso na primeira campanha na condição de maré de preamar e na segunda campanha em baixamar.

TABELA 62- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Tavares.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	04/04/07		11/12/2007	
	Baixamar	Preamar	Baixamar	Preamar
Fluxo de água de fundo (v_{fun})	$1,21 \cdot 10^4$	$2,11 \cdot 10^5$	$2,14 \cdot 10^4$	$2,00 \cdot 10^4$
Fluxo de água de superf. (v_{sup})	$-5,72 \cdot 10^4$	$-2,56 \cdot 10^5$	$-6,92 \cdot 10^4$	$-6,77 \cdot 10^4$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$8,43 \cdot 10^4$	$4,68 \cdot 10^5$	$1,57 \cdot 10^6$	$8,07 \cdot 10^4$
Fluxo de sal superf. ($V_{\text{sup}}S_{\text{sis-s}}$)	$-3,95 \cdot 10^5$	$-6,86 \cdot 10^6$	$-6,92 \cdot 10^5$	$-6,52 \cdot 10^5$
Fluxo de sal fundo ($V_{\text{fun}}S_{\text{sis-f}}$)	$1,23 \cdot 10^5$	$6,03 \cdot 10^6$	$2,21 \cdot 10^5$	$2,84 \cdot 10^5$
Fluxo de sal Baía ($V_{\text{fun}}S_{\text{oc-f}}$)	$3,95 \cdot 10^5$	$6,86 \cdot 10^6$	$6,92 \cdot 10^5$	$6,52 \cdot 10^5$
Fluxo de sal fluvial (V_QS_Q)	$8,63 \cdot 10^3$	$8,63 \cdot 10^3$	$4,81 \cdot 10^3$	$4,81 \cdot 10^3$

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabelas 63), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta\text{PID}_{\text{sis}}$) nas duas campanhas.

Na primeira campanha houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta\text{PID}_{\text{sup}}$) e conseqüente exportação de fósforo. Na segunda campanha houve produção na água de fundo em baixamar e exportação para água de superfície.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário nas duas campanhas, exceto em preamar na

primeira campanha. Houve exportação de nitrogênio inorgânico dissolvido para Baía proveniente da produção na água de fundo estuarina.

TABELA 63- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Tavares.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	Baixamar		Preamar	
	04/04/07		11/12/2007	
Varição do PID em superf. (Δ PID _{sup})	5,56.10 ⁴	8,71.10 ³	-1,56.10 ⁵	-5,42.10 ³
Varição do PID no fundo (Δ PID _{fun})	-1,09.10 ⁵	-2,03.10 ⁴	6,72.10 ⁴	-8,85.10 ⁴
Varição do PID no estuário (Δ PID _{sis})	-5,33.10 ⁴	-1,16.10 ⁴	-8,89.10 ⁴	-9,39.10 ⁴
Fluxo de PID fluvial (V_Q PID _Q)	1,46.10 ³	1,46.10 ³	4,19.10 ⁴	4,19.10 ⁴
Fluxo de PID superf. (V_{sup} PID _{sis-s})	-5,53.10 ⁴	-5,78.10 ⁴	-5,80.10 ⁴	-6,56.10 ⁴
Fluxo de PID fundo (V_{fun} PID _{sis-f})	-5,53.10 ⁴	-5,78.10 ⁴	-5,80.10 ⁴	-6,56.10 ⁴
Fluxo mistura vertic.PID (V_z (PID _{sis-f} -PID _{sis-s}))	-1,18.10 ⁴	-1,30.10 ⁻¹¹	1,52.10 ⁵	7,81.10 ³
Fluxo de PID da Baía (V_{fun} PID _{oc-f})	3,52.10 ³	4,76.10 ⁴	1,11.10 ⁴	1,35.10 ⁴
Varição do NID em superf. (Δ NID _{sup})	-3,70.10 ⁶	-3,23.10 ⁵	-3,28.10 ⁷	1,17.10 ⁶
Varição do NID no fundo (Δ NID _{fun})	5,25.10 ⁵	3,23.10 ⁵	2,98.10 ⁷	-2,40.10 ⁶
Varição do NID no estuário (Δ NID _{sis})	-3,18.10 ⁶	6,37.10 ²	-2,99.10 ⁶	-1,23.10 ⁶
Fluxo de NID fluvial (V_Q NID _Q)	2,05.10 ⁶	1,46.10 ³	1,81.10 ⁶	4,19.10 ⁴
Fluxo de NID superf. (V_{sup} NID _{sis-s})	-1,14.10 ⁶	-6,77.10 ⁵	-1,23.10 ⁶	-1,24.10 ⁶
Fluxo de NID fundo (V_{fun} NID _{sis-f})	3,51.10 ⁵	6,95.10 ⁵	4,33.10 ⁵	2,96.10 ⁵
Fluxo mistura vertic.NID (V_z (NID _{sis-f} -NID _{sis-s}))	2,44.10 ⁶	3,04.10 ⁵	3,18.10 ⁷	-2,76.10 ⁵
Fluxo de NID da Baía (V_{fun} NID _{oc-f})	2,00.10 ⁴	6,79.10 ⁵	5,51.10 ⁴	5,14.10 ⁴

5.3.6 Rio Itacorubi

Primeiramente foram delimitados os limites estuarinos (metodologia subitem 4.3.1.1) para estimativa dos fluxos por área estuarina. Foi estimada uma área de 0,09 km² (figura 47), com a profundidade média de 1,3 m (n=13), resultando em um volume médio estuarino de 1,17.10⁵ m³.

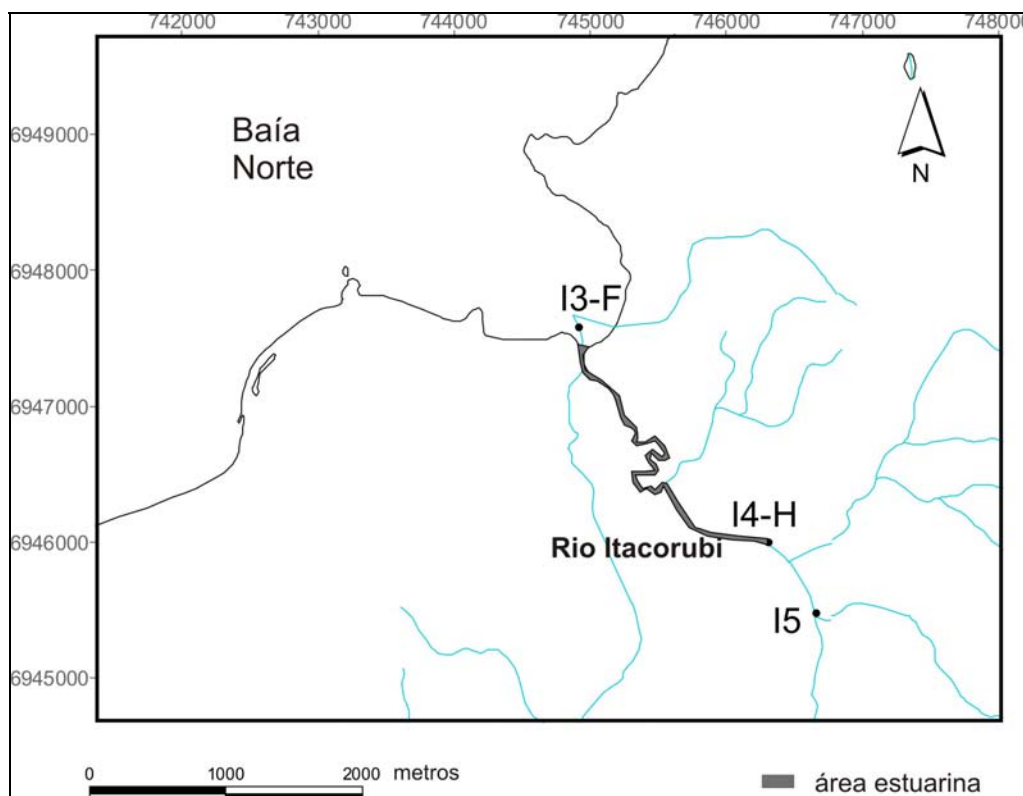


FIGURA 47 – Área estimada para o balanço de massa do Rio Itacorubi.

A partir dos dados das duas coletas apresentados na tabela 64 foram feitos os balanços de massa.

TABELA 64 – Dados das coletas utilizados para o balanço de massa estuário do Rio Itacorubi

Compartimentos	NID	PID	Salinidade	NID	PID	Salinidade
	13/08/07			25/02/2008		
Média rio	165,610	13,613	0,08	32,929	1,000	0,01
Água fundo Baía (B)	4,071	0,516	27,66	9,000	0,581	25,73
Água fundo Baía (P)	11,220	0,548	28,03	0,929	0,323	27,29
média sup. Estuário (B)	125,151	9,505	14,46	91,167	2,032	8,21
média fun. Estuário (B)	125,151	9,505	14,49	9,210	10,210	8,21
média sup. Estuário (P)	75,755	7,462	19,61	56,167	1,774	7,02
média fun. Estuário (P)	78,462	7,387	19,75	26,476	1,280	17,86

Nota: (B) – Baixamar; (P) – Preamar / Concentrações de nutrientes fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido (PID e NID) em $\text{mmol.m}^{-3} = \mu\text{mol/L}$ (μM)

O fluxo residual foi uma ordem de grandeza maior na segunda campanha devido a maior precipitação e conseqüentemente maior vazão desse mês de fevereiro de 2008 (tabela 65).

TABELA 65- Sumário dos aportes e sumidouros de água doce do estuário do Rio Itacorubi.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	13/08/07	25/02/2008
Vazão (V_Q)	$3,35 \cdot 10^4$	$1,59 \cdot 10^5$
Precipitação (V_P)	$3,25 \cdot 10^2$	$8,90 \cdot 10^2$
Evaporação (V_E)	$-3,48 \cdot 10^2$	$-5,53 \cdot 10^2$
Fluxo Residual (V_R)	$-3,35 \cdot 10^4$	$-1,59 \cdot 10^5$

A tabela 66 apresenta o balanço de sal para o estuário do Rio Itacorubi. O fluxo de saída de água pela superfície (V_{sup}) estimado foi maior na segunda campanha (relacionado com maior fluxo residual) seguindo a mesma tendência para a entrada de água da Baía Sul pelo fundo (V_{fun}), exceto na preamar da segunda campanha que teve maior amplitude de salinidade entre a água de fundo e de superfície estuarina, significando menor fluxo da água pelo fundo. O fluxo de mistura vertical entre a água de superfície e fundo (V_Z) foi mais intenso na condição baixamar na primeira campanha e preamar na segunda campanha.

TABELA 66- Sumário do balanço de sal do estuário do Rio Itacorubi.

Fluxos ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$)	Baixamar		Preamar	
	13/08/07		25/02/2008	
Fluxo de água de fundo (V_{fun})	$3,67 \cdot 10^4$	$7,79 \cdot 10^4$	$7,47 \cdot 10^4$	$5,52 \cdot 10^4$
Fluxo de água de superf. (v_{sup})	$-7,01 \cdot 10^4$	$-1,11 \cdot 10^5$	$-2,34 \cdot 10^5$	$-2,15 \cdot 10^5$
Fluxo de mistura vertical (V_Z)	$1,61 \cdot 10^4$	$4,40 \cdot 10^5$	$-3,93 \cdot 10^8$	$4,80 \cdot 10^4$
Fluxo de sal superf. ($V_{\text{sup}} S_{\text{sis-s}}$)	$-1,01 \cdot 10^5$	$-2,18 \cdot 10^5$	$-1,92 \cdot 10^6$	$-1,51 \cdot 10^5$
Fluxo de sal fundo ($V_{\text{fun}} S_{\text{sis-f}}$)	$5,31 \cdot 10^5$	$1,54 \cdot 10^5$	$6,13 \cdot 10^5$	$9,86 \cdot 10^5$
Fluxo de sal Baía ($V_{\text{fun}} S_{\text{oc-f}}$)	$1,01 \cdot 10^6$	$2,18 \cdot 10^5$	$1,92 \cdot 10^6$	$1,51 \cdot 10^5$
Fluxo de sal fluvial ($V_Q S_Q$)	$2,68 \cdot 10^3$	$2,68 \cdot 10^3$	$1,59 \cdot 10^3$	$1,59 \cdot 10^3$

Dos balanços dos fluxos não-conservativos (tabelas 67), os fluxos estimados para o fósforo inorgânico dissolvido indicaram consumo ou diluição de nutrientes no sistema estuarino ($\Delta \text{PID}_{\text{sis}}$) nas duas campanhas.

Na primeira campanha houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta \text{PID}_{\text{sup}}$) na preamar. Na segunda campanha houve produção de fósforo inorgânico dissolvido na água de superfície ($\Delta \text{PID}_{\text{sup}}$) na baixamar e na preamar.

As estimativas dos fluxos do nitrogênio inorgânico dissolvido indicaram remoção interna (consumo) no estuário nas duas campanhas. Entretanto, a água de fundo estuarina na primeira campanha e a água de superfície na segunda campanha, sob as duas condições de maré, indicou produção interna do nitrogênio inorgânico dissolvido.

TABELA 67- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico (PID e NID) dissolvido do estuário do Rio Itacorubi.

Fluxos (mmol. d ⁻¹)	Baixamar		Preamar	
	13/08/07		25/02/2008	
Varição do PID em superf. (Δ PID _{sup})	-1,38.10 ⁵	1,31.10 ⁵	3,21.10 ⁹	1,75.10 ⁵
Varição do PID no fundo (Δ PID _{fun})	-9,66.10 ⁵	-1,38.10 ⁶	-3,21.10 ⁹	-6,97.10 ⁵
Varição do PID no estuário (Δ PID _{sis})	-1,10.10 ⁶	-1,24.10 ⁶	-5,91.10 ⁵	-5,22.10 ⁵
Fluxo de PID fluvial (V_Q PID _Q)	4,56.10 ⁵	4,56.10 ⁵	1,59.10 ⁵	1,59.10 ⁵
Fluxo de PID superf. (V_{sup} PID _{sis-s})	-6,67.10 ⁵	-8,31.10 ⁵	-4,76.10 ⁵	-3,81.10 ⁵
Fluxo de PID fundo (V_{fun} PID _{sis-f})	-6,67.10 ⁵	-8,31.10 ⁵	-4,76.10 ⁵	-3,81.10 ⁵
Fluxo mistura vertic.PID (V_z (PID _{sis-f} -PID _{sis-s}))	0,00.10 ⁰	-3,31.10 ⁵	-3,21.10 ⁹	-2,38.10 ⁴
Fluxo de PID da Baía (V_{fun} PID _{oc-f})	1,89.10 ⁴	4,27.10 ⁴	4,34.10 ⁴	1,78.10 ⁴
Varição do NID em superf. (Δ NID _{sup})	-2,02.10 ⁹	-1,00.10 ⁷	3,63.10 ⁹	1,19.10 ⁷
Varição do NID no fundo (Δ NID _{fun})	2,00.10 ⁹	2,02.10 ⁶	-3,66.10 ⁹	-2,40.10 ⁷
Varição do NID no estuário (Δ NID _{sis})	-1,42.10 ⁷	-8,02.10 ⁶	-2,59.10 ⁷	-1,22.10 ⁷
Fluxo de NID fluvial (V_Q NID _Q)	5,55.10 ⁶	4,56.10 ⁵	5,24.10 ⁶	1,59.10 ⁵
Fluxo de NID superf. (V_{sup} NID _{sis-s})	-8,78.10 ⁶	-8,44.10 ⁶	-2,13.10 ⁷	-1,21.10 ⁷
Fluxo de NID fundo (V_{fun} NID _{sis-f})	4,59.10 ⁶	6,11.10 ⁶	6,88.10 ⁵	1,46.10 ⁶
Fluxo mistura vertic.NID (V_z (NID _{sis-f} -NID _{sis-s}))	2,01.10 ⁹	1,19.10 ⁷	-3,62.10 ⁹	-1,43.10 ⁶
Fluxo de NID da Baía (V_{fun} NID _{oc-f})	1,49.10 ⁵	8,74.10 ⁵	6,72.10 ⁵	5,13.10 ⁴

5.3.7 Comparação entre os estuários em relação ao balanço de massa

A tabela 68 e 69 apresentam os fluxos médios obtidos nos balanços de massa para cada estuário.

TABELA 68- Sumário do balanço de sal médio de todos os estuários.

Fluxos (m ³ d ⁻¹)	Cubatão do Sul	Biguaçu	Maciambu*	Ratones	Tavares	Itacorubi
Fluxo Residual (V _R)	-1,23.10 ⁶	-9,55.10 ⁵	-1,17.10 ⁵	-1,10.10 ⁵	-4,64.10 ⁴	-9,63.10 ⁴
Fluxo de água de fundo	3,60.10 ⁵	9,35.10 ⁴	1,38.10 ⁵	1,70.10 ⁵	6,61.10 ⁴	6,11.10 ⁴
Fluxo de água de superf.	-1,59.10 ⁶	-1,05.10 ⁶	-2,55.10 ⁵	-1,81.10 ⁵	-1,12.10 ⁵	-1,58.10 ⁵
Fluxo de mistura vertical	1,26.10 ⁵	1,13.10 ⁵	1,06.10 ⁵	5,70.10 ⁶	5,51.10 ⁵	-9,31.10 ⁷
Fluxo de sal superf.	-1,09.10 ⁷	-2,99.10 ⁵	-4,52.10 ⁵	-5,66.10 ⁷	-2,15.10 ⁵	-1,66.10 ⁵
Fluxo de sal fundo	8,90.10 ⁶	1,67.10 ⁶	3,69.10 ⁶	5,54.10 ⁷	1,66.10 ⁶	9,18.10 ⁵
Fluxo de sal Baía	1,09.10 ⁷	2,99.10 ⁵	4,52.10 ⁵	5,66.10 ⁷	2,15.10 ⁵	1,66.10 ⁵
Fluxo de sal fluvial	2,15.10 ⁴	2,87.10 ⁴	1,17.10 ⁴	1,14.10 ⁴	6,72.10 ⁷	2,14.10 ³

Nota: * média entre as condições de maré baixamar e preamar da segunda campanha e não das duas campanhas como nos demais estuários.

Os estuários podem ser classificados, segundo PRITCHARD (1952) *apud* MIRANDA (2002), de acordo com características geomorfológicas (podendo ser de planície costeira, fiordes, construídos por barras) ou de acordo com a estratificação da salinidade do estuário. Neste último caso temos: homogêneo, parcialmente estratificado (a diferença entre os valores de superfície e fundo é de poucas unidades), altamente estratificado (a diferença entre a salinidade de fundo e superfície é de várias unidades) e de cunha salina (intenso fluxo de água doce). Mesmo sabendo-se dessa diferença, o balanço de massa foi feito para todos os estuários assumindo-os como estratificados que, se comparado à definição de Pritchard (1952), seria uma generalização para os estuários parcialmente e altamente estratificados. Foi assumido assim, pois haviam duas opções em relação às premissas do projeto LOICZ, ou assumir o estuário como caixas únicas (setores homogêneos) ou uma caixa considerando os fluxos verticais (estuário estratificado). Optou-se pela segunda opção por acreditar que o cálculo dos fluxos são mais representativos da circulação estuarina. A figura 48 apresenta o perfil vertical e longitudinal da salinidade observado no momento da coleta em cada estuário sob as diferentes condições de maré, ilustrando o estado de mistura da coluna d'água nos mesmos.

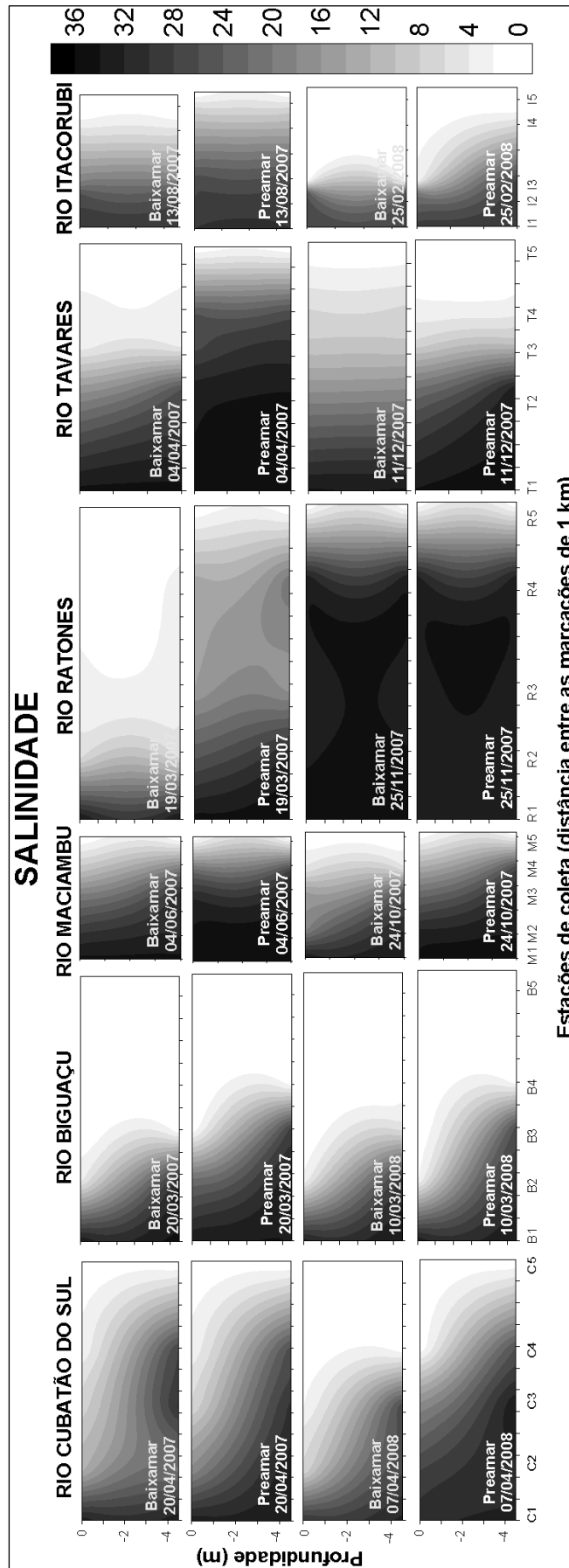


FIGURA 48 – Perfil vertical/longitudinal da salinidade ao longo dos estuários.

O fluxo residual foi em ordem decrescente, maior nos estuários dos rios Cubatão do Sul, seguido pelos estuários dos rios Biguaçu, Maciambu, Ratonés, Itacorubi e Tavares, sendo negativo em todos sistemas. Este resultado significa que ocorre exportação de água doce para a região marinha adjacente nos seis estuários.

O fluxo de saída de água pela superfície foi em ordem decrescente, maior nos estuários dos rios Cubatão do Sul, seguido pelos estuários dos rios Ratonés, Biguaçu, Maciambu, Itacorubi e Tavares.

O balanço de sal é mantido pelo fluxo da água de fundo com maior salinidade e mistura vertical entre a água de superfície e fundo, dessa forma a entrada de água pela Baía foi maior nos estuários do rio Ratonés, Cubatão do Sul e Maciambu e menor nos estuários dos rios Biguaçu, Tavares e Itacorubi. Quanto ao fluxo de mistura, este foi maior no estuário do Rio Itacorubi e menor no estuário do Rio Maciambu. No geral, o fluxo de mistura foi maior no lado insular, com menor aporte fluvial acarretando em menor estratificação da coluna d'água.

A capacidade de renovação das águas de um estuário e de assimilação de substâncias estranhas nele produzidas depende de uma série de processos de natureza física, química, biológica e geológica. O tempo de residência é determinante para caracterizar o sistema quanto a sua potencialidade de produzir, sorver ou conservar os nutrientes na coluna d'água. Ambientes com alto tempo de residência da água tendem a seqüestrar ou produzir nutrientes, enquanto que sistemas com maior renovação da água tendem a apresentar características conservativas quanto à variação de nutrientes ao longo de um gradiente salino (GRELOWSKI *et al.*, 2000).

A retenção de nutrientes em alguns estuários é um dos principais fatores de contribuição para a produtividade relativamente alta destes ambientes (NIENCHESKI & WINDOM, 1994). Todos os estuários tiveram fluxos estimados característicos de consumo de nutrientes quanto aos balanços para o fósforo inorgânico dissolvido (tabela 69), exceto o estuário do Rio Ratonés que apresentou variações positivas indicando exportação pela água de fundo do estuário para a Baía Norte. Simonassi *et al.* (1997) estudando a variação temporal das concentrações de matéria orgânica e inorgânica circulante entre o manguezal de Ratonés sugeriram que esse manguezal atua como exportador de matéria orgânica, que ingressa no mar com o

refluxo das maré, contribuindo assim para a fertilização das águas costeiras da Baía Norte.

Em relação ao nitrogênio inorgânico dissolvido, todos os estuários tiveram fluxos estimados característicos de remoção interna no estuário, antes da saída da água para as Baías.

Em síntese, os fluxos mais intensos de fósforo inorgânico dissolvido foram no estuário do Itacorubi, na porção fluvial do Rio Cubatão do Sul e na Baía em frente à desembocadura do Rio Ratonos. E em relação aos fluxos de nitrogênio inorgânico dissolvido, os maiores fluxos foram no estuário do Rio Biguaçu, na porção fluvial no Rio Cubatão do Sul (assim como para o fósforo) e na Baía, também na frente do Rio Ratonos.

TABELA 69- Sumário do balanço de fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido

Fluxos (m ³ d ⁻¹)	Cubatão do Sul	Biguaçu	Maciambu *	Ratonos	Tavares	Itacorubi
Variação do PID em superf.	-1,60.10 ⁵	-6,16.10 ⁴	8,75.10 ²	-2,26.10 ⁶	-2,43.10 ⁴	8,03.10 ⁸
Variação do PID no fundo	-4,62.10 ⁵	-6,46.10 ⁵	-2,79.10 ⁴	2,33.10 ⁶	-3,76.10 ⁴	-8,03.10 ⁸
Variação do PID no estuário	-6,20.10 ⁵	-7,10.10 ⁵	-2,70.10 ⁴	7,16.10 ⁴	-6,19.10 ⁴	-8,63.10 ⁵
Fluxo de PID fluvial	3,94.10 ⁵	3,20.10 ⁵	7,55.10 ³	9,00.10 ³	2,17.10 ⁴	3,08.10 ⁵
Fluxo de PID superf.	-3,03.10 ⁵	-4,08.10 ⁵	-7,18.10 ⁴	-7,23.10 ⁵	-5,92.10 ⁴	-5,89.10 ⁵
Fluxo de PID fundo	6,85.10 ⁴	9,65.10 ⁴	-7,18.10 ⁴	-7,23.10 ⁵	-5,92.10 ⁴	-5,89.10 ⁵
Fluxo mistura vertic.PID	8,30.10 ²	5,24.10 ⁴	1,03.10 ⁴	1,86.10 ⁵	3,70.10 ⁴	-8,03.10 ⁸
Fluxo de PID da Baía	7,61.10 ⁴	1,80.10 ⁴	5,24.10 ⁴	8,03.10 ⁵	1,89.10 ⁴	3,07.10 ⁴
Variação do NID em superf.	5,27.10 ⁶	2,51.10 ⁷	-2,99.10 ⁵	-1,18.10 ⁷	-8,91.10 ⁶	4,03.10 ⁸
Variação do NID no fundo	-3,54.10 ⁷	-6,43.10 ⁷	-1,91.10 ⁶	8,09.10 ⁵	7,06.10 ⁶	-4,20.10 ⁸
Variação do NID no estuário	-3,01.10 ⁷	-3,92.10 ⁷	-2,21.10 ⁵	-3,74.10 ⁵	-1,85.10 ⁵	-1,51.10 ⁷
Fluxo de NID fluvial	1,15.10 ⁷	6,49.10 ⁶	8,59.10 ⁵	1,41.10 ⁵	9,76.10 ⁵	2,85.10 ⁶
Fluxo de NID superf.	-1,89.10 ⁷	-3,33.10 ⁷	-1,77.10 ⁶	-4,25.10 ⁶	-1,07.10 ⁶	-1,27.10 ⁷
Fluxo de NID fundo	1,92.10 ⁶	1,98.10 ⁵	7,16.10 ⁵	3,70.10 ⁵	4,44.10 ⁵	3,21.10 ⁶
Fluxo mistur. vertic.NID	1,81.10 ⁵	-2,32.10 ⁵	4,84.10 ⁵	1,09.10 ⁷	8,56.10 ⁶	-4,00.10 ⁸
Fluxo de NID da Baía	1,93.10 ⁵	6,63.10 ⁵	4,17.10 ⁵	1,92.10 ⁵	2,01.10 ⁵	4,37.10 ⁵

Nota: *média entre as condições de maré baixamar e preamar da segunda campanha e não das duas campanhas como nos demais estuários.

Spillere (2002) utilizando o mesmo modelo constatou exportação de fósforo e nitrogênio inorgânico dissolvido relacionadas à intensidade das vazões do Rio Itajaí-açu. Encontrou valores de fósforo inorgânico dissolvido $1,194.10^7 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ para as baixas vazões e $2,997.10^7 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ para as vazões intermediárias. Para o nitrogênio esses valores foram de $1,006.10^9 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ para as baixas vazões e $1,730.10^9 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$ para as vazões intermediárias. Esses valores são três ordens de grandeza maiores que o observado como exportação no estuário do rio Ratonos. Nenhum dos estuários se caracterizou como exportador de nitrogênio inorgânico dissolvido,

porém a maior produção desse nutriente ($4,03 \cdot 10^8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) foi observada em água de superfície no Rio Itacorubi que apresentou fluxos uma ordem de grandeza menor que o observado no Rio Itajaí-açu

5.4 RESPOSTA DO COMPARTIMENTO BENTÔNICO

Nesse subitem são apresentados os resultados obtidos a partir do estudo das associações de foraminíferos e de seu emprego como bioindicadores da aptidão ecológica das zonas estuarinas em sustentar associações bentônicas, inferindo-se assim trechos de maior produtividade bentônica (maior densidade) e trechos mais restritivos à biota estuarina. Neste sentido, para cada um dos estuários estudados são apresentados os seguintes descritores biológicos: densidade, riqueza, composição das testas, razão população viva: população total, biometria das testas de *Ammonia tepida*. Foi apontado no texto quando ocorreram testas malformadas e piritizadas, porém estas não foram observadas em todos os estuários e foram observadas com densidade inferior a 10 indivíduos por 50 mL de sedimento. Quando a densidade foi inferior a 10 indivíduos/50 mL de sedimento não foram calculados razão população viva: população total e porcentagem de testas aglutinantes.

Em relação a razão vivos/total, segundo Boltovskoy (1965) e Bonetti (2000), foram consideradas que razões menores 0,3 sugerem de baixa a áreas sem deposição, erosivas e/ou baixa produtividade bentônica, razões maiores do que 0,3 e menores do que 0,7 em zonas costeiras transicionais com domínio de processos deposicionais e produtividade bentônica regular e razões maiores que 0,7 em áreas sujeitas a “blooms” (produtividade alta e irregular) ou processos deposicionais intensos.

Foram também analisadas as associações de espécies e seu gradiente de distribuição ao longo do estuário, buscando-se assim delimitar a extensão superior da zona estuarina e sua compartimentação. Este último critério baseou-se na definição de Fairbridge (1980), onde um estuário é uma entrada do mar num vale de um rio até ao limite máximo da preamar, sendo normalmente divisível em três setores:

- a) O estuário marinho ou inferior, com ligação livre ao mar aberto
- b) O estuário médio, sujeito a forte mistura de águas salgada e doce
- c) O estuário superior ou fluvial, caracterizado pela presença de água doce, mas sujeito à ação diária das marés

As demais estações (após a desembocadura em direção a montante) foram caracterizadas pela baixa densidade e pequeno número de espécies, sendo que *Criboelphidium poyeanum* apareceu até a estação CH e *Ammonia* spp. até a estação CE (tabela 70).

Os gêneros mais abundantes foram *Criboelphidium* representando 39% da associação total, *Ammonia* com 22%, *Brizalina* com 15%. Os 24% restantes corresponderam aos gêneros com ocorrência menor que 10% na área de estudo (Figura 49). Houve a dominância das espécies com testas calcárias hialinas, representando 79% da associação total, seguidas pelas testas aglutinantes, com 17%, e as porcelanáceas, com 4%.

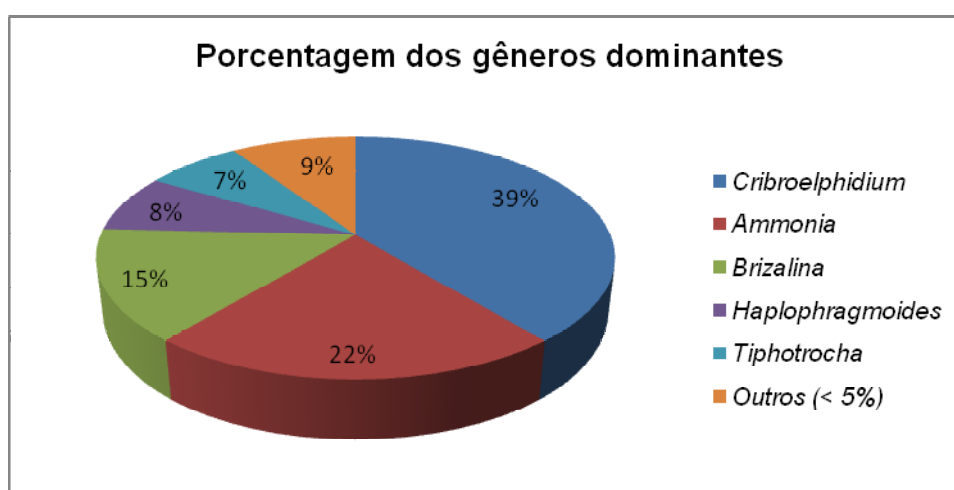


FIGURA 49 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Cubatão do Sul.

Os resultados sugerem que o estuário do Rio Cubatão do Sul é uma área ecologicamente restritiva para as associações bentônicas (baixo número de espécies e densidade). A ausência de associações bentônicas a partir da estação CC impediu a determinação da extensão da zona estuarina e de sua compartimentação utilizando os foraminíferos como ferramenta. Geralmente ocorre maior abundância de espécies aglutinantes em direção ao interior dos estuários, onde há maior influência continental (NICHOLS, 1974), porém este gradiente não foi observado devido a ausência/raridade dos foraminíferos (tabela 70).

Essa baixa densidade (tabela 70, figura 50), exceto a jusante da desembocadura (CA e CB), pode ter sido relacionada sobretudo à grande instabilidade do fundo decorrente das dragagens constantes e, secundariamente, às

altas concentrações de material em suspensão trazidas pelo rio em eventos de intensa pluviosidade. A figura 51 mostra a grande quantidade de galhos na desembocadura carreados pelas correntes fluviais em eventos de grande vazão. A extração de areia foi observada minutos antes da coleta, a montante da zona estuarina (próxima a estação CK, figura 52).

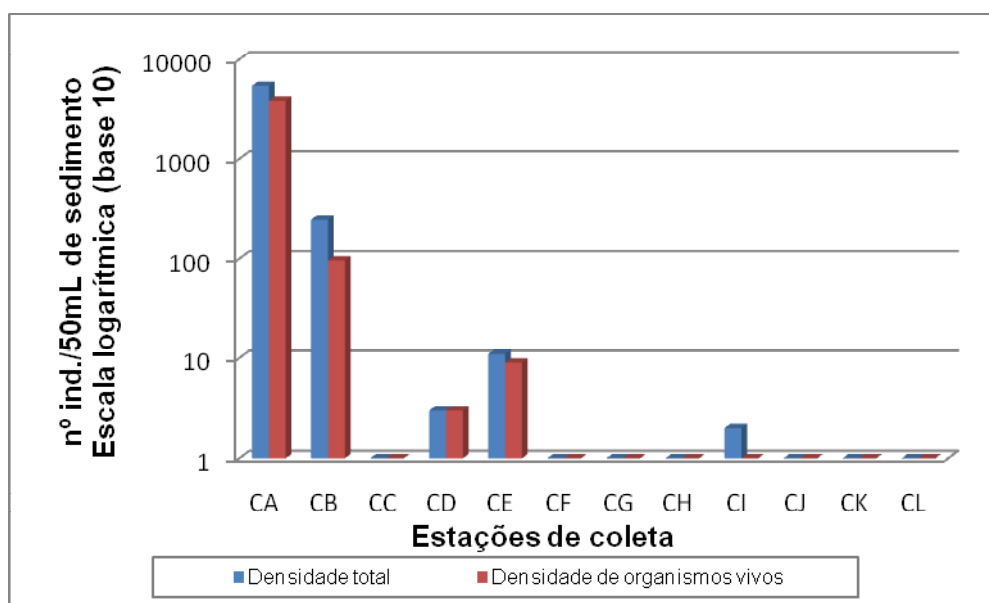


FIGURA 50– Densidade estimada no estuário do Rio Cubatão do Sul.

A razão média de foraminíferos vivos/total nas proximidades da desembocadura foi de 0,64. Este valor indica predominância de processos deposicionais e produtividade bentônica regular (BOLTOVSKOY, 1965; BONETTI, 2000).

A biometria média das testas de *Ammonia tepida* foi máxima na Baía (0,27 mm), sendo no restante das estações de 0,23 mm a 0,24 mm.

Foi observado apenas um indivíduo da espécie *Quinqueloculina lamarckiana* com deformação localizado na desembocadura. Não foram encontradas piritizações nas testas.



FIGURA 51 – Galhos de árvore na desembocadura do Rio Cubatão do Sul carreados pelas correntes fluviais.



FIGURA 52 - Extração de areia observada nas proximidades da estação CK

A maior densidade de tecamebas, protozoário típico de água doce, (figura 53) foi observada na estação CK (23 ind./50 ml de sedimento). Outras estações também apresentaram alguns indivíduos. Embora não tenha sido evidente nenhum gradiente longitudinal ao longo do estuário, o aumento destas associações na estação CK sugere maior importância da contribuição fluvial a partir deste ponto. No entanto, não

se pode descartar a possibilidade destas testas terem sido trazidas a partir de contribuições fluviais marginais aliada a intensa pluviosidade do mês da coleta.

Ocorreram no total 6 espécies de tecamebas, das quais 3 com representantes vivos: *Centropyxis constricta*, *Pontigulasia compressa* e *Curcubitela corona*. Na associação total, foram encontradas também: *Diffflugia protaeformis*, *Centropyxis aculeata* e *Laggenodifflugia vas*.

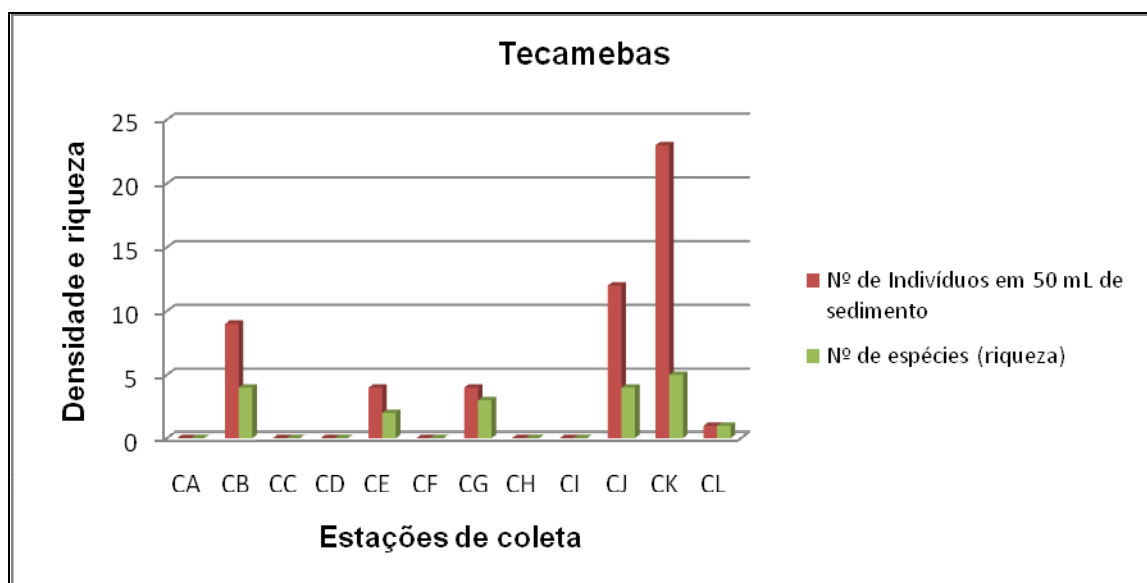


FIGURA 53 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Cubatão do Sul.

Um outro indício do limite superior da extensão da zona estuarina pode ser a ruptura do gradiente areia e lama. A inversão entre a porcentagem de areia e lama ocorreu na estação CJ, aproximadamente 7 Km a montante da desembocadura (Figura 54). É possível que esta dominância de sedimentos finos esteja relacionada a zona de máxima turbidez causada pelo encontro das águas fluviais e marinhas. Santos (2003) observou estratificação vertical da coluna d'água, sob condição de maré de sizígia até 6 km a partir da desembocadura. No item sobre qualidade da água do Rio Cubatão do Sul são apresentados valores elevados de salinidade cerca de 500 m antes do descrito por Santos (2003), indicando o alcance da salinidade além dos 6 km encontrado pelo autor, corroborando com a ruptura do gradiente areia e lama no entorno dos 7 km a montante da desembocadura.

A granulometria do Rio Cubatão do Sul foi predominantemente relacionada às frações arenosas (figura 54), com frações de lama maior que 30% apenas nas

estações CJ (60%), CK (39%) e CG (32%). Os dados hidroquímicos obtidos no momento da coleta do sedimento estão no Anexo 5.

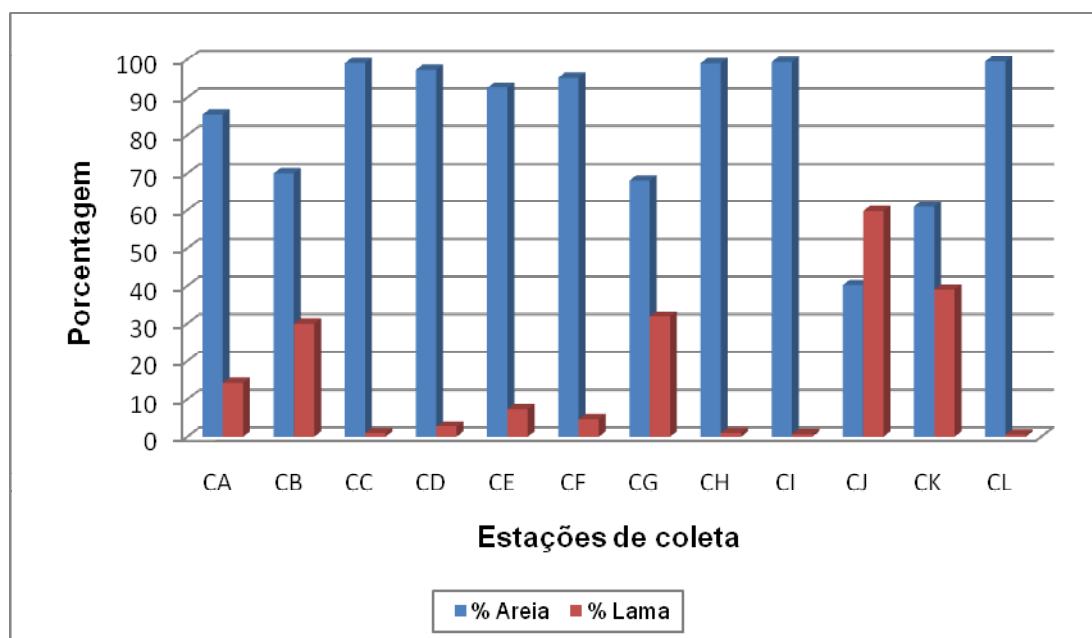


FIGURA 54 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Cubatão do Sul.

Relacionando os grupos observados na Análise de Componentes Principais da água (figura 25) com os foraminíferos, pode-se associar as estações relacionadas ao aporte fluvial, do grupo 1, às espécies aglutinantes, sobretudo *Haplophragmoides wilberti*, menores densidades de foraminíferos e aumento do número de tecamebas. As estações estuarinas do grupo 2 podem ser associadas a presença de foraminíferos calcários. E as estações próximas a Baía (grupo 3) ao aumento da densidade e número de espécies.

5.4.2 Rio Biguaçu

Foram encontradas 16 espécies de foraminíferos (tabela 71), ocorrendo testas aglutinantes, calcárias hialinas e porcelanáceas. *Ammonia* spp. (66,9%) e *Buliminella elegantissima* (16,4%) foram dominantes na Baía (estação BA, tabela 78). A densidade total estimada neste local foi de 1366 ind/50 ml de sedimento e foi encontrado um total de 14 espécies. As estações BB e BC (após a desembocadura em direção a montante) foram caracterizadas pela baixa densidade (< 10 ind./50 ml

de sedimento) e pequeno número de espécies (<5). A estação BD apresentou maior densidade (103 ind./50 ml de sedimento) e maior número de espécies (5) do que as demais estações no interior do estuário. *Criboelphidium poyeanum*, *Ammonia* spp. e *Buliminella elegantissima* apareceram no interior do estuário até a estação BD. Esse baixo número de espécies ao longo da zona estuarina também foi encontrado por Parizotto *et al.* (2007), que citaram que as espécies mais abundantes e também as únicas encontradas no interior do estuário foram *Ammonia tepida* e *Criboelphidium gunteri*. Os mesmos autores descrevem que os bolivinídeos (representados por *Bolivina* spp. e *Brizalina striatula*), buliminídeos (*Buliminella elegantissima*), lituolídeos (*Ammotium* e *Ammobaculites*) e textularídeos (*Textularia*) foram encontrados apenas próximo à desembocadura.

TABELA 71- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Biguaçu.

Foraminíferos	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK
Calcários hialinos											
<i>Ammonia</i> spp. (<i>tepida</i> e <i>parkinsoniana</i>)	66,9	44,4	100	55,7	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	16,4	-	-	14,2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bolivina</i> sp.	2,0	-	-	5,7	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bolivina pulchella</i>	-	-	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brizalina striatula</i>	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bulimina elongata</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	4,3	11,1	-	23,6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fissurina lucida</i>	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hopkinsina pacifica</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonionium atlanticum</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcários porcelanáceos											
<i>Quinqueloculina</i> sp.	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aglutinantes											
<i>Ammobaculites exiguus</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	11,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoclavulina gracilis</i>	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fragmentos não identificado	-	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Número de espécies	14	4	1	5	-	-	-	-	-	-	-
Densidade total estimada	1366	9	1	103	-	-	-	-	-	-	-
Densidade de foraminíferos vivos	139	9	1	3	-	-	-	-	-	-	-
Razão vivos/total	0,10	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-
Porcentagem de testas aglutinantes	3,3	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Biometria da <i>Ammonia tepida</i>	0,17	0,09	0,16	0,24	-	-	-	-	-	-	-

O gênero mais abundante foi *Ammonia*, representando 67% da associação total, seguido de *Criboelphidium* com 10% e *Buliminella* com 7%. Os 16% restantes corresponderam aos gêneros com ocorrência menor que 5% na área de estudo (Figura 55). Houve dominância das espécies com testas calcárias hialinas representando 87,5% da associação total, seguidas pelas testas aglutinantes com 11,9% e as porcelanáceas com 0,6%.

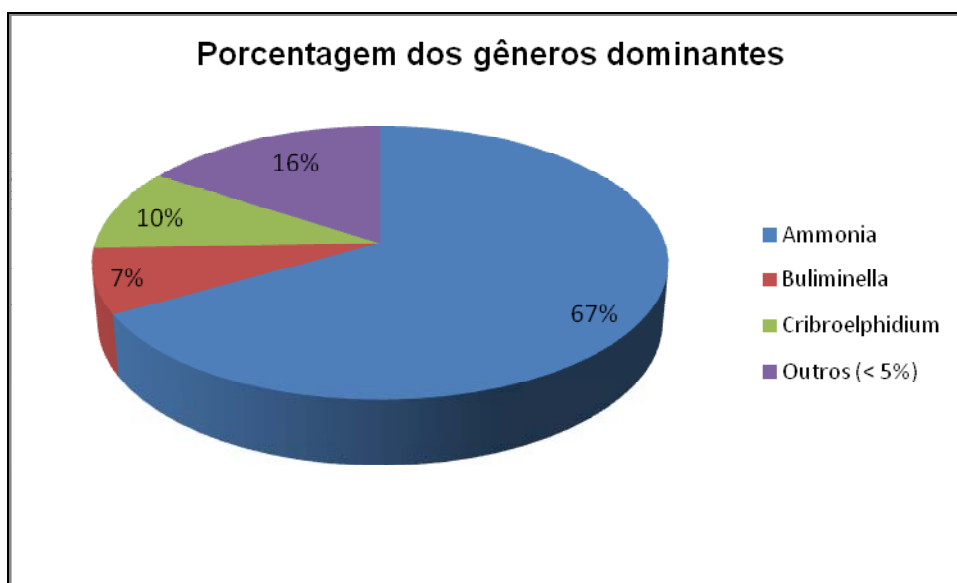


FIGURA 55 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Biguaçu.

Assim como o Rio Cubatão do Sul, o Rio Biguaçu apresentou densidade bentônica muito baixa (Tabela 71), sendo uma área ecologicamente restritiva para as comunidades bentônicas (baixo número de espécies e densidade). Dessa maneira também não foi possível determinar a extensão da zona estuarina utilizando os foraminíferos como ferramenta neste estuário. Parizotto *et al.* (2007), analisando dados coletados em 2002, também encontraram baixa densidade de foraminíferos, exceto em uma única estação com densidade expressiva (273 ind./50 ml de sedimento) localizada após uma feição deltaíca formada na desembocadura do Rio Biguaçu.

A ausência de organismos bentônicos neste estuário (tabela 71), exceto a jusante da desembocadura (BA), pode estar relacionada aos mesmos motivos expostos no Rio Cubatão do Sul e também levantados por Parizotto *et al.* (2007). São eles: o impacto das dragagens constantes e das altas concentrações de material em suspensão trazidas pelo rio, sobretudo em eventos de intensa

pluviosidade. Segundo Fortes & Volkmer (2004), a bacia hidrográfica do Rio Biguaçu encontra-se sujeita a distintos impactos antrópicos como extração de areia e dragagem periódica do canal estuarino.

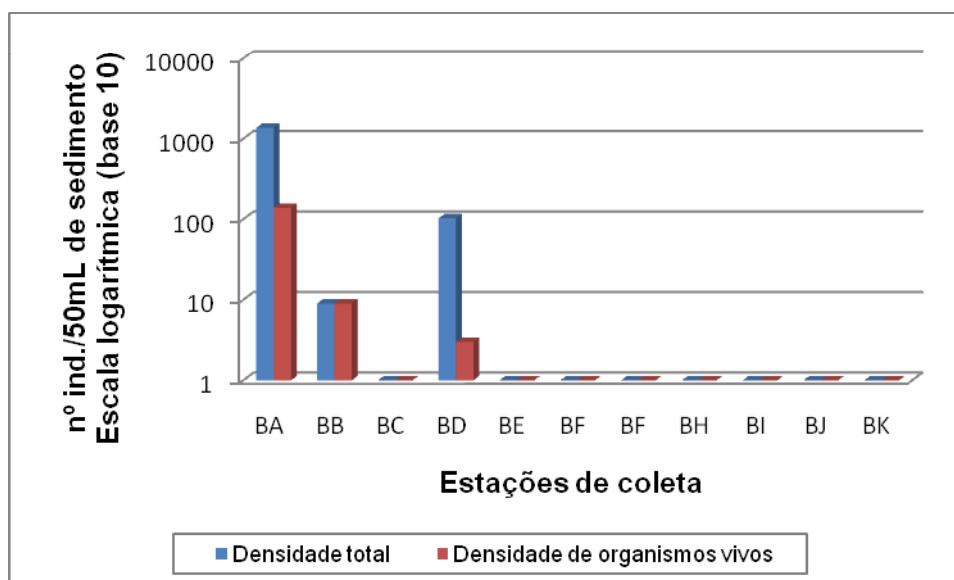


FIGURA 56– Densidade estimada no estuário do Rio Biguaçu.

A razão média de foraminíferos vivos/total para este estuário foi de 0,07 (tabela 71). Este baixo valor está possivelmente associado a baixa produtividade bentônica. A razão de foraminíferos vivos/total foi observada apenas na desembocadura (BA) e estação BD mais no interior do estuário.

Em relação a biometria das testas de *Ammonia tepida*, a maior média foi na estação BD (0,24 mm) que coincidiu com o limite do aparecimento dos foraminíferos.

Foram observados foraminíferos piritizados na estação BD, sendo um exemplar da espécie *Buliminella elegantissima*, cinco exemplares do gênero *Ammonia* e sete exemplares do gênero *Criboelphidium* (correspondendo a 12% da associação total). A ocorrência de testas piritizadas nas associações de foraminíferos recentes pode estar sugerindo condições de hipoxia nos sedimentos, conforme discutido por Bonetti (2000).

A única estação que apresentou densidade significativa de tecamebas (22 ind./50 ml de sedimento) foi a estação BB (figura 57), localizada na desembocadura do estuário e com elevada salinidade. A presença destas testas provavelmente está associada ao aporte de contribuições fluviais marginais, dispostas perpendicularmente ao eixo de circulação principal do estuário. Não ficou evidente

nenhum gradiente longitudinal ao longo do estuário, não sendo possível discutir o aumento da contribuição das águas do Rio Biguaçu a partir deste descritor.

Ocorreram no total 6 espécies de tecamebas, sendo a espécie dominante *Pontigulasia compressa*. As demais espécies foram *Centropyxis constricta*, *Centropyxis aculeata*, *Curcubitela corona*, *Diffflugia protaeformis* e *Laggenodifflugia vas*, sendo todas com representantes vivos. Parizotto *et al.* (2007) encontraram, em 2002, *Centropyxis* como gênero predominante e também maiores valores de densidades de tecamebas neste estuário (96 ind./50 mL de sedimento).

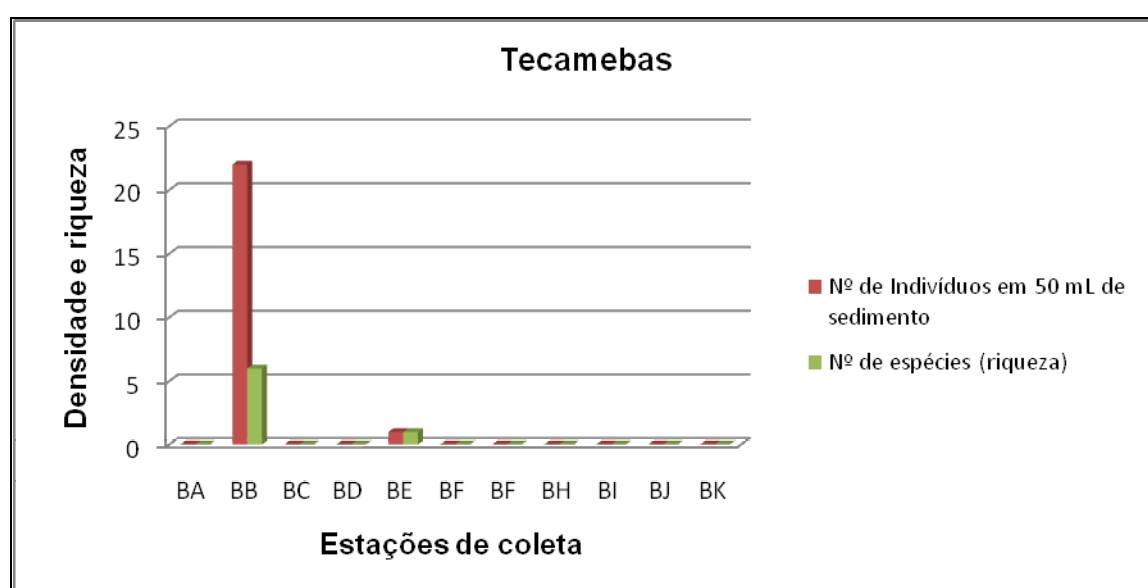


FIGURA 57 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Biguaçu.

O estuário do Biguaçu apresentou maior contribuição de lamas que o estuário do Cubatão, sobretudo em sua desembocadura. Porém não foi detectado um gradiente longitudinal de distribuição dos sedimentos finos (figura 58). A estação com maior conteúdo de lama foi a BC e a estação com maior porcentagem de areia foi BG.

Campos (2003), em fevereiro de 2002, sob a mesma condição de maré, observou estratificação da coluna d'água quanto à salinidade até 5 km a partir da desembocadura, nas proximidades da estação BJ sugerindo este trecho como limite das zonas estuarinas. No levantamento de 2007, no entanto, esta estação apresentou-se com água doce no momento da coleta. Os dados hidroquímicos obtidos durante a coleta do sedimento estão no Anexo 5.

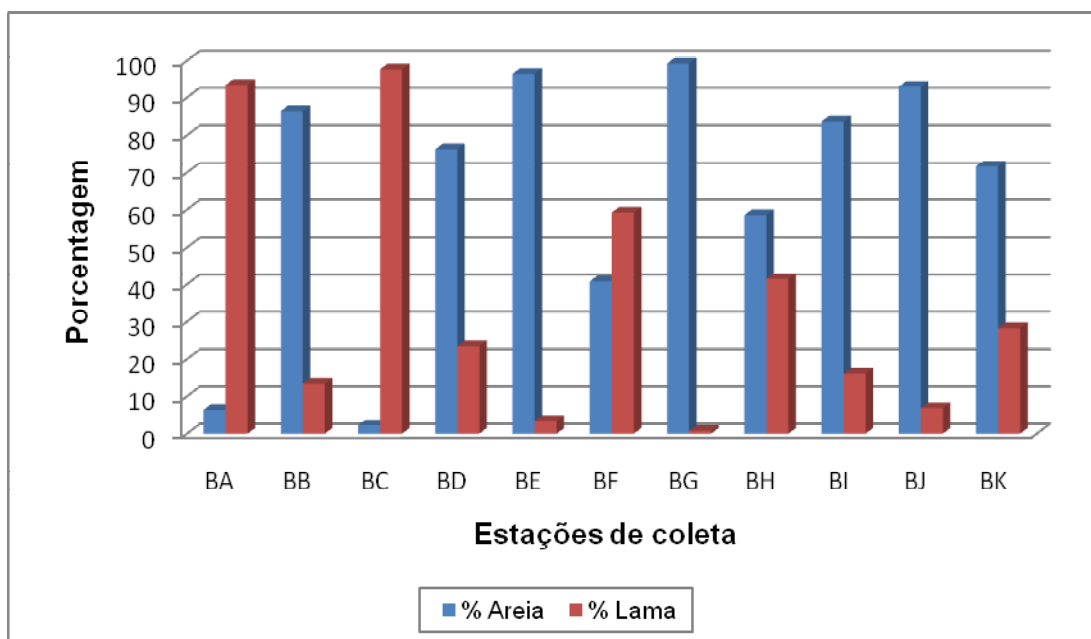


FIGURA 58 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Biguaçu.

Os grupos obtidos na Análise de Componentes Principais da água (figura 28) podem ser relacionados com os foraminíferos, destacando que as estações próximas ao aporte fluvial, do grupo 1 e do grupo 2, foram associadas à ausência de foraminíferos. As estações próximas a Baía (grupo 3) apresentaram maiores densidades e dominância do gênero *Ammonia*.

5.4.3 Rio Maciambu

Foram encontradas 43 espécies de foraminíferos (tabela 72), ocorrendo testas aglutinantes, calcárias hialinas e porcelanáceas. *Haynesina germanica* (28%) foi dominante na Baía (estação MA, tabela 72). Nesta estação foi observado um total de 17 espécies. Na estação MB dominou *Criboelphidium galvestonense* (20,4%).

Ammonia tepida foi dominante nas estações MD à MH e *Miliammina earlandi*, espécie característica de proximidade a aportes fluviais, dominou nas estações mais a montante (MI a ML) e na estação MC. Nesta última, provavelmente relacionada a aporte fluvial marginal (figura 44). A estação MM não apresentou foraminíferos.

TABELA 72- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Maciambu.

Foraminíferos	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM
Calcários hialinos													
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	1,1	8,2	12,6	18,0	15,3	17,3	9,5	19,2	27,1	10,4	19,2	-	-
<i>Ammonia tepida</i>	2,1	12,2	16,8	28,0	44,9	40,0	38,8	43,3	21,2	4,7	10,6	-	-
<i>Bolivina</i> sp.	1,1	4,1	-	-	0,8	0,9	0,9	-	-	-	-	-	-
<i>Bolivina compacta</i>	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brizalina striatula</i>	1,1	1,0	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buccella peruviana</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	-	12,2	-	1,0	-	5,5	0,9	-	-	-	-	-	-
<i>Cornuspira planorbis</i>	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	-	-	2,0	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
<i>Criboelphidium galvestonense</i>	8,5	20,4	3,2	11,0	8,5	7,3	12,9	6,7	5,1	1,9	-	-	-
<i>Criboelphidium gunteri</i>	-	-	1,1	2,0	0,8	-	1,7	0,8	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	3,2	3,1	-	-	2,5	2,7	2,6	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium williamsonii</i>	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Haynesina germanica</i>	27,7	11,2	-	2,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Neonorbina</i> sp	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nonionella opima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pararotalia cananeaensis</i>	-	2,0	4,2	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudononion atlanticum</i>	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rosalina aff. bradyi</i>	1,1	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcários porcelanáceos													
<i>Miliolinella subrotunda</i>	3,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i>	17,0	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina</i> sp	3,2	6,1	-	5,0	1,7	0,9	2,6	-	-	-	-	-	-
Aglutinantes													
<i>Ammobaculites exiguus</i>	-	-	-	-	-	-	0,9	0,8	-	-	-	-	-
<i>Ammobaculites</i> sp.	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ammotium pseudocassis</i>	-	-	4,2	-	-	0,9	1,7	-	-	-	-	-	-
<i>Ammotium salsum</i>	-	1,0	1,1	2,0	0,8	0,9	-	0,8	-	0,9	-	3,3	-
<i>Bigenerina</i> sp.	2,1	-	1,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Deuterammina plana</i>	-	2,0	2,1	2,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomospira aff. glomerata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Glomospira gordialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	-	-	9,5	8,0	9,3	6,4	0,9	5,0	-	-	-	-	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	-	5,3	-	-	-	0,9	-	0,8	0,9	-	-	-
<i>Jadammina macrescens</i>	6,4	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Miliammina earlandi</i>	-	2,0	22,1	-	6,8	11,8	23,3	20,0	42,4	78,3	68,3	94,5	-
<i>Paratrochammina clossi</i>	2,1	1,0	1,1	-	-	-	0,9	-	1,7	0,9	1,0	1,1	-
<i>Paratrochammina</i> sp	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polysaccammina ipohalina</i>	-	1,0	6,3	2,0	0,8	-	-	0,8	-	-	-	-	-
<i>Pseudoclavulina gracilis</i>	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudoclavulina curta</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-	-
<i>Reophax nana</i>	-	1,0	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	6,1	3,2	-	2,5	0,9	0,9	-	-	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	-	-	0,8	-	-	-	0,8	1,9	1,0	-	-
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	-	2,0	5,3	2,0	1,7	-	0,9	0,8	-	-	-	1,1	-
Número de espécies	17	22	18	20	17	13	16	13	8	8	5	4	-
Densidade total estimada	132	2638	115	395	312	863	1466	878	297	198	240	131	-
Densid. foraminíferos vivos	93	1093	14	67	37	188	665	434	143	60	82	20	-
Razão Vivos/total	0,70	0,41	0,12	0,17	0,12	0,22	0,45	0,49	0,48	0,30	0,34	0,15	-
Porcent. testas aglutinantes	10,6	17,3	62,1	20,0	24,6	20,9	30,2	30,0	45,8	83,0	70,2	100,0	-
Biometria da <i>Ammonia tepida</i>	0,42	0,25	0,22	0,32	0,25	0,26	0,31	0,29	0,25	0,42	0,23	-	-

O gênero mais abundante foi *Ammonia*, representando 35% da associação total, seguido de *Miliammina* com 31% e *Criboelphidium* com 9%. Os 25% restantes corresponderam aos demais gêneros com ocorrência menor que 5% na área de estudo (Figura 59). Houve dominância das espécies com testas calcárias hialinas, representando 54% da associação total, seguidas pelas testas aglutinantes com 43% e as porcelanáceas com 3%.

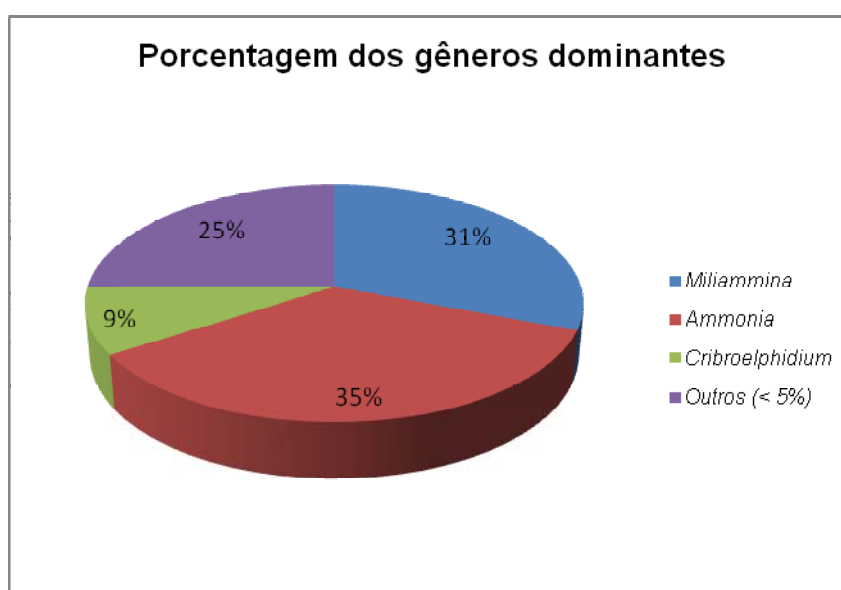


FIGURA 59 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Maciambu.

Quanto ao tamanho das testas de *Ammonia tepida*, as maiores médias ocorreram nas estações MA e MJ, ambas com 0,42 mm (dobro da média dos estuários do Rio Cubatão do Sul e Biguaçu). A biometria média mínima no estuário do Maciambu foi de 0,22 mm na estação MC.

A densidade bentônica é apresentada na figura 60. As estações MB, próxima à desembocadura, e MG, no interior do estuário, apresentaram as maiores densidades bentônicas. A estação mais a montante (MM), na porção fluvial, não apresentou foraminíferos. Esse resultado sugere o final da zona estuarina e é corroborado pelos dados hidroquímicos da água de fundo (Anexo 5) e pela ausência de vegetação de mangue.

A razão média de foraminíferos vivos/total foi de 0,33, sendo maior na estação da Baía (MA) e nas estações MG, MH e MI no interior do estuário sugerindo produtividade bentônica regular (tabela 72).

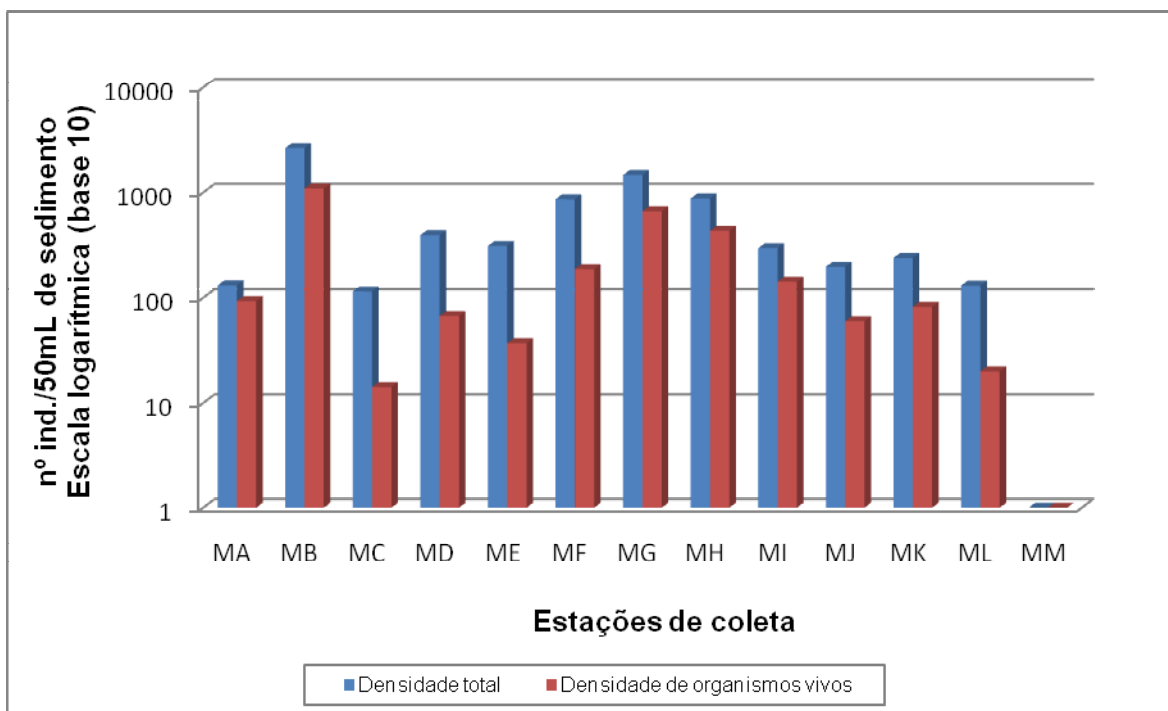


FIGURA 60– Densidade estimada no estuário do Rio Maciambu.

Com o auxílio da técnica estatística de Análise de Agrupamento (figura 61) foi feita uma proposta de zonação ecológica do estuário do Rio Maciambu em 3 sub-ambientes: (1) “estuário inferior”, (2) “estuário médio” e (3) “estuário superior”. Estes sub-ambientes correspondem, respectivamente, aos grupos obtidos na Análise de Componentes Principais (figura 31): grupo 3 (estações próximas a baía com mais fosfato e clorofila-a), grupo 2 (estações estuarinas com maiores teores de turbidez, silício reativo, oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal) e grupo 1 (estações fluviais com maiores concentrações de nitrato).

Considerando o nível de corte 4, o sub-ambiente “estuário inferior” reuniu as estações MA, MC, MD e ME e foi caracterizado pela densidade intermediária de foraminíferos total (239 ± 137 ind./50mL de sedimento), além da maior riqueza (18 ± 1).

O sub-ambiente “estuário médio” caracterizou-se por ser uma zona com maiores densidade total (com 1461 ± 833 ind./50mL de sedimento) e de vivos (com 595 ± 385 ind./50mL de sedimento) e riqueza de foraminíferos intermediária e mais variável (16 ± 4), representado pelas estações MB, MF, MG e MH.

O sub-ambiente “estuário superior” foi composto pelas estações mais a montante: MI, MJ, MK e ML. Este sub-ambiente caracterizou-se pelo aumento das

espécies aglutinantes e sobretudo da espécie *Miliammina earlandi*. Também foi observada a presença de tecamebas, principalmente nas estações MK e ML, indicando aporte de água doce (figura 62). Foi o sub-ambiente com a menores densidade total com 217 ± 70 ind./50mL de sedimento e riqueza (6 \pm 2).

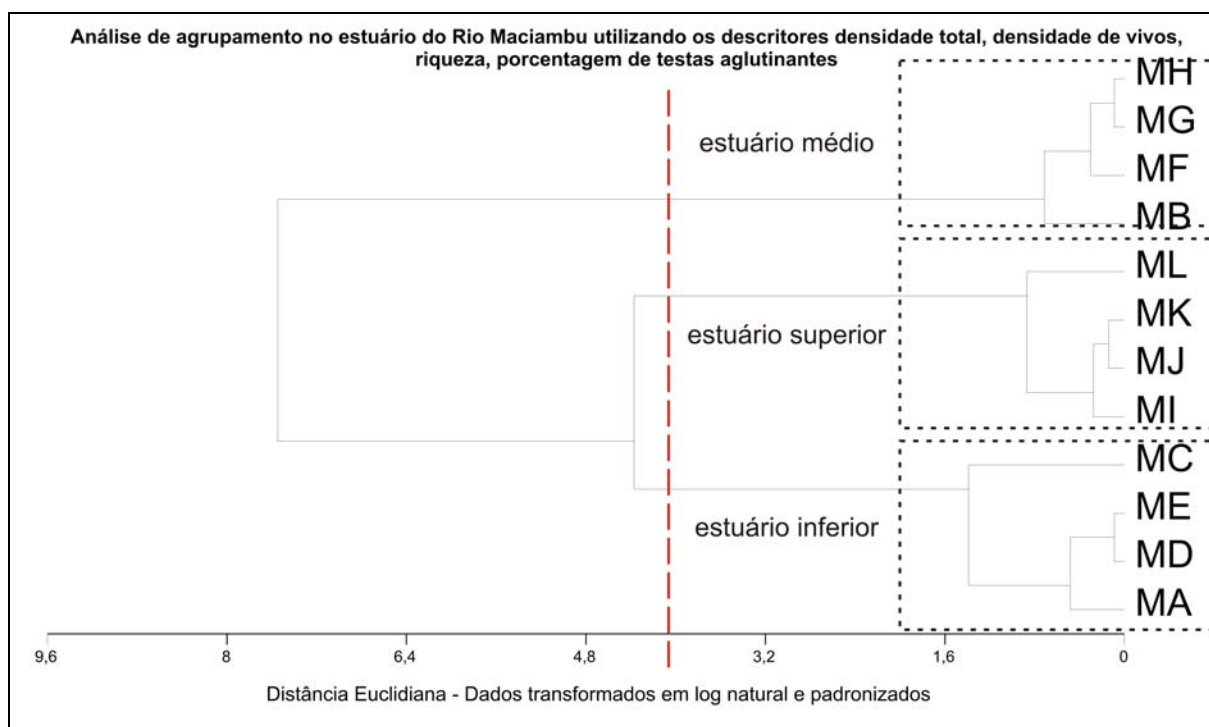


FIGURA 61 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Maciambu com proposta de setorização ambiental.

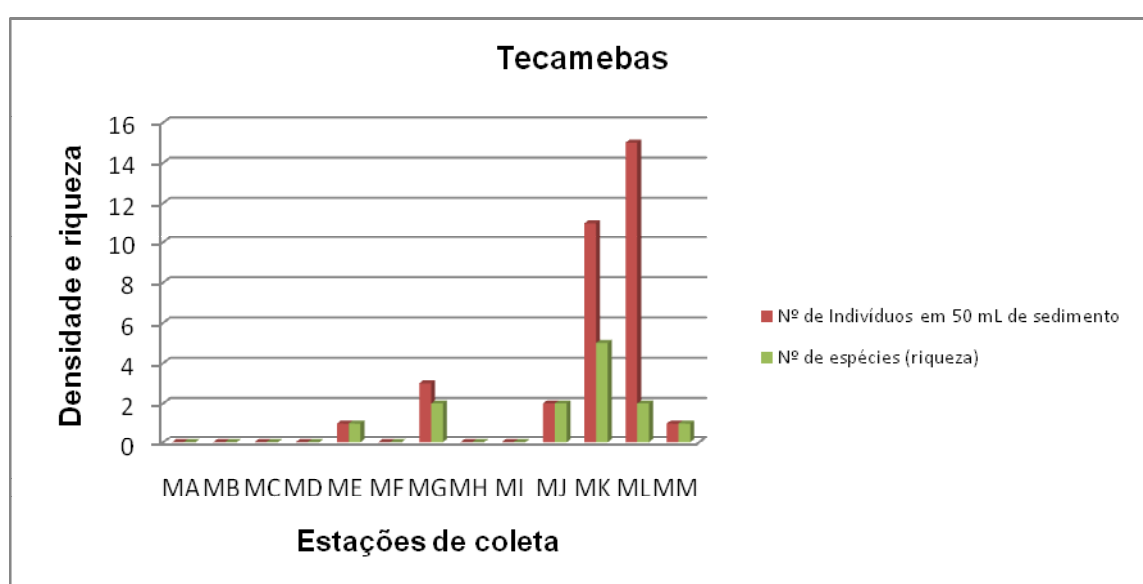


FIGURA 62 – Densidade (em 50 ml de sedimento) e riqueza de tecamebas no estuário do Rio Rio Maciambu.

Houve o domínio de areias no estuário, sendo que a estação MD foi a única com maior porcentagem de lama. O predomínio da areia no estuário sugere menor capacidade de retenção de compostos orgânicos nos sedimentos superficiais.

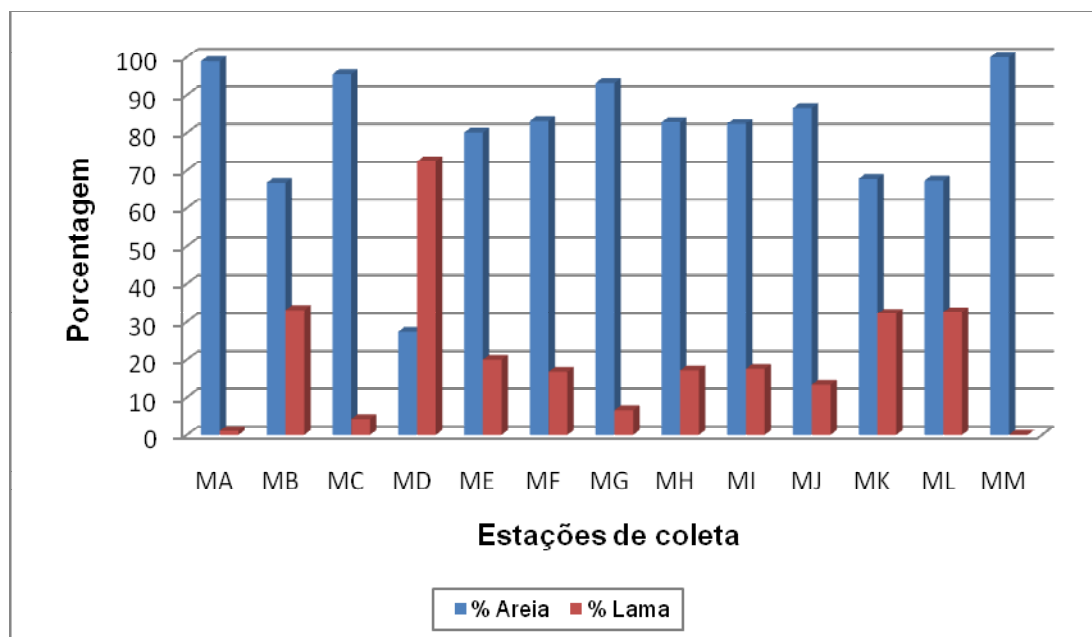


FIGURA 63 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Maciambu.

5.4.4 Rio Ratoles

Foram encontradas 24 espécies de foraminíferos (tabela 73), ocorrendo testas aglutinantes, calcárias hialinas e porcelanáceas. *Criboelphidium poyeanum* (25,8%) e *Ammonia parkinsoniana* (18,9%) foram dominantes na Baía (estação RA, tabela 80). Neste local foram encontradas um total de 15 espécies. Na estação RB também predominou *Criboelphidium poyeanum*, seguido de *Ammonia tepida*. A partir da estação RC dominou a espécie *Arenoparrella mexicana*.

TABELA 73- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Ratonés.

Foraminíferos	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK
Calcários hialinos											
<i>Ammonia tepida</i>	16,9	32,3	11,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	18,9	19,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	16,9	6,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bolivina</i> sp.	0,9	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brizalina striatula</i>	4,6	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bulimina elongata</i>	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cornuspira</i> sp.	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium excavatum</i>	7,2	8,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium gunteri</i>	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	25,8	22,0	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Discorbis</i> sp.	-	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Haynesina</i> spp.	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonionium atlanticum</i>	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcários porcelanáceos											
<i>Quinqueloculina seminula</i>	1,1	4,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aglutinantes											
<i>Ammonoastuta salsa</i>	-	-	0,9	2,9	-	-	-	-	-	-	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	2,6	0,6	66,1	83,5	87,5	100	40,0	36,3	50,0	100,0	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	0,3	-	10,1	7,8	-	-	40,0	18,2	-	-	-
<i>Jadammina macrescens</i>	-	-	0,9	-	-	-	6,7	-	50,0	-	-
<i>Miliammina</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	45,5	-	-	-
<i>Paratrochammina</i> sp.	-	-	0,9	-	-	-	13,3	-	-	-	-
<i>Siphotrochammina lobata</i>	-	-	3,7	1,9	6,3	-	-	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	2,6	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	0,9	-	2,8	1,9	6,3	-	-	-	-	-	-
Aglutinantes quebrados	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Número de espécies	15	13	11	7	3	1	-	4	3	2	1
Densidade total estimada	631	607	251	199	16	2	-	30	11	2	1
Densidade de foraminíferos vivos	242	168	63	75	11	2	-	30	10	1	-
Razão Vivos/total	0,38	0,28	0,25	0,38	0,69	-	-	1,00	0,91	-	-
Porcentagem das testas aglutinantes	6,3	3,1	85,3	98,1	100	-	-	100	100	-	100
Biometria da <i>Ammonia tepida</i>	0,22	0,24	0,25	0,24	-	-	-	-	-	-	-

O gênero mais abundante no estuário foi *Arenoparrella*, representando 57% da associação total, seguido de *Ammonia* com 10%, *Haplophragmoides* com 8%, *Criboelphidium* e *Jadammina* com 6% e *Miliammina* com 5%. Os 9% restantes corresponderam aos demais gêneros com ocorrência menor que 5% na área de estudo (Figura 64). Houve a dominância das espécies com testas aglutinantes, representando 79,3% da associação total, seguidas pelas testas calcárias hialinas com 20,1% e as porcelanáceas com 0,6%. A menor abundância de testas calcárias

em relação as aglutinantes, indica menor influência e circulação de águas marinhas neste estuário (NICHOLS, 1974).

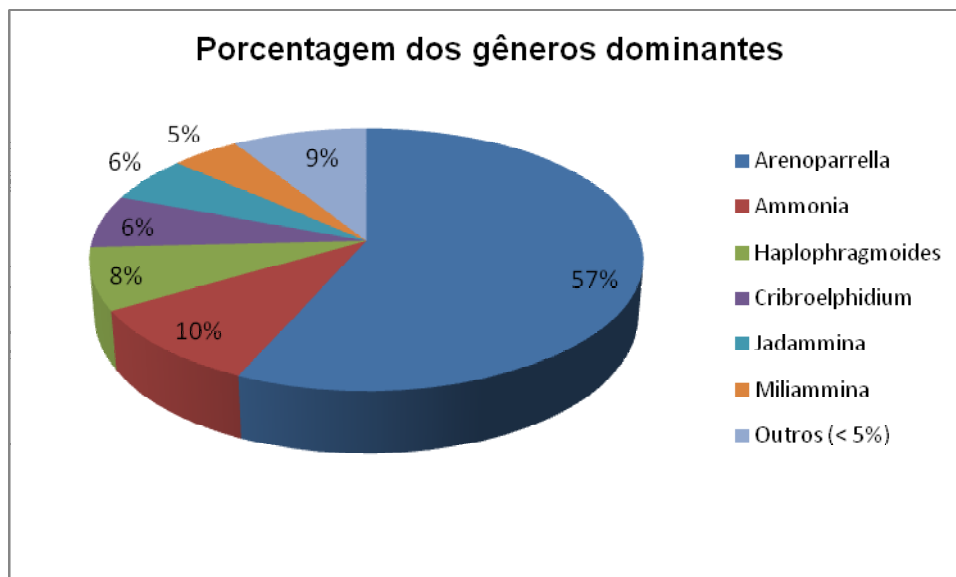


FIGURA 64 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Raton.

As estações da Baía e desembocadura apresentaram as maiores densidades bentônicas, diminuindo em direção ao interior do estuário até a estação RG que apresentou-se estéril (figura 65). Os foraminíferos reapareceram na estação RH (30 ind./50 ml de sedimento), decrescendo novamente até a estação RJ. A estação mais a montante (RK) também não apresentou foraminíferos, porém esse resultado não foi justificado pelos dados hidroquímicos da água de fundo, uma vez que ainda foram detectadas neste trecho condições estuarinas (salinidade 17,83; temperatura 26,25°C; oxigênio dissolvido 4,8 mg/L e pH 6,92 – Anexo 5).

A razão média de foraminíferos vivos/total para este estuário foi de 0,55. Este valor indica um equilíbrio entre as associações vivas e totais e encontra-se dentro do intervalo esperado para as zonas costeiras sujeitas à predominância de processos deposicionais (BOLTOVSKOY, 1965; BONETTI, 2000).

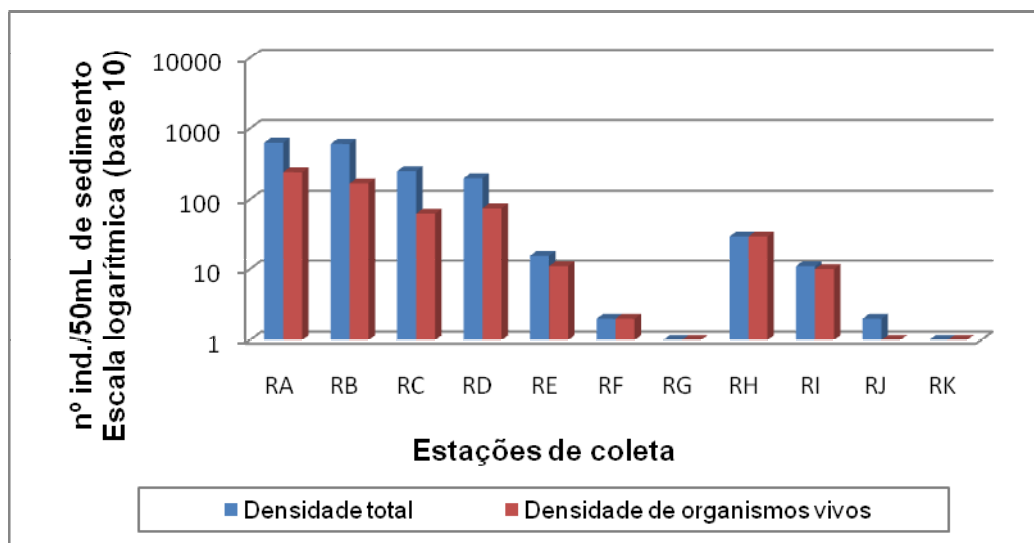


FIGURA 65– Densidade estimada no estuário do Rio Raton.

O tamanho das testas de *Ammonia tepida* variou de 0,22 mm na Baía a 0,25 mm na estação RC. Foram observados 6 foraminíferos piritizados, sendo 3 exemplares do gênero *Criboelphidium* na estação RB, 1 exemplar da espécie *Siphotrochammina lobata* e 2 exemplares da espécie *Ammonia tepida* na estação RC. Considerando, no entanto, a densidade total de testas encontrada nestas estações, a frequência de ocorrência de piritização é muito baixa, não sendo significativa para inferir anomalias ecológicas.

Tendo em vista a resposta diferenciada das associações de espécies às variações abióticas, pôde ser verificada com o auxílio da técnica estatística de Análise de Agrupamento (figura 66), uma zonação ecológica do estuário do Rio Raton em 2 sub-ambientes, considerando 4 como nível de corte: (1) “estuário médio” e (2) “estuário médio-superior”.

Os sub-ambientes obtidos na Análise de Agrupamento (figura 66) correspondem, respectivamente, aos grupos obtidos na Análise de Componentes Principais (figura 34): grupo 2 (estações próximas a baía com mais oxigênio dissolvido), e grupo 1 (estações estuarinas com maiores concentrações de nitrato, silício reativo, nitrogênio amoniacal, turbidez, clorofila-a e fosfato).

O sub-ambiente “estuário médio” (estações RA a RD) foi caracterizado pela maior densidade de indivíduos e riqueza intermediária de espécies.

O sub-ambiente “estuário médio-superior” (todas as demais estações, exceto a RG) compreendeu uma zona caracterizada por possuir menores valores de densidades e riqueza e dominância de aglutinantes, como a *Arenoparella mexicana*,

Haplophragmoides wilberti e *Miliammina* spp., espécies mais resistentes às grandes flutuações de salinidade e às águas mais ácidas.

A estação RG ficou fora do agrupamento por ser estéril em relação aos foraminíferos.

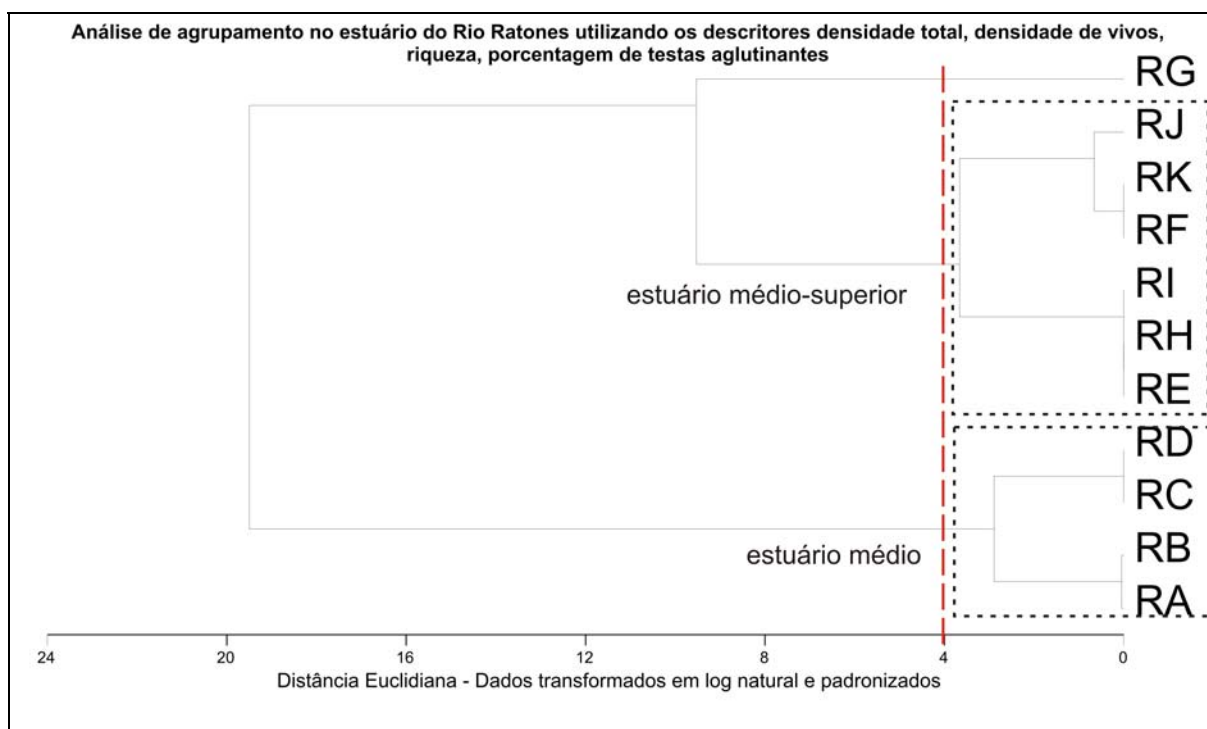


FIGURA 66 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Ratonos com proposta de setorização ambiental.

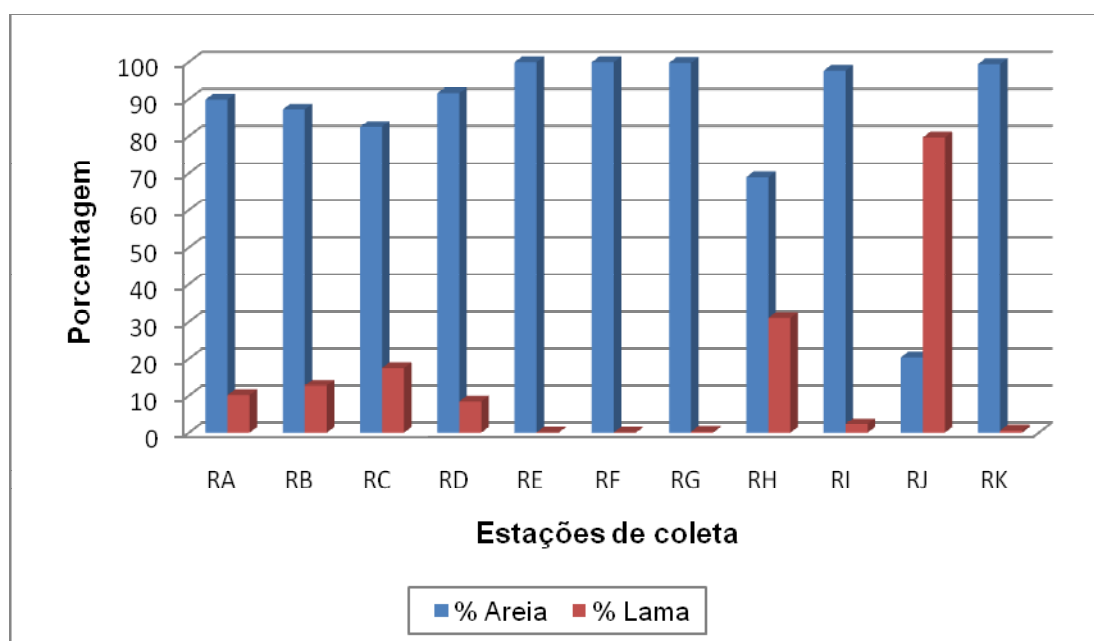


FIGURA 67 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Ratonos.

A densidade de tecamebas foi muito baixa ao longo de todo o estuário, não permitindo usar este grupo como indicador de aporte fluvial. Foram encontrados representantes da espécie *Diffugia protaeformis* na estação RB (3 ind./50 mL de sedimento) e também na estação RH (2 ind./50 mL de sedimento), além de *Centropyxis constricta* (1 ind./50 mL de sedimento).

Quanto às características granulométricas, este estuário apresenta-se dominado por areias ao longo de todo seu curso, com exceção da estação RJ, onde a porcentagem de lama foi cerca de 80% (figura 67). Embora não tenha sido possível identificar um gradiente deposicional e, portanto, pouco pode-se inferir sobre o comportamento dos sedimentos neste estuário analisando apenas as classes areia e lama, é possível que a estação RJ represente a zona de máxima turbidez neste estuário. Estes dados apoiam-se também nos levantamentos hidroquímicos realizados.

5.4.5 Rio Tavares

Foram encontradas 26 espécies de foraminíferos (tabela 74), ocorrendo testas aglutinantes, calcárias hialinas e porcelanáceas. *Brizalina striatula* (21,4%) e *Criboelphidium gunteri* (12,5%) foram dominantes na Baía (estação TA, tabela 74). Nesta estação ocorreu um total de 11 espécies. Na estação TB predominou *Criboelphidium gunteri*, seguido de *Ammonia tepida* e *Criboelphidium poyeanum*. Na estação TC predominou a espécie *Buliminella elegantissima*. Nas estações TD e TE dominou a espécie *Ammonia tepida* e nas estações TF a TH o gênero *Criboelphidium* (espécie *C. gunteri* nas estações TF e TG e *C. galvestonense* na estação TH). A partir da estação TI predominou a espécie aglutinante *Arenoparrella mexicana*. A estação TN não apresentou foraminíferos.

TABELA 74- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Tavares.

Foraminíferos	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN
Calcários hialinos														
<i>Ammonia tepida</i>	8,1	14,7	12,6	33,2	53,8	-	30,3	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	2,8	9,4	-	5,6	-	25,0	7,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	11,7	12,9	72,2	15,7	7,7	-	1,2	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Bolivina pulchella</i>	-	3,5	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brizalina striatula</i>	21,4	5,3	1,3	1,8	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bulimina marginata</i>	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bulimina elongata</i>	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium galvestonense</i>	1,2	4,7	0,7	4,5	-	12,5	-	42,9	-	3,4	-	-	-	-
<i>Criboelphidium gunteri</i>	12,5	15,3	10,6	14,8	38,5	50,0	50,9	14,3	-	-	-	-	-	-
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	4,4	14,7	-	15,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Discorbis sp2</i>	14,1	7,1	0,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fissurina lucida</i>	-	-	-	0,6	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fursenkoina pontoni</i>	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pararotalia cananeiaensis</i>	-	-	-	1,8	-	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudonionium atlanticum</i>	7,7	2,4	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcários porcelanáceos														
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	4,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quinqueloculina sp</i>	12,9	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-	1,7	1,0	-	-
Aglutinantes														
<i>Ammoastuta salsa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	4,9	-	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	-	-	-	-	-	3,6	28,6	83,0	86,2	68,7	61,2	50,0	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	-	-	-	-	-	1,2	0,0	13,8	6,9	22,3	33,0	50,0	-
<i>Jadammina macrescens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	-	-	-
<i>Glomospira gordialis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	-	-	-	-
<i>Textularia earlandi</i>	3,2	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	-	-	-	14,3	-	-	-	-	-	-
<i>Aglutinantes quebrados</i>	-	-	2,0	4,5	-	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-
Número de espécies	11	15	7	14	3	4	9	4	3	4	7	4	2	-
Densidade total estimada	248	1090	148	3056	13	55	163	7	363	29	291	103	96	-
Densid. foraminiferos vivos	158	599	131	1156	1	28	31	1	104	11	94	74	30	-
Razão Vivos/total	0,64	0,55	0,89	0,38	0,08	0,50	0,19	-	0,29	0,38	0,32	0,72	0,31	-
Porcent. testas aglutinantes	3,2	1,0	2,0	4,5	0,0	0,0	6,7	-	96,8	96,6	97,6	99,0	100,0	-
Biometria da <i>Ammonia tepida</i>	0,27	0,20	0,18	0,20	0,20	0,19	0,18	-	-	-	-	-	-	-

O gênero mais abundante foi a *Arenoparrella*, representando 29% da associação total, seguido de *Criboelphidium* com 24%, *Ammonia* com 16%, *Haplophragmoides* com 10% e *Buliminella* com 9%. Os 12% restantes corresponderam aos demais gêneros com ocorrência menor que 5% na área de estudo (Figura 68). Houve dominância das espécies com testas aglutinantes, representando 78,5% da associação total, seguidas pelas testas calcárias hialinas

com 20,9% e as porcelanáceas com 0,6%. Assim como já apresentado para o estuário do Rio Ratonés, a menor abundância de testas calcárias em relação as aglutinantes indica menor influência e circulação restrita de águas marinhas (NICHOLS, 1974).

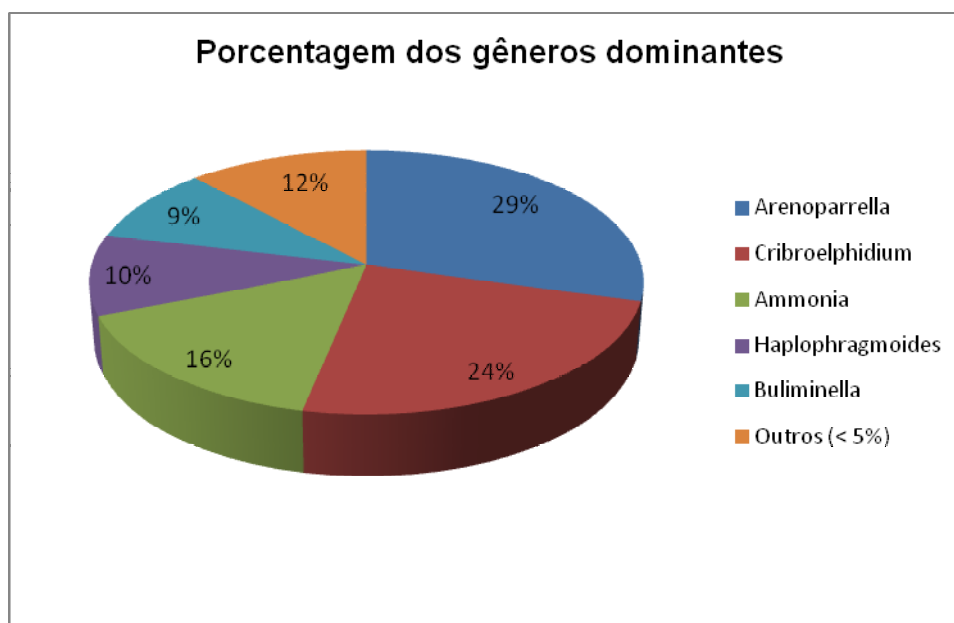


FIGURA 68 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Tavares.

A densidade bentônica é apresentada na figura 69. A estação TD apresentou a maior densidade bentônica, enquanto as menores densidades ocorreram nas estações TE e TH no interior do estuário, predominantemente lamosas (figura 71). A estação mais a montante (TN), na porção fluvial, não apresentou foraminíferos, como já esperado. Esse resultado é justificado pelos dados hidroquímicos da água de fundo (salinidade 0,1 e pH 7,08 – Anexo 5) e por ausência de vegetação de mangue.

A razão média de foraminíferos vivos/total foi de 0,41, sendo maior nas estações mais próximas à desembocadura (TA, TB e TC) e na estação TL no interior do estuário, sugerindo predomínio dos processos deposicionais nestes trechos e/ou produtividade bentônica sujeita ao florescimento de espécies oportunistas, a exemplo da espécie *Buliminella elegantissima* na estação TC. O tamanho das testas de *Ammonia tepida* variou de 0,18 mm a 0,20 mm no estuário e 0,27 mm na Baía.

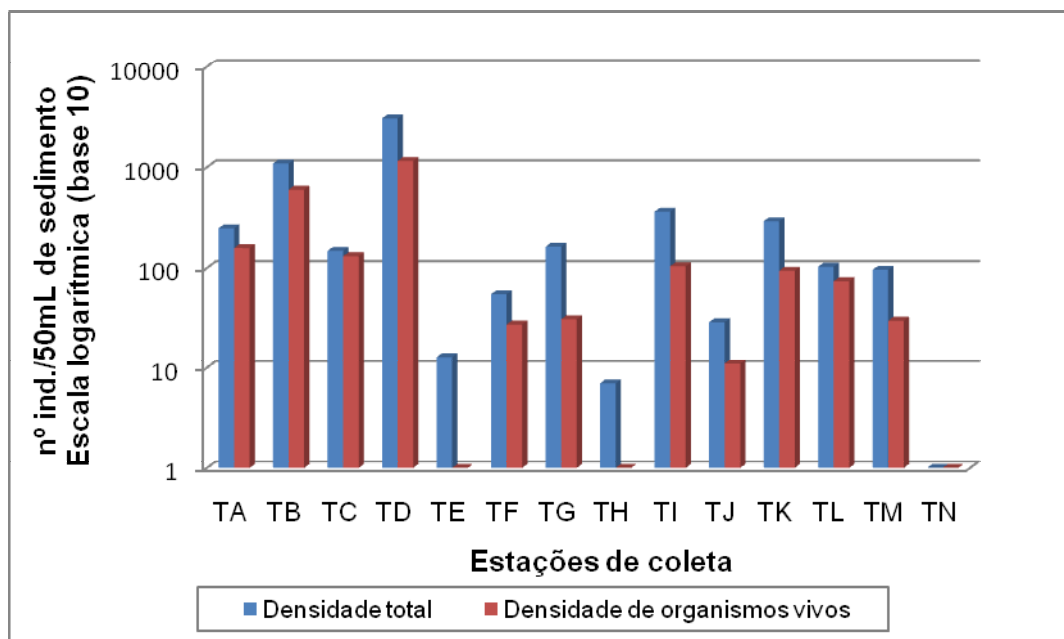


FIGURA 69– Densidade estimada no estuário do Rio Tavares.

Utilizando o mesmo nível de corte (4) dos estuários dos rios Maciambu e Ratores, a zonação ecológica do estuário do Rio Tavares configura em 4 sub-ambientes: (1) “estuário inferior-1”, (2) “estuário inferior-2”, (3) “estuário inferior-médio” e (4) “estuário médio” (figura 70). Este resultado foi discutido também por Dias *et al.* (2009) e setorizado mais detalhadamente.

O ambiente “estuário inferior-1” reuniu as estações TA, TG e TF e foi caracterizado no geral pelas maiores densidades de foraminíferos e dominância das espécies calcárias, como *Buliminella elegantissima*, *Ammonia tepida*, *Brizalina striatula* e *Criboelphidium gunteri*. A riqueza também foi maior nessa área. O ambiente estuarino “inferior-2” individualizou as estações com maior densidade e riqueza.

O ambiente “estuário médio”, composto pelas estações TI, TL, TM e TK, caracterizou-se por ser uma zona com menores densidades e riqueza de foraminíferos, com maior porcentagem de espécies aglutinantes, sendo dominantes *Arenoparrella mexicana* e *Haplophragmoides wilberti*. As estações TE, TH e TJ reuniram-se em função das baixas densidades, mas não caracterizaram um ambiente em particular.

Nesta área de estudo não foram identificadas espécies típicas do Estuário Superior, como por exemplo, *Miliammina* spp. Também não foi observada a presença de tecamebas indicando aporte de água doce. Esta observação pode ser

explicada por este estuário não possuir um aporte fluvial significativo, sendo que a diluição das águas marinhas ocorre principalmente devido ao aporte de inúmeros canais de drenagem pluvial.

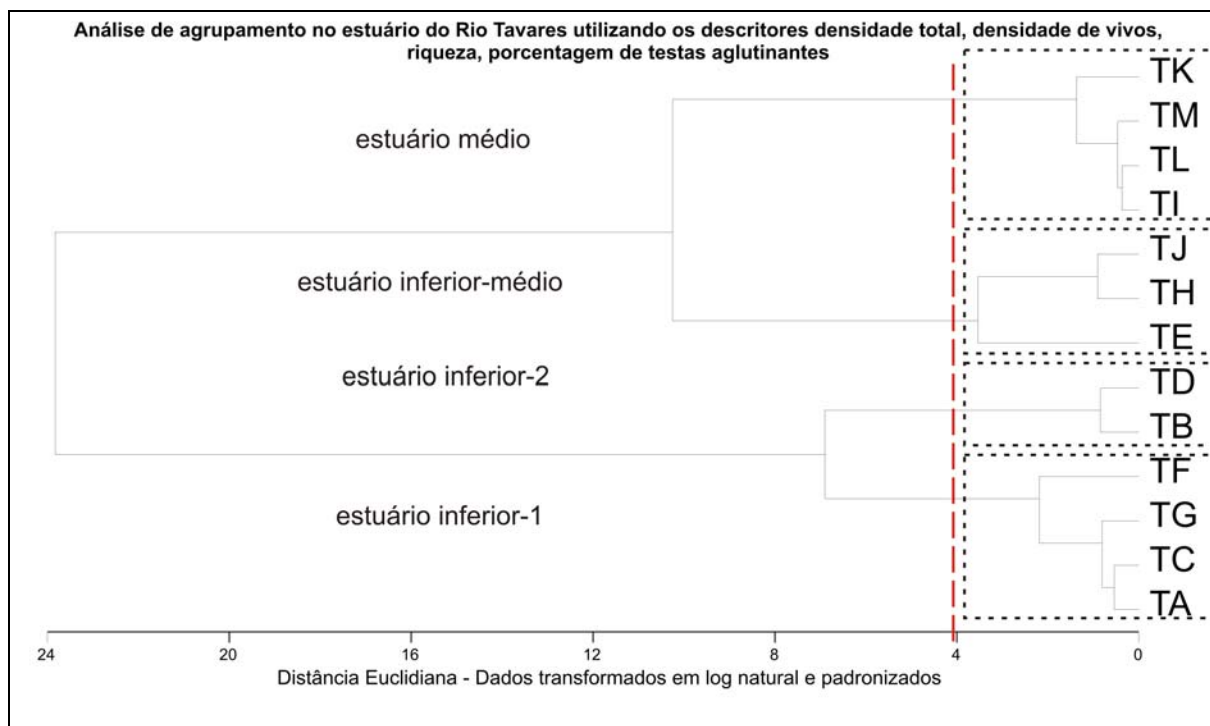


FIGURA 70 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Tavares com proposta de setorização ambiental.

Os sub-ambientes obtidos na Análise de Agrupamento (figura 70) estuário inferior e estuário médio correspondem, respectivamente, aos grupos obtidos na Análise de Componentes Principais (figura 37): grupo 2 (estações próximas a baía com mais oxigênio dissolvido e clorofila-a), e grupo 1 (estações estuarinas com maiores concentrações de nitrato, silício reativo, nitrogênio amoniacal, turbidez e fosfato).

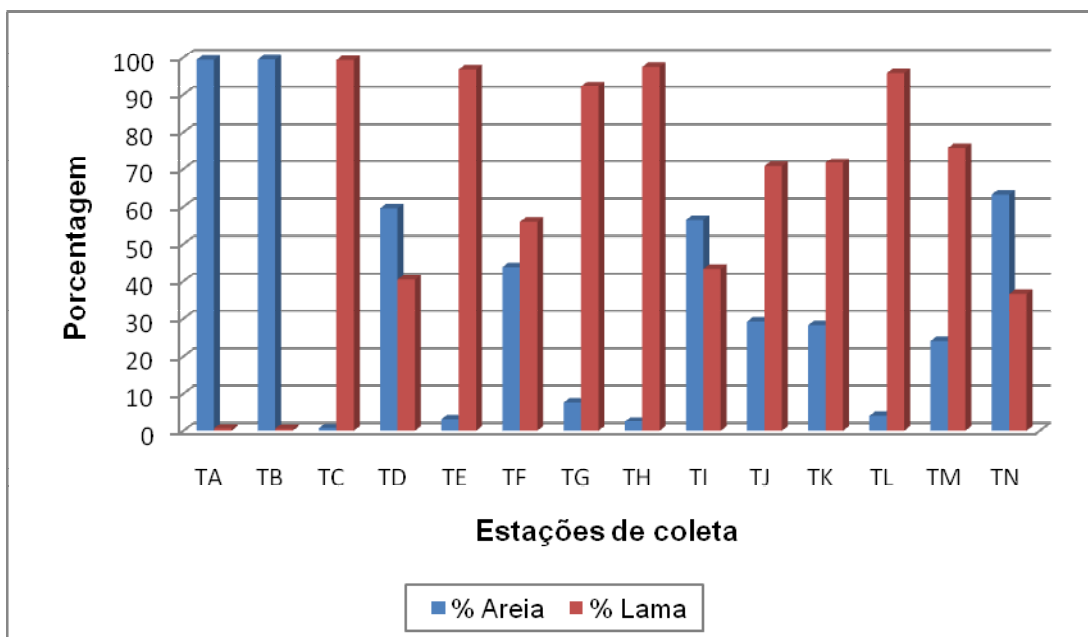


FIGURA 71 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Tavares.

Trata-se de um estuário dominado por lamas, sendo que as estações com maior porcentagem de areia estão limitadas à desembocadura: TA e TB (figura 69). Esta característica sedimentológica sugere maior capacidade de retenção de compostos orgânicos nos sedimentos superficiais, os quais podem ser liberados para a coluna da água sob condição de maior intensidade hidrodinâmica.

5.4.6 Rio Itacorubi

Foram encontradas 23 espécies de foraminíferos (tabela 75), ocorrendo testas aglutinantes, calcárias hialinas e porcelanáceas. *Ammonia tepida* foi a espécie predominante em todas as estações, exceto na estação mais a montante (IG) que apresentou apenas um exemplar de *Trochammina inflata*. A ocorrência de espécies aglutinantes, como *Arenoparrella mexicana* e *Trochammina inflata*, aumentou nas estações ID, IE e IF. Em trabalho pretérito, Laut *et al.* (2007) encontraram 28 espécies de foraminíferos neste mesmo estuário, verificando também a dominância de *Ammonia beccarii* forma *tepida*, que é mais resistente que a forma *parkinsoniana* e *Arenoparrella mexicana*.

O gênero mais abundante foi *Ammonia*, representando 57% da associação total, seguido de *Criboelphidium* com 23% e *Arenoparrella* com 7%. Os 13% restantes corresponderam aos demais gêneros com ocorrência menor que 5% na área de estudo (Figura 72). Embora seja esperado a dominância dos gêneros

Ammonia e *Criboelphidium* na porção inferior dos estuários, a somatória de 80% destas duas associações sugere um desequilíbrio ecológico e condições restritivas para as espécies mais sensíveis. Provavelmente este resultado está associado a poluição das águas e sedimentos deste estuário, conforme já relatado em vários outros trabalhos (PANITZ, 1997; CUNHA & PANITZ, 2003; SILVA *et al.*, 2005, LAUT *et al.*, 2006). Houve a dominância das espécies com testas calcárias hialinas, representando 84,8% da associação total, seguidas pelas testas aglutinantes com 13,6% e as porcelanáceas com 1,6%. A biometria das espécies evidenciou um menor tamanho médio da espécie *Ammonia tepida* neste estuário que variou de 0,15 mm a 0,18 mm (tabela 75), podendo também ser relacionado a efeitos da poluição.

Moraes *et al.* (1993) sugeriram, através da análise de Fe^{+2} , que a região próxima ao aterro sanitário apresentava condições redutoras. Esta condição também foi apontada por Soriano-Sierra (1998) na parte interna do estuário, com base em observações da cor do sedimento. Laut (2007) observou no mesmo estuário a montante da zona estuarina, na estação de coleta mais próxima ao cemitério e antigo aterro sanitário, maior número de bactérias metabolicamente ativas onde dominam os processos respiratórios em anaerobiose. Bonetti (2000) discute o aumento da ocorrência de piritização relacionada a condições de hipoxia nos sedimentos, dessa forma esperava-se encontrar alta porcentagem de testas piritizadas nas proximidades da estação IG (mais próxima ao antigo aterro), porém foi observado apenas um exemplar de *Criboelphidium gunteri* piritizado na estação ID.

TABELA 75- Frequência relativa da associação total de foraminíferos e descritores ecológicos no estuário do Rio Itacorubi.

Foraminíferos	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH
Calcários hialinos								
<i>Ammonia tepida</i>	50,0	80,8	87,5	57,8	41,7	27,7	40,8	-
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	-	3,5	-	5,5	-	-	6,9	-
<i>Buliminella elegantissima</i>	-	4,1	5,8	7,0	3,2	-	-	-
<i>Bolivina</i> sp.	-	-	0,4	1,6	-	-	-	-
<i>Brizalina striatula</i>	-	0,6	0,8	-	1,6	2,4	1,5	-
<i>Criboelphidium excavatum</i>	-	-	-	16,4	21,9	43,4	5,4	-
<i>Criboelphidium galvestonense</i>	-	-	-	-	-	1,2	-	-
<i>Criboelphidium gunteri</i>	-	-	-	0,8	-	-	-	-
<i>Criboelphidium poyeanum</i>	50,0	11,0	4,7	4,7	-	-	-	-
<i>Nonium</i> sp.	-	-	-	1,6	1,6	-	-	-
Calcários porcelanáceos								
<i>Quinqueloculina</i> sp.	-	-	-	0,8	-	-	3,8	-
<i>Quinqueloculina seminula</i>	-	-	-	-	0,5	-	-	-
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	-	-	-	-	5,9	-	-	-
Aglutinantes								
<i>Ammotium pseudocassis</i>	-	-	-	-	0,5	-	-	-
<i>Arenoparrella mexicana</i>	-	-	-	-	12,3	13,3	22,3	-
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	-	-	-	3,1	-	-	-	-
<i>Miliammina</i> spp.	-	-	-	-	0,5	-	-	-
<i>Paratrochammina clossi</i>	-	-	-	-	-	-	1,5	-
<i>Pseudoclavulina gracilis</i>	-	-	-	-	-	-	0,8	-
<i>Textularia earlandi</i>	-	-	0,8	0,8	0,5	-	-	-
<i>Tiphotrochammina comprimata</i>	-	-	-	-	-	-	0,8	-
<i>Trochammina inflata</i>	-	-	-	-	8,6	8,4	11,5	100,0
<i>Warrenita palustris</i>	-	-	-	-	1,1	-	-	-
Número de espécies	2	5	6	11	13	7	11	1
Densidade total estimada	2	185	332	264	344	83	130	1
Densidade de foraminíferos vivos	0	25	66	53	111	55	86	0
Razão Vivos/total	-	0,14	0,20	0,20	0,32	0,66	0,66	-
Porcentagem das testas aglutinantes	-	0,0	0,8	3,9	23,5	25,3	41,5	-
Biometria da <i>Ammonia tepida</i>	0,18	0,16	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	-

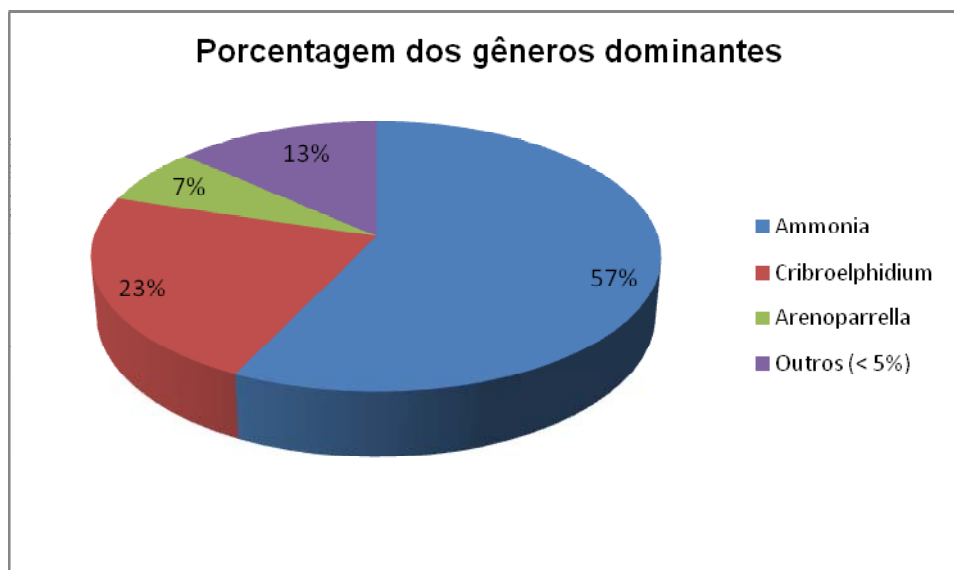


FIGURA 72 – Porcentagem dos gêneros dominantes no estuário do Rio Itacorubi.

A maior densidade bentônica (figura 73) foi na estação IC, diminuindo em direção ao interior do estuário e em direção a Baía. Neste último caso, contrariamente ao esperado para um estuário com condições ecológicas favoráveis. A baixa densidade nas estações a jusante não pode ser justificada pelos descritores hidroquímicos indicadores de influência marinhas (como a salinidade e o pH). Estes dados hidroquímicos do momento da coleta constam no Anexo 5.

A razão média de foraminíferos vivos em relação aos foraminíferos totais foi de 0,36, observando-se um gradiente crescente da Baía em direção a montante estuarina (tabela 75). A razão média observada indica um equilíbrio entre as associações vivas e totais e encontra-se dentro do intervalo esperado para as zonas costeiras sujeitas a predominância de processos deposicionais.

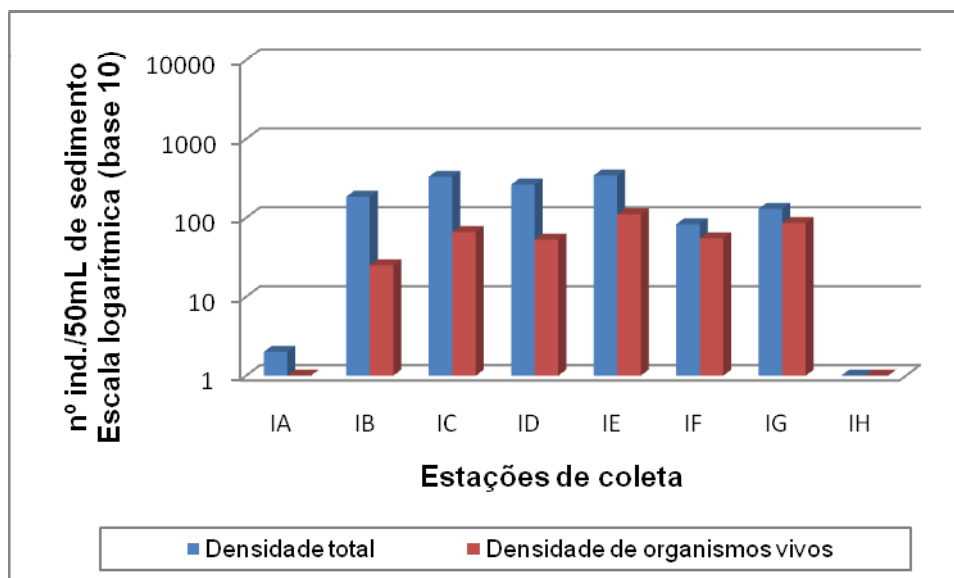


FIGURA 73– Densidade estimada no estuário do Rio Itacorubi.

A Figura 74 apresenta a zonação ecológica proposta para o estuário do Rio Itacorubi se comparada aos demais estuários do trabalho. Considerando o mesmo nível de corte dos demais estuários (4), sugere-se sua compartimentação em apenas 1 sub-ambiente: (1) estuário inferior-médio e duas estações isoladas (IA e IH).

No sub-ambiente “estuário inferior-médio”, as estações IB a ID foram caracterizadas pela dominância das espécies calcárias, menor riqueza de espécies. As estações IE a IG caracterizaram-se pela maior densidade de foraminíferos, maior riqueza, maior porcentagem de espécies aglutinantes ocorrendo a redução na dominância de *Ammonia tepida* e aumento da importância de *Arenoparrella mexicana*.

As estações IA e IH ficaram isoladas das demais por serem praticamente estéreis (tabela 75), não sendo possível definir sua zonação ecológica. Até a estação IH ocorre vegetação de mangue, evidenciando o alcance da maré.

Em comparação ao grupos observados na Análise de Componentes Principais da água (figura 40) pode-se notar que as estações IB, IC e ID tiveram associadas às águas mais salinas, oxigenadas e com maior concentração de clorofila-a. Já as estações IE, IF e IG foram associadas a maior turbidez, maiores concentrações de nitrato, silício reativo, nitrogênio amoniacal e fosfato.

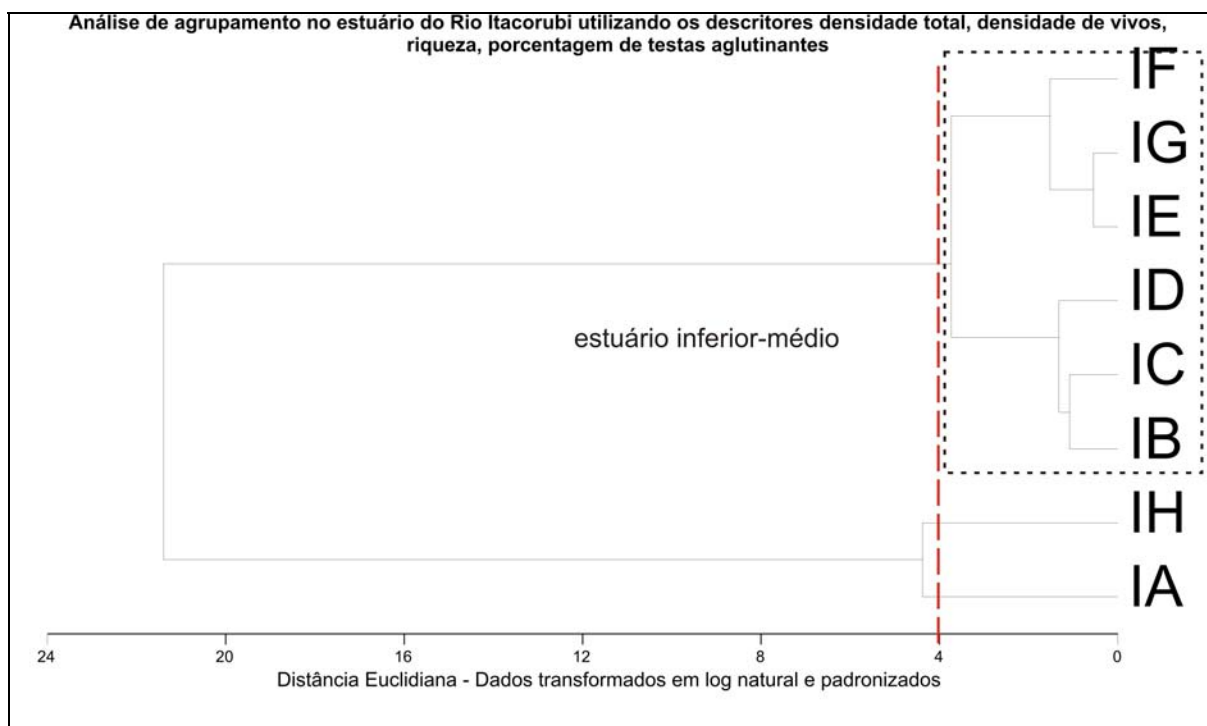


FIGURA 74 – Análise de Agrupamento no estuário do Rio Itacorubi para setorização ambiental.

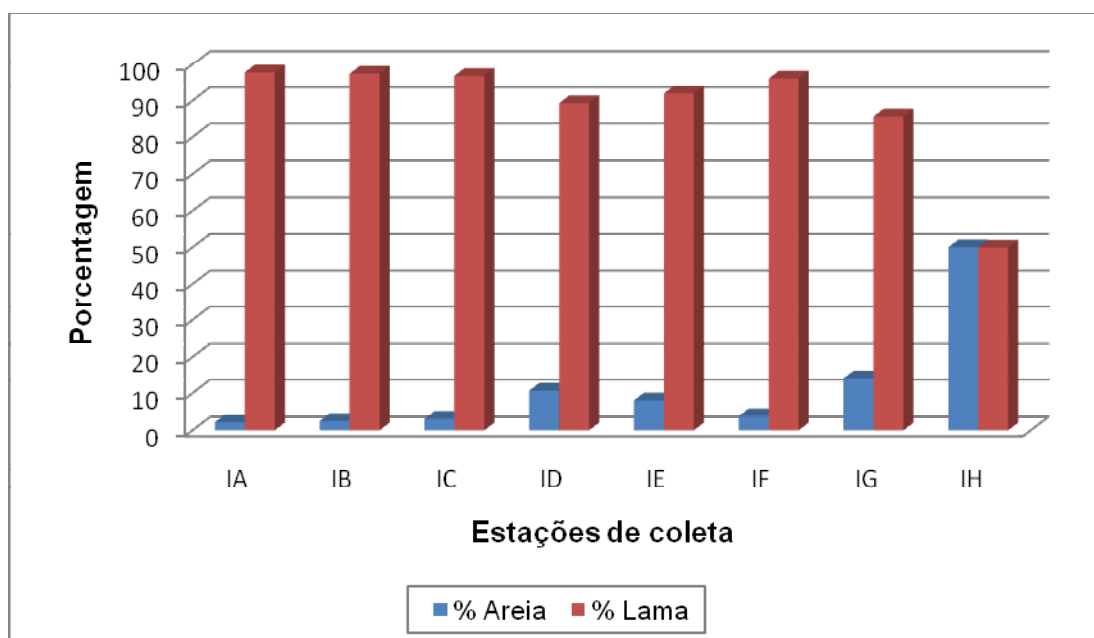


FIGURA 75 – Porcentagem de areia e lama no estuário do Rio Itacorubi.

Não foram observadas tecamebas neste estuário e o mesmo foi caracterizado pelo domínio de lamas, ocorrendo um ligeiro aumento da participação da fração arenosa em direção a montante (figura 75).

5.4.7 Comparação entre os estuários em relação ao compartimento bentônico

A tabela 76 apresenta a comparação entre os descritores relacionados aos foraminíferos dos estuários estudados. As tecamebas também foram apresentadas por serem importantes descritores do aporte fluvial.

TABELA 76- Comparação entre os descritores biossedimentológicos.

Descritor	Cubatão do Sul 07/04/2008	Biguaçu 10/03/2008	Maciambu 24/10/2007	Ratones 25/11/2007	Tavares 11/12/2007	Itacorubi 25/02/2008
Densidade-média (mín. e máx.)	472 (0 e 5394)	134 (0 e 1366)	639 (115 e 2638)	175 (0 e 631)	436 (7 e 3056)	168 (1 e 344)
Densidade de vivos-média (mín. e máx.)	328 (0 e 3828)	14 (0 e 139)	241 (14 e 1093)	60 (0 e 242)	186 (1 e 1156)	50 (0 e 111)
Razão vivos/total	0,64 (0,39 e 0,82)	0,07 (0,03 e 0,10)	0,33 (0,12 e 0,70)	0,55 (0,25 e 1,00)	0,41 (0,08 e 0,89)	0,36 (0,14 e 0,66)
Densidade de tecamebas	53	23	33	5	0	0
Número de espécies	25	16	43	24	26	23
Composição predominante das testas	Calcárias hialinas (79 %)	Calcárias hialinas (88%)	Calcárias hialinas (54%)	Aglutinantes (79%)	Aglutinantes (79%)	Calcárias hialinas (85 %)
Espécie dominante	<i>Criboelphidium poyeanum</i>	<i>Ammonia tepida</i>	<i>Miliammina earlandi</i>	<i>Arenoparrella mexicana</i>	<i>Arenoparrella mexicana</i>	<i>Ammonia tepida</i>
Diâmetro máximo da <i>Ammonia tepida</i> (mm)-média (mín. e máx.)	0,25 (0,23 e 0,27)	0,20 (0,09 e 0,24)	0,29 (0,22 e 0,42)	0,23 (0,22 e 0,25)	0,20 (0,18 e 0,27)	0,16 (0,15 e 0,18)
% de lama - média (mín. e máx.)	16,1 (0,6 e 59,8)	34,9 (0,7 e 97,7)	20,6 (0,05 e 72,6)	14,8 (0,1 e 79,7)	62,7 (0,6 e 99,3)	88,2 (50,0 e 97,8)

Nota: Densidade: nº de indivíduos/50 mL de sedimento
mín= mínimo e máx= máximo

Os foraminíferos possuem uma alta sensibilidade às variações ambientais, isso pode refletir tanto na dinâmica das populações, com “blooms” de organismos ou queda da densidade, como em alterações na estrutura e morfologia das testas (redução de tamanho das testas e malformações, por exemplo), ou, em maior grau, em mudanças nas associações de espécies, levando a ocorrência apenas de espécies oportunistas (BARBOSA & SEOANE, 2004).

A densidade de foraminíferos variou nos estuários estudados de 0 a 5394 indivíduos/50 mL de sedimento. O Rio Biguaçu e Cubatão do Sul apresentaram a menor densidade média total e o Rio Maciambu apresentou a maior densidade média em relação a todos os estuários. Dessa maneira, o estuário do Rio Cubatão do Sul e do Rio Biguaçu caracterizaram-se como um ambiente ecologicamente

desfavorável para colonização bentônica. Essa baixa densidade pode ser relacionada com eventos de soterramentos ou remoção por eventos pluviométricos intensos, possivelmente associados aos impactos antrópicos que aumentam a quantidade de aporte de material particulado e remobilização do fundo. Fortes & Volkmer (2004) apontam alguns destes impactos para o Rio Biguaçu, destacando entre eles o desmatamento da vegetação marginal, extração de areia, expansão urbana sobre áreas de manguezal aterradas, lançamento de esgotos domésticos *in natura*, depósitos clandestinos de resíduos sólidos e dragagem periódica do canal estuarino.

Nos estuários do lado insular da Baía, a densidade média foi maior no estuário do Rio Tavares. O estuário do Rio Itacorubi apresentou a menor densidade média deste lado da Baía.

A densidade média de foraminíferos vivos seguiu a mesma tendência da densidade média total. Em ordem crescente de densidade de vivos temos os estuários dos rios: Biguaçu, Itacorubi, Ratoles, Tavares, Maciambu e Cubatão do Sul.

A maior densidade de tecamebas foi no estuário do Rio Cubatão do Sul e está provavelmente relacionada a importante vazão fluvial deste rio, favorecida ainda pela alta pluviosidade no mês de coleta. Os estuários do lado continental das Baías (Cubatão do Sul, Biguaçu e Maciambu) apresentaram maior densidade de tecamebas comparado aos estuários do lado insular (Ratoles, Tavares e Itacorubi). As espécies *Diffugia* spp., *Pontigulassia compressa*, *Curcubitella corona* e *Cyclopyxis* spp. foram mais constantes nos estuários estudados por Laut (2007). Espécies como *Pontigulassia compressa* e *Curcubitella corona* também foram encontradas no presente estudo.

O número de espécies (riqueza) nos estuários variou de 16 a 43, sendo os menores números encontrados no Rio Biguaçu e Itacorubi e maiores nos estuários dos rios Maciambu, Tavares, Cubatão do Sul e Ratoles.

Apesar do Rio Cubatão do Sul ter apresentado relativamente alto número de espécies se comparado aos demais estuários, apresentou baixos valores nas estações a montante da desembocadura, com menos que 4 espécies. Dessa forma, seu alto número de espécies se deve aos valores observados nas estações da desembocadura (16 espécies) e, portanto, mais associadas ao ambiente marinho costeiro (Baía Sul). Laut (2007), estudando sete estuários ao longo da costa

brasileira, sendo um deles o estuário do Rio Itacorubi, com 32 espécies, observou um mínimo de 29 espécies no Rio Araguari-AP e máximo de 47 no Rio Suruí-RJ.

Os estuários dos rios Cubatão do Sul, Maciambu, Biguaçu e Itacorubi apresentaram predominância de testas de origem calcária hialina, com a maior ocorrência da espécie *Criboelphidium poyeanum* no Cubatão do Sul e *Ammonia tepida* nos outros três. Já os estuários do lado insular, com maior quantidade de manguezal em bom estado de preservação (Ratones e Tavares) apresentaram predominantemente testas aglutinantes, ocorrendo em maior percentual a espécie *Arenoparrella mexicana*. Laut (2007) encontrou como constantes ao longo dos estuários do Brasil as espécies *Arenoparrella mexicana* (72%) e *Haplopragmoides wilberti* (60%). Ambas as espécies não só tiveram ampla distribuição nos estuários estudados, como também foram dominantes principalmente no compartimento intermediário dos estuários (ambiente “estuário médio”).

O estuário do Rio Itacorubi, também do lado insular, poderia ter apresentado predominância de espécies típicas de manguezal como a *Arenoparrella mexicana* ao invés de *Ammonia tepida*, porém esse estuário perdeu cerca de 60% de sua área original de manguezal como resultado do crescimento urbano da cidade de Florianópolis e a construção das quatro vias expressa que cortam sua área (DALOTO, 2003). Burone *et al.* (2006) apontam *Ammonia tepida* como uma espécie indicadora de sedimentos ricos em matéria orgânica e com tendências de hipoxia. *Ammonia tepida* é uma espécie cosmopolita, euribionte, dominante em diversos tipos de ambientes estuarinos do mundo e conhecida por estar relacionada à ambientes com grandes variabilidades ambientais e sob influência de aportes orgânicos, o que a classifica como espécie tolerante a ambientes mais impactados antropicamente (DEBENAY & GUILLOU, 2002).

O menor diâmetro médio da testa foi no estuário do Rio Itacorubi (0,16 mm) e também seu valor máximo (0,18 mm) foi menor se comparado aos demais estuários. A diminuição do tamanho das testas pode indicar tanto a mudança na estratégia reprodutiva dos foraminíferos em resposta às condições ambientais mais restritivas (MURRAY, 1991), como uma adaptação da fauna em áreas com tendências de hipoxia (SEN GUPTA & MACHAIN-CASTILLO, 1993).

Apesar do estuário do Rio Cubatão do Sul ter sido caracterizado como uma área ecologicamente restritiva para as associações bentônicas (baixa densidade e

riqueza), na Baía Sul (onde a extração de areia não é feita), em frente à desembocadura do Rio Cubatão do Sul (CA), foram encontrados altos valores médios de diâmetro das testas (0,25 mm). As altas densidades e riqueza de espécies encontradas na estação CA também caracterizam um ambiente de elevada produtividade (NICHOLS, 1974). Neste trecho também foram observados em abundância tubos de poliquetas, gastrópodes, bivalves, ostracodes e diatomáceas vivas, indicando grande circulação e produtividade nessa região após o evento de alta pluviosidade no mês de abril de 2008. Ainda quanto a biometria, as testas de *Ammonia tepida* encontradas na desembocadura deste estuário só foram menores em média que as do estuário do Rio Maciambu (0,29 mm). Nenhum dos outros estuários apresentou testas deste tamanho na desembocadura, sugerindo melhores condições tróficas nestes dois trechos.

Em relação aos percentuais da fração lama em relação a fração areia, o maior percentual foi no estuário do Rio Itacorubi. Segundo Vieira & Soriano-Serra (2003) este é predominantemente composto por sedimentos finos e apresenta uma tendência, ao aumento da deposição de areias como resultado de intensificação dos processos erosivos na bacia de drenagem. O menor percentual de lama foi encontrado no estuário do Rio Ratonés, provavelmente por receber sedimentos provenientes da enseada de Ratonés, que segundo Bússolo Jr (2002) é a mais extensa da Ilha de Santa Catarina e encontram-se sedimentos arenosos na desembocadura.

5.5 SÍNTESE COMPARATIVA ENTRE OS ESTUÁRIOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O SISTEMA COSTEIRO

As análises integradas dos descritores da água e do compartimento bentônico estudados permitiram inferir alguns padrões de comportamento geral dos estuários em questão.

Os estuários do lado continental foram caracterizados, sobretudo pelos maiores fluxos residuais, oxigênio dissolvido e maiores densidades de tecamebas. Estes descritores encontram-se relacionados a suas maiores bacias hidrográficas e, conseqüente, maior vazão fluvial. Não foi possível avaliar o reflexo destas características hídricas no compartimento bentônico dos estuários dos rios Cubatão do Sul e Biguaçu porque os mesmos apresentaram-se praticamente estéreis ao longo da maior parte da zona estuarina. No caso do estuário do Rio Maciambu, a associação bentônica destacou-se pelo maior tamanho das testas de foraminíferos e maior densidade de foraminíferos vivos, indicando sua maior produtividade bentônica e condições ecológicas mais favoráveis do que os demais estuários.

Os estuários do lado insular caracterizaram-se pelo maior número de coliformes fecais, maior concentração de clorofila-a e turbidez, principalmente os estuários dos rios Itacorubi e Tavares. O estuário do Rio Itacorubi destacou-se, sobretudo pelos elevados valores de turbidez e maiores porcentagens de lama do que os demais estuários, além de outros descritores como maiores concentrações dos nutrientes inorgânicos dissolvidos: nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e, também, maiores concentrações do fósforo total. Do ponto de vista biológico, a dominância de *Ammonia tepida* e seu diâmetro reduzido caracterizaram as condições restritivas deste estuário.

De maneira geral, em relação aos sub-ambientes encontrados para o compartimento bentônico na análise de agrupamento e suas características hidroquímicas, pôde-se observar que, apenas o estuário do Maciambu, com boas condições hidroquímicas, apresentou espécies características de estuário superior. Era esperado que esse sub-ambiente fosse observado também nos estuários dos rios Cubatão do Sul e Biguaçu por apresentarem aportes fluviais significativos e, hidroquimicamente, apresentarem condições favoráveis, ainda que essas terem sido

inferiores ao estuário do Rio Maciambu. No entanto, como discutido anteriormente, esses dois estuários foram praticamente estéreis quanto aos foraminíferos bentônicos. Nos estuários do lado insular foi possível observar apenas os sub-ambientes estuário inferior e médio nos rios Tavares e Ratonas e apenas o inferior no Rio Itacorubi, podendo ser relacionado ao pequeno aporte fluvial ou à impossibilidade de amostragem mais a montante estuarina. Entretanto, Laut (2007) observou a ausência espécie indicadora de transição para o ambiente fluvial, como a *Milliamina fusca* no estuário do Rio Itacorubi o que, segundo o autor, pode ser o resultado de altas concentrações de material em suspensão.

O estuário que se apresentou mais impactado, sobretudo, relacionado à qualidade da água, foi o estuário do Rio Itacorubi. Este estuário já vem sendo estudado em relação à poluição das águas e dos seus sedimentos por diversos autores, tais como Panitz (1997); Cunha & Panitz (2003); Silva *et al.* (2005), Laut *et al.* (2006), Laut (2007). Quanto ao compartimento bentônico, os estuários que apresentaram-se mais impactados foram os estuários dos rios Cubatão do Sul e Biguaçu. Estes dois estuários foram praticamente estéreis em grande parte da sua zona estuarina, provavelmente associados ao soterramento acarretado pelo aporte fluvial intenso e/ou atividades de extração de areia. Os estuários dos rios Maciambu, Ratonas e Tavares apresentaram melhores condições em relação ao compartimento bentônico, apresentando maiores riquezas, densidades, tamanho das testas de *Ammonia tepida* no interior do estuário.

Atividades como a pesca artesanal no estuário (figura 76) e nas Baías (figura 77) dependem diretamente da preservação dos estuários e de suas bacias hidrográficas, bem como outras atividades, como por exemplo a maricultura. Estas atividades podem estar sendo prejudicadas pelos usos antrópicos ocorrentes no interior dos estuários (urbanização com conseqüente lançamento de efluentes domésticos, extração de areia, dragagem e agropecuária). Os descritores hidroquímicos e biossedimentológicos analisados neste trabalho foram capazes de diferenciar os estuários quanto aos seus estados de preservação e refletir as conseqüências das atividades antrópicas, principalmente quando analisados em conjunto, devido refletirem diferentes escalas temporais.



FIGURA 76 – Pesca artesanal no interior do Rio Cubatão do Sul.



FIGURA 77 – Pesca artesanal na desembocadura do Rio Cubatão do Sul.

6. CONCLUSÕES

Os foraminíferos foram ferramentas importantes para as interpretações sobre o comportamento médio do ambiente e os processos oceanográficos dominantes, enquanto as análises hidroquímicas descreveram bem as variações pontuais (e instântaneas) dos estuários.

As principais diferenças entre os estuários do lado continental (Biguaçu, Cubatão e Maciambu) e os estuários do lado insular (Ratones, Itacorubi e Tavares) foram relacionadas à diferença da vazão fluvial, à ocupação das margens e ao uso do estuário (dragagens e extração de areia).

Os estuários do lado continental apresentaram maiores fluxos de nutrientes inorgânicos dissolvidos provenientes da zona fluvial, além de possuírem maiores densidades de tecamebas, protozoários que indicam o maior aporte de água doce. Quanto à qualidade da água, o estuário do Rio Biguaçu, com intensa urbanização na sua porção estuarina, apresentou a pior condição hídrica, com altos valores médios de nitrogênio inorgânico dissolvido e de fósforo total. A melhor condição foi observada no Rio Maciambu, menos urbanizado e com presença de manguezal. Ainda em relação aos estuários do lado continental, foi possível a compartimentação estuarina apenas no estuário do Rio Maciambu que apresentou espécies características do estuário superior, médio e inferior.

O estuário do Rio Cubatão do Sul e do Rio Biguaçu caracterizaram-se pela baixa densidade e riqueza bentônica, sugerindo serem um ambiente ecologicamente desfavorável para colonização bentônica. Estes resultados não parecem se justificar analisando-se apenas a distribuição dos parâmetros hidroquímicos, visto que estes se encontram dentro de intervalos habituais para ambientes costeiros transicionais. Acredita-se, portanto, que as associações bentônicas estejam respondendo às fontes antrópicas de estresse atuantes no sistema. Entre estas, merece ser destacada a mineração de areia, realizada mais a montante da zona estuarina. Soma-se a este agente tensor, a alta carga de sólidos em suspensão carregada pelo rio durante eventos de alta pluviosidade. Tal aporte é decorrente, sobretudo, do desmatamento da vegetação marginal para ocupação urbana e agropecuária. Deste modo, é possível que a intervenção humana sobre os processos de transporte e deposição sedimentar na zona estuarina destes dois estuários, aliada a eventos de

grande vazão fluvial, estejam impedindo a colonização ou soterrando rapidamente as comunidades bentônicas, levando ao empobrecimento generalizado da fauna local.

Já os estuários do lado insular caracterizaram-se pela menor área das bacias hidrográficas e menor vazão fluvial. Dentre eles, o Itacorubi possui a maior taxa de urbanização e foi o que apresentou a pior condição em relação à qualidade de sua água, bem como os maiores indícios de estresse orgânico no compartimento bentônico. Neste estuário foram encontrados as maiores concentrações médias de nitrogênio inorgânico dissolvido (sobretudo nitrogênio amoniacal e nitrito), clorofila-a e também altos valores turbidez. Os estuários dos rios Tavares e Ratonos, apesar de estarem em unidades de conservação, apresentaram também valores acima da legislação nacional, ressaltando-se os valores em excesso de fosfato e coliformes fecais, indicativos de efluentes domésticos.

Quanto ao número e extensão dos ambientes estuarinos, nenhum dos estuários do lado insular apresentou espécies características de estuário superior. Este resultado pode ter ocorrido em decorrência do menor aporte fluvial destas bacias e/ou por não ter sido possível realizar coletas mais a montante da zona estuarina. Os estuários dos rios Tavares e Ratonos puderam ser compartimentados em estuário inferior e médio, enquanto do Rio Itacorubi apenas em estuário inferior.

Os estuários com maior quantidade de manguezal conservado, Ratonos, Tavares e Maciambu, apresentaram maiores valores de riqueza e dominância de testas aglutinantes, ocorrendo em maior percentual a espécie *Arenoparrella mexicana*. Os estuários dos rios Itacorubi e Biguaçu, com as margens mais densamente povoadas, apresentaram as menores riquezas de espécies de foraminíferos bentônicos, ocorrendo a dominância de *Ammonia tepida* nas estações que não foram estéreis.

Em relação ao balanço de massa proposto pelo modelo LOICZ, o fluxo residual foi maior nos estuários dos rios Cubatão do Sul, seguido pelos estuários dos rios Biguaçu, Maciambu, Ratonos, Itacorubi e Tavares, todos com exportação de água doce para as Baías. Apenas o estuário do Rio Ratonos apresentou variações positivas de fósforo inorgânico dissolvido, indicando exportação pela água de fundo do estuário para a Baía Norte, todos os demais tiveram fluxos estimados característicos de consumo deste nutriente. Esse aporte de fósforo inorgânico dissolvido no Rio Ratonos pode estar relacionado a fontes locais de esgoto

doméstico, conforme também sugerido pelas altas concentrações de coliformes fecais. Em relação ao nitrogênio inorgânico dissolvido, todos os estuários tiveram fluxos estimados característicos de remoção interna no estuário, antes da saída da água para as Baías.

De modo geral, pôde-se constatar um gradiente de diluição do nitrato e do silício reativo da zona de rio para as baías, evidenciando assim o papel das bacias hidrográficas no balanço de nutrientes dos sistemas estuarinos. Já o nitrogênio amoniacal, nitrito e o fosfato nem sempre responderam a este gradiente, aumentando suas concentrações na zona estuarina. Este processo de enriquecimento foi mais acentuado no Rio Itacorubi. Este resultado reflete fontes antrópicas, relacionadas sobretudo a esgotos domésticos, atuando sobre a distribuição destes nutrientes na zona costeira.

7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A compatibilização entre as escalas de amostragem dos dados hídricos e as escalas adotadas pelo modelo de balanço de massa do LOICZ foi a maior dificuldade encontrada neste estudo e consiste também em sua mais séria limitação. Destaca-se, neste sentido, a utilização de dados de vazão mensal (recomendação da metodologia) devido à inexistência de dados de vazão diários que seriam mais adequados à escala de amostragem do trabalho.

Outra limitação é a não incorporação no modelo das estimativas dos fluxos de nutrientes provenientes de esgoto para os estuários, bem como estimativas do fluxo (ou refluxo) bêntico e de água subterrânea.

Para o aprimoramento dos resultados apresentados neste estudo, recomenda-se:

- monitoramento de alta-resolução espaço-temporal nos estuários avaliando a variabilidade temporal da qualidade e quantidade da água sob diferentes condições meteorológicas, de descarga fluvial e maré;
- monitoramento diário da vazão dos principais aportes estuarinos que deságuam nas Baías Norte e Sul;
- comparação dos balanços de massa obtidos pelo modelo do LOICZ com outras metodologias;
- incorporação dos dados em estimativas globais dos fluxos de nutrientes, como proposto em Smith *et al.* (2003) para melhor entendimento das relações entre aportes de nutrientes, vazão, densidade populacional e os diferentes usos do solo.
- avaliação do uso do solo no entorno dos estuários e de suas bacias hidrográficas para estimativas quanto à carga de nutrientes que aportam;
- quantificações da população urbana e rural no entorno dos estuários e em suas bacias hidrográficas para estimativas do aporte de nutrientes provenientes de esgotos para os estuários;
- avaliação dos nutrientes na água subterrânea;
- avaliação dos dados de nutrientes sob enfoque de classes de salinidade;
- estudos do compartimento bentônico quanto às transformações da matéria orgânica;

- perfis verticais para estudo dos foraminíferos bentônicos em relação a diferença das áreas marginais e canal estuarino;
- estudos da variabilidade sazonal dos foraminíferos bentônicos;
- estudo da granulometria dos sedimentos coletados, bem como sua análise quanto ao conteúdo de carbonato biodetrítico e matéria orgânica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU P. C.; HARTMANN, C. & ODEBRECHT, C. **Nutrient-rich saltwater and its influence on the phytoplankton of the Patos Lagoon estuary, Southern Brazil.** *Estuar. Coast. Shelf Science*, 40: 219-229, 1995.

ALVE, E. **Benthic foraminifera in sediment cores reflecting heavy metal pollution in Sør fjord, Western Norway.** *Journal of Foraminiferal Research*, v. 21, n. 1, p.1-19, 1991.

ALVE, E. **Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a review.** *Journal of Foraminiferal Research*, v. 25, n. 3, p. 190-203, 1995.

ALVE, E. & MURRAY, J.W. **Temporal variability in vertical distributions of live (stained) intertidal foraminifera, southern England.** *Journal of Foraminiferal Research*, v. 31, n. 1, p. 12-24, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 18th ed., American Public Health Association, Washington, 1992.

AMINOT, A & CHAUSSEPIED, M. **Manuel des analyses chimiques en milieu marin.** CNEXO. Brest, France. 395 p., 1983.

AMINOT, A. 1983j. **Dosage de la chlorophylle et des phéopigments par espectrophotométrie.** In Aminot, A & Chaussepied, M. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. Brest. xv: 177-92, 1983.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). Brasil **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil.** Cadernos de Recursos Hídricos. 2005a.

ARAUJO, N. B & ROCHA, A. A. **Contribuição ao estudo da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Tavares: poluição orgânica, Florianópolis - Santa**

Catarina. 126f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Humanas, 1993.

BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL, 6ed. Estados Unidos Unidos: Food and Drug Administration, 1984.

BARBOSA, C. F. & SEOANE, J. C. S. **Micropaleontologia de foraminíferos do Quaternário.** In: Oceanografia – Um Cenário Tropical, org. Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S & Costa, M. F. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Ciências, Departamento de Oceanografia, Recife, p. 87-107, 2004.

BATES, J. M. & SPENCER, R. S. **Modification of foraminiferal trends by the Chesapeake Elizabeth sewage outfall, Virginia beach, Virginia.** *Journal of Foraminiferal Research* 9 (2), 125-140.1979.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B. & NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análises em Oceanografia Química.** Rio Grande: Ed. FURG, 132p, 1996.

BAUMGARTEN, M. G. Z., AZNAR, C. E., ROCHA, J. M. , ALMEIDA, M. T. & KINAS, P. G. **Contaminação química das águas receptoras do principal efluente doméstico da cidade do Rio Grande (RS).** *Atlântica*, 20: 35-54. 1998.

BAUMGARTEN, M. G. Z. & POZZA, A. S. **Qualidade de Água: Descrição de Parâmetros Químicos Referidos na Legislação Ambiental.** Rio Grande. Ed. FURG. 2001.

BELLOTTO, V.; KUROSHIMA, K. & ZACHARJASIEWICZ, I. **Dinâmica de nutrientes inorgânicos no estuário do Rio Itajaí-Açu (Br).** VI COLACMAR - Congresso Latinoamericano de Ciencias del Mar. 23 a 27 de outubro de 1995. Mar del Plata, Argentina. Resumo 82, p. 31. 1995.

BILLEN, G; SOMVILLE., M; DE BECKER, E. & SERVAIS, P. **A Nitrogen budget of the Scheldt hydrographical Basin.** Netherlands. *Journal of the Sea Research*, n.19, p. 223-230, 1985.

BISHOP, P.L. **Marine Pollution and its Control**. New York: McGraw-Hill. 358p., 1983.

BOLTOVSKOY, E., **Los foraminíferos recientes: biología, métodos de estudio y aplicación oceanográfica**. Editora Universitaria de Buenos Aires, 509PP. 1965.

BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. **Recent Foraminifera**. W. Junk Publishers, The Hague, 515 p., 1976.

BONETTI, C. **Associação de foraminíferos e tecamebas indicadoras de sub-ambientes recentes na zona estuarina do Rio Itapitangui-Cananéia/SP**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 1995.

BONETTI, C. **Foraminíferos como bioindicadores do gradiente de estresse ecológico em ambientes costeiros poluídos. Estudo aplicado ao Sistema Estuarino de Santos-São Vicente (SP-Brasil)**. Instituto Oceanográfico. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado: 229p. + Anexos, 2000.

BONETTI, C., BONETTI, J. & BELTRAME, E., **The Influence of Natural and Anthropogenic Agents in the Determination of Sedimentary Environments at Itapocu Estuarine-Lagoonal System, Santa Catarina, Brazil**. *Journal of Coastal Research*, ICS 2004 (Proceedings), SI 39: 1762 -1766., 2006.

BRAGA, E. S.; BONETTI, C.; BURONE, L., BONETTI, J. **Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista Estuarine System – Brazil**. *Marine Pollution Bulletin* , 40(2):165-173., 2000.

BRAGA, E. S. & NIENCHESKI, L. F. H. **Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e Chuí (RS)**. In Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. & Madureira, L.S.P. O Ambiente Oceanográfico da

Paltaforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 276p., 2006.

BRANDINI, F. P. *In: Avaliação ambiental de estuários brasileiros: diretrizes metodológicas*. Projeto RECOS – Uso e apropriação de Recursos Costeiros, Grupo Temático Biodiversidade e Qualidade Ambiental. Organizadores Lana, P. C.; Bianchini, A.; Ribeiro, C.; Niencheski, L. F. H., Filmann, G. & Santos, C. S. G., Rio de Janeiro: Museu Nacional, 156p. – Série Livros 22. 2006.

BRANDO, V. E.; CECCARELLI, R.; LIBRALATO, S. & RAVAGNAN, G. **Assessment of environmental management effects in a shallow water basin using mass-balance models**. *Ecological Modelling*, 172 213–232, 2004.

BURONE, L.; VENTURINI, N.; SPRECHMANN, P.; VALENTE, P. & MUNIZ, P. **Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay**. www.elsevier.com/locate/marpolbul. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 61–73., 2006.

BÚSSOLO JÚNIOR, G. **Contribuição ao estudo morfo-sedimentar de fundo da enseada de Ratonés, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geografia, 2002.

CAMPOS, A. V. **Variabilidade Espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos da zona estuarina do Rio Biguaçu-SC**. Monografia apresentada ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas- Departamento de Geociências, Curso de graduação em geografia., 2003.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. Editora Edgard Blucher/FAPESP, Sao Paulo, 254p., 1994.

CARUSO, M.M.L. **O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Ed.UFSC, Florianópolis, 158p. 1983.

CARUSO, F. **Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina escala 1:100.000, texto explicativo e mapa.** Florianópolis - SC. 28p., 1993.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. & MIYAO, S. Y. **Condições Hidrográficas na Plataforma Continental ao Largo de Ubatuba: Variações Sazonais e em Mesoescala.** *Boletim do Instituto Oceanográfico.*, 35 (2):135-151., 1987.

CECCA – Centro de Estudos Cultura e Cidadania. **Uma cidade numa ilha: relatório sobre os problemas sócio-ambientais na Ilha de Santa Catarina.** 2ª ed. Insular/CECCA, Florianópolis, Brasil, 247 p.,1997.

CERUTTI, R. L. & BARBOSA, T. C. P. **Contaminação bacteriana das águas superficiais da Baía Norte, Ilha de Santa Catarina, SC.** Atlas Colóquio Franco-Brasileiro. Aquitaine Ocean. 1997.

CHÂTELET, E; DEBENAY, J. P. & SOULARD, R. **Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors.** *Environmental Pollution*, Volume 127, Issue 1 , Pages 27-40., 2004.

CHEVARRIA, G. G. & KUROSHIMA, K. N. **Monitoramento químico em uma área de cultivo de mexilhões – Enseada do Itapocoróy-SC.** Anais X Semana Nacional de Oceanografia. Itajaí – SC, 1997.

CLOERN, J. E. **Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem.** *Marine Ecology*, 210: 223-253., 2001.

CODD, G. A. **Cyanobacterial toxins: occurrence, properties and biological significance.** *Water Science and Technology*, 32 (4), 149, 156., 1995.

COLIJN, F. & CADÉE, G. C. **Is phytoplankton growth in the Wadden Sea light or nitrogen limited?** *Journal of Sea Research*, 49 83– 93., 2003.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Decreto nº 88.351 de 1º de junho/1983**. Art.20. Resolução 20 de 18 de junho de 1986. DOU de 30 de julho. 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 274, de 29 de novembro. 2000.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**. DOU nº 53 de 30 de julho. Revoga da Resolução CONAMA nº20 de 1986. 2005.

CORREDOR, J. E; JULIO, M. M. & JORGE, B. **Atmospheric Nitrous Oxide Fluxes from Mangrove Sediments**. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 38, Issue 6, Pages 473-478, 1999.

CROSSLAND, C. J. **LOICZ-UNEP: The role of the coastal ocean in the disturbed and undisturbed nutrient and carbon cycles. Overview**. Synthesis and Interventions Workshop, Customs House, University of Queensland. Brisbane, Australia. 30 January – 1 February, 2006.

CRUZ, O. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo; um estudo de geomorfologia costeira**. Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil. 276p., 1998.

CULVER, S. J. **Foraminifera**. In: Lipps, H. J. (Org.). *Fossil prokaryotes and protists*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. P.203-247., 1993.

CUNHA, R. P. da & PANITZ, C.M.N. **Avaliação do emprego de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman na restauração de uma área de degradada do maguezal do rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, SC – Brasil**. In: *Mangrove 2003*, p. 320. 2003.

DALE, A. W. & PREGO, R. **Tidal and seasonal nutrient dynamics and budget of the Chupa Estuary, White Sea (Russia).** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 56, Issue 2 , Pages 377-389., 2003.

DALOTO, R. A. S. **Estruturação de dados com suporte à gestão de manguezais utilizando técnicas de geoprocessamento.** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 242 p. 2003.

DAY JR., JW; HALL, C. A. S.; KEMP, W. M. & YANEZ-ARANCIBIA, A. **Estuarine chemistry.** *In: Estuarine Ecology.* Cap. 3. Ed. Wiley. New York: 79-143. 1987.

DEBENAY, J. P.; PAWLOWSKI, J. & DECROUEZ, D. **Les Foraminifères Actuales.** Masson Editeur. Saint Germain, Paris., 1996.

DEBENAY, J-P.; GUILLOU, J-J.; REDOIS, F. & GESLIN, E. **Distribution trends of foraminiferal assemblages in paralic environments – A base for using foraminifera as bioindicadores.** *In: Environmental Micropaleontology – The Application of Microfossil to Environmental Geology.* Ed. R. Martins. Springer. Cap. 2, p. 39-64., 2000.

DEBENAY, J. P.; GUIRAL, D. & PARRA, M. **Ecological factors acting on the microfauna in mangrove swamps. The case of foraminiferal assemblages in French Guiana.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 55, n. 4, p. 509-533, 2002.

DEBENAY, J. P. & GUILLOU, J. J. **Ecological transitions Indicates by Foraminiferal Assemblages in Paralic Environments.** *Estuaries*, vol 25, no. 6A p 1107-1120 December, 2002.

DEBENAY, J. P. & LUAN, B. T. **Foraminiferal assemblages and the confinement index as tools for assessment of saline intrusion and human impact in the Mekong Delta and neighbouring areas (Vietnam).** *Revue de Micropaléontologie*, Volume 49, Issue 2, pages 74-85., 2006.

DECRETO Nº 1.260 DE 1º DE NOVEMBRO DE 1975. **Cria o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro.** 1975.

DECRETO Nº 533, DE 20 DE MAIO DE 1992 **Cria a Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé.** 1992.

DEL GIORGIO, P.; COLE, J. J. & CIMBLERIS, A. **Respiration rates in bacteria exceed phytoplankton production in unproductive aquatic systems.** *Nature*, 385: 148-150, 1997.

DHN. **Tábuas das marés: Porto de Florianópolis.** Disponível em: www.dhn.mar.mil.br/chm/tabuas. 1998.

DIAS, B.B. ; PARIZOTTO, B.A.D.M.; BONETTI, C. **Proposta de setorização do estuário do Rio Tavares (Florianópolis, SC), a partir da utilização de foraminíferos bentônicos.** II Congresso Brasileiro de Biologia Marinha (II CBBM), Buzios-RJ. 24 a 28 de maio 2009.

DIEDERICHSEN, S. **Manguezal do Rio Maciambu – Palhoça / SC: caracterização sedimentológica e evolução das formações vegetais entre os períodos de 1978 e 1998.** Monografia apresentada ao curso de Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Geografia. 2008.

DIONNE, J. C. **Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary.** *Zeitschr. f. Geomorph.*, 7(1):36-44, 1963.

DUARTE, M. C.; AGUSTI, S.; ARISTEGUI, J.; GONZALEZ, N. & ANADON, R. **Evidence for a heterotrophic subtropical northeast Atlantic.** *Limnol. Oceanogr.*, 46(2): 425-428., 2001.

ECKENFELDER, W. W.; GRAU, P. **Activated sludge process design and control: theory and practice.** *Water Quality Management Library*, volume 1. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster, Pennsylvania, USA. 1992.

EPAGRI/IBGE. **Mapoteca Topográfica Digital de Santa Catarina**. Disponível em: http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/geo/mapas_digitais.jsp (acessado em outubro de 2006). 2004.

Epagri/SDS. **Mapa de Unidades Hidrográficas de Santa Catarina**. Disponível em: http://ciram.epagri.rct-sc.br:8080/cms/geo/mapas_digitais.jsp (acessado em outubro de 2006). 2005.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Test methods for evaluating solid waste physical chemical methods**. Office of Solids Waste and the National Technical Information Service (NTIS). SW-846, EPA 8015A. 1996.

ESPINOZA, H. C. F. & ROSA, M. M. P. T. **Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) Empregando Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 2705-2712. 2009.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência-FINEP. 575p.. 1998.

FAIRBRIDGE, R. W. **The estuary: its definition and geodynamic cycle**. In: OLAUSSON, E. & CATO, I. (Eds.) *Chemistry and biogeochemistry of estuaries*. New York, John Wiley and Sons, pp.1-35., 1980.

FARIAS, L. **Remineralization and accumulation of organic carbon and nitrogen in marine sediments of eutrophic bays: the case of the Bay of Concepcion, Chile**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57 829–841, 2003.

FIDÉLIS, N. L. **Uma abordagem sobre as profundas modificações na morfometria fluvial da bacia hidrográfica do Rio Ratoles – Florianópolis/SC, em um período de quarenta anos e suas conseqüências**. Dissertação de Mestrado da Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC. P.255, 1998.

FONSECA, A. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluxos de nutrientes e do metabolismo na Interface água-sedimento da Lagoa da Conceição (SC, Brasil)**. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2004.

FORTES, E. A. **planície costeira da região de Biguaçu – SC: Abordagens dos aspectos ambientais da bacia hidrográfica do Rio Biguaçu**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-graduação em geografia da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1996.

FORTES, E. & VOLKMER, S. **Degradação dos ambientes naturais do plano sedimentar costeiro de Biguaçu, SC**. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2004, Anais, Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, E3-3.4T246, <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/246/246.htm>, acessado em outubro 2008). 2004.

FRIES, J. **Análisis De Trazas. Métodos Fotométricos Comprobados**, Ed. Merck, Darmstad 38, 1971.

GESLIN, E.; DEBENAY, J. P.; DULEBA, W. & BONETTI, C. **Morphological abnormalities of foraminiferal tests in Brazilian environments: comparison between polluted and non-polluted areas**. *Marine Micropaleontology*, v. 45, p. 151-168, 2002.

GOOGLE EARTH 4.3 (Beta). Disponível em <http://earth.google.com.br/>, 2007.

GORDON, D. C.; BOUDREAU, P. R., MANN, K. H., ONG, J. E.; SILVERT, W., SMITH, S. V., WATTAYAKORN, G., WULFF, F., YANAGI, T. **LOICZ Biogeochemical Modelling Guidelines**. LOICZ Reports and Studies No. 5. 96 pp., 1996.

GRALL, J. & CHAUVAUD, L. **Marine eutrofication and benthos: the need for new approaches and concepts**. *Global Change Biology*, v. 8, p. 813-830, 2002.

GRASSHOFF, K; EHRHARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of Seawater Analysis*. 2nd Ed. Verlag Chemie, Weinheim, Germany, 419pp. 1983.

GRELOWSKI, A.; PASTUSZAK, M.; SITEK, S. L. & WITEK, Z. **Budget calculations of nitrogen, phosphorus and BOD₅ passing through the Oder estuary.** *Journal of Marine Systems*, Volume 25, Issues 3-4, July 2000, Pages 221-237, 2000.

HORN FILHO, N. O.; DIEHL, F. L. GRÉ, J. C. R., CASTILHOS, J. A. & KLINGEBIEL, A. **Roteiro Geológico da planície costeira e zona litorânea adjacente – Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.** In *Gestion de La zone littorale de L'île de Santa Catarina (Brasil) – Manejo Costero da Ilha de Santa Catarina (Brasil)*. Coordenadores: KLINBEBIEL, A.; SIERRA DE LEDO, B & SORIANO-SIERRA, E. Atlas Colóquio Franco-Brasileiro, ISSN 0524 – 832. 2-5 de abril de 1997.

<http://www.ozestuaries.org/indicators/>, acessada em janeiro de 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 1980 – Santa Catarina.** IBGE, Rio de Janeiro, 1983.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico - Santa Catarina.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, 1999.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico - o Brasil município por Município.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br>, 2007.

JORGENSEN, E. **Material flux in the sediment.** In: Jorgensen B. & Richardsonk. (eds). *Coastal and estuarine studies*. American Geophysical Union, p. 115-135, 1996.

KIORBOE, T. **Turbulence, phytoplankton cell size, and the structure of pelagic food webs.** In: Kiorboe, T. ed. *Advances in Marine Biology*. London, Academic Press. p.1-72. 1993.

KJERFVE, B; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M., QUARESMA, V. S. **Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil.** *Continental Shelf Research*, 17: 1609-1643, 1997.

KNUDSEN, M. **Ein hydrographischer Lehrsatz.** *Ann der Hydrog. usw.* **28**: 316-320. 1900.

KOBIYAMA, M; OLIVEIRA, S. M. **Discharge and water quality of the Cubatão river, Santa Catarina State, Brazil.** *Agrárias*, Curitiba, 18 (1-2): 23-28, 1999.

KOROLEFF, K. 1969. **Determination of phosphorus.** *In*: Grasshoff, K; Erhardt, M & Kremling, K. (eds.). *Methods of seawater analysis*. 2nd ed., Verlag Chemie, Weinheim, 1983.

LAND-OCEAN INTERACTIONS IN COASTAL ZONE (LOICZ). **Metodologia para sistemas estuarinos estratificados.** Disponível em <http://data.ecology.su.se/mnode/Methods/twolayer.htm>, acessado em 2007.

LAUT, L. M; SILVA, F. S. BONETTI, C. FIGUEIREDO JR., A. G. & CRAPEZ, M. A. C. **Relationship between foraminifera and bacteria and bacteria in estuarine sediments from Santa Catarina Island, Brazil.** *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 29-1/2006 p. 429-430. FORAMS., 2006.

LAUT, L. L. M. **Foraminíferos e tecamebas como indicadores ambientais em estuários tropicais – Brasil.** Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha da Federal Fluminense, 322 p. 2007.

LAUT, L. L. M.; SILVA, F. S.; BONETTI, C.; FIGUEIREDO JR., A. G. & CRAPEZ, M. A. C. **Foraminíferos e atividade bacteriana aplicados no diagnóstico ambiental do estuário do rio Itacorubí, Florianópolis, SC.** *Revista Brasileira de Geociências*, volume 37 (3), 2007.

LAWS, E. A. **Aquatic pollution: an introductory text.** John Wiley & Sons, Inc, NY. 1993.

LEÃO, J. C. 1998. **Estudo do movimento do Carbofuran no perfil de um solo agrícola**. Dissertação de mestrado. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC.

LEBO, M. E. & SHARP, J. H. **Distribution of Phosphorus Along the Delaware, an Urbanized Coastal Plain Estuary**. *Estuaries*, v.16, n.2, p. 290-301, 1993.

LISS, P.S. 1976. **Conservative and non-conservative behavior of dissolved constituents during estuarine mixing**. In Burton J.D., Liss, P.S (ed) *Estuarine chemistry*. Academic Press, New York.

LOEBLICH, A. R. & TAPPAN, H. **Foraminiferal genera and their classification**. Van Nostrand Reinhold, 1-2, New York, 1988.

LUDWIG, J. A. & REYNOLDS, J. F. **Principal Components Analysis**. In: Ludwig, J. A. & Reynolds, J. F. (Ed) *Statistical Ecology: A primer on Methods and Computing*. New York, 1988.

MACHIWA, J. F., HALLBERG, R.O. **An empirical model of the fate of organic carbon in a mangrove forest partly affected by anthropogenic activity**. *Ecological Modelling*, Volume 147, Issue 1, Pages 69-83, 2002.

MADRON, X. D.; DENIS, L., DIAZ, F.; GARCIA, N.; GUIEU, C.; GRENZ, C., LOYE-PILOT, M., LUDWIG, W., MOUTIN, T., RAIMBAULT, P. & RIDAME, C. **Nutrients and carbon budgets for the Gulf of Lion during the Moogli cruises**. *Oceanologica Acta*, Volume 26, Issue 4, Pages 421-433, 2003.

MANLAY, R. J.; ICKOWICZ, A., MASSE, D.; FLORET, C.; RICHARD, D. & FELLER, C. **Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of a village in the West African savanna—I. Element pools and structure of a mixed-farming system**. *Agricultural Systems*, Volume 79, Issue 1, Pages 55-81, 2004.

MARTINS, R. P.; MELO FILHO, E & FRANCO, D. **Circulação hidrodinâmica e dispersão de poluentes na Baía de Florianópolis**. Relatório, 1997.

MARTINS, B. A. D.; MUDAT, J; MILAN, C. C.; JOAQUIM, J. M. B.; BONETTI, C & BONETTI, J. **Caracterização Hidroquímica da zona estuarina do Rio Maciambu no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro/SC**. II Congresso Brasileiro de Oceanografia – CBO’2005 e XVII Semana Nacional de Oceanografia (XVII SNO), 2005.

MASUTTI, M. B. **O manguezal do Itacorubi como barreira biogeoquímica: estudo de caso**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.

MATEJICEK, L; BENESOVA, L & TONIKA, J. **Ecological modelling of nitrate pollution in small river basins by spreadsheets and GIS**. *Ecological Modelling*, 170, 245–263, 2003.

MELO, E.; MARTINS, R. P.; FRANCO, D. **Standing wave tide at Florianópolis Bay (Brazil) and its Influence on bay pollution**. Anais do Bordomer 97. Amenagement et Protection de L’Environment Littoral. Bordeaux, França, p. 143-151, 1997.

MILAN, C. C; JOAQUIM, J. M. B; BONETTI, C. BONETTI, J. **Setorização da zona estuarina do Rio Maciambu**, 58ª SBPC, Florianópolis - SC, 2006.

MILAN, C. C. **Caracterização Oceanográfica e sedimentar da zona estuarina do Rio Maciambu (SC)**. Monografia de Conclusão do Curso de Bacharelado em Geografia. Departamento de Geociências - CFH, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 60 p, 2007.

MIRANDA, L. B.; Castro, B. M. & B. KJERFVE. **Princípios de oceanografia física de estuários**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 411p, 2002.

MORAES C. M., URZÊDO DE QUEIROZ R.R., SIERRA DE LEDO B., SORIANO-SIERRA E.J. **O manguezal do Itacorubí: estudo da distribuição das espécies de ferro.** In: Atlas Colóquio Franco-Brasileiro, 1:179-186. 1993.

MURRAY, J. W. **Ecology and paleocology of benthic foraminifera.** London, Logman Scientific & Technical, p. 397, 1991.

MURRAY, J. W. **When does Environmental Variability Become Environmental Change?** The Proxy Record of Benthic Foraminifera. In: Environmental Micropaleontology – The Application of Microfossil to Environmental Geology. Ed. R. Martins. Springer. Cap. 1, p 7-38, 2000.

NEVISON, C. **Review of the IPCC methodology for estimating nitrous oxide emissions associated with agricultural leaching and runoff** *Chemosphere. Global Change Science* 2, 493±500, 2000.

NICHOLS, M. M. **Foraminifera in estuarine classification.** In: H.T. Odum, B.J. Copeland and E.A. McMahan (editores), *Coastal ecological systems of the United States*, pp. 85–103, 1974.

NIENCHESKI, L. F. H. & WINDOM, H. L. **Nutrient Flux and Budget in Patos Lagoon Estuary.** *The Sci of Total Envir.*, 149:53-60, 1994.

NIENCHESKI, L. F. H. & FILLMANN.G. **Características Químicas - Ambientes Costeiros e Marinhos e Sua Biota.** In Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P., (Org.). *Os ecossistemas costeiros e marinho do extremo sul do Brasil.* Rio Grande: Ecoscientia, 341p. 1998.

NIENCHESKI, L. F. H.; BAUMGARTEN, M. G. Z. & WALLNER-KERSANACH, M. In: **Avaliação ambiental de estuários brasileiros: diretrizes metodológicas.** Projeto RECOS – Uso e apropriação de Recursos Costeiros, Grupo Temático Biodiversidade e Qualidade Ambiental. Organizadores Lana, P. C.; Bianchini, A.; Ribeiro, C.; Niencheski, L. F. H., Fillmann, G. & Santos, C. S. G., Rio de Janeiro: Museu Nacional, 156p. – Séri Livros 22. 2006.

NIXON, S. W. **Quantifying the relationship between nitrogen input and the productivity of marine ecosystems.** Proceedings of the advanced Marine Technical Conference, 1992.

NIXON, S. W. **Coastal marine eutrophication: definition, social causes, and future concerns.** *Ophelia*, 41: 199-219, 1995.

O'HIGGINS, T. G. & WILSON, J. G. **Impact of the River Liffey Discharge on Nutrient and Chlorophyll Concentrations in the Liffey Estuary and Dublin Bay (Irish Sea).** *Estuarine Coastal and Shelf Science*, v.64, p.323-334. 2005.

OLIVEIRA, F. B. **Manejo de produtos residuários do uso de agrotóxicos na Bacia Hidrográfica do Cubatão do Sul.** Dissertação de mestrado. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFSC. 1997.

OLIVEIRA, D. **Análise Ambiental dos Canais da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém (SP, Brasil) com Base em Tecamebas e Foraminíferos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 251 p. 1999.

PAGLIOSA, P. R. **Variação espacial nas características das águas, dos sedimentos e da macrofauna bêntica em áreas urbanas e em unidades de conservação na Baía da Ilha de Santa Catarina.** Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, 2004.

PAGLIOSA, P. R., FONSECA, A.; BOSQUILHA, G. E.; BRAGA, E. S., BARBOSA, F. A. R. **Phosphorus dynamics in water and sediments in urbanized and non-urbanized rivers in Southern Brazil.** *Marine Pollution, Bulletin* 50, 965–974, 2005.

PANITZ, C. M. N. **Produção e decomposição de serrapilheira do Rio Itacorubi, Ilha de Santa Catarina. Florianópolis, SC, Brasil (27°35'S – 48°31'W).** Tese de Doutorado UFSCar, 601 p.1986.

PANITZ, C.M.N. **Ecological aspects of a salt marsh ecosystems in Santa Catarina Island, Brazil.** *In: Coastal plant Communities of Latin America.* U. Seeliger (ed.), Academic Press. New York, p.213-230. 1992.

PANITZ, C.M.N., **Influência da lixívia do aterro de lixo desativado da cidade de Florianópolis – SC Brasil, na sobrevivência e desenvolvimento de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman.** *In: Mangrove 2003,* Salvador, p. 297. 2003.

PANITZ, C. M. N. **Ecological description of the Itacorubi Mangrove, Ilha de Santa Catarina, Brazil.** *In: Kjerfve, B; Lacerda, L. D.; DIOP, E. S. (eds.) Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa.* UNESCO pp. 104-225. Paris, 1997.

PARANHOS, R. **Alguns métodos para análise de água.** Cadernos didáticos UFRJ. 1996.

PARIZOTTO, BIANCA A.D.M., FAVERO, F., CAMPOS, A. V., BONETTI, C., BONETTI, J. **Caracterização da zona estuarina do Rio Biguaçu (SC) através de parâmetros físico-químicos da água, associados a foraminíferos e tecamebas bentônicos.** *In: Oceanografia e Mudanças Globais ed.São Paulo: Editora da USP,* p. 534-545. 2007.

PARKER, C. A. & O'REILLY, J. E. **Oxygen depletion in long island sound: A historical perspective.** *Estuaries,* 1991.

PARSONS, T. R.; MAITA, Y. & LALLI, C. M. **A manual of chemical and biological methods for seawater analysis.** Pergamon Press, Oxford, 173p., 1984.

PASTUSZAK, M.; WITEK, Z.; NAGEL, K.; WIELGAT, M. & GRELOWSKI, A. **Role of the Oder estuary (southern Baltic) in transformation of the riverine nutrient loads.** *Journal of Marine Systems,* 57 30– 54, 2005.

PATTERSON, R. T. & FISHBEIN, E. **Re-examination of the statistical methods used to determine the number of points counts needed for**

micropaleontological quantitative research. *Journal of Paleontology*, v. 63, n. 2, p. 245-48, 1989.

PENNOCK, J. R.; SHARP, J. H. & SCHROEDER, W. W. **What controls the expression of estuarine eutrophication? Case studies of nutrient enrichment in the Delaware bay and mobile bay estuaries, USA.** *In: Changes in fluxes in estuaries: Implications from science to management.* Olsen & Olsen, 1994.

PEREIRA FILHO, J.; SCHETTINI, C. A. F. **NP Budget for Camboriu River Estuary, Brazil.** *Loicz Reports Studies, Netherlands*, v. 15, p. 33-36, 2000.

PEREIRA-FILHO, J; SCHETTINI, C. A. F.; RÖRIG, L. & SIEGLE, E. **Intratidal Variation and Net Transport of Dissolved Inorganic Nutrients, POC and Chlorophyll a in the Camboriu River Estuary, Brazil.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53, 249–257, 2001.

PEREIRA FILHO, J.; SPILLERE, L. C.; SCHETTINI, C. A. F. **Itajaí-Açu River Estuary (Santa Catarina, Brazil): Preliminary Budget for Dissolved Inorganic Nutrients.** *Journal of Coastal Research*, v. II SI, p. 702-706, 2006.

PIELOU, E. C. **The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination.** 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1984.

PIMENTA, L. H. F. **Aplicação do Sistema de Informação geográfica no mapeamento do meio físico da área de influência da Estação Ecológica de Carijós-IBAMA, SC.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2003.

PRASTKA, K.; SANDERS, R. & JICKELLS, T. **Has the role of estuaries as sources or sinks of dissolved inorganic phosphorus changed over time? Results of Kd study.** *Marine Pollution Bulletin.*, 36: 718-728, 1998.

PRITCHARD, D.W. **Dispersion and flushing of pollutants in estuaries.** Am. Soc. Civil Engineers, Journal Hydraulics Div. 95: HY1, 115-124. 1969.

PRUDÊNCIO, R. DE S. **Estudo Numérico da Circulação Induzida pela Maré na Baía de Florianópolis.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. 2003.

QUADROS, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S. R.; BATISTA, N. M. & OLIVEIRA, G. S. **Climatologia de precipitação e temperatura.** Climanálise, INPE/MCT. Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>, 1996.

RABALAIS, N. N. **Nitrogen in aquatic ecosystems.** *Royal Swedish Academy of Sciences: Ambio*, v. 31 no. 2, 2002.

RIVKIN, R. B. & LEGENDRE, L. **Roles of food web and heterotrophic microbial processes in upper ocean biogeochemistry: global patterns and processes.** *Ecology Research.*, 17(2): 151-159, 2002.

SALLES, C. M. **Esteiro de Santa Catarina - oceanografia dinâmica.** Florianópolis, 1991.

SANDERS, R.; KLEIN, C. & JICKELLS, T. **Biogeochemical Nutrient Cycling in the Upper Great Ouse Estuary, Norfolk, U.K.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 1997.

SANTA CATARINA. **Plano Básico de desenvolvimento ecológico-econômico.** Associação dos municípios da grande Florianópolis - GRANFPOLIS, 362p., 1996.

SANTA CATARINA. **Bacias hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral.** Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente - SDM. Florianópolis, 163 p., 1997.

SANTA CATARINA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina - 1999/2000.** V1. Governo de Estado de Santa Catarina - ICEPA. Florianópolis. 170p., 2001.

SANTOS, R. **Variabilidade Espaço-temporal dos parâmetros físico-químicos da zona estuarina do Rio Cubatão-SC**. Monografia apresentada ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas- Departamento de Geociências, Curso de graduação em geografia., 2003.

SCHETTINI, C. A. F. KUROSHIMA, K.N.; PEREIRA FILHO, J.; RÖRIG, L. R. & RESGALA JÚNIOR, C. **Oceanographic and Ecological Processes Aspects of Itajaíçu River Plume During a High Discharge Period**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.70, p.325-374., 1998.

SCHMITT, F. **Utilização da análise de risco ecológica à maricultura com ênfase nas florações de algas nocivas**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2003.

SCHREIBER, P. **Forçantes da Circulação e dos Processos de Mistura nos Estuários**. 1904 in MIRANDA, L. B.; Castro, B. M. & Kjerfve, B.. Princípios de oceanografia física de estuários. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 411p., 2002.

SCOTT, D. B.; SCHAFFER, C. T.; HONIG, C. & YOUNGER, D. C. **Temporal variations of benthic foraminiferal assemblages under or near aquaculture operations: documentation of impact history**. *Journal of Foraminiferal Research*, v. 25, n.3, p. 224-235, 1995.

SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. & SCHAFFER, C. T. **Monitoring of coastal environments using Foraminifera and Thecamoebian indicators**. Cambridge University Press, 192 p., 2001.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL. **Levantamento Agropecuário de Santa Catarina**, 2005.

SEN GUPTA, B. K. & MACHAIN-CASTILLO. **Benthic foraminifera in oxygen-poor habitats**. *Marine Micropaleontology*, 20, p.183-201, 1993.

SIERRA DE LEDO, B. **Subsídios ecológicos para um plano de gestão integrada na zona costeira da Ilha de Santa Catarina, Brasil.** p. 9-28. In: A Kingebiel; B. Sierra de Ledo & E. J. Soriano-Sierra (Eds.) *Gestion de la zone littorale de l'île Santa Catarina (Brésil).* Aquitaine Ocean, n°3. 1997.

SILVA, L. F. **Identificação de sub-ambientes na Baía sul (sc) com base na análise de variáveis oceanográfico-sedimentares.** Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, 2002.

SILVA, F. S.; LAUT, V. M.; LAUT, L. L. M.; FIGUEIREDO JR, A. G.; BONETTI, C.; VIANA, L. G. & CRAPEZ, M. A. C. **Avaliação da Qualidade Ambiental em Sedimentos Superficiais do Estuário do Itacorubi - Baía Norte (SC), Utilizando a Relação Granulometria e Atividade Respiratória Bacteriana.** In: X Congresso da ABEQUA, 2005, Guarapari, CD-Rom. 2005.

SIMONASSI, J. C.; DE LA CORTE, F. S. & SORIANO-SIERRA, E. J. **Variação temporal das concentrações de matéria orgânica e inorgânica circulantes entre o maguezal do Rio Ratonés e a Baía Norte, Ilha de Santa Catarina, Brasil.** In: A Kingebiel; B. Sierra de Ledo & E. J. Soriano - Sierra (Eds.) *Gestion de la zone littorale de l'île Santa Catarina (Brésil).* Aquitaine Ocean, n°3. 1997.

SIMPSON, J. H.; GONG, W. K. & ONG, J. **The determination of the net fluxes from a mangrove estuary system.** *Estuaries*, v. 20, n. 1, 1997.

SMITH, S. V.; SWANEY, D. P.; TALAUE-MCMANUS, L; BARTLEY, J. D.; SANDHEI P. T.; MCLAUGHLIN, C. J.; DUPRA, V. C.; CROSSLAND, C. J., BUDDEMEIER, R. W.; MAXWELL; B. A. & WULFF, F. **Humans, Hydrology, and the distribution of inorganic nutrient loading to the ocean.** *BioScience*, Vol. 53, N°3, 235-245, 2003.

SORIANO-SIERRA, E.; SILVA, J. R. B. M.; DERNER, R. B. & BRANCO, J. O. **Aspectos ecológicos do manguezal do Rio Itacorubi, Santa Catarina, Brasil.** Série Contrib. Cient. NEMAR, UFSC, 16:32 p. 1986.

SORIANO-SIERRA, E. J. **Caracterização ecológica dos biótopos e sua ocupação pelas comunidades vegetais no manguezal do Itacorubi (Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil)**. Trab. Conclusão de Curso Público Prof. Adjunto UFSC. 124 pp. 1993.

SORIANO-SIERRA, E. J. **Fluxos de maré e interferência antropogênica a hidrodinâmica, no interior de um manguezal naturalmente estressado. Estudo de caso**. Aquitaine Ocean, Bordeaux - França, 3: 163-178. 1997.

SORIANO-SIERRA, E. J. **Estrutura do mosaico ambiental do Manguezal de Itacorubi (Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil)**. Ecologia e Gerenciamento do Manguezal de Itacorubi Série Fepema, Florianópolis, SC, v. 3, p. 47-78, 1998.

SOUZA, M. F. L.; KJERFVE, B., KNOPPERS, B.; LANDIM DE SOUZA, W. F. & DAMASCENO, N. R. **Nutrient budgets and tropical state in a hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil**. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 57: 843-858, 2003.

SOUZA SOBRINHO, R. J.; BRESOLIN, A. & KLEIN, R. M. **Os manguezais na Ilha de Santa Catarina**. *Insula*, (2): 1-21. 1969.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais. 2. ed., 1996.

SPILLERE, L. C. **Determinação de um balanço de massa e da variabilidade dos nutrientes inorgânicos dissolvidos no estuário do rio Itajaí-açu**. Universidade do vale do itajaí. Centro de ciências tecnológicas, da terra e do mar. Curso de oceanografia, 2002.

TRUCCOLO, E. C. **Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul / SC**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis-SC, 1998.

TSUJIMOTO, A.; NOMURA, R.; YASUHARA, M.; YAMAZAKI, H. & YOSHIKAWA, S. **Impact of eutrophication on shallow marine benthic foraminifers over the last 150 years in Osaka Bay, Japan.** *Marine Micropaleontology*, 60, 258–268. 2006.

TURNER B. K.; ADGER, W. A. & LORENZONI, I. **Towards Integrated Modeling and Analysis in Coastal Zones: Principles and Practices.** *LOICZ Reports & Studies 11*. LOICZ IPO. Texel. The Netherlands, 1998.

VALENTIN, J. L. **Ecologia Numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos.** Interciência, Rio de Janeiro, 117p., 2000.

VIEIRA S.M. & SORIANO-SIERRA E.J. **Resultados preliminares da evolução sedimentológica superficial do Manguezal de Itacorubi, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.** *Aquitaine Ocean*, 3:241-245. 2003.

WINDOM, H. L.; NIENCHESKI, L. F. H.; SMITH Jr, R. G. **Biogeochemistry of nutrients and trace metals in the estuarine region of the Patos Lagoon (Brazil).** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48, 1999.

WÖSTEN, J. H. M.; WILLIGEN, P.; TRI, N. H.; LIEN, T. V. & SMITH, S. V. **Nutrient dynamics in mangrove areas of the Red River Estuary in Vietnam.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 65–72, 2003.

WULFF, F., M. Pertillä and L. Rahm. **Mass-balance calculations of nutrients and hydrochemical conditions in the Gulf of Bothnia, 1991.** *Aqua Fennica* 24: 121-140. 1994.

YANKO, V.; KRONFELD, J. & FLEXER, A. **Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring.** *Journal of Foraminiferal Research*, v. 24, n. 1, p 1-17, 1994.

ZHANG, J. & LIU, M. G. **Observations on nutrient elements and sulphate in atmospheric wet depositions over the northwest Pacific coastal oceans - Yellow Sea.** *Marine Chemistry*, Volume 47, Issue 2, Pages 173-189, 1994.

9. ANEXOS

Anexo 1 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrados

TABELA 77 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Cubatão do Sul

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
C1 / CA	-27 42' 9,30"	-48 36' 38,50"	735603	6933459	Água e Sedimento
CB	-27 42' 0,45"	-48 37' 28,84"	734229	6933758	Sedimento
C2 / CC	-27 41' 54,38"	-48 38' 3,82"	733275	6933963	Água e Sedimento
CD	-27 41' 49,57"	-48 38' 39,76"	732293	6934130	Sedimento
CE	-27 41' 55,64"	-48 39' 11,26"	731426	6933960	Sedimento
C3 / CF	-27 42' 1,82"	-48 39' 48,19"	730410	6933789	Água e Sedimento
CG	-27 42' 0,23"	-48 40' 28,14"	729317	6933858	Sedimento
C4 / CH	-27 41' 42,31"	-48 40' 59,18"	728477	6934426	Água e Sedimento
CI	-27 42' 2,96"	-48 41' 19,73"	727902	6933801	Sedimento
CJ	-27 42' 29,95"	-48 41' 42,31"	727267	6932982	Sedimento
CK	-27 42' 15,55"	-48 42' 9,96"	726518	6933439	Sedimento
C5 / CL	-27 41' 44,53"	-48 42' 24,19"	726146	6934401	Água e Sedimento

TABELA 78 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Biguaçu

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
B1 / BA	-27 29' 42,56"	-48 37' 22,05"	735906	6955641	Água e Sedimento
BB	-27 29' 42,43"	-48 37' 56,51"	733906	6956492	Sedimento
B2 / BC	-27 29' 41,32"	-48 38' 22,51"	733193	6956540	Água e Sedimento
BD	-27 29' 42,15"	-48 38' 49,08"	732463	6956528	Sedimento
BE	-27 29' 35,42"	-48 39' 11,89"	731841	6956747	Sedimento
B3 / BF	-27 29' 13,65"	-48 39' 17,12"	731710	6957420	Água e Sedimento
BG	-27 29' 3,80"	-48 39' 39,66"	731097	6957735	Sedimento
BH	-27 28' 43,98"	-48 39' 50,63"	730808	6958350	Sedimento
B4 / BI	-27 28' 26,34"	-48 40' 4,18"	730446	6958900	Água e Sedimento
BJ	-27 28' 20,49"	-48 40' 28,74"	729775	6959093	Sedimento
B5 / BK	-27 28' 41,70"	-48 42' 16,03"	726817	6958495	Água e Sedimento

TABELA 79 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Maciambu

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
M1 / MA	-27 49' 00,84"	-48 36' 45,41"	735168	6920793	Água e Sedimento
MB	-27 49' 18,05"	-48 36' 54,39"	734912	6920268	Sedimento
M2 / MC	-27 49' 26,78"	-48 37' 08,89"	734510	6920007	Água e Sedimento
MD	-27 49' 26,88"	-48 37' 16,63"	734298	6920008	Sedimento
ME	-27 49' 24,87"	-48 37' 33,63"	733834	6920079	Sedimento
MF	-27 49' 21,69"	-48 37' 41,66"	733616	6920181	Sedimento
M3 / MG	-27 49' 15,51"	-48 37' 52,46"	733324	6920377	Água e Sedimento
MH	-27 49' 02,17"	-48 38' 04,63"	732999	6920794	Sedimento
M4 / MI	-27 48' 48,35"	-48 38' 09,09"	732885	6921222	Água e Sedimento
MJ	-27 48' 46,52"	-48 38' 14,06"	732750	6921281	Sedimento
MK	-27 48' 53,05"	-48 38' 19,95"	732585	6921083	Sedimento
ML	-27 48' 48,59"	-48 38' 26,81"	732400	6921224	Sedimento
M5 / MM	-27 48' 42,43"	-48 38' 44,01"	731933	6921422	Água e Sedimento

TABELA 80 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Ratores

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
R1 / RA	-27 28' 14,28"	-48 32' 45,65"	742493,7	6959040	Água e Sedimento
RB	-27 27' 40,20"	-48 32' 02,25"	743706,3	6960065	Sedimento
R2 / RC	-27 27' 48,28"	-48 31' 13,65"	745036	6959790	Água e Sedimento
RD	-27 28' 01,53"	-48 30' 31,23"	746192,7	6959359	Sedimento
RE	-27 28' 02,32"	-48 29' 56,69"	747140,7	6959315	Sedimento
RF	-27 28' 31,66"	-48 29' 51,24"	747272,1	6958409	Sedimento
R3 / RG	-27 28' 47,36"	-48 29' 24,43"	747998,5	6957911	Água e Sedimento
RH	-27 28' 56,13"	-48 28' 54,00"	748828,6	6957624	Sedimento
R4 / RI	-27 29' 08,9"	-48 28' 32,20"	749419,1	6957218	Água e Sedimento
RJ	-27 29' 37,1"	-48 28' 15,20"	749868,2	6956341	Sedimento
RK	-27 30' 11,5"	-48 28' 06,80"	750077,2	6955277	Sedimento
R5 / RL	-27 30' 16,31"	-48 28' 05,92"	750098,3	6955129	Água e Sedimento

TABELA 81 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Tavares

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
T1 / TA	-27 38' 26,4"	-48 34' 07,2"	739884	6940240	Água e Sedimento
TB	-27 38' 14,0"	-48 33' 15,0"	741323	6940593	Sedimento
TC	-27 38' 07,2"	-48 32' 37,1"	742366	6940782	Sedimento
TD	-27 38' 20,8"	-48 32' 08,6"	743139	6940348	Sedimento
TE	-27 38' 42,6"	-48 31' 46,5"	743732	6939664	Sedimento
TF	-27 38' 49,3"	-48 31' 37,8"	743966	6939453	Sedimento
T2 / TG	-27 38' 58,64"	-48 31' 29,83"	744179	6939161	Água e Sedimento
TH	-27 39' 13,41"	-48 31' 21,33"	744403	6938702	Sedimento
TI	-27 39' 24,80"	-48 31' 12,92"	744626	6938347	Sedimento
TJ	-27 39' 34,40"	-48 31' 5,52"	744823	6938047	Sedimento
T3 / TK	-27 39' 47,82"	-48 31' 1,71"	744919	6937632	Água e Sedimento
TL	-27 39' 45,93"	-48 30' 53,06"	745158	6937685	Sedimento
T4 / TM	-27 39' 48,39"	-48 30' 45,74"	745357	6937605	Sedimento
T5 / TN	-27 39' 20,48"	-48 29' 34,82"	747318	6938425	Água e Sedimento

TABELA 82 – Coordenadas geográficas dos pontos amostrais no estuário do Rio Itacorubi

Estação	Latitude (S)	Longitude (O)	X	Y	Amostragem
I1 / IA	-27 33' 34,00"	-48 31' 39,20"	744122	6949160	Água e Sedimento
IB	-27 33' 51,16"	-48 31' 35,18"	744221	6948630	Sedimento
IC	-27 34' 00,70"	-48 31' 23,50"	744536	6948330	Sedimento
I2 / ID	-27 34' 14,60"	-48 31' 17,10"	744703	6947898	Água e Sedimento
IE	-27 34' 22,60"	-48 31' 06,60"	744986	6947646	Sedimento
I3 / IF	-27 31' 35,70"	-48 31' 09,10"	744909	6947244	Água e Sedimento
IG	-27 34' 36,10"	-48 31' 04,00"	745049	6947229	Sedimento
I4 / IH	27°35'15.78"S	48°30'17.17"O	746309	6945982	Água e Sedimento
I5	27°36'2.48"S	48°30'3.87"O	746645	6944537	Água

Anexo 2 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 para os rios: Cubatão do Sul, Biguaçu, Maciambu, Ratores, Tavares e Itacorubi.

TABELA 83 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Cubatão do Sul (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
2007				2008				
Jan	25,27	87,3	189,0	2,40*10 ⁵	24,46	532,6	181,20	9,08*10 ⁶
Fev	25,13	140,1	187,6	9,74*10 ⁵	24,78	316,4	184,25	4,69*10 ⁶
Mar	25,88	213,7	195,1	2,06*10 ⁶	24,29	183,2	179,60	1,65*10 ⁶
Abr	23,40	41,2	171,4	1,59*10 ⁴	21,52	207,8	155,20	2,44*10 ⁶
Mai	17,95	142,0	128,1	1,38*10 ⁶	18,89	71,9	134,76	2,64*10 ⁵
Jun	17,08	6,9	122,1	0,00	16,13	69,6	115,88	3,26*10 ⁵
Jul	14,76	174,3	107,4	2,26*10 ⁶	18,17	10,0	129,60	1,00
Ago	16,14	114,9	115,9	1,00*10 ⁶	18,16	58,8	129,52	1,56*10 ⁵
Set	16,69	118,8	119,5	1,08*10 ⁶	17,71	230,2	126,39	3,29*10 ⁶
Out	21,74	147,8	157,0	1,22*10 ⁶	20,09	286,5	143,78	4,16*10 ⁶
Nov	21,64	102,8	156,2	5,57*10 ⁵	21,88	195,6	158,20	2,16*10 ⁶
Dez	24,28	143,8	179,5	9,89*10 ⁵	-	-	-	-
Média Anual	20,83	119,5	152,4	9,81*10⁵	20,55	196,6	148,9	2,56*10⁶

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 743Km².

Fonte: Dados de temperatura e precipitação da Epagri/ Ciram/Inmet - Estação: São José - SC (Grande Florianópolis).

TABELA 84 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Biguaçu (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
2007				2008				
Jan	25,27	87,3	189,0	1,24*10 ⁵	24,46	532,6	181,20	4,68*10 ⁶
Fev	25,13	140,0	187,6	5,02*10 ⁵	24,78	316,4	184,25	2,42*10 ⁶
Mar	25,88	213,7	195,1	1,06*10 ⁶	24,29	183,2	179,60	8,49*10 ⁵
Abr	23,40	41,2	171,4	8,21*10 ³	21,52	207,8	155,20	1,26*10 ⁶
Mai	17,95	142,0	128,1	7,12*10 ⁵	18,89	71,9	134,76	1,36*10 ⁵
Jun	17,08	6,9	122,1	0,00	16,13	69,6	115,88	1,68*10 ⁵
Jul	14,76	174,3	107,4	1,16*10 ⁶	18,17	10,0	129,60	0,00
Ago	16,14	114,9	115,9	5,17*10 ⁵	18,16	58,8	129,52	8,03*10 ⁴
Set	16,69	118,8	119,5	5,55*10 ⁵	17,71	230,2	126,39	1,70*10 ⁶
Out	21,74	147,8	157,0	6,31*10 ⁵	20,09	286,5	143,78	2,14*10 ⁶
Nov	21,64	102,8	156,2	2,87*10 ⁵	21,88	195,6	158,20	1,11*10 ⁶
Dez	24,28	143,8	179,5	5,10*10 ⁵	-	-	-	-
Média Anual	20,83	119,5	152,4	5,06*10⁵	20,55	196,6	148,9	1,32*10⁶

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 383Km².

Fonte: Dados de temperatura e precipitação da Epagri/ Ciram/Inmet - Estação: São José - SC (Grande Florianópolis).

TABELA 85 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Maciambu (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
	2007				2008			
Jan	25,27	87,3	189,0	2,29*10 ⁴	24,46	532,6	181,20	8,68*10 ⁵
Fev	25,13	140,0	187,6	9,31*10 ⁴	24,78	316,4	184,25	4,48*10 ⁵
Mar	25,88	213,7	195,1	1,96*10 ⁵	24,29	183,2	179,60	1,57*10 ⁵
Abr	23,40	41,2	171,4	1,52*10 ³	21,52	207,8	155,20	2,33*10 ⁵
Mai	17,95	142,0	128,1	1,32*10 ⁵	18,89	71,9	134,76	2,53*10 ⁴
Jun	17,08	6,9	122,1	0,00	16,13	69,6	115,88	3,12*10 ⁴
Jul	14,76	174,3	107,4	2,16*10 ⁵	18,17	10,0	129,60	0,00
Ago	16,14	114,9	115,9	9,59*10 ⁴	18,16	58,8	129,52	1,49*10 ⁴
Set	16,69	118,8	119,5	1,03*10 ⁵	17,71	230,2	126,39	3,15*10 ⁵
Out	21,74	147,8	157,0	1,17*10 ⁵	20,09	286,5	143,78	3,97*10 ⁵
Nov	21,64	102,8	156,2	5,32*10 ⁴	21,88	195,6	158,20	2,06*10 ⁵
Dez	24,28	143,8	179,5	9,45*10 ⁴	-	-	-	-
Média Anual	20,83	119,5	152,4	9,38*10⁴	20,55	196,6	148,9	2,45*10⁵

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 71Km².

Fonte: Dados de temperatura e precipitação da Epagri/ Ciram/Inmet - Estação: São José - SC (Grande Florianópolis).

TABELA 86 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Ratoles (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
	2007				2008			
Jan	25,27	68,5	189,0	1,27*10 ⁴	24,46	365,1	181,20	6,52*10 ⁵
Fev	25,13	73,3	187,6	1,84*10 ⁴	24,78	296,7	184,25	5,18*10 ⁵
Mar	25,88	168,3	195,1	1,55*10 ⁵	24,29	350,3	179,60	6,16*10 ⁵
Abr	23,40	64,6	171,4	1,38*10 ⁴	21,52	246,9	155,20	3,99*10 ⁵
Mai	17,95	162,6	128,1	2,17*10 ⁵	18,89	77,8	134,76	4,04*10 ⁴
Jun	17,08	5,6	122,1	0,00	16,13	73,4	115,88	4,59*10 ⁴
Jul	14,76	179,3	107,4	2,89*10 ⁵	18,17	10,3	129,60	0,00
Ago	16,14	108,3	115,9	1,09*10 ⁵	18,16	63,4	129,52	2,41*10 ⁴
Set	16,69	140,7	119,5	1,83*10 ⁵	17,71	204,6	126,39	3,35*10 ⁵
Out	21,74	153,1	157,0	1,61*10 ⁵	20,09	274,0	143,78	4,76*10 ⁵
Nov	21,64	102,1	156,2	6,71*10 ⁴	21,88	221,1	158,20	3,28*10 ⁵
Dez	24,28	93,1	179,5	3,97*10 ⁴	-	-	-	-
Média Anual	20,83	110,0	152,4	1,05*10⁵	20,55	198,5	148,9	3,12*10⁵

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 91Km².

Fonte: Dados de temperatura Estação São José - SC (Grande Florianópolis) e precipitação da Estação Florianópolis-Itacorubi, ambos da Epagri/ Ciram/Inmet.

TABELA 87 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Tavares (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
2007				2008				
Jan	25,27	84,9	189,0	1,48*10 ⁴	24,46	133,3	181,20	5,52*10 ⁴
Fev	25,13	94,4	187,6	2,31*10 ⁴	24,78	447,7	184,25	5,30*10 ⁵
Mar	25,88	211,9	195,1	1,36*10 ⁵	24,29	211,7	179,60	1,46*10 ⁵
Abr	23,40	117,4	171,4	4,54*10 ⁴	21,52	238,9	155,20	2,08*10 ⁵
Mai	17,95	127,0	128,1	7,47*10 ⁴	18,89	94,7	134,76	3,68*10 ⁴
Jun	17,08	7,1	122,1	0,00	16,13	72,2	115,88	2,42*10 ⁴
Jul	14,76	145,5	107,4	1,12*10 ⁵	18,17	13,6	129,60	2,00
Ago	16,14	70,5	115,9	2,20*10 ⁴	18,16	56,4	129,52	9,15*10 ³
Set	16,69	123,8	119,5	7,86*10 ⁴	17,71	180,4	126,39	1,49*10 ⁵
Out	21,74	130,8	157,0	6,35*10 ⁴	20,09	276,3	143,78	2,65*10 ⁵
Nov	21,64	69,3	156,2	1,21*10 ⁴	21,88	152,5	158,20	9,01*10 ⁴
Dez	24,28	125,1	179,5	4,81*10 ⁴	-	-	-	-
Média Anual	20,83	109,0	152,4	5,25*10⁴	20,55	170,7	148,9	1,38*10⁵

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 50Km².

Fonte: Dados de temperatura Estação São José - SC (Grande Florianópolis) e precipitação da Estação Peri, ambos da Epagri/ Ciram/Inmet.

TABELA 88 - Estimativa mensal da vazão para o ano de 2007 e 2008 no Rio Itacorubi (SC)

Mês	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)	T (°C)	P (mm)	Ev. (-)	V _Q (m3/dia)
2007				2008				
Jan	25,27	68,5	189,0	3,92*10 ³	24,46	365,1	181,20	2,01*10 ⁵
Fev	25,13	73,3	187,6	5,67*10 ³	24,78	296,7	184,25	1,59*10 ⁵
Mar	25,88	168,3	195,1	4,77*10 ⁴	24,29	350,3	179,60	1,89*10 ⁵
Abr	23,40	64,6	171,4	4,25*10 ³	21,52	246,9	155,20	1,23*10 ⁵
Mai	17,95	162,6	128,1	6,68*10 ⁴	18,89	77,8	134,76	1,24*10 ⁴
Jun	17,08	5,6	122,1	0,00	16,13	73,4	115,88	1,41*10 ⁴
Jul	14,76	179,3	107,4	8,90*10 ⁴	18,17	10,3	129,60	0,00
Ago	16,14	108,3	115,9	3,35*10 ⁴	18,16	63,4	129,52	7,42*10 ³
Set	16,69	140,7	119,5	5,62*10 ⁴	17,71	204,6	126,39	1,03*10 ⁵
Out	21,74	153,1	157,0	4,96*10 ⁴	20,09	274,0	143,78	1,46*10 ⁵
Nov	21,64	102,1	156,2	2,06*10 ⁴	21,88	221,1	158,20	1,01*10 ⁵
Dez	24,28	93,1	179,5	1,22*10 ⁴	-	-	-	-
Média Anual	20,83	110,0	152,4	3,25*10⁴	20,55	198,5	148,9	9,61*10⁴

Nota: Utilizada para os cálculos a área da Bacia Hidrográfica de 91Km².

Fonte: Dados de temperatura Estação São José - SC (Grande Florianópolis) e precipitação da Estação Florianópolis-Itacorubi, ambos da Epagri/ Ciram/Inmet.

Anexo 3 – Dados coletados na coluna d'água em estuários das Baías Norte e Sul de Santa Catarina

TABELA 89 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
C1SB (1)	9:28	3,1	31,35	25,68	6,63	8,20	1,9
C1FB (1)			31,70	25,68	6,35	8,24	3,4
C1SB (2)	9,54	4,0	28,22	23,26	7,00	8,36	6,7
C1FB (2)			30,58	22,98	5,87	8,3	11,38
C1SP (2)	15:43	2,5	29,5	24,94	7,56	8,38	5,16
C1FP (2)			30,14	23,78	8	8,45	6,02
C2SB(1)	9:54	2,4	11,58	25,27	6,57	7,81	5,3
C2FB(1)			19,70	25,98	6,58	8,01	11,7
C2SP(1)	17:23	2,5	16,67	27,53	9,28	8,37	10
C2FP(1)			31,74	28,02	6,11	8,22	60,3
C2SB(2)	10:46	2,6	6,31	22,39	7,47	7,48	2,5
C2FB(2)			25,69	23,05	5,18	8,06	12,4
C2SP(2)	15:26	3,0	26	27,15	7,8	8,25	17,44
C2FP(2)			29,72	25,32	7,68	9,04	19,95
C3SB(1)	10:17	3,0	6,85	24,82	5,97	7,14	3,6
C3FB(1)			28,27	26,84	4,44	7,94	3,8
C3SP(1)	16:53	3,0	6,18	26,99	8,40	7,60	4,5
C3FP(1)			28,45	26,40	3,86	7,98	10,0
C3SB(2)	11:20	2,5	1,9	22,50	9,03	7,56	8,1
C3FB(2)			25,17	23,19	4,65	7,87	18,6
C3SP(2)	14:47	2,4	2,94	21,2	11,54	8,08	9,84
C3FP(2)			24,95	23,2	5,39	7,79	14,74
C4SB(1)	10:52	4,5	2,25	24,69	6,59	6,82	6,5
C4FB(1)			26,05	25,11	1,89	7,46	7,3
C4SP(1)	16:25	3,5	2,38	25,91	7,12	6,71	6,6
C4FP(1)			24,87	25,34	2,39	7,33	6,9
C4SB(2)	11:40	3,5	0,05	22,06	7,85	7,61	12,4
C4FB(2)			1,03	21,86	7,32	6,91	13,9
C4SP(2)	14:17	2,5	0,67	22,83	7,61	7,49	10,1
C4FP(2)			24,15	22,47	6,07	7,44	8,33
C5S(1)	11:15	2,0	0,02	24,12	7,80	7,15	6,4
C5F(1)			0,02	24,09	7,76	6,73	6,5
C5S(2)	12:03	3,0	0,02	21,64	8,22	6,66	10,4
C5F(2)			0,01	21,65	8,16	6,5	15,16

Nota: **C**– Rio Cubatão do Sul; **1 a 5**– estações de coleta da Baía Sul em direção a montante; **S**– Superfície; **F**- Fundo; **B**- Baixamar; **P**- Preamar; (1) 20/04/2007, (2) 07/04/2008.

TABELA 90 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Cubatão do Sul.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
C1SB (1)	0,857	0,000	0,000	0,290	12,14	0,323	32,786	9,4	-	-
C1FB (1)	2,429	0,144	0,000	0,387	11,07	0,484	98,429	11,1	-	-
C1SB (2)	1,500	0,471	0,000	0,194	30,68	0,935	347,214	14,3	170	240
C1FB (2)	1,000	0,000	0,000	0,290	30,54	0,548	119,786	3,6	130	79
C1SP (2)	0,357	0,000	0,000	0,226	49,82	0,968	94,071	0,7	130	130
C1FP (2)	0,286	0,144	0,000	0,194	27,21	1,097	127,357	6,0	240	79
C2SB (1)	8,000	7,692	0,286	0,161	66,43	0,226	206,571	4,9	-	-
C2FB(1)	9,286	4,185	0,429	0,645	82,86	1,935	140,357	19,2	-	-
C2SP(1)	3,500	4,553	0,143	0,097	72,50	0,226	204,143	0,0	-	-
C2FP(1)	2,143	0,289	0,000	0,677	8,21	8,677	414,286	0,0	-	-
C2SB (2)	3,929	9,419	0,071	0,097	180,21	0,097	182,000	1,8	240	5
C2FB(2)	5,143	1,732	0,000	0,258	60,57	0,194	488,571	8,0	350	33
C2SP(2)	0,500	1,570	0,071	0,290	64,29	1,129	125,571	9,4	350	49
C2FP(2)	0,643	0,000	0,000	0,290	32,39	1,645	69,071	2,0	540	130
C3SB(1)	10,214	8,948	0,214	0,065	72,86	0,806	96,429	0,9	-	-
C3FB (1)	19,286	8,081	0,357	0,194	86,79	0,710	280,643	4,5	-	-
C3SP (1)	5,929	7,692	0,214	0,097	95,00	1,000	115,714	0,0	-	-
C3FP (1)	7,857	4,618	0,143	0,387	72,50	0,516	140,786	0,0	-	-
C3SB(2)	3,357	11,146	0,071	0,194	183,43	0,806	160,571	5,3	140	170
C3FB (2)	1,714	2,742	0,071	0,129	73,57	0,484	328,929	6,2	130	49
C3SP (2)	1,143	8,477	0,286	0,129	197,93	2,323	200,143	6,7	79	8
C3FP (2)	0,857	4,185	0,071	0,161	134,21	1,323	333,786	12,7	110	4
C4SB (1)	6,286	11,931	0,214	0,000	83,93	2,774	105,929	0,0	-	-
C4FB (1)	20,571	1,732	0,214	0,387	38,57	0,516	90,143	2,2	-	-
C4SP (1)	8,571	4,867	0,214	0,000	121,07	3,065	65,214	1,3	-	-
C4FP (1)	21,500	2,020	0,214	0,613	55,36	1,000	535,571	5,8	-	-
C4SB (2)	3,500	12,559	0,071	0,323	150,07	1,516	154,071	0,0	240	33
C4FB (2)	4,643	13,997	0,071	0,258	206,86	1,355	131,286	1,8	1610	460
C4SP (2)	3,786	13,344	0,071	0,129	235,29	2,194	169,929	1,3	540	22
C4FP (2)	2,857	4,185	0,143	0,097	84,43	0,387	281,214	6,0	920	170
C5S (1)	3,786	13,815	0,214	0,032	46,07	0,258	79,000	0,4	-	-
C5F(1)	3,571	14,141	0,214	0,097	39,64	0,839	62,071	2,2	-	-
C5S (2)	3,143	14,443	0,071	0,290	167,43	3,000	79,500	1,3	240	33
C5F(2)	3,143	15,873	0,071	0,355	223,39	1,677	125,357	1,3	350	49

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 20/04/2007, (2) 07/04/2008.

TABELA 91 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Biguaçu.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
B1SB (1)	10:17	4,0	31,83	27,04	7,18	8,1	2,3
B1FB (1)			32,43	26,32	5,88	8,05	23,8
B1SP (1)	16:48	4,0	31,83	27,2	7,94	8,18	3,6
B1FP (1)			31,84	27,26	7,91	8,18	5,9
B1SB (2)	10:22	3,5	31,02	28,68	6,72	8,11	6,3
B1FB (2)			32,09	27,67	5,7	8,07	14,7
B1SP (2)	13:41	3,7	31,7	28,68	7,1	8,23	8,9
B1FP (2)			31,8	28,4	6,8	8,2	64,3
B2SB(1)	9:59	0,8	3,48	25,25	6,37	6,35	19,0
B2FB(1)			30,28	26,43	6,00	7,89	71,6
B2SP(1)	16:28	1,7	20,6	28,75	7,39	7,9	11,2
B2FP(1)			31,47	28,70	7,28	8,12	26,6
B2SB(2)	10:00	2,7	2,3	26,24	6,94	6,62	17,6
B2FB(2)			28,9	28,21	5,69	8,01	4,3
B2SP(2)	13:57	3,5	1,7	26,3	7,15	7,47	17,4
B2FP(2)			28,92	28,89	5,43	8,07	28,89
B3SB(1)	9:36	2,4	0,06	24,64	6,74	6,11	28,2
B3FB(1)			0,21	24,15	6,28	6,05	23,5
B3SP(1)	16:06	4,7	0,24	25,58	7,4	6,27	24,1
B3FP(1)			26,8	27	7,01	7,95	12,4
B3SB(2)	9:34	3,5	0,04	24,89	7,13	6,38	23,4
B3FB(2)			4,86	25,30	5,80	6,3	20,5
B3SP(2)	14:22	3,1	0,05	24,82	7,65	7,5	3,78
B3FP(2)			24,6	27,86	4,57	7,35	17,8
B4SB(1)	9:07	5,2	0,03	24,00	6,91	6,08	26,0
B4FB(1)			0,04	23,80	6,07	6,47	28,5
B4SP(1)	15:45	4,1	0,03	27,31	7,06	6,18	31,6
B4FP(1)			0,04	24,19	7,07	6,12	34,6
B4SB(2)	9:09	2,6	0,02	23,83	7,50	6,15	19,4
B4FB(2)			0,01	23,66	7,39	6,26	22,1
B4SP(2)	14:54	5,3	0,02	24,61	7,92	6,6	36,0
B4FP(2)			0,02	24,49	7,47	6,41	35,3
B5S(1)	15:24	4,0	0,03	25,54	7,22	6,35	32,2
B5F(1)			0,03	25,44	6,78	6,22	24,2
B5S(2)	16:02	4,3	0,03	26,33	7,74	6,78	21,0
B5F(2)			0,03	26,3	7,6	6,72	18,6

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 20/03/2007, (2) 10/03/2008.

TABELA 92 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Biguaçu.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
	µM							µg/L	NMP/ml	
B1SB (1)	3,857	0,157	0,143	0,968	11,79	124,000	3,214	1,782	-	-
B1FB (1)	4,357	0,866	0,000	0,258	7,14	50,581	0,000	3,564	-	-
B1SP (1)	2,500	0,000	0,000	0,194	15,36	165,839	0,000	4,455	-	-
B1FP (1)	5,500	2,453	0,000	0,161	10,00	69,355	0,000	2,228	-	-
B1SB (2)	0,500	3,611	0,000	0,290	32,68	1,000	608,500	4,455	5	13
B1FB (2)	0,429	1,299	0,143	0,387	23,79	1,290	420,000	3,564	8	5
B1SP (2)	0,786	2,041	0,000	0,290	144,54	1,097	559,071	2,673	5	4
B1FP (2)	0,571	2,020	0,000	0,355	40,43	1,516	509,929	4,455	<2	2
B2SB(1)	13,500	17,896	0,286	0,097	55,00	55,742	1,357	1,782	-	-
B2FB(1)	5,643	8,225	0,143	0,516	54,64	147,645	3,929	9,801	-	-
B2SP(1)	12,714	15,071	0,214	1,355	100,71	69,419	0,143	3,119	-	-
B2FP(1)	6,929	1,010	0,000	3,032	17,14	214,258	0,000	4,455	-	-
B2SB(2)	7,286	18,367	0,071	0,355	217,61	4,258	136,286	0,000	350	46
B2FB(2)	1,643	2,309	0,071	0,548	45,64	2,484	396,357	10,692	240	8
B2SP(2)	6,714	17,739	0,143	0,323	220,61	2,645	166,714	2,673	22	33
B2FP(2)	3,571	2,309	0,000	0,484	45,89	2,935	428,286	9,801	<2	7
B3SB(1)	7,857	33,438	0,286	0,129	20,36	50,129	0,143	2,673	-	-
B3FB(1)	8,143	35,209	0,286	0,097	44,29	48,613	0,000	2,673	-	-
B3SP(1)	7,857	32,339	0,286	0,161	92,86	55,129	2,000	2,673	-	-
B3FP(1)	3,929	4,618	0,071	0,452	32,14	190,806	0,000	10,692	-	-
B3SB(2)	4,500	20,879	0,143	0,452	217,29	3,677	100,429	0,891	170	11
B3FB(2)	5,786	19,336	0,143	0,419	219,86	3,387	137,571	2,673	14	4
B3SP(2)	4,571	20,408	0,071	0,548	227,14	2,452	109,214	1,782	130	13
B3FP(2)	6,286	7,648	0,000	0,645	290,46	2,032	343,357	5,346	23	8
B4SB(1)	6,643	28,100	0,214	0,065	22,86	49,742	2,929	0,891	-	-
B4FB(1)	8,500	34,776	0,286	0,194	58,57	53,774	0,571	6,237	-	-
B4SP(1)	9,643	32,339	0,214	0,161	89,29	63,839	2,357	3,564	-	-
B4FP(1)	6,500	36,219	0,214	0,129	89,29	59,839	0,000	0,000	-	-
B4SB(2)	3,786	20,408	0,071	0,452	246,64	1,290	36,929	1,782	170	11
B4FB(2)	7,500	23,377	0,071	0,419	244,07	3,355	151,214	2,673	240	11
B4SP(2)	3,571	21,664	0,071	0,516	229,18	3,194	122,857	1,782	79	2
B4FP(2)	3,500	23,665	0,071	0,419	242,89	4,419	65,857	0,891	140	2
B5S(1)	3,500	9,733	0,643	0,129	127,50	1,484	70,143	1,782	-	-
B5F(1)	3,214	10,245	0,143	0,226	142,14	1,161	64,143	1,782	-	-
B5S(2)	2,429	8,634	0,143	0,452	295,18	3,290	79,571	1,782	140	5
B5F(2)	3,643	10,245	0,214	0,613	263,57	3,903	67,071	1,782	350	8

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 20/03/2007, (2) 10/03/2008.

TABELA 93 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Maciambu.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
M1SB (1)	11:27	2,8	32,48	17,39	7,97	8,06	1,0
M1FB (1)			32,48	17,41	7,91	8,11	1,0
M1SP (1)	14:54	3,2	32,06	17,7	8,19	8,07	1,4
M1FP (1)			32,09	17,71	8,1	8,09	1,5
M1SB (2)	9:46	2,3	31,78	20,62	7,30	8,22	6,7
M1FB (2)			31,84	20,94	6,8	8,3	4,0
M1SP (2)	12:40	3,0	32,99	19,91	7,74	8,03	2,0
M1FP (2)			33,00	19,92	7,68	7,95	1,1
M2SB(1)	11:08	2,1	27,48	16,05	8,40	7,83	1,7
M2FB(1)			29,31	16,12	8,14	7,98	2,4
M2SP(1)	15:11	2,5	32,5	17,67	8,89	8,14	2,0
M2FP(1)			32,5	17,8	8,81	8,18	2,5
M2SB(2)	9:16	1,5	17,25	20,98	6,48	7,65	5,2
M2FB(2)			29,83	20,87	7,28	7,9	7,1
M2SP(2)	13:08	3,2	30,06	22,8	8,5	8,3	3,5
M2FP(2)			31,53	21,56	7,63	8,3	3,0
M3SB(1)	10:25	3,4	18,45	15,52	7,73	7,34	1,1
M3FB(1)			29,25	17,30	7,44	8,14	1,4
M3SP(1)	15:33	4,0	29,66	17,43	9,27	7,88	2,2
M3FP(1)			30,49	17,47	9,16	8,03	2,0
M3SB(2)	8:35	1,1	14,27	20,60	5,88	7,14	4,4
M3FB(2)			24,55	20,97	5,87	7,14	6,1
M3SP(2)	13:42	1,5	20,60	21,44	6,80	8,1	5,0
M3FP(2)			30,13	21,74	7,45	8,35	5,9
M4SB(1)	10:00	1,2	9,85	14,33	8,86	6,97	1,2
M4FB(1)			20,33	16,55	7,41	7,2	1,3
M4SP(1)	15:56	1,9	22,01	16,95	8,54	7,76	1,7
M4FP(1)			27,54	17,23	8,54	8,02	3,3
M4SB(2)	8:06	0,3	4,36	19,61	6,64	6,94	6,0
M4SP(2)	13:58	1,5	12,49	21,49	6,34	7,8	5,8
M4FP(2)			25,7	21,14	5,96	8,1	9,2
M5S(1)	13:39	0,5	0,00	12,72	11,5	8	0,4
M5S(2)	11:50	0,3	0,01	18,69	9,09	7,8	0,7

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 04/06/2007, (2) 24/10/2007.

TABELA 94 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Maciambu.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
	µM							µg/L	NMP/ml	
M1SB (1)	1,357	0,157	0,071	0,290	4,286	0,516	53,500	-	-	-
M1FB (1)	3,929	0,433	0,000	0,290	0,714	0,484	40,929	-	-	-
M1SP (1)	0,929	1,256	0,000	0,355	1,071	0,742	0,000	-	-	-
M1FP (1)	1,429	0,144	0,000	0,387	1,429	0,484	3,500	-	-	-
M1SB (2)	2,143	0,471	0,000	0,419	5,321	1,032	17,857	1,069	130	130
M1FB (2)	1,571	0,000	0,000	0,355	4,179	0,742	74,357	5,881	180	5
M1SP (2)	4,357	0,157	0,000	0,452	2,464	1,161	42,929	1,069	33	8
M1FP (2)	2,786	0,722	0,000	0,387	2,571	1,194	34,714	1,069	33	8
M2SB(1)	1,571	0,785	0,000	0,097	18,571	1,097	52,571	-	-	-
M2FB(1)	2,714	0,866	0,000	0,032	207,857	0,097	159,286	-	-	-
M2SP(1)	1,857	0,628	0,071	0,226	0,000	0,226	0,000	-	-	-
M2FP(1)	2,214	1,299	0,000	0,194	0,357	0,419	0,000	-	-	-
M2SB(2)	4,571	4,396	0,000	0,355	72,036	0,419	318,143	0,000	>2400	79
M2FB(2)	3,786	1,154	0,000	0,323	39,250	0,968	31,429	0,535	240	8
M2SP(2)	2,214	0,000	0,000	0,387	13,071	0,935	3,571	3,208	130	49
M2FP(2)	2,786	0,433	0,000	0,516	4,857	1,097	1,214	4,277	79	2
M3SB(1)	1,786	2,512	0,000	0,032	89,286	0,129	423,500	-	-	-
M3FB(1)	2,857	1,443	0,000	0,065	24,643	0,000	77,857	-	-	-
M3SP(1)	2,429	1,256	0,143	0,065	19,286	0,194	185,857	-	-	-
M3FP(1)	1,286	0,000	0,286	0,129	8,571	0,484	293,786	-	-	-
M3SB(2)	6,357	5,338	0,000	0,161	81,393	0,581	343,143	2,228	>2400	70
M3FB(2)	6,929	2,020	0,000	0,484	63,000	0,677	550,429	2,138	>2400	13
M3SP(2)	2,786	1,884	0,000	0,323	57,321	0,839	349,643	0,000	280	49
M3FP(2)	2,357	0,722	0,000	0,323	16,536	1,355	111,143	1,604	130	17
M4SB(1)	7,214	9,262	0,000	0,323	92,500	0,194	188,214	-	-	-
M4FB(1)	3,429	1,732	0,000	0,000	38,929	0,194	166,500	-	-	-
M4SP(1)	6,000	3,454	0,000	0,032	45,714	0,161	414,643	-	-	-
M4FP(1)	4,357	0,289	0,000	0,129	19,643	0,452	1,143	-	-	-
M4SB(2)	8,214	5,024	0,000	0,226	61,679	0,355	554,286	0,446	540	5
M4SP(2)	3,286	2,983	0,000	0,194	62,071	1,129	122,643	3,208	240	21
M4FP(2)	3,714	1,587	0,000	0,355	32,321	1,645	40,357	3,742	>2400	17
M5S(1)	0,357	10,204	0,143	0,000	0,357	1,290	57,786	-	-	-
M5S(2)	5,214	9,419	0,000	0,065	6,071	0,290	601,643	3,208	350	23

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 04/06/2007, (2) 24/10/2007.

TABELA 95 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Ratonés.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
R1SB (1)	10:14	2,9	32,56	26,37	6,88	8,1	5,6
R1FB (1)			32,85	26,37	6,88	8,1	8,8
R1SP (1)	16:46	4,1	32,80	26,46	7,28	8,13	6,4
R1FP (1)			33,63	25,27	6,51	8,09	248,2
R1SB (2)	12:21	2,0	33,24	24,31	6,60	8,27	12,8
R1FB (2)			33,24	24,28	6,59	8,29	13,6
R2SB(1)	9:40	0,5	5,12	24,72	3,77	6,82	43,5
R2SP(1)	17:19	1,1	23,46	28,31	7,12	8,1	14,2
R2FP(1)			30,58	27,7	7,2	8,18	22,3
R2SB(2)	11:36	2,5	31,64	24,45	5,61	8,04	3,5
R2FB(2)			32,15	24,15	5,20	8,04	17,8
R2SP(2)	16:17	3,5	32,98	25,49	6,36	8,11	21,6
R2FP(2)			33,02	25,33	6,36	8,1	15,0
R3SB(1)	9:06	0,8	2,92	23,93	3,58	6,56	43,7
R3FB(1)			3,43	24,04	3,32	6,54	38,2
R3SP(1)	17:42	1,7	13,98	27,74	5,60	7,59	35,4
R3FP(1)			14,84	28,29	5,40	7,61	34,6
R3SB(2)	11:09	1,2	30,35	24,77	4,94	7,9	5,1
R3FB(2)			30,84	24,60	5,33	7,9	22,2
R3SP(2)	16:04	2	32,94	25,46	6,03	8,14	42,4
R3FP(2)			33,0	25,44	6,35	8,16	33,1
R4SB(1)	8:35	0,8	1,18	23,82	3,94	6,14	38,2
R4FB(1)			2,56	23,94	2,92	6,51	48,0
R4SP(1)	17:57	1,1	12,66	26,97	4,71	7,44	23,6
R4FP(1)			19,24	28,3	5,75	7,71	22,2
R4SB(2)	10:24	5,5	31,54	24,70	5,26	7,86	15,0
R4FB(2)			31,70	24,66	5,16	7,87	7,5
R4SP(2)	15:40	5,5	32,66	25,37	6,08	8,07	31,8
R4FP(2)			32,84	25,43	6,24	8,1	45,8
R5S(1)	12:01	0,3	0,13	25,05	5,83	5,52	21,3
R5S(2)	15:00	0,5	0,04	23,9	5,63	6,76	10,3

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 19/03/2007, (2) 25/11/2007.

TABELA 96 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Ratoes.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
R1SB (1)	2,286	2,198	0,000	0,226	22,14	2,032	0,000	3,267	-	-
R1FB (1)	1,714	4,329	0,000	0,355	11,79	0,677	0,000	2,673	-	-
R1SP (1)	4,000	0,143	0,357	0,323	12,14	0,645	0,000	1,458	-	-
R1FP (1)	1,857	1,010	0,000	1,323	8,21	5,065	9,786	5,346	-	-
R1SB (2)	0,643	0,157	0,000	0,355	12,07	3,323	369,929	5,346	540	22
R1FB (2)	0,929	0,144	0,000	0,452	13,86	3,774	263,857	4,455	100	7
R2SB(1)	25,429	7,535	0,714	0,968	42,50	2,968	112,714	6,683	-	-
R2SP(1)	2,786	1,099	0,214	0,161	50,00	0,645	13,786	5,346	-	-
R2FP(1)	7,286	1,010	0,429	0,226	34,64	0,871	16,000	1,069	-	-
R2SB(2)	0,714	0,157	0,000	0,387	29,54	3,065	336,286	3,564	930	220
R2FB(2)	0,857	0,289	0,000	0,387	21,29	3,871	326,500	5,346	>2400	540
R2SP(2)	0,786	0,471	0,000	0,387	16,64	2,968	408,214	5,346	1610	49
R2FP(2)	0,500	0,577	0,000	0,419	17,18	3,387	376,286	4,455	350	33
R3SB(1)	8,143	8,163	0,571	0,774	119,64	3,710	114,857	5,346	-	-
R3FB(1)	16,786	7,937	0,357	0,742	71,79	3,000	100,357	5,346	-	-
R3SP(1)	5,286	4,396	0,214	0,161	83,21	1,710	162,000	6,683	-	-
R3FP(1)	5,786	4,762	0,214	0,258	86,07	1,839	178,214	8,019	-	-
R3SB(2)	1,500	1,099	0,000	0,484	58,43	3,065	323,286	5,346	1610	220
R3FB(2)	1,214	0,433	0,000	0,516	32,36	3,548	374,929	26,730	>2400	350
R3SP(2)	0,571	0,785	0,000	0,387	18,32	4,032	353,929	3,564	>2400	920
R3FP(2)	1,357	0,722	0,000	0,387	17,50	3,710	410,143	3,564	>2400	130
R4SB(1)	10,571	19,152	0,429	0,194	38,57	2,226	89,357	4,010	-	-
R4FB(1)	12,429	10,678	0,357	0,452	76,07	3,258	158,214	4,010	-	-
R4SP(1)	9,714	5,965	0,286	0,516	68,21	2,387	164,429	8,019	-	-
R4FP(1)	3,643	4,473	0,286	0,484	78,21	0,903	234,071	6,237	-	-
R4SB(2)	2,929	0,314	0,000	0,484	29,96	3,387	296,929	8,019	>2400	180
R4FB(2)	9,071	0,722	0,000	5,484	29,57	3,677	366,429	5,346	>2400	>2400
R4SP(2)	0,571	0,471	0,000	0,387	20,11	3,548	311,857	4,455	350	130
R4FP(2)	0,643	0,866	0,000	0,387	18,04	3,290	284,643	3,564	>2400	170
R5S(1)	10,429	23,548	0,286	0,032	18,93	0,871	71,071	3,564	-	-
R5S(2)	2,500	2,355	0,000	0,194	140,93	6,000	35,714	2,673	350	2

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 19/03/2007, (2) 25/11/2007.

TABELA 97 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Tavares.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
T1SB (1)	10:49	1,5	32,57	27,32	6,13	8,15	5,6
T1FB (1)			32,57	27,41	6,14	8,25	8,7
T1SP (1)	14:39	2,4	32,21	27,94	6,62	8,16	7,6
T1FP (1)			32,55	27,95	6,5	8,24	5,2
T1SB (2)	10:40	1,3	32,34	25,55	6,20	8,12	15,6
T1FB (2)			32,33	25,55	6,09	8,12	39
T1SP (2)	15:27	1,5	32,16	26,42	6,10	8,1	7,4
T1FP (2)			32,62	26,43	5,96	8,08	9,7
T2SB(1)	10:15	1,5	15,07	26,47	4,68	7,26	10,0
T2FB(1)			24,25	26,76	4,25	7,72	13,3
T2SP(1)	15:10	2,1	31,18	28,19	7,3	8,23	5,0
T2FP(1)			31,97	28,1	6,4	8,11	31,6
T2SB(2)	10:03	1,2	15,44	24,85	3,05	6,9	31,2
T2FB(2)			16,01	24,85	3,11	6,95	47,8
T2SP(2)	15:13	2	19,88	26,28	5,24	7,43	27,8
T2FP(2)			30,85	26,63	6,20	7,99	46,4
T3SB(1)	9:51	3,2	2,39	25,10	2,44	6,66	11,0
T3FB(1)			2,89	25,12	2,08	6,58	16,8
T3SP(1)	15:26	3	25,17	27,77	7,94	8,1	9,4
T3FP(1)			28,45	27,95	7,86	8,13	21,6
T3SB(2)	9:44	3,0	8,36	24,60	3,06	6,69	36,7
T3FB(2)			8,29	24,54	2,92	6,71	48,0
T3SP(2)	14:56	2,4	6,26	24,80	2,70	6,78	22,3
T3FP(2)			8,88	24,73	2,63	6,7	24
T4SB(1)	9:12	1,6	3,26	25,20	2,30	6,49	7,8
T4FB(1)			3,26	25,13	1,58	6,65	88,8
T4SP(1)	15:41	1,9	24,1	27,24	7	7,97	45,4
T4FP(1)			25,37	27,43	6,78	8,01	88,9
T4SB(2)	9:08	1,4	6,23	24,49	2,32	6,85	38,2
T4FB(2)			6,63	24,45	3,00	7,4	45,9
T4SP(2)	14:35	2,0	2,73	24,4	2	6,74	25,7
T4FP(2)			2,83	24,33	1,91	6,77	28,5
T5S(1)	11:53	0,5	0,19	25,87	2,47	6,16	42,8
T5S(2)	16:40	0,5	0,1	24,6	0,24	7,08	8,7

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 04/04/2007, (2) 11/12/2007.

TABELA 98 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Tavares.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
	µM							µg/L	NMP/ml	
T1SB (1)	1,357	0,157	0,000	0,194	124,29	1,032	55,929	6,950	-	-
T1FB (1)	1,071	0,577	0,000	0,290	2,86	0,452	43,143	8,019	-	-
T1SP (1)	2,429	0,157	0,071	0,226	4,64	3,194	0,929	7,484	-	-
T1FP (1)	2,357	0,866	0,000	0,226	8,57	0,871	273,143	6,415	-	-
T1SB (2)	5,071	0,000	0,000	0,484	15,64	4,323	403,357	4,010	79	49
T1FB (2)	2,429	0,144	0,000	0,516	10,96	2,226	290,214	6,014	23	21
T1SP (2)	2,143	0,000	0,000	0,548	14,39	5,000	358,000	7,351	79	14
T1FP (2)	2,571	0,000	0,000	0,677	15,79	4,000	318,071	5,346	33	7
T2SB(1)	9,357	2,512	0,571	0,355	91,46	2,387	139,786	24,948	-	-
T2FB(1)	1,500	27,943	0,143	0,258	43,21	2,903	304,643	11,227	-	-
T2SP(1)	0,143	0,471	0,000	0,194	11,43	0,839	191,357	9,623	-	-
T2FP(1)	0,929	0,866	0,000	0,387	6,43	0,839	22,357	10,692	-	-
T2SB(2)	9,786	3,454	0,286	0,677	81,29	3,677	74,929	6,014	1610	1610
T2FB(2)	9,714	3,611	0,286	0,645	88,04	4,516	66,143	4,678	>2400	>2400
T2SP(2)	6,857	2,198	0,214	0,516	64,86	4,032	69,786	10,024	280	280
T2FP(2)	2,500	0,577	0,000	0,548	35,21	4,645	203,357	16,038	540	350
T3SB(1)	8,929	3,611	0,714	0,548	72,14	4,645	150,857	1,782	-	-
T3FB(1)	8,929	5,916	0,857	0,677	49,29	3,097	126,929	2,673	-	-
T3SP(1)	4,071	0,157	0,071	0,226	36,07	1,290	564,643	20,315	-	-
T3FP(1)	2,857	1,443	0,071	0,161	40,36	1,452	74,857	17,107	-	-
T3SB(2)	9,643	2,983	0,357	0,645	97,11	6,742	100,857	4,678	>2400	>2400
T3FB(2)	11,500	4,040	0,357	0,645	98,61	4,258	95,214	1,337	>2400	1610
T3SP(2)	15,071	3,454	0,571	0,935	117,61	5,903	120,143	4,678	920	920
T3FP(2)	12,357	4,040	0,571	0,903	96,18	5,290	115,714	3,341	1610	540
T4SB(1)	26,500	5,651	2,071	2,000	82,86	3,161	95,000	3,119	-	-
T4FB(1)	27,929	10,390	3,143	1,548	264,64	4,290	133,571	2,673	-	-
T4SP(1)	1,857	1,099	0,071	0,258	41,79	2,806	589,643	19,780	-	-
T4FP(1)	2,929	0,722	0,071	0,129	34,29	1,935	310,857	20,849	-	-
T4SB(2)	22,429	3,925	0,643	1,194	108,50	8,935	130,214	3,341	1610	920
T4FB(2)	24,000	6,494	0,643	1,516	116,57	9,065	113,000	3,341	>2400	540
T4SP(2)	19,000	6,436	0,929	1,452	104,75	8,355	176,786	4,010	>2400	350
T4FP(2)	16,571	7,071	0,786	1,742	118,18	8,129	141,071	2,673	1610	240
T5S(1)	41,571	3,297	0,357	0,032	121,43	3,419	94,857	13,365	-	-
T5S(2)	37,571	0,000	0,000	0,871	137,57	10,742	154,857	2,005	>2400	70

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 04/04/2007, (2) 11/12/2007.

TABELA 99 – Dados físico-químicos da água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Itacorubi.

Estação	Hora	Prof. (m)	Sal.	Temp (°C)	O.D. (mg/L)	pH	Turb. (NTU)
I1SB (1)	09:18	2,7	27,63	16,39	7,9	8,14	1,9
I1FB (1)			27,66	16,22	7,85	8,08	2,9
I1SP (1)	16:18	3,6	28,03	16,26	7,88	8,07	4,5
I1FP (1)			28,03	16,25	7,72	8,09	8,9
I1SB (2)	9:58	1,5	25,46	27,00	7,00	7,36	14,2
I1FB (2)			25,73	27	6,2	7,47	6,1
I1SP (2)	16:18	3,0	27,23	27,66	7,64	8,37	7,5
I1FP (2)			27,79	27,57	6,42	8,43	17,4
I2SB(1)	10:18	0,6	24,69	17,02	4,46	7,59	8,9
I2FB(1)			24,78	17,04	4,57	7,7	13,0
I2SP(1)	15:11	2,4	25,93	18,47	7,54	7,88	22
I2FP(1)			26,13	18,14	7,64	7,93	27,2
I2SB(2)	8:28	0,2	23,78	26,46	3,12	7,42	31,2
I2SP(2)	16:01	1,5	18,87	26,59	9,01	8,01	25,3
I2FP(2)			27,21	27,19	7,49	8,19	11,7
I3SB(1)	12:25	0,5	18,36	18,58	2,36	6,81	19,9
I3SP(1)	15:22	2,7	25,77	18,49	7,30	7,85	15,6
I3FP(1)			26,01	18,21	7,60	7,93	20,5
I3SB(2)	10:40	0,5	0,8	25,13	6,00	7,54	135,4
I3SP(2)	15:32	3,0	2,04	24,33	4,58	7,62	109,5
I3FP(2)			26,22	27,05	7,09	7,52	80,1
I4SB(1)	10:00	0,5	0,33	18,74	1,3	6,61	15,6
I4SP(1)	16:20	0,5	7,12	21,64	0,57	6,87	15,6
I4SB(2)	10:15	0,2	0,06	24,02	7,3	8,22	120,1
I4SP(2)	17:30	0,5	0,16	24,23	4,3	8,44	57,8
I5S(1)	13:00	0,2	0,08	16,87	5	5,8	7,6
I5S(2)	10:55	0,3	0,01	23,53	8,2	7,93	156,5

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 13/08/2007, (2) 25/02/2008.

TABELA 100 – Nutrientes, clorofila-a e coliformes (totais e fecais) na água de superfície e fundo ao longo do estuário do Rio Itacorubi.

Estação	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	Si	P-total	N-total	Cla	Colif. Totais	Colif. Fecais
I1SB (1)	3,643	0,722	0,000	0,484	13,71	1,548	25,429	1,337	4	<2
I1FB (1)	4,071	0,000	0,000	0,516	34,86	2,032	18,357	0,000	8	2
I1SP (1)	9,929	0,157	0,000	0,516	16,07	2,161	1,929	2,2275	17	2
I1FP (1)	10,643	0,577	0,000	0,548	14,93	2,161	2,429	0	8	5
I1SB (2)	13,071	6,643	0,000	0,452	16,86	319,286	3,516	15,147	350	22
I1FB (2)	6,500	2,500	0,000	0,581	15,68	424,286	3,581	16,929	46	13
I1SP (2)	0,643	0,286	0,000	0,226	17,57	375,857	2,935	6,237	49	2
I1FP (2)	0,643	0,286	0,000	0,323	19,25	479,500	3,323	6,237	110	8
I2SB(1)	76,714	6,061	2,500	3,452	64,71	5,290	302,714	2,138	667	333
I2SP(1)	33,429	2,826	1,786	2,548	30,18	4,871	35,571	10,157	350	170
I2FP(1)	40,000	3,608	1,357	2,097	36,93	5,129	10,786	11,227	350	49
I2SB(2)	75,286	8,786	1,143	1,806	84,00	401,071	6,613	7,128	920	110
I2SP(2)	13,429	4,571	0,571	0,935	150,57	228,571	4,000	8,019	110	170
I2FP(2)	1,286	0,429	0,071	0,839	17,18	289,429	2,710	5,346	170	11
I3SB(1)	123,714	7,535	3,357	7,387	137,43	9,387	334,857	1,337	1610	130
I3SP(1)	36,214	2,983	1,143	1,935	29,64	4,839	0,357	11,761	350	33
I3FP(1)	36,571	3,752	1,214	2,161	28,11	4,806	14,143	10,157	350	79
I3SB(2)	84,000	14,571	2,286	1,645	87,79	477,214	15,452	7,128	540	350
I3SP(2)	50,571	24,143	2,500	2,323	129,89	372,786	10,000	2,673	540	240
I3FP(2)	3,500	1,286	0,143	0,935	22,54	441,143	5,065	2,673	>2400	180
I4SB(1)	146,429	7,071	2,071	17,677	208,93	27,742	636,786	0,000	>2400	730
I4SP(1)	147,571	1,099	0,214	17,903	160,79	27,484	462,071	0,000	1610	540
I4SB(2)	55,571	29,286	2,571	2,645	83,00	445,500	16,613	6,237	>2400	1610
I4SP(2)	42,286	27,500	2,929	2,065	171,21	382,643	7,484	1,782	>2400	920
I5S(1)	96,000	61,039	8,571	13,613	185,14	14,968	482,857	0,000	>2400	460
I5S(2)	10,857	21,357	0,714	1,000	138,14	214,429	7,548	3,297	1610	920

Nota: S – Superfície, F-Fundo, B-Baixamar, P-Preamar, (1) 13/08/2007, (2) 25/02/2008.

**Anexo 4 – Cálculos detalhados (exemplo) para obtenção do balanço de massa:
Rio Cubatão do Sul em baixamar (20/04/2007)**

Área: 0,59 km² (figura 42)

Profundidade média da região estuarina: 3,7 m (n=9)

Volume médio: 3,7 m x 590.000m²= 2,18.10⁶ m³

BALANÇO DE ÁGUA E SAL – ESTUÁRIO ESTRATIFICADO

• **Balanço de água**

Em estado estacionário:

$$\Sigma(\text{entrada}) + \Sigma(\text{saída})=0$$

$$V_Q + V_P + V_E + V_G + V_O + V_R = 0$$

$$V_R = -(V_Q + V_P + V_E + V_G + V_O)$$

Eliminando os termos que são iguais ou foram assumidos como zero.

$$V_R = -(1,59 \cdot 10^4 + 8,10 \cdot 10^2 - 3,37 \cdot 10^3)$$

$$V_R = -1,33 \cdot 10^4 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

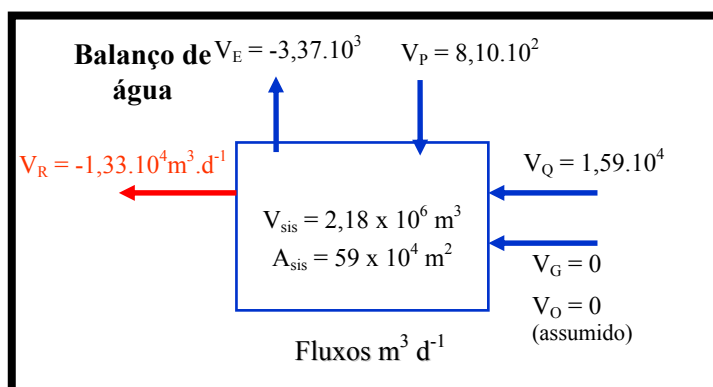


FIGURA 78 – Balanço de água do estuário do Rio Cubatão do Sul (04/2007)

- **Balço de sal**

$$V_{\text{sup}} + V_R + V_{\text{fun}} = 0$$

$$V_{\text{sup}} = V_R - V_{\text{fun}}, \text{ onde:}$$

$$V_{\text{fun}} = \frac{V_R S_{\text{sis-s}}}{S_{\text{sis-s}} - S_{\text{oc-f}}}$$

$$V_{\text{fun}} = \frac{-1,33 \cdot 10^4 m^3 d^{-1} \cdot 6,89}{6,89 - 31,70}$$

$$V_{\text{fun}} = +3,71 \cdot 10^3 m^3 d^{-1}$$

$$V_{\text{sup}} = -1,33 \cdot 10^4 m^3 d^{-1} - 3,71 \cdot 10^3 m^3 d^{-1}$$

$$V_{\text{sup}} = -1,70 \cdot 10^4 m^3 d^{-1}$$

- **fluxo de mistura**

$$V_Z = V_{\text{fun}} \frac{(S_{\text{oc-f}} - S_{\text{sis-f}})}{S_{\text{sis-f}} - S_{\text{sis-s}}}$$

$$V_Z = 3,71 \cdot 10^3 m^3 d^{-1} \left(\frac{31,70 - 24,67}{24,67 - 6,89} \right)$$

$$V_Z = 1,46 \cdot 10^3 \text{ ups} \cdot m^3 d^{-1}$$

Nota.: ups – unidade prtica de salinidade. Foi utilizada aqui para enfatizar que V_Z representa o fluxo vertical de sal.

Em síntese:

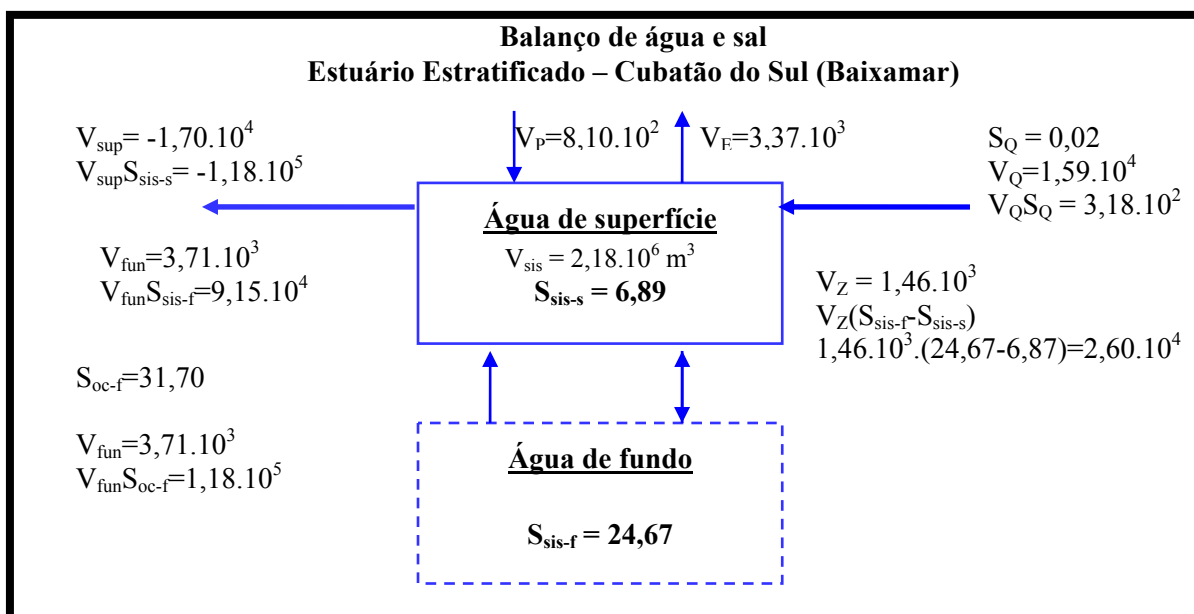


FIGURA 79 – Balço de água e sal do estuário do Rio Cubatão do Sul em baixamar. Fluxos de água em $\text{m}^3 \text{d}^{-1}$ e fluxo de sal em $\text{ups} \cdot \text{m}^3 \text{d}^{-1}$.

Obs.: $\Sigma \text{entrada} + \Sigma \text{saída} = 0$

$$V_{\text{sup}} + V_p + V_E + V_Q + V_{\text{fun}} = 0$$

$$-1,70 \cdot 10^4 + 8,10 \cdot 10^2 - 3,37 \cdot 10^3 + 1,59 \cdot 10^4 + 3,71 \cdot 10^3 = 0$$

BALANÇO DE NUTRIENTES – ESTUÁRIO ESTRATIFICADO

- **Balço de massa do fósforo inorgânico dissolvido**

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = \Delta DIP_{\text{sup}} + \Delta DIP_{\text{fun}}$$

$$\Delta DIP_{\text{sup}} = -(V_Q DIP_Q + V_{\text{sup}} DIP_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIP_{\text{sis-f}} + V_Z (DIP_{\text{sis-f}} - DIP_{\text{sis-s}})), \text{ onde:}$$

$$\Delta DIP_{\text{sup}} = -(1,03 \cdot 10^3 - 1,28 \cdot 10^3 + 1,51 \cdot 10^3 + 4,88 \cdot 10^2)$$

$$\Delta DIP_{\text{sup}} = -1,75 \cdot 10^3 \text{ mmol} \cdot \text{d}^{-1}$$

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = -(V_Q DIP_Q + V_{\text{sup}} DIP_{\text{sis-s}} + V_{\text{fun}} DIP_{\text{oc-f}})$$

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = -(1,03 \cdot 10^3 - 1,28 \cdot 10^3 + 1,43 \cdot 10^3)$$

$$\Delta DIP_{\text{sis}} = -8,74 \cdot 10^2 \text{ mmol} \cdot \text{d}^{-1}$$

$$-8,74.10^2 = -1,75.10^3 + \Delta DIP_{fun}$$

$$\Delta DIP_{fun} = +8,72.10^2 \text{ mmol.d}^{-1}$$

Em síntese:

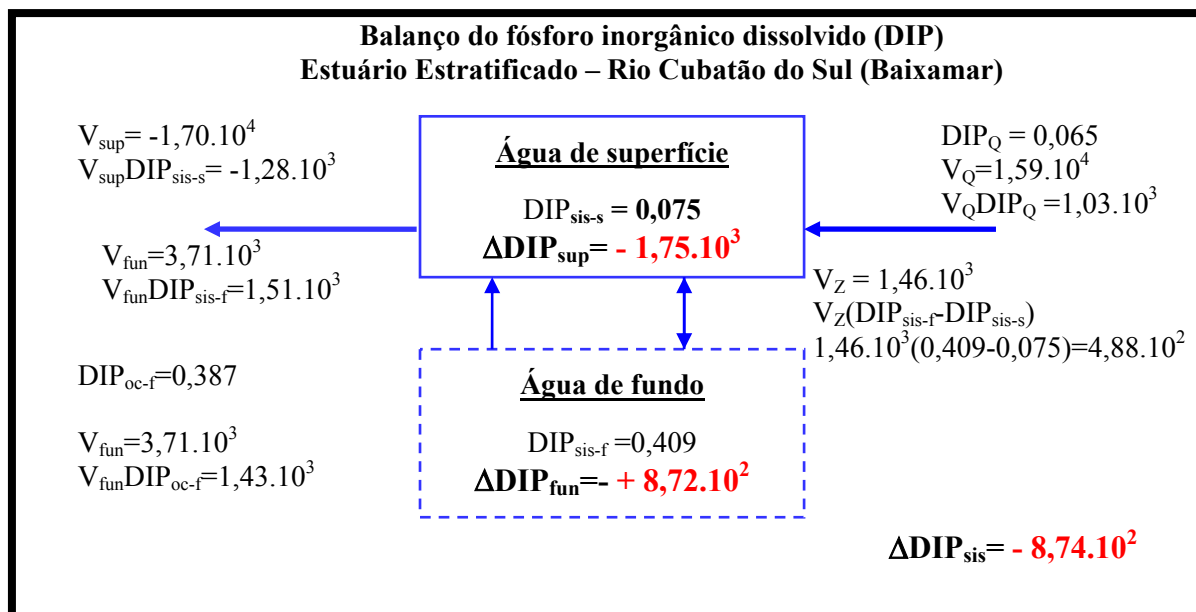


FIGURA 80 – Balço fósforo inorgânico dissolvido (DIP) do estuário do Rio Cubatão do Sul. Fluxos de água em m³ d⁻¹ e fluxos de fósforo em mmol.d⁻¹.

- **Balço de massa do nitrogênio inorgânico**

$$\Delta DIN_{sis} = \Delta DIN_{sup} + \Delta DIN_{fun}$$

$$\Delta DIN_{sup} = -(V_QDIN_Q + V_{sup}DIN_{sis-s} + V_{fun}DIN_{sis-f} + V_Z(DIN_{sis-f} - DIN_{sis-s})), \text{ onde:}$$

$$\Delta DIN_{sup} = -(2,84.10^5 - 3,06.10^5 + 7,93.10^4 + 3,13.10^4)$$

$$\Delta DIN_{sup} = -8,91.10^4 \text{ mmol.d}^{-1}$$

$$\Delta DIN_{sis} = -(V_QDIN_Q + V_{sup}DIN_{sis-s} + V_{fun}DIN_{oc-f})$$

$$\Delta DIN_{sis} = -(2,84.10^5 - 3,06.10^5 + 9,54.10^3)$$

$$\Delta DIN_{sis} = -5,80.10^5 \text{ mmol.d}^{-1}$$

$$-5,80.10^5 = -8,91.10^4 + \Delta DIP_{fun}$$

$$\Delta DIN_{fun} = -4,91.10^5 \text{ mmol.d}^{-1}$$

Em síntese:

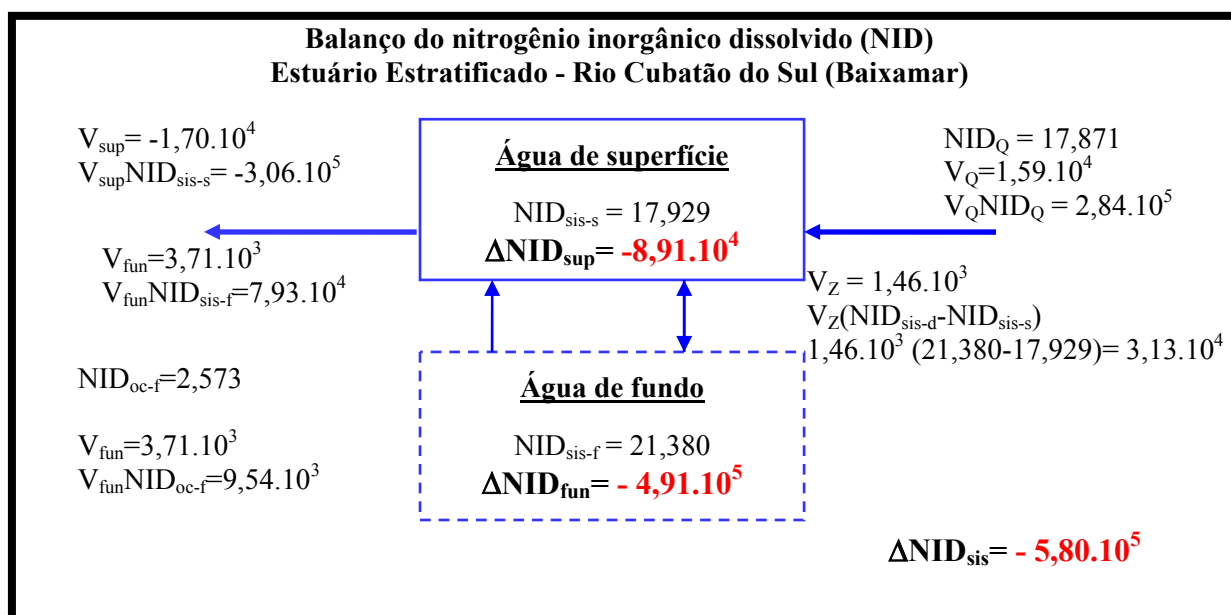


FIGURA 81 – Balço nitrogênio inorgânico dissolvido (DIN) do estuário do Rio Cubatão do Sul. Fluxos de água em $10^5 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ e fluxos de nitrogênio em 10^5 mmol.d^{-1} .

Anexo 5 – Dados hidroquímicos coletados no momento da coleta de sedimento

TABELA 101 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Cubatão do Sul nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 07/04/2008 .

ESTAÇÃO	Coluna d'água	hora	Prof. m	Sal.	Temp. °C	O.D. mg/l	pH	Turb. NTU
CA-1	S	9:54	4,0	28,22	23,26	7,00	8,36	6,7
	M			29,87	23,19	6,68	8,37	
	F			30,58	22,98	5,87	8,3	
CB	S	10:20	0,8	4,7	23,46	6,83	8,17	
	M							
	F			28,15	23,52	6,47	8,25	
CC-2	S	10:46	2,6	6,31	22,39	7,47	7,48	2,5
	M			20,98	22,45	5,88	7,95	
	F			25,69	23,05	5,18	8,06	
CD	S	15:14	3,6	8,25	25,23	8,94	8,09	
	M			26,55	25,38	7,40	7,96	
	F			29,3	24,82	7,55	7,9	
CE	S	15:00	4,3	7,54	23,80	12,79	8,34	
	M			25,32	23,88	6,70	7,9	
	F			26,99	23,40	5,00	8,73	
CF-3	S	11:20	2,5	1,9	22,50	9,03	7,56	8,1
	M			8,12	22,36	8,41	7,22	
	F			25,17	23,19	4,65	7,87	
CG	S	14:31	3,1	1,64	23,84	9,30	7,74	
	M			7,45	22,80	9,44	7,84	
	F			25,02	22,83	5,50	7,97	
CH-4	S	11:40	3,5	0,05	22,06	7,85	7,61	12,4
	M			0,7	21,88	7,26	7,05	
	F			1,03	21,86	7,32	6,91	
CI	S	14:06	2,1	0,06	22,6	7,51	6,16	
	M			0,05	22,3	7,46	6,43	
	F			0,05	21,71	7,6	7,11	
CJ	S	13:54	2,3	0,01	22,42	7,77	6,9	
	M			0,03	21,59	7,83	6,3	
	F			0,03	21,5	7,72	6,31	
CK	S	13:42	9,5	0,01	21,76	8,16	6,47	
	M			0,02	21,91	8,18	6,35	
	F			0,02	21,8	8,09	6,32	
CL-5	S	12:03	3,0	0,02	21,64	8,22	6,66	10,4
	M			0,01	21,65	8,18	6,53	
	F			0,01	21,65	8,16	6,5	

TABELA 102 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Biguaçu nos pontos de amostragem de sedimento coletados em 10/03/2008.

ESTAÇÃO	Coluna d'água	hora	Prof. m	Sal.	Temp. °C	O.D. mg/l	pH	Turb. NTU
BA-1	S	10:22	3,5	31,02	28,68	6,72	8,11	6,3
	M			31,93	27,85	6,26	8,11	
	F			32,09	27,67	5,7	8,07	
BB	S	10:45	2,0	8,21	27,3	6,78	7,8	
	M			9,17	27,89	6,48	7,95	
	F			30,47	28,6	6,19	7,98	
BC-2	S	9:58	2,7	2,3	26,24	6,94	6,62	17,6
	M			19,56	27,44	6,02	7,6	
	F			28,9	28,21	5,69	8,01	
BD	S	11:01	3,2	1,65	25,77	6,85	7,25	
	M			14,31	26,84	5,40	7	
	F			28,42	28,24	4,55	7,8	
BE	S	14:12	2,3	1,26	25,34	7,22	7,43	
	M			1,94	25,20	7,18	7,18	
	F			24,48	27,79	5,50	7,87	
BF-3	S	14:22	3,1	0,05	24,82	7,65	7,5	3,78
	M			0,24	24,26	7,54	7,18	
	F			24,6	27,86	4,57	7,35	
BG	S	14:33	3,5	0,03	24,84	7,32	6,95	
	M			0,03	24,31	7,34	6,75	
	F			0,03	24,25	7,30	6,67	
BH	S	14:43	2,8	0,03	24,71	7,61	6,65	
	M			0,03	24,58	7,63	6,56	
	F			0,03	24,33	7,25	6,51	
BI-4	S	14:54	5,3	0,02	24,61	7,92	6,6	36,0
	M			0,02	24,53	7,59	6,42	
	F			0,02	24,49	7,47	6,41	
BJ	S	15:22	3	0,02	25,3	8,17	6,64	
	M			0,02	24,9	8,01	6,59	
	F			0,02	24,86	7,82	6,55	
BK-5	S	16:02	4,3	0,03	26,33	7,74	6,78	21
	M			0,03	26,3	7,82	6,75	
	F			0,03	26,3	7,6	6,72	

Tabela 103 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Ratonos nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 25/11/2007.

ESTAÇÃO	Coluna d'água	hora	Prof. m	Sal.	Temp. °C	O.D. mg/l	pH	Turb. NTU
RA-1	S	12:21	2,0	33,24	24,31	6,60	8,27	12,8
	M			33,24	24,29	6,59	8,28	
	F			33,24	24,28	6,59	8,29	
RB	S	12:08	1,0	33,17	24,53	6,57	8,27	
	M			33,16	24,53	6,51	8,28	
	F			33,16	24,52	6,46	8,29	
RC-2	S	11:36	2,5	31,64	24,45	5,61	8,04	3,5
	M			31,8	24,33	5,45	8,05	
	F			32,15	24,15	5,20	8,04	
RD	S	11:22	2,0	30,71	24,07	5,12	7,94	
	M			30,77	24,54	5,07	7,95	
	F			30,78	24,51	5,08	7,89	
RE-3	S	11:09	1,2	30,35	24,77	4,94	7,9	5,1
	M			30,82	24,64	5,15	7,94	
	F			30,84	24,60	5,33	7,9	
RF	S	10:52	1,5	32,1	24,66	5,34	7,99	
	M			32,1	24,66	5,47	7,98	
	F			32,0	24,64	5,52	7,97	
RG-4	S	10:24	5,5	31,54	24,70	5,26	7,86	15,0
	M			31,61	24,68	5,08	7,86	
	F			31,7	24,66	5,16	7,87	
RH	S	15:18	2,0	31,44	25,28	5,89	8,02	
	M			34,45	25,26	5,95	8,03	
	F			31,5	25,24	5,99	8,02	
RI	S	15:04	2,0	31,66	25,55	6,14	8,02	
	M			31,68	25,55	6,11	8,03	
	F			31,69	25,50	6,18	8,01	
RJ	S	14:50	1,2	19,47	26,15	5,18	7,22	
	M			22,83	25,7	4,94	7,3	
	F			27,05	25,2	4,73	7,44	
RK	S	14:30	1,0	6,3	26,53	5,45	7,02	
	M			15,21	26,59	4,50	6,87	
	F			17,83	26,25	4,8	6,92	

Nota: Não foi possível coletar sedimento na estação RL-5

TABELA 104 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Tavares nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 11/12/2007.

ESTAÇÃO	Coluna d'água	hora	Prof. m	Sal.	Temp. °C	O.D. mg/l	pH	Turb. NTU
TA-1	S	10:40	1,3	32,34	25,55	6,20	8,12	15,6
	M			32,34	25,55	6,17	8,12	
	F			32,33	25,55	6,09	8,12	
TB	S	10:57	1	32,5	26,39	5,8	8,11	
	M			32,51	26,39	5,76	8,11	
	F			32,51	26,36	5,78	8,11	
TC	S	11:11	6,5	31,92	25,50	6,00	8,08	
	M			32,19	26,22	5,88	8,11	
	F			32,7	26,43	5,63	8,11	
TD	S	11:20	1,5	32,6	26,41	5,78	8,12	
	M			32,66	26,41	5,84	8,12	
	F			32,67	26,3	5,85	8,11	
TE	S	11:31	1,3	26,21	25,78	5,46	7,84	
	M			28,45	25,80	5,68	7,96	
	F			28,32	25,70	5,46	7,94	
TF	S	13:17	1,8	17,9	25,73	4,24	7,27	
	M			24	25,98	5,70	7,74	
	F			28,7	25,98	6,00	7,96	
TG-2	S	15:13	2	19,88	26,28	5,24	7,43	27,8
	M			30,05	26,64	6,40	7,98	
	F			30,85	26,63	6,20	7,99	
TH	S	13:36	3,1	11,56	25,40	3,70	7,3	
	M			26,17	25,71	4,7	7,69	
	F			27,33	25,52	4,98	7,78	
TI	S	13:44	3,8	10,66	24,89	2,62	6,92	
	M			16	25,04	3,04	7,15	
	F			23,42	25,2	3,87	7,38	
TJ	S	13:54	3,7	8	24,85	2,74	6,79	
	M			10,15	24,71	2,49	6,79	
	F			10,48	24,70	2,43	6,81	
TK-3	S	14:56	2,4	6,26	24,80	2,70	6,78	22,3
	M			7,8	24,72	2,63	6,78	
	F			8,88	24,73	2,63	6,7	
TL	S	14:16	2,0	4,46	24,65	2,11	6,81	
	M			4,75	24,46	1,82	6,84	
	F			5,08	24,52	1,78	6,9	
TM-4	S	14:35	2,0	2,73	24,4	2	6,74	25,7
	M			2,75	24,37	1,98	6,75	
	F			2,83	24,33	1,91	6,77	
TN-5	S	16:40	0,5	0,1	24,6	0,24	7,08	8,7

TABELA 105 – Dados hidroquímicos (superfície (S), metade da coluna (M) e fundo(F)) do Rio Itacorubi nos pontos de amostragem de sedimento coletado em 25/02/2008.

ESTAÇÃO	Coluna d'água	hora	Prof. m	Sal.	Temp. °C	O.D. mg/l	pH	Turb. NTU
IA-1	S	9:58	1,5	25,46	27,00	7,00	7,36	14,2
	F			25,73	27	6	7,47	6,1
IB	S	09:40	1,5	26,46	26	5,83	7,50	
	F			28,48	26	5,0	7,50	
IC	S	8:33	1,0	25,57	26,75	4,31	7,43	
	M			25,7	26,7	4,20	7,44	
ID-2	S	8:28	0,2	23,78	26,46	3,12	7,42	31,2
IE	S	15:50	1,5	10,45	25,30	5,62	3,48	
	F			26,7	27,02	6,46	3,5	
IF-3	S	15:32	3,0	2,04	24,33	4,58	7,62	109,5
	F			26,22	27,05	7,09	7,52	80,1
IG	S	15:13	2,8	1,59	24,27	4,89		
	F			25,63	26,85	5,63	7,53	
IH-4	S	10:15	0,2	0,06	24,02	7,3	8,22	120,1

Nota: Não foi possível coletar sedimento na estação I-5

Anexo 6 – Pranchas (fotos em Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV das tecamebas e foraminíferos dominantes na área de estudo)

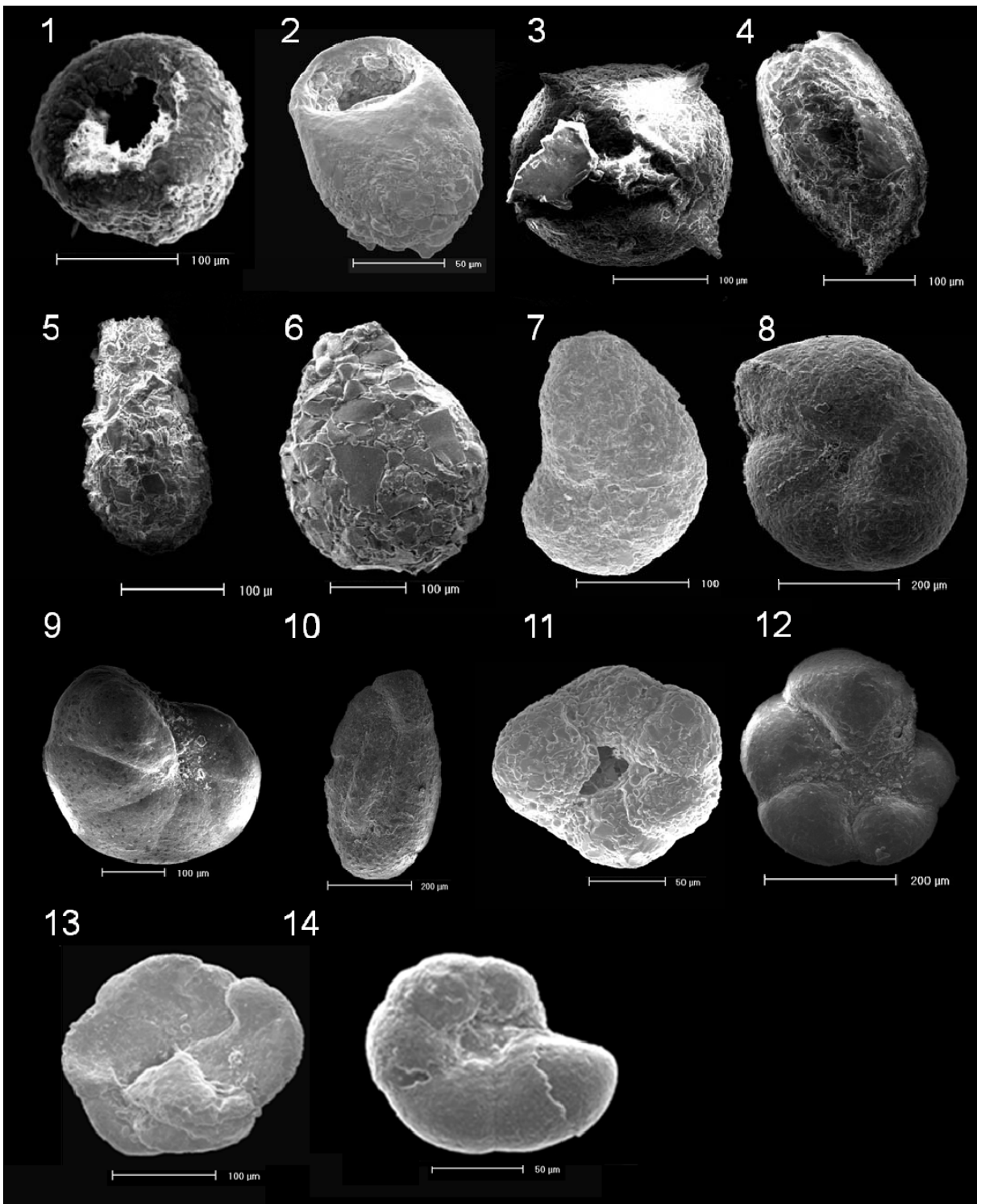
Prancha 1

Tecamebas

1. *Centropyxis aculeata*
2. *Centropyxis constricta*
3. *Curcubitella corona*
4. *Diffugia protaeformis*
5. *Lagenodiffugia vas*
6. *Pontigulasia compressa*

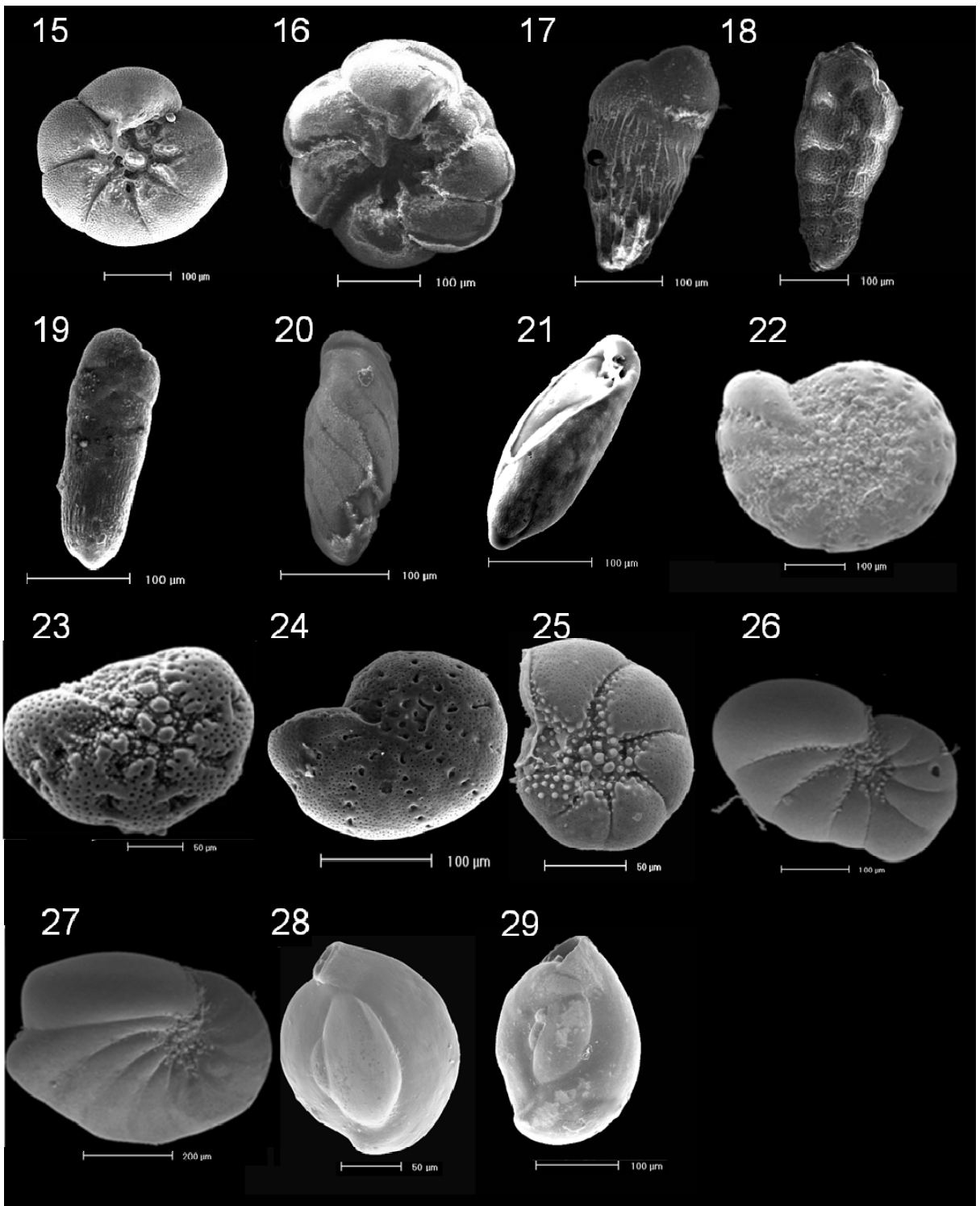
Foraminíferos

7. *Ammotium salsum*
8. *Arenoparrella mexicana*
9. *Haplophragmoides wilberti*
10. *Miliammina fusca*
11. *Paratrochammina clossi*
12. *Siphotrochammina lobata*
13. *Tiphotrocha comprimata*
14. *Trochammina inflata*



Prancha 2

15. *Ammonia parkinsoniana*
16. *Ammonia tepida*
17. *Brizalina striatula*
18. *Brizalina striatula*
19. *Brizalina striatula*
20. *Buliminella elegantissima*
21. *Buliminella elegantissima*
22. *Criboelphidium excavatum*
23. *Criboelphidium gunteri*
24. *Criboelphidium poyeanum*
25. *Haynesina germanica*
26. *Pseudononium atlanticum*
27. *Pseudononium atlanticum*
28. *Quinqueloculina lamarckiana*
29. *Quinqueloculina seminula*



Anexo 7 – Fotos durante a campanha de coleta e pessoas que auxiliaram na pesquisa



FIGURA 82 – Estuário do Rio Cubatão do Sul



FIGURA 83 – Estuário do Rio Biguaçu



FIGURA 84 – Estuário do Rio Maciambu

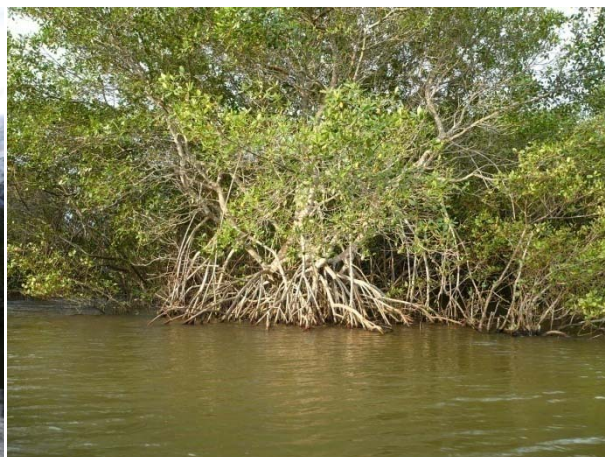


FIGURA 85 – Estuário do Rio Ratoes

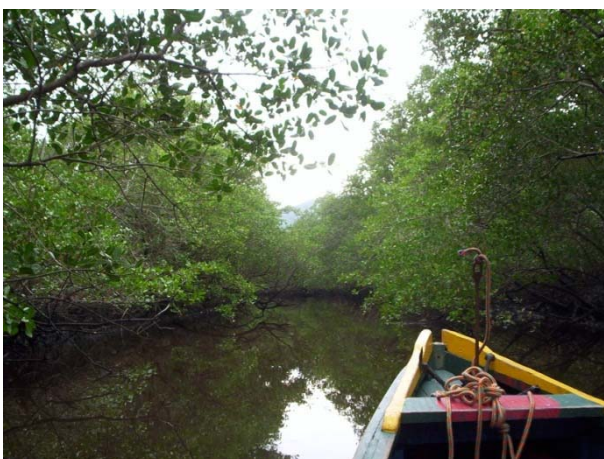


FIGURA 86 – Estuário do Rio Tavares



FIGURA 87 – Estuário do Rio Itacorubi



FIGURA 88 – Algumas pessoas que ajudaram na pesquisa

Nota: Sempre falta gente, desculpe-me pelos que não estão aqui! Mas tem aí alguns que deram uma força! Valeu!

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)