

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Geociências - GCN
Programa de Pós-Graduação em Geografia

ESTUDO DA DINÂMICA DAS ÁGUAS DO CANAL DA BARRA
BARRA DA LAGOA – FLORIANÓPOLIS, SC.

Dissertação de Mestrado em Geografia,
Área de concentração: Utilização e
Conservação dos Recursos Naturais.
Linha de Pesquisa: Oceanografia
Costeira e Geologia Marinha

Autor: **Mário Luiz Martins Pereira**

Orientador: **Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho**

Florianópolis, Fevereiro de 2004

† **Em homenagem aos meus amigos:**

Roberto “Mad” Lelis,

que deve estar contando um monte de piadas e tirando sarro de um monte de gente lá em cima;

Leonardo “Leozinho” Nisumoto,

que reforçou a torcida do Timão lá nas arquibancadas superiores.

Galera, vai preparando a festa que um dia a gente se encontra...

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais pelo apoio incondicional na minha busca do meu caminho pessoal;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jarbas Bonetti Filho, por ter apostado em meu potencial e por ter me adotado no LOC;

Aos professores: Érico Porto Filho, pela cessão de parte dos dados apresentados nesse trabalho e pelos toques dados na defesa da qualificação; e Davide Franco, pelo auxílio na defesa da qualificação e pelas contribuições ao trabalho;

Ao geógrafo e marinheiro Maurício “Didi” Marino, pelo apoio nas campanhas embarcadas e tratamento das amostras;

Aos meus colegas de laboratório Carla Bonetti, Adriano Py, Elpídio Beltrame, Denis “Homem Poita” Oliveira, Fred Ruddorf, Renato “Buscapé” Lélis, Rafael e Alexandre “Filhões” e Lucélia, que me auxiliaram na teoria e na prática durante esta etapa de da minha formação acadêmica e pessoal;

Ao Pedro Paulo “Marrabushi”, pelo indispensável apoio emocional e espiritual;

Ao Netuno, que nas horas de folgas me ajudou a aliviar as tensões e liberou altas ondas;

Aos meus colegas de trabalho, pelo apoio e liberação do trabalho para conclusão dessa dissertação;

À Marina Verde Mar, pelos trabalhos prestados com destreza e competência;

Aos meus amigos pessoais, Apoena, Thiago “Peixe”, Celso “Alemão”, Rodrigo “Bozó”, Rodrigo “Gari” e Danilo “Margarida”;

Aos meus antepassados, que de alguma forma e de algum lugar estão dando uma força pra mim;

E a todos mais que meus neurônios não conseguiram lembrar...

**“O que não nos mata,
nos fortalece!!”**

Autor desconhecido

Índice

I.	Resumo	7
II.	Abstract.....	8
1.	Introdução e Justificativas	9
2.	Sistemas Costeiros Abrigados: Conceitos e caracterizações	16
2.1.	Estuário.....	16
2.2.	Lagunas Costeiras.....	19
2.3.	Outras definições e conceitos	20
3.	Classificações de Estuários e Lagunas	21
4.	Forçantes do sistema hidrodinâmico	28
4.1.	Descarga Fluvial	28
4.2.	Marés	29
4.3.	Vento	31
4.4.	Radiação Solar.....	32
5.	Gênese dos estuários.....	33
6.	Caracterização da área de estudos	35
6.1.	Localização Geográfica	35
6.2.	Características Hidrológicas e Sedimentares.....	35
6.3.	Conexão Efêmera	38
6.4.	Conexão permanente	39
6.5.	Climatologia	41
6.6.	Geologia e Geomorfologia	43
6.7.	Usos e manejo.....	44
7.	Objetivos.....	51
7.1.	Geral	51
7.2.	Específicos.....	51
8.	Metodologia.....	52
8.1.	Materiais	52
8.1.1.	Coletas de campo.....	52
8.1.2.	Análise em laboratório	53
8.2.	Metodologia das coletas de dados (Campanhas de coletas).....	54
8.2.1.	Intervalo mensal	54
8.2.2.	Intervalo Diário	56
8.2.3.	Intervalos Horários – Estações Fixas	57
8.3.	Metodologia de análise das amostras	59
8.3.1.	pH	59
8.3.2.	Turbidez.....	59
8.3.3.	Salinidade e temperatura	59
8.3.4.	Material em suspensão	59
8.4.	Metodologia de processamento dos dados	60
8.4.1.	Amostragens mensais	60
8.4.2.	Amostragens diárias	60
8.4.3.	Estações fixas	61
9.	Resultados e Discussão.....	62
9.1.	Campanhas mensais.....	62

9.1.1. Agosto.....	62
9.1.2. Setembro.....	63
9.1.3. Outubro.....	65
9.1.4. Novembro.....	66
9.1.5. Dezembro.....	67
9.1.6. Janeiro.....	69
9.1.7. Fevereiro.....	70
9.1.8. Março.....	71
9.1.9. Abril.....	72
9.1.10. Maio.....	74
9.1.11. Junho.....	75
9.1.12. Julho.....	76
9.1.13. Salinidade.....	78
9.1.14. Temperatura.....	81
9.1.15. Turbidez.....	82
9.1.16. pH.....	83
9.2. Campanhas de amostragens diárias.....	83
9.2.1. Verão.....	83
9.2.2. Inverno.....	87
9.2.3. Salinidade.....	90
9.2.4. Temperatura.....	91
9.2.5. Turbidez.....	92
9.2.7. Maré.....	94
9.3. Estações fixas.....	95
9.3.1. Verão.....	95
9.3.2. Inverno.....	106
10. Conclusões e considerações finais.....	126
11. Anexos.....	141

Índice das figuras

Figura 01. Principais estuários e amplitudes de maré nas costas do mundo todo (Nichols & Biggs, 1985).	34
Figura 02: Mapa de localização da área de estudos (Fontes: IPUF, 1979, 2002).	37
Figuras 03 a 06: Fotos de construções e trapiches nas margens do canal.	46
Figuras 07 e 08: Fotografias aéreas de 1938 e 1957. Fonte: Secretaria de Desenvolvimento do Mercosul.	48
Figuras 09 e 10: Fotografias aéreas de 1978 e 2000. Fonte: SDM e IPUF, respectivamente.	49
Figura 11: Zona de maior concentração de trapiches do canal.....	50
Figura 12: Localização aproximada dos pontos de coletas durante as campanhas de amostragem em campo.	54
Figura 13. Embarcação “Thalassa” utilizada nas campanhas de coletas de intervalos mensais.	55
Figuras 14 e 15: Garrafa de Van-Dorn e Mini-STD utilizados nas coletas de água e de dados.....	56

Figura 16. Mosaicos de campos contínuos para o mês de agosto. Os pontos em vermelho representam os locais das coletas mensais.	63
Figura 17. Mosaicos de campos contínuos para o mês de setembro.	64
Figura 18. Mosaicos de campos contínuos para o mês de outubro.	66
Figura 19. Mosaicos de campos contínuos para o mês de novembro.	67
Figura 20. Mosaicos de campos contínuos para o mês de dezembro.	68
Figura 21. Mosaicos de campos contínuos para o mês de janeiro.	69
Figura 22. Mosaicos de campos contínuos para o mês de fevereiro.	71
Figura 23. Mosaicos de campos contínuos para o mês de março.	72
Figura 24. Mosaicos de campos contínuos para o mês de abril.	73
Figura 25. Mosaicos de campos contínuos para o mês de maio.	75
Figura 26. Mosaicos de campos contínuos para o mês de junho.	76
Figura 27. Mosaicos de campos contínuos para o mês de julho.	77
Figura 28. Mosaicos de campos contínuos para a distribuição da salinidade durante as campanhas mensais.	79
Figura 29. Gráfico de precipitação acumulada para os meses das campanhas e média dos anos de 1962 a 1992.	80
Figura 30. Mosaicos de campos contínuos com a distribuição da temperatura durante as campanhas mensais.	81
Figura 31. Mosaicos de campos contínuos com a distribuição da turbidez durante as campanhas mensais.	82
Figura 32. Mosaico de campos contínuos para os dados das campanhas de amostragem diária de verão.	85
Figura 33. Nível das águas do canal na desembocadura lagunar durante a campanha quinzenal de verão.	86
Figuras 36 e 37. Gráficos de salinidades e temperaturas médias para as baixa-mares da campanha quinzenal de verão.	86
Figura 38. Mosaicos de campos contínuos para baixa-mar e preamar das campanhas de amostragem diária de inverno.	89
Figuras 39 e 40. Salinidade e temperatura para preamar e baixa-mar durante a campanha de inverno.	89
Figuras 41 e 42. Gráficos de salinidades e temperaturas médias durante a preamar de inverno.	89
Figuras 43 e 44. Gráficos de salinidades e temperaturas médias durante a baixa-mar de inverno.	89
Figura 45. Nível das águas nas proximidades da desembocadura lagunar, durante a campanha quinzenal de inverno.	90
Figura 46. Mapa de localização dos pontos de entrada de água doce no canal. Os pontos em vermelho representam pontos associados a valas de drenagem, enquanto que os cursos d'água são representados em azul.	93
Figuras 47 e 48. Nível das águas na desembocadura lagunar durante campanhas de verão e inverno.	95
Figura 49: Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia para a desembocadura lagunar.	96
Figuras 50 e 51. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a estação fixa de verão na desembocadura lagunar e sob maré de sizígia.	97

Figura 52. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura lagunar.....	98
Figuras 53 e 54: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura lagunar.	98
Figura 55. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia para o meio do canal.....	100
Figuras 56 e 57. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a campanha de verão em maré de sizígia para o meio do canal.....	100
Figura 58. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para o meio do canal.....	101
Figuras 59 e 60. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a mesma campanha descrita acima.	102
Figura 61. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia na desembocadura marinha.	104
Figuras 62 e 63: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de verão em maré de sizígia na desembocadura marinha.	104
Figura 64. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura marinha.	105
Figuras 65 e 66. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura marinha.....	105
Figura 67: Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	107
Figuras 68 e 69: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	107
Figura 70: Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	109
Figuras 71 e 72: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	109
Figura 73. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	111
Figuras 74 e 75. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	112
Figura 76. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	113
Figuras 77 e 78. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de quadratura na desembocadura lagunar.....	114
Figura 79. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	115

Figuras 80 e 81. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	116
Figura 82. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	117
Figuras 83 e 84. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.	118

Índice das tabelas

Tabela 01. Zonação salina adaptada de FATMA (1997).....	25
Tabela 02: Datas de realização das campanhas de amostragem no interior do canal.	58
Tabela 03: Dados mínimos, máximos e médios das variáveis amostradas das campanhas de agosto, além de outras características ambientais.	63
Tabela 04. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de setembro, além de outras características ambientais.	64
Tabela 05. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de outubro, além de outras características ambientais.	66
Tabela 06: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de novembro, além de outras características ambientais.	67
Tabela 07: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de dezembro, além de outras características ambientais.	68
Tabela 08. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de janeiro, além de outras características ambientais.	70
Tabela 09. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de fevereiro, além de outras características ambientais.	71
Tabela 10. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de março, além de outras características ambientais.	72
Tabela 11. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de abril, além de outras características ambientais.	74
Tabela 12. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de maio, além de outras características ambientais.	75
Tabela 13. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de junho, além de outras características ambientais.	76
Tabela 14: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de julho, além de outras características ambientais.	77
Tabela 15: Parâmetro estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas mensais.	80
Tabela 16: Parâmetros estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas diárias de inverno e verão. Valores negativos indicam instabilidade temporária na coluna d'água.	91
Tabela 17. Médias de salinidade e temperatura das águas de enchente e vazante das campanhas diárias.....	91
Tabela 18. Médias de salinidade e temperatura das águas de preamar e baixa-mar das campanhas diárias.....	91

Tabela 19: Parâmetro estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas das estações fixas em inverno e verão.	118
Tabela 20: Tabela de médias de salinidade e temperatura das águas de enchente e vazante, para as estações fixas.	118
Tabela 21: Volume de água por hora, em função da velocidade média da coluna d'água e, a e a área da seção transversal na desembocadura marinha.	121
Tabela 22. Volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão na desembocadura lagunar.	122
Tabela 23. Volume total transportado durante as campanhas de estação fixa, por ciclo de maré.	122
Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão na desembocadura marinha.	141
Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno na desembocadura marinha.	142
Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão no meio do canal.	143
Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno no meio do canal.	143
Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno na desembocadura lagunar.	144

I. Resumo

O Canal da Barra da Lagoa é um canal natural (inlet) e única ligação da Lagoa da Conceição com o oceano adjacente. De formato meândrico e com cerca de 2,8km de extensão, teve ao longo das últimas décadas sua morfologia alterada através de sucessivas dragagens, com aterramento de parte dos antigos meandros, proteções de leito através de enrocamentos e a construção de um molhe em sua desembocadura marinha, na praia da Barra da Lagoa. Essa alteração na morfologia modificou seu padrão de comportamento, que é estudado mais profundamente nesta pesquisa através da análise de alguns parâmetros físico-químicos da coluna d'água, juntamente com dados hidrodinâmicos e atmosféricos, em coletas escalonadas em três níveis de amostragem temporal diferentes: campanhas mensais, campanhas diárias e estações fixas com amostragem horária. A análise dos dados coletados entre 1997 e 2002 demonstrou que o canal apresenta águas verticalmente homogêneas na maioria das condições, predominantemente euhalinas para as condições de enchente e polihalinas para as de vazante. Breves períodos de estratificação puderam ser identificados somente durante as estofas de maré, nas quais ocorre a inversão da corrente, principalmente na proximidade da entrada de água doce proveniente do morro da Fortaleza da Barra. Além disso, a temperatura das águas foi maior durante o verão (mais quentes na vazante) do que no inverno, essas últimas com pequena variação entre vazante e enchente. Pôde-se ainda identificar um padrão de transporte de material particulado em suspensão no sentido do interior do sistema lagunar, além de ter sido observado um comportamento acíclico das correntes do canal, que em alguns momentos apresentaram quase 24 horas seguidas fluindo para o mesmo sentido. Esses padrões, associados ao comportamento local da maré astronômica, que possui pequena amplitude na costa catarinense, sugerem a forte influência da maré meteorológica no comportamento deste corpo d'água. Com base na investigação realizada, pôde-se classificar o canal como um estuário positivo a neutro, variando de verticalmente homogêneo a parcialmente misturado, com características hiposíncronas, e com processos predominantemente advectivos de transporte de sal.

II. Abstract

Canal da Barra da Lagoa is a natural inlet and the only connection of Lagoa da Conceição with the adjoining ocean. It presents a meandric course, with about 2.8 km of extension. Along last decades its morphology has been altered through successive dredging efforts, infill of part of the old meanders, bed protections with groins and the construction of jetties in its marine outlet at Barra da Lagoa beach. These alterations in local morphology modified its behavior, which is studied more deeply in this research through the analysis of some physical-chemical parameters of the water column, together with hydrodynamic and atmospheric data. Field sampling were comprised in three different levels of time series: monthly samplings, daily samplings and anchor stations with hourly samplings. The analysis of the data obtained between 1997 and 2002 demonstrated that the channel presents vertically homogeneous waters in most conditions, which tend to be predominantly euhalines in flood conditions and polihalines during ebb tides. Brief stratification periods were only identified during the peak of high and low tides, close to the moments of current inversion, mainly in the proximity of a fresh water inflow area at Fortaleza of Barra hill. The temperature of waters was higher during summer (hotter in ebb tides) than in the winter, in which differences between ebb and flood tides were small. A pattern of suspended matter transport towards the inner parts of the system was also identified. An acyclic behavior of currents was observed in the channel, which in some moments had almost 24 hours of flow in the same direction. Those patterns, associated to the local characteristics of astronomic tides, which are micro-tides in the coast of Santa Catarina, reinforce the strong influence of meteorological tides in the behavior of this water body. Based in the accomplished investigation, the channel could be classified as a positive to neutral estuary, varying from partially to vertically homogeneous in terms of mixture, with hyposynchronous characteristics, and in which advective processes dominate in salt transport.

1. Introdução e Justificativas

Desde o aparecimento dos homens na superfície da Terra, suas necessidades vitais de alimentação os levaram a utilizar ambientes que fornecessem, além de fontes de água doce, condições para a obtenção de alimentos, seja por processos de coletas, agricultura, caça e (ou) pesca. Dessa forma, ambientes que reúnem tais condições vêm servindo de suporte para atividades humanas, tanto por populações nômades quanto por sociedades sedentárias, ao redor de todo o planeta.

As áreas costeiras, por apresentarem as características retrocitadas, além de possuírem condições de expansão populacional e espacial, e migrações de populações por vias terrestres e marítimas, foram cenário de ocupações desde antigas civilizações.

Dessa forma, a espécie humana vem vivendo nas proximidades de estuários – que compõem cerca de 1% de superfície das áreas costeiras (Dav Jr., 1989) - há dezenas de milhares de anos. Estuários dos rios Tigre e Eufrates, Nilo, Indo, Usumacinta e Yangtze são apenas alguns exemplos de zonas estuarinas que historicamente serviram como berço para algumas civilizações antigas. Posteriormente, desembocaduras de rios foram se tornando importantes centros comerciais, em função, dentre outras tantas, das facilidades físicas de atracamento de embarcações, e de onde surgiram Nova Iorque, Londres, Cairo, Calcutá e Xangai, atualmente grandes metrópoles internacionais (Dav Jr., 1989). A nível nacional pode-se citar exemplos semelhantes, resguardadas as devidas proporções históricas, como as cidades de Rio Grande, Itajaí, Santos e Rio de Janeiro.

Dados indicam que atualmente cerca de metade da população mundial vive numa faixa de apenas 60 quilômetros a partir da linha de costa, sendo projetado para 2020 uma população de três quartos do total mundial habitando essas áreas (UNCED, 1992 *apud* Sperb & Asmus, 1998). Parte dessa população desenvolve em alguns locais atividades características de grandes centros urbanos, contemplando os três setores tradicionais da economia: conglomerados industriais, portos de diferentes dimensões e funções, concentrações de centros agrícolas, refinarias de petróleo, centros de aquicultura, serviços de transporte, turismo, etc.

Assim, seus habitantes têm utilizado os recursos costeiros para seu benefício, tanto para sobrevivência, subtraindo-lhe alimentos e outros recursos necessários para a satisfação

dos valores de cada civilização, quanto para a pura satisfação de seu prazer, utilizando-os como local para lazer.

Os estuários são um dos ambientes costeiros que, por sua grande produtividade e características geográficas, possuem grande importância ecológica, econômica e social para as populações que os habitam (Asmus, 1996) Sua importância pode ser refletida pela localização de cerca de dois terços das grandes cidades mundiais nas proximidades de estuários (Miranda & Castro, 1996). Segundo Bonetti Filho (1995) *“as zonas estuarinas são, possivelmente, as áreas do planeta que possuem a gama mais variada de usos, que oscilam do puro lazer à intensa exploração econômica”*; e ainda destaca a intensa pressão que tais sistemas vêm sofrendo.

Entretanto, tais utilizações, apesar de gerarem grandes benefícios a essas populações, podem, se realizadas de maneira inadequada, trazer desequilíbrios que acarretem em malefícios aos sistemas naturais e aos organismos dele dependentes (incluindo as sociedades humanas). Diferentes impactos e desequilíbrios podem danificar de tal forma os sistemas relacionados aos ambientes estuarinos (não apenas esse) que poderiam comprometer o andamento regular das inúmeras atividades realizadas em tais ambientes e resultar em prejuízos diversos para todas as comunidades que dependam de tal equilíbrio dinâmico.

O Projeto de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina, através de discussão embasada por diagnóstico ambiental, identificou uma série de problemas sócio-ambientais relacionados à questão: alteração na dinâmica costeira por ação antrópica, deterioração da qualidade da água, do solo e do ar da zona costeira por poluição orgânica e inorgânica, descaracterização paisagística, ocupação desordenada do solo, redução de estoque pesqueiro, redução dos mananciais e da cobertura vegetal nativa, além da falta de oportunidade de emprego e renda e ociosidade sazonal da estrutura turística.

Embora os impactos retrocitados possuam origens remotas e tenham se acentuado nos últimos dois séculos, a preocupação com a qualidade desses ambientes é algo recente no cenário mundial. Os escandinavos foram os pioneiros, há mais de cento e vinte anos atrás, nos estudos relacionados aos estuários, onde antigamente as preocupações se relacionavam somente ao despejo de efluentes domésticos e erosões em áreas agrícolas. A partir da metade do século XX, a expansão das atividades industrial, comercial e doméstica

aumentou o risco de desequilíbrio ambiental, aumentando os impactos, e dessa forma a preocupação e a consequente intensificação nas investigações científicas em tais ambientes (Miranda et al., 2002).

Partindo do ponto de vista de que os diferentes impactos são provocados em função da entrada de energia que altera a antiga ordem de fluxo energético natural dos sistemas, quebrando a condição de equilíbrio homeostático do ambiente, (Dav Jr. et al., 1989) classificaram os impactos humanos nos estuários em: enriquecimento por níveis excessivos de matéria orgânica, nutrientes inorgânicos ou aquecimento, alterações físicas (geomorfologia e geometria), introdução de materiais tóxicos e mudança do ecossistema através da introdução de espécies exóticas. Deve-se deixar claro que estes são apenas impactos antrópicos e que alterações originadas por variações anômalas, e por vezes definitivas, de fluxos de energia e matéria de origem natural também são observados e esperados nos sistemas estuarinos.

Dessa maneira, os estuários (incluindo as lagoas) servem de suporte para atividades humanas essenciais, e alterações no comportamento natural desses sistemas (comportamento esse muitas vezes desconhecido) podem acarretar em condições econômicas e ambientais adversas para o grupo social dependente, tendo, portanto, uma importância geográfica tanto do ponto de vista natural quanto social e econômico. Conhecer seu comportamento, portanto, facilitará o gerenciamento dos recursos naturais e sociais dessas áreas através de sua melhor utilização.

Apesar do grande número de estudos realizados em ambientes estuarinos, atualmente pouco se sabe a respeito dos processos de sedimentação, das características da morfologia desses ambientes, além dos aspectos ligados aos processos de circulação e misturas de suas águas (Bonetti Filho, 1995).

As características estritamente oceanográficas do trabalho em questão ainda podem ser justificadas dentro de um programa de pesquisas geográficas a partir dos valores científicos de cada pesquisador e da visão da comunidade científica vigente.

Se o embasamento epistemológico adotado pelo pesquisador (é o caso do presente trabalho) for calcado por uma visão científica de caráter holístico e sistêmico, o tema se apresenta aceitável num programa de geociências. Tal paradigma, atualmente emergente na comunidade científica internacional, é calcado na idéia de que a compreensão de um

determinado evento só poderá ser obtida na sua totalidade através da compreensão das relações entre as partes, que se completam e formam o todo. É dada ênfase às inter-relações entre fluxos de matéria e energia, onde a organização do conjunto não representa a simples somatória das partes, e o todo é o produto formado através de diferentes interações de variadas escalas de grandeza e importância entre as diferentes integrantes do sistema (Christofolletti, 1989).

Segundo o mesmo autor:

“Os avanços na ciência geográfica caminham no sentido de compatibilizar a análise e a interpretação das unidades complexas, em seus vários níveis hierárquicos de organização, com as análises pontuais ou específicas de processos e formas.”

Essa “nova”¹ forma de olhar para o mundo, que recebe de alguns o nome de geossistêmica, surge no âmbito de se tentar explicar novos problemas ambientais através das relações entre as partes. Para que isso seja possível, partes do todo são escolhidas para serem estudadas em diferentes níveis de aprofundamento - de acordo com o fenômeno a ser compreendido. Tais partes são analisadas cada qual a sua forma e, então, uma síntese relacionando e totalizando as partes se ocupa da explicação sistêmica de tal processo.

Capra (1996) escreve em um de seus trabalhos a respeito dessa nova visão científica:

“se tudo está conectado com o tudo mais, como poderemos esperar entender alguma coisa? Uma vez que todos os fenômenos naturais (inclua-se aí os fenômenos relacionados à natureza do homem) estão, em última análise, interconectados, para explicar qualquer um deles precisamos entender todos os outros, o que é...impossível.”

O próprio autor explica que se aprofundará no estudo das relações o quanto for necessário para a compreensão do fenômeno ao nível do problema questionado. É nesse sentido que fica claro que o fato dos problemas não serem totalmente resolvidos na raiz de sua causa não desabilita a utilização do conceito geossistêmico em trabalhos de análise, síntese e possível (se necessária) reabilitação da qualidade ambiental. O que se faz necessário deixar claro é que o nível de aprofundamento nas relações necessita ser capaz de fornecer aos cientistas condições para o entendimento e compreensão do problema ao nível

¹ Nova para a ciência ocidental, mas presente na visão de mundo oriental há no mínimo cinco milênios.

o qual o mesmo foi identificado, possibilitando condições para resolvê-lo ou simplesmente mitigá-lo.

Estudos na Lagoa dos Patos, laguna costeira sufocada (de acordo com classificação adotada por Kjerfve, 1986) de grande dimensão localizada no litoral do Rio Grande do Sul, foram realizados levando em conta 33 unidades ambientais que interagem dentro de um grande sistema costeiro, consentindo o entendimento que abordagens sistêmicas poderiam auxiliar na obtenção de um desenvolvimento sustentável para esses ambientes (Asmus, 1996).

Dessa maneira, o estudo oceanográfico das características de uma parte de um sistema estuarino (do canal responsável pela troca de água entre tal sistema - cada vez mais ocupado e urbanizado em sua bacia hidrográfica – e o oceano adjacente) poderá - e deverá - servir de subsídios para a resolução de atuais e futuros problemas relacionados a qualidade ambiental e sócio-econômica da área de estudo e seu entorno. Sua importância como parte de geossistemas de diferentes escalas espaciais e temporais parece clara, justificando, portanto, a especialização e aprofundamento deste trabalho na linha de pesquisa de Oceanografia Costeira e Geologia Marinha dentro de um conceito geográfico atual e de um programa de pós graduação em geografia.

Kjerfve (1986, *apud* Wolfe & Kjerfve, 1986) examinou um grande número de estuários lagunares, e verificou que o caráter e magnitude da troca oceânica através da entrada da laguna podem, em determinadas condições, ser os principais determinantes das características ambientais do local, e demonstra dessa forma a importância do conhecimento da dinâmica de troca de águas de uma laguna com o oceano adjacente através de seu canal de ligação. Os canais lagunares (*inlets*) são ambientes chave no comportamento das lagunas costeiras, interferindo diretamente em condições de sedimentação e aporte de salinidade, nutrientes e outros materiais no sistema lagunar (Perillo, 1995).

A escolha da área de estudos também pode ser justificada através da argumentação de que um grande número de trabalhos já foi realizado tendo como objeto os aspectos abióticos da Lagoa da Conceição; a maioria, porém, possui caráter genérico ou não fornece informações mais detalhadas a respeito, por exemplo, dos processos dinâmicos que gerenciam este ambiente lagunar. A batimetria da lagoa, importante para a pesca e

navegação além de indispensável para a compreensão dos processos hidrodinâmicos que atuam na área, foi realizada somente por Caruso & Müehe (1983) *apud* Porto Filho (1993), data que equivale à época das obras de desassoreamento do canal².

Outro aspecto é a quantidade de especulações que são veiculadas a respeito dos reais impactos e das verdadeiras transformações que possam ter ocorrido no sistema como um todo em função da dragagem do canal e posterior fixação do molhe em sua desembocadura, realizada entre 1982 e 1984. Hauff (1996) enfatiza a necessidade do detalhamento e aprofundamento dos estudos acerca das capacidades e das limitações dos recursos da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição. Capacidades essas que podem estar em seu limite em se tratando de renovação das águas e dispersão de diferenciados efluentes e fontes de poluição lançada no corpo d'água dessa laguna.

Artigos diversos sobre as dinâmicas e processos geológicos, geomorfológicos, oceanográficos e ecológicos podem ser consultados em Sierra de Ledo & Soriano-Sierra, (1999), inclusive com dados relacionados a campanhas de amostragem no Canal da Barra e suas proximidades. Esses dados, porém, apresentam escalas temporais reduzidas, o que inviabiliza a compreensão do comportamento da dinâmica do sistema lagunar mais profundamente e de maneira sistêmica. Não se pode esquecer da polêmica instalação de uma imensa marina nas margens do canal, que prevê dentre outras alterações, o aprofundamento de sua calha para 2,5 metros de profundidade, além da criação de canais secundários em um de seus meandros (FATMA, 1997).

O gerenciamento dos recursos costeiros no estado prevê, através do Projeto de Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (DEGE/SDE) em conformidade com Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), e dentro dos objetivos do Programa de Estudos Costeiros, linhas de ação no sentido de estudar a hidrodinâmica de corpos lagunares, estuarinos e manguezais, estudar os efeitos de ondas geradas por ventos e marés sobre o litoral catarinense e estudar a estrutura e funcionamento dos ecossistemas costeiros. Tal documento determina que, dentre outros responsáveis pelas atividades acima descritas, as universidades, inclusive a UFSC, devam exercer papel fundamental.

O trabalho aqui proposto poderá servir base para contribuir para um maior conhecimento da dinâmica do sistema de trocas de águas entre a Lagoa da Conceição e o

² Há uma nova batimetria realizada para as cartas topográficas do IPUF – 2002.

Oceano Atlântico através do canal da Barra da Lagoa, das capacidades e limites do corpo lagunar, podendo inclusive ser utilizado como fonte de informações e dados em tomadas de decisão.

2. Sistemas Costeiros Abrigados: Conceitos e caracterizações

Nesse capítulo são apresentados alguns conceitos, significados e classificações de ambientes abrigados associados a um canal lagunar e que facilitarão a homogeneização da linguagem e a compreensão dos dados e dos resultados: estuário, laguna costeira e canal.

2.1. Estuário

No sentido de compreender o significado do termo estuário, buscou-se uma interpretação do significado etimológico do termo: Miranda *et al.* (2002) relatam que a palavra estuário tem como raiz o adjetivo latino *aestuarium*, cujo significado é maré ou onda abrupta de grande altura. Segundo os mesmos autores, o termo estuário é utilizado para designar o encontro do rio com o mar, caracterizando uma foz litorânea e pode ser definido de várias maneiras e de acordo com o ponto de vista imediato do estudioso, porém sempre abrangendo características e processos essenciais.

Tais ambientes são extremamente dinâmicos e amplamente diferenciados entre si (tanto na sua morfologia, quanto em relação a seu comportamento hidrodinâmico), fato que dificulta a tarefa de uma definição ou caracterização genérica. Dessa forma, diferentes conceitos são dados através das características adotadas, e em função da especialidade e objetivo dos pesquisadores.

Para Pritchard (1955) e Cameron & Pritchard (1963) *apud* Miranda *et al.* (2002), estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental. Nessa classificação, o estuário abrange espacialmente somente a área onde está ocorrendo a mistura entre as duas massas de águas distintas, área essa que pode variar espacialmente e no tempo em função de variações na intensidade das forçantes do sistema. Tal definição é uma das mais aceitas no meio científico e possui forte caráter hidrográfico (Bonetti Filho, 1995)

Dionne (1963) não se importou somente com os setores onde há mistura entre águas e definiu estuário como uma reentrância do mar que atinge o vale de um rio até o limite de influência da maré, sendo geralmente subdividido em três setores: a) estuário inferior ou marinho, com livre ligação com o oceano aberto; b) estuário médio, sujeito à intensa mistura da água do mar com a água fluvial, e; c) estuário superior ou fluvial, caracterizado

por água doce, mas sujeito a influência diária da maré. Esta definição foi determinada utilizando conjuntamente características de salinidade e influência da onda de maré para a definição do conceito.

Fairbridge (1980) *apud* Bonetti Filho (1995) propõe uma definição do ponto de vista fisiográfico e muito semelhante a anteriormente apresentada onde considera estuário como sendo um braço de mar que atinge um vale fluvial tão distante quanto o limite superior da maré. Dessa forma, o estuário está geralmente dividido em três setores (Fairbridge, 1980 *apud* FATMA, 1997): a) o estuário baixo ou marinho livremente conectado com o mar aberto; b) o estuário médio sujeito a forte mescla de água do mar com água doce e; c) o estuário superior ou fluvial, caracterizado por água doce mas sensível a ação diária da maré.

Já para Kjerfve (1987), estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente, onde tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente, e pode ser subdividido em três zonas distintas: 1) Zona da maré do rio (ZR), 2) Zona de mistura (ZM) e 3) Zona Costeira (ZC) até a Camada Limite Costeira (CLC). Tal definição ainda se baseia em características físicas da água, e abrange inclusive ambientes costeiros que possam se encontrar a maior parte do ano sob condições de confinamento.

Outra definição foi dada por Dalrymple *et al.* (1992) que definem estuário como sendo a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré até o limite oceânico das fácies costeiras da entrada. Tal definição possui, além do caráter geomorfológico, uma determinante geológica relacionada ao processo de sedimentação.

Thurman (1994) apresenta uma definição bastante generalista e abrangente temporal e espacialmente, considerando estuário todo corpo d'água costeiro semifechado onde a água oceânica é significativamente diluída pela água doce proveniente da drenagem continental (o autor considera principalmente fatores geomorfológicos e hidrológicos do ambiente).

Perillo (1995) se preocupou também com aspectos ecológicos e definiu estuário como um *“corpo de água costeiro semifechado, estendendo-se até o limite efetivo da influência da maré. Dentro dele a água do mar (ou de qualquer outro corpo costeiro salino de água entrando por uma ou mais conexões com o oceano aberto) é diluída significativamente com a água fluvial proveniente da drenagem continental, podendo sustentar espécies biológicas eurihalinas durante uma parte ou por todo seu ciclo de vida”*.

Bonetti Filho (1995) caracteriza estuário como *“um local de interação entre as águas doce e salgada”*, e descreve a importância da extensão da penetração das massas d'água, da proporção da mistura, do destino das águas salobras resultantes da mistura e da importância da maré na distribuição e mistura das águas de diferentes origens.

Ricklefs (1996) define os estuários como regiões costeiras semifechadas sujeitas tanto à água doce dos rios quanto às marés do mar, afirmando que eles são um dos ecossistemas mais produtivos da Terra, o que reflete os altos índices de nutrientes encontrados geralmente em tais ambientes.

Na compreensão de Dyer (1997) estuário é um corpo de água costeiro semifechado com ligação livre com o oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

Para FATMA (1997) *“o termo estuário, de modo geral, é aplicado para indicar a parte interior de um ambiente costeiro, onde são observadas a infiltração de água do mar e a sua subsequente mistura com água doce proveniente da drenagem continental”*, com conceito e classificação variável de acordo com o enfoque e o interesse científico.

Sugio (1998) define estuário como um corpo aquoso litorâneo e de circulação parcialmente restrita, porém ainda conectado com o oceano aberto. Considera como estuário os fiordes, embaixamentos com barras, além de bacias formadas por processos tectônicos ou ainda canais de drenagem de áreas pantanosas costeiras.

No Glossário Geológico do IBGE (1999) o termo estuário é apresentado como uma porção litorânea de um sistema drenado por um vale, que recebe sedimentos de origem marinha e fluvial e contém fácies influenciadas por marés, ondas e processos fluviais. Se estende interiormente até o limite continental das fácies de maré e exteriormente até a

presença de fâceis costeiras em sua desembocadura. Pode ser classificado como dominados por ondas ou por marés, de acordo com o processo típico dominante.

Já para Miranda et al. (2002) estuário é o termo utilizado por oceanógrafos, engenheiros, geógrafos e ecólogos para indicar a região interior de um ambiente costeiro onde ocorre o encontro das águas fluviais com a do mar transportada pelas correntes de maré, estendendo-se rio acima até o limite de influência da maré e na plataforma continental até a extensão da pluma estuarina.

Dessa forma, observa-se que dentro dos diferentes conceitos de estuário aqui apresentados, diferentes tipos de ambientes podem ser considerados como tal, como as baías, vales de rios afogados e, inclusive, as lagunas costeiras e seus canais de conexão com o oceano adjacente, esse último objeto de estudo do presente trabalho.

2.2. Lagunas Costeiras

Segundo Miranda et. al (2002) as lagunas costeiras são uma forma particular de estuário que merece definição e classificação personalizada.

Um dos conceitos pioneiros de laguna costeira é apresentado por Stevenson (1968) *apud* Bonetti Filho (1995) que define o ambiente como uma formação resultante de uma forte deriva litorânea, normalmente paralela à costa e separada do oceano adjacente por uma ilha barreira.

Phleger (1969) define tal ambiente como “*um corpo de água marinha interior, geralmente orientado na direção paralela à costa, separado do oceano por uma barreira, mas interligando-se ao mesmo com um ou mais canais restritos*” Esse conceito acrescenta a figura dos canais ao conceito anterior, posteriormente alterada por Kjerfve (1994) quando introduziu o caráter possivelmente efêmero de abertura do ou dos canais de ligação.

Zenkovitch (1969) afirma que para os geomorfologistas as lagunas são os corpos d’água rasos e alongados, separados do mar por uma barreira e geralmente orientado paralelo à costa, possuindo ou não canais de ligação através da barreira.

Lankford (1977) *apud* Porto Filho (1997), defini laguna costeira como “*uma depressão da zona costeira abaixo da maior média das marés altas, tendo uma comunicação com o mar, permanente ou efêmera, mas protegida das forças do mar por*

algum tipo de barreira”, demonstrando ser uma classificação que privilegia as características geológica e geomorfológica do ambiente.

Panitz (1997) *apud* Garcia (1999) define laguna costeira como uma depressão na zona costeira abaixo do nível das marés mais altas, com comunicação permanente ou não com o mar, resguardadas das forças marinhas por algum tipo de barreira, geralmente paralela ao sentido da costa e pouco profundas, além de possuir salinidade variável e ser ambiente de deposição de sedimentos finos de origem marinha e continental.

Para Thurman (1994), laguna é um corpo de água marinho extenso e raso parcial ou totalmente separado do oceano aberto por uma barreira de terra alongada e estreita, como corais ou ilhas barreira.

Perillo (1995) define lagunas costeiras como ambientes estuarinos rasos onde as águas salinas e doces interagem, onde a massa d’água se encontra bloqueada por algum tipo de barreira sedimentar e a conexão com o mar aberto é restrita por uma ou mais aberturas (*inlets*) existentes na barreira.

Sugio (1998) define laguna como um corpo de águas rasas e calmas situado em planície costeira, em geral mantendo uma conexão restrita com o mar aberto. Forma sistemas ilhas barreira/laguna e sua salinidade pode variar de hipo a hipersalina, de acordo com os processos locais.

Os canais lagunares são definidos por Gary et al. (1972) como um braço d’água relativamente estreito entre duas massas terrestres próximas e conectando dois corpos d’água.

Para Perillo (1995) os canais de maré (*inlets*) são canais restritos, relativamente estreitos, desenvolvidos sobre a barreira que separa o corpo lagunar do oceano aberto. O mesmo autor ainda cita que os canais lagunares se formam preferencialmente em áreas que se caracterizam por condições de micro e mesomarés.

2.3. Outras definições e conceitos

Novos e diferentes conceitos apareceram no sentido de classificar os sistemas costeiros abrigados de acordo com os interesses imediatos de determinados pesquisadores (Bonetti Filho, 1995). Day & Yañez-Arancibia (1982) *apud* Porto Filho (1997),

estabeleceram o conceito de **meio ambiente lagunar-estuarino** como sendo “*um ecótono costeiro, conectado com o mar de maneira permanente ou efêmera*”.

Já o documento “Sumário e Recomendações da National Research Council - Geophysics Study Committee” introduziu em 1977 na comunidade científica internacional a noção de “**zona estuarina**”, baseada em aspectos geofísicos, que contempla espacialmente o estuário em si, o rio que mesmo com salinidade nula sofra com os efeitos da maré e a área costeira adjacente influenciada diretamente pela água salobra e pelo material em suspensão oriundo das águas interiores. Seu caráter extremamente genérico abrange diferentes ambientes costeiros de transição (Bonetti Filho, 1995).

Tal definição sofreu refinamento por parte de Kjerfve (1989) *apud* Bonetti Filho (1995) que adaptou sua antiga definição ao conceito de zona estuarina e definiu três diferentes zonas interiores: a **Zona de Maré do Rio (ZR)**, constituída por água doce e sujeita à influência da maré; a **Zona de Mistura (ZM)**, caracterizada pela mistura de massas d’água distintas; e a **Zona Costeira (ZC)**, caracterizada como a área costeira adjacente com maior turbidez e menor salinidade que o entorno marinho.

Bonetti Filho (1995) admite a existência de ambientes formados a partir do confinamento de águas salobras por formações ilha barreira e com o comportamento influenciado pela maré e por aporte de água fluvial, e que podem ser denominados de **sistema estuarino-lagunar** (e que tal termo reporta-se a características hidrodinâmicas, genéticas e geomorfológicas inerentes ao ambiente). Fairbridge (1986) *apud* Bonetti Filho (1995), embora não inclua as lagunas nos tipos de estuários, também admite a existência de sistemas estuarino-lagunares como ambientes estuarinos.

3. Classificações de Estuários e Lagunas

As classificações servem para possibilitar a comparação entre diferentes sistemas de estruturas semelhantes. Dessa forma, algumas classificações de estuários e lagunas são aqui apresentadas, de acordo com a característica a ser comparada.

Uma primeira classificação foi proposta por Stommel (1950) *apud* Thurman (1994) e se baseava no grau de mistura das propriedades das águas de um estuário, classificando-os em: Verticalmente Misturado, apresentando salinidade uniforme entre superfície e fundo; Levemente Estratificado, encontrados em estuários relativamente rasos e com

gradiente salino longitudinal, além da identificação de duas camadas d'água distintas – uma marinha mais ao fundo e outra menos salina na superfície; Altamente Estratificado, típica de estuários profundos e cuja salinidade da camada superior aumenta em direção à desembocadura do estuário e gradientes entre superfície e fundo que podem ultrapassar 20 unidades, e; Cunha Salina, quando a água marinha entra estuário acima por baixo da água doce proveniente da drenagem continental. Stommel (1951) *apud* Miranda et. al (2002) ainda criou outra classificação baseada na força responsável pelos movimentos e pela mistura das águas do sistema, podendo este ser dominado pelo vento, maré ou descarga fluvial, ou por nenhum deles preferencialmente.

Em 1952, Pritchard *apud* Miranda et al. (2002) propôs uma classificação baseada nas características geomorfológicas dos estuários, agrupando-os em: Planície Costeira (vale inundado), formados em áreas que sofreram inundação com a última transgressão marinha; Fiorde, formados em áreas recobertas por geleiras no Pleistoceno e que se derreteram durante o último evento transgressivo, erodindo sua base; Construídos por Barras, também formados em paleovales afogados, porém que sofreram forte sedimentação e deriva litorânea, isolando um corpo d'água do oceano adjacente; e formados por outros processos.

O mesmo autor apresentou três anos mais tarde uma classificação exclusivamente hidrográfica, qualificando o estuário segundo a estratificação vertical de salinidade. Dessa forma o ambiente pode ser classificado como: Tipo A ou cunha salina, típicos de regiões de micromaré e onde predominam grandes descargas fluviais e portanto, dominados pela descarga fluvial e pelo entranhamento; Tipo B ou moderadamente misturado, com gradientes de salinidade moderados e sem força dominante; Tipo C ou verticalmente bem misturado e lateralmente estratificado, normalmente encontrado em estuários largos e rasos nos quais o movimento de Coriolis pode gerar variações laterais de salinidade; Tipo D ou verticalmente e lateralmente homogêneos, encontrados normalmente em canais estreitos em que a força de cisalhamento quebra qualquer estratificação, dominados principalmente pelas forças advectivas das marés e caracterizado por gradientes longitudinais de salinidade com aumento a jusante.

Simmons (1955) *apud* Miranda et al. (2002) sugeriu uma classificação numérica pioneira baseada na razão de fluxo (período de maré/prisma de maré), onde número de razão de fluxo igual ou maior que 1,0 caracteriza um estuário altamente estratificado,

próximo a 0,25 caracteriza estuários parcialmente misturado e número menor que 0,1 representa um estuário bem misturado.

Em 1967, Pritchard *apud* Nichols & Biggs (1985) definiu sete categorias para os estuários baseadas na origem, forma e evolução desses ambientes, levando em consideração processos de diferentes escalas temporais: fjord, rias, planície costeira, construído por barra, cego, delta e estuário tectônico.

Outra classificação baseada na distribuição salina e estratificação da coluna d'água foi proposta por Officer (1977), podendo-se classificar o estuário em: Cunha Salina, onde se apresenta uma interface distinta entre os dois volumes d'água de diferentes origens e onde o entranhamento exerce um papel fundamental na mistura; Altamente Estratificado, onde se apresenta uma acentuada estratificação e a diferença entre as salinidades de superfície e fundo é de várias unidades; Parcialmente Misturado, com haloclina menos pronunciada e pequeno gradiente de salinidade, e; Bem Misturado, quando não há haloclina, sem diferenças entre superfície e fundo.

Novas metodologias de classificação foram sendo criadas concomitantemente, e durante a década de 60 foram apresentadas as primeiras classificações baseadas em parâmetros adimensionais. Ippen & Harleman (1961), Harleman & Abraham (1966) e Hansey e Rattray (1966) *apud* Miranda et al. (2002) foram os pioneiros nesse tipo de classificação que leva em conta a dissipação de energia na mistura vertical, ganho de energia potencial da coluna d'água, características estacionárias da velocidade na superfície, velocidade gerada pela descarga fluvial e circulação gravitacional.

Ippen & Harleman (1961) *apud* Miranda et al. (2002) basearam-se em resultados teóricos e semi-empíricos e demonstraram a relação entre a mistura vertical e as taxas de dissipação de energia da propagação da onda de maré de natureza progressiva e com o correspondente ganho de energia potencial fornecido pela descarga fluvial.

Hansen e Rattray (1966) *apud* Miranda et al. (2002) determinaram o “*número de estratificação*” que leva em conta as diferenças estacionárias de valores de salinidade entre superfície e fundo e o valor médio estacionário do parâmetro na coluna d'água. Os mesmos autores definiram o método gráfico de classificação baseada nos parâmetros estratificação e circulação, sendo considerado um dos melhores métodos de classificação de estuários, caracterizando-os como: Tipo 1, onde o fluxo residual é estuário abaixo em todas as

profundidades e o transporte de sal estuário acima é responsabilidade somente da difusão turbulenta; Tipo 2, onde o fluxo resultante reverte com a profundidade e os processos advectivo e dispersivo respondem pelo transporte de sal estuário acima; Tipo 3, onde o transporte de sal é quase que exclusivamente realizado pelo processo advectivo; Tipo 4, que representam os estuários tipo cunha salina.

FATMA (1997) exhibe uma classificação de sistemas lagunares-estuarinos produzida através do diagrama estratificação-circulação de Hansen & Rattray: Os sistemas lagunares-estuarinos baseadas na circulação X estratificação, podem ser classificados em quatro tipos: lagoas costeiras, 1a como verticalmente misturada e 1b verticalmente estratificada, sendo comum para ambas a falta de circulação gravitacional; estuários parcialmente misturados, onde 2a é debilmente misturado e 2b é caracterizado por uma circulação gravitacional razoavelmente bem desenvolvida e uma mistura longitudinal tanto por mecanismos difusivos como advectivos (caso do Canal da Barra); entradas de mar tipo fiordes dominados por processos advectivos de mistura, onde a maioria mostra uma forte estratificação e uma circulação gravitacional bem desenvolvida, e; estuário altamente estratificado, com uma pequena mistura vertical e inexistência ou fraca circulação gravitacional.

Emery & Stevenson (1957) *apud* FATMA (1997) definiram outra classificação baseada no regime salino de suas águas. Quando o volume de água doce proveniente das chuvas e da drenagem continental supera a evaporação promovida pelo calor e insolação, o estuário é classificado como estuário positivo, que ainda sofre quatro subdivisões em função da estratificação e mistura: estuário salino, altamente estratificado, parcialmente misturado e verticalmente homogêneo. Em condições de evaporação igual ao regime de entrada de água doce, o estuário é classificado como neutro. Sob fortes condições de calor e insolação e fraca atuação do prisma de maré, as condições de evaporação podem superar os volumes de entrada de água doce, caracterizando o sistema como estuário negativo.

Outro sistema de classificação baseado na zonação salina foi apresentado por Segestråle (1959) *apud* FATMA (1997), é conhecido como Sistema de Venice e reconhece 6 diferentes zonas, conforme o quadro a seguir:

Seção do estuário	Salinidade (‰)	Zona
Rio	< 0,5	Límnica
Cabeceira	0,5 - 5	Oligohalina
Extensão superior	5 - 18	Mesohalina
Extensão média	18 - 25	Polihalina
Extensão inferior	25 - 30	Polihalina
Foz	30 - 40	Euhalina
	> 40	Hiperhalina

Tabela 01. Zonação salina adaptada de FATMA (1997).

Classificação baseada nas amplitudes da maré foi definida por Davies (1964) e Hayes (1975), relacionando o tipo de maré com o tipo de estuário, criando as categorias: Estuário microtidal, ou de micro-maré e que apresentam marés de 0,0 a 2,0m de amplitude; estuário mesotidal, ou de mesomareal, com amplitude entre 2,0 e 4,0m de amplitude, e; estuário macrotidal ou de macromaré, com amplitudes de maré superiores a 4,0m.

Rusnak (1967) criou uma classificação onde o parâmetro a ser comparado se relacionou ao suprimento de sedimentos incorporados à bacia sedimentar, classificando-os em: suprimento positivo, quando são estuários totalmente abastecidos por sedimentos oriundos do sistema fluvial; suprimento inverso, quando a fonte de sedimentos é predominantemente proveniente das praias e plataforma costeira adjacente durante a maré enchente, e; suprimento neutro, quando não apresenta alterações significativas no volume da bacia sedimentar e o suprimento parece ser neutro de ambas as fontes.

Odum & Copeland (1972, 1974) classificam o ambiente de acordo com o balanço de energia do sistema. Existem três categorias gerais de fonte de energia: a energia mecânica dos flúidos (fluxo do rio, maré, vento, correntes e ondas); luz solar (fotossíntese); suprimento de matéria orgânica e inorgânica importado ao sistema. Dessa maneira, ainda são identificados seis maiores sistemas ecológicos e subsistemas baseados na fonte de energia: sistemas naturais fisicamente estressados com grande extensão latitudinal (sedimentação deltáica em elevada taxa de sedimentação); ecossistemas tropicais naturais de elevada diversidade, cujas principais fontes de energia são a luz solar e a maré

(manguezais); ecossistemas temperados naturais com programação sazonal (pântanos salgados com regime de micromarés e inverno frio); ecossistemas árticos naturais com pressão por gelo; emergência de novos sistemas associados ao homem (material dragado pelo homem ocasionando forte sedimentação), e; sub-sistemas migrantes em áreas organizadas.

Fairbridge (1980) *apud* Nichols & Biggs (1995), classificou os estuários quanto à fisiografia, organizando-os em 7 categorias, conforme fatores morfo-estruturais, fatores climáticos e suprimento de água doce e sedimento: 1) Fjord; 2) Fjärd; 3) Planície costeira; 4) Estuário de barreira; 5) Estuário cego; 6) Estuário de frente deltaica; 7) Estuário tectônico.

Nichols & Allen (1981) *apud* Perillo (1995) consideram quatro categorias de lagunas costeiras em função do grau de bloqueio das barreiras arenosas, classificando-as em lagunas estuarinas, lagunas abertas, parcialmente fechadas e fechadas.

Em função da relação entre a deformação da onda de maré promovida pela morfologia do estuário e a atenuação da onda promovida pelo fundo, Nichols & Biggs (1985) criaram as classes de: estuário hipersíncrono, onde a altura das marés e as correntes aumentam em direção à cabeceira do estuário, diminuindo na Zona de Maré do Rio (ZR); estuário síncrono, onde os efeitos da convergência e atrito estão em equilíbrio, não havendo variação na onda de maré até a ZR; estuário hiposíncrono, quando a altura da maré diminui ao longo do estuário.

Kjerfve (1986) caracterizou as lagunas costeiras de acordo com a quantidade de água trocada com a região costeira adjacente e com a intensidade da ação da maré em seu interior, condições estas diretamente relacionadas com as características dos canais e aberturas para o oceano. Dessa forma, três diferentes categorias são definidas: laguna sufocada, normalmente conectadas ao oceano por um único canal estreito e geralmente formada por células elípticas, são encontradas em áreas com alta energia das ondas de gravidade, significativa deriva litorânea e mesomaré. Seu canal atua como um filtro hidrodinâmico, reduzindo o efeito da onda de maré estuário adentro; laguna restrita, geralmente formada paralela a costa e ligada ao oceano por duas ou mais ligações (efeito de deriva litorânea mais fraca e marés e ondas moderadas, e; laguna vazada ou aberta, sistema costeiro marinho alongado e com conexões múltiplas com o oceano adjacente, onde

relação entre as forças das marés das correntes e do aporte de sedimentos possuem força suficiente para inibirem a sedimentação na entrada do estuário.

Kjerfve & Maggill (1989) *apud* Perillo (1995) classificaram os estuários ainda segundo a dominância dos transportes advectivos e difusivos de penetração de água nas lagoas. Nas lagoas sufocadas a difusão é o processo dominante, nas lagoas vazadas a advecção é dominante e nas lagoas restritas existe uma transição entre os processos dominantes.

Thurman (1994) exhibe uma classificação dos estuários seguindo determinadas características geológicas e geomorfológicas: Tipo Planície Costeira; formados pela invasão de um paleo-leito fluvial por águas marinhas devido ao soerguimento do nível do mar; Tipo Fiorde; formado nos vales gerados por derretimentos de geleiras e posterior soerguimento do nível do mar; Tipo Ilhas Barreira; geralmente rasos e separados do oceano aberto por um cordão arenoso ou coralíneo paralelo à linha de costa, e; Tipo Tectônico; formados através de rebaixamento de áreas costeiras por eventos tectônicos e posterior afogamento.

Uma classificação baseada na concentração de salinidade das águas de um estuário foi apresentada por Suguio (1998), onde os estuários negativos (ou inversos) são os que apresentam salinidade maior que a do oceano adjacente, resultado dos grandes efeitos de evaporação excederem o aporte de água doce. Já os estuários positivos são caracterizados pela diluição significativa da diluição das águas salgadas pelo aporte de água doce do sistema.

Miranda et al. (2002) ainda definem duas classes diferentes de lagoas costeiras, baseadas no balaço de sal, com as categorias de laguna hipersalina para os ambientes com evaporação superior ao aporte de água doce no sistema, e laguna subsalinas, com condições de precipitação e descarga fluvial superior à evaporação.

Dessa forma ficam aqui apresentadas diferentes classificações desses ambientes costeiros de transição, diferenciadas de acordo com as características definidas para comparação, fruto dos interesses do pesquisador e necessidades da pesquisa.

4. Forçantes do sistema hidrodinâmico

Canais (*inlets*) são ambientes presentes em lagunas costeiras ao longo dos diferentes estuários ao redor das costas do mundo todo. Para entender a dinâmica do comportamento das águas de canais, optou-se por entender os processos físicos que determinam o comportamento dos estuários.

Sendo o estuário um ambiente espacialmente localizado na transição entre as terras emersas e o oceano adjacente, acredita-se que diferentes forças de origens e escalas temporais e espaciais distintas atuam na regulação do comportamento de sua dinâmica. Segundo Miranda et al. (2002) tais ambientes são forçados por agentes locais e remotos gerados pela ação de eventos climáticos, oceanográficos, geológicos, hidrológicos, biológicos e químicos que ocorrem muitas vezes a dezenas, centenas e até milhares de quilômetros de distância. Ainda segundo o mesmo autor, *“os movimentos nesse ambiente costeiro são gerados por variações do nível do mar, pela descarga de água doce, pelo gradiente de pressão devido à influência termohalina da salinidade sobre a densidade, pela circulação da plataforma continental e pelo vento atingindo diretamente sobre a superfície livre”*. Nichols & Biggs (1985) afirmam que para entender tais forças geradoras de movimentos, faz-se necessário entender cada um dos fatores isoladamente e compreender sua importância posteriormente para todo o sistema.

Os padrões de circulação, mistura e sedimentação de estuários são, portanto, determinados por processos físicos de fluxos de água fluvial, marés astronômicas, ondas, ventos e outras variáveis meteorológicas.

4.1. Descarga Fluvial

Sendo o estuário um ambiente que tem em seu interior a mistura de águas provenientes do oceano adjacente e das terras emersas, faz-se necessário descrever a importância e comportamento da água doce no sistema. A descarga fluvial e os gradientes longitudinais de salinidade e densidade gerados pela diluição da água do mar são fundamentais para a dinâmica do estuário e conseqüentemente para os processos de transporte e mistura que ocorrem em seu interior (Miranda et al., 2002). Dessa forma, a entrada de água doce deve ser entendida no processo de estudo desse tipo de ambiente. Assim sendo, condições físicas da bacia de drenagem (uso do solo, litologia,

geomorfologia, geologia) e as condições climáticas (tipo de clima, sazonalidade na precipitação) se tornam importantes por serem responsáveis pelo comportamento do fornecimento de água doce para o sistema.

A água doce que é inserida através das fontes fluviais se encontra com a água salgada marinha, que podem ser misturadas por processos advectivos e difusivos, provenientes do equilíbrio de energias cinéticas e de concentração, respectivamente (Miranda et al., 2002).

Além disso, Nichols & Biggs (1985) lembram que o aporte de águas continentais pode criar condições especiais de sedimentação e de localização das diferentes zonas do estuário, de acordo com as variações nos fluxos de aporte de águas doces.

Assim sendo a variabilidade na quantidade e regularidade da descarga de água doce num estuário, além de provocar intensas mudanças em padrões de circulação, mistura e sedimentação, ainda serve de parâmetros para a classificação desses ambientes.

4.2. Marés

As marés são as forças habitualmente responsáveis pelas trocas de água nos sistemas estuarinos, sendo tão importantes a ponto de servirem de referência para padrões de classificação (Davies, 1964 e Hayes, 1975 *apud* Miranda et al., 2002). Em alguns estuários as marés representam a principal fonte de energia para a mistura das diferentes massas d'água, para a ressuspensão de sedimentos do fundo e para o transporte de tais sedimentos pelo estuário (Nichols & Biggs, 1985). Phleger (1969) ainda cita que boa parte das correntes existentes em uma laguna são induzidas pela maré oceânica que entra pelo canal, onde suas velocidades são controladas pela pressão hidrostática, profundidade e comprimento da feição.

As oscilações do nível absoluto do mar em escalas temporais diversas podem ser geradas através de diferentes processos, possuindo conseqüentemente diferentes características.

As ondas gravitacionais geradas pelo vento representam as variações de pequeno período (da ordem de segundos). São formadas pela transformação da energia do vento em perturbações na superfície das águas através de transferência de energia (Thurman, 1994), e atuam principalmente na entrada das bocas dos estuários e nos estuários mais rasos e

extensos, promovendo mistura. É conhecida como uma forçante de alta frequência ou supramaré, classificação dada em função do seu curto período de ocorrência e repetição em relação à maré astronômica (Miranda et al., 2002).

A maré astronômica possui competência para gerar movimentos e misturas nos estuários envolvendo processos advectivos e difusivos através do fornecimento de águas marinhas costeiras para o sistema em seu encontro com as águas doces, com concentrações de substâncias diferenciadas e energia cinética acumulada. Os movimentos advectivos estão relacionados ao transporte de partículas de um ponto a outro no estuário relacionado a componentes barotrópicas e baroclínicas das forças de gradiente de pressão. Transportes difusivos são produtos dos gradientes de concentrações de determinadas propriedades de um fluido (Nichols & Biggs, 1985).

A dinâmica das marés está diretamente ligada aos movimentos dos astros, principalmente lua e sol (responsáveis por aproximadamente $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{4}$ das forças das marés, respectivamente) e sua formação está relacionada aos efeitos da força de atração entre os corpos, dependente da massa e distância entre estes. São ondas compostas por cristas e cavas e originalmente (sem sofrer influência de costa ou batimetria) possuem pequena amplitude e enorme comprimento. Seu período varia usualmente entre 12,5 e 25 horas (marés semi-diurna e diurna, respectivamente). Outras oscilações de longo período (quinzenal, mensal e anual), originadas pelo posicionamento dos astros, também provocam variações no comportamento das marés, como as amplitudes máximas de sizígia alcançadas no outono e primavera e amplitudes reduzidas durante o verão e inverno (Miranda et al., 2002).

As marés astronômicas ainda podem ser classificadas em função de sua amplitude (Villwock, 1994): Micromaré, com amplitudes inferiores a 2m; mesomaré, com amplitudes entre 2 e 4m; macromaré, para amplitudes entre 4 e 6m, e; hipermaré, caracterizada por amplitudes de maré superiores a 6m. A importância da amplitude pode estar relacionada tanto ao prisma de maré (quantidade de água que entra no estuário durante evento de enchente), que definirá a quantidade de água marinha a ser misturada, quanto na definição da quantidade de energia cinética acumulada na coluna d'água, influenciando processos difusivos e advectivos, além de interferir no posicionamento das diferentes zonas do sistema estuarino.

As marés meteorológicas são variações no nível do mar provocadas pela dinâmica de ventos e dos sistemas de massas de ar de diferentes origens e características. Para Miranda et al. (2002) o nível do mar pode responder em fase ao comportamento do vento e às oscilações de pressão atmosférica, aumentando ou diminuindo em função da localização dos centros de pressão e intensidade e direção dos ventos em relação ao direcionamento da linha de costa. Segundo Open University (1989), essas variações nas condições de ventos e de pressão atmosférica podem reforçar ou enfraquecer os efeitos da maré astronômicas na costa, sendo uma complicação a mais na previsão das variações do nível marinho. São forçantes de baixa a muito baixa frequência, com períodos de ciclos de dias a meses.

Importante observar que as ondas de maré podem sofrer alterações em função da profundidade e da geometria dos estuários. Três diferentes processos de deformação das ondas de maré são reconhecidos por Nichols & Biggs (1985): deformação friccional por contato com o fundo, que diminui a altura da onda de maré; deformação por convergência com a geometria do ambiente e reflexão por obstáculo. Tais deformações ainda podem servir para classificação dos estuários, conforme descrito anteriormente.

A importância relativa entre as forçantes descarga fluvial e marés pode ser definida numericamente através da razão entre o volume de água fluvial e o prisma de maré durante o período de vazante, e pode ser chamada de “razão de fluxo” (Miranda et al., 2002).

4.3. Vento

Os ventos também são agentes que podem determinar o comportamento dos processos físicos nos estuários, sendo responsáveis por eventos de diferentes escalas espaciais e temporais.

As marés meteorológicas são uma das formas de interferência do vento nos comportamentos dos estuários. Conforme citado anteriormente, os ventos em diferentes escalas espaciais produzem ondas de gravidade, em escala de tempo entre segundos e dias, que interferirão nos estuários de diferentes formas, de acordo com a esbeltez e a direção de incidência das ondas, do grau de abertura do estuário para as mesmas, além fatores relacionados a batimetria (Thurman, 1994).

Em escala local o vento também interfere no comportamento das águas nos estuários. O vento incidente sobre a superfície dos estuários forma desde capilares a ondas

de alguns centímetros que, ao sentirem o fundo, quebram forçando a mistura advectiva por turbulência, resultado das energias cinética e potencial inerentes à onda que quebra. Outra consequência do movimento gerado pela arrebentação da onda é a geração de correntes de deriva, que eventualmente transportam volumes d'água para o interior dos estuários. Se as águas dos estuários são rasas e a superfície de fundo possui sedimentos finos, o vento pode causar freqüente ressuspensão sedimentar e a consequente turbidez pode restringir a penetração de luz (Nichols & Biggs, 1985), interferindo em condições ecológicas desses sistemas (Ricklefs, 1996).

As correntes induzidas por ventos ainda podem gerar vórtices e correntes contrárias às inicialmente originadas, principalmente nas partes mais profundas do estuário, promovendo circulação das águas em diferentes escalas nas três dimensões do sistema lagunar (Phleger, 1969).

4.4. Radiação Solar

A radiação do sol aparece como outro fator importante no comportamento das águas de sistemas estuarinos, principalmente para as lagoas.

Indiretamente, a energia do sol é responsável por inúmeros movimentos na natureza. Os ventos são gerados por diferenças de pressão, essas últimas provenientes das respostas espectrais distintas de diferentes alvos bombardeados pela radiação eletromagnética oriunda do sol (Ayoade, 1996).

Diretamente, a temperatura das águas é influenciada pela quantidade de radiação disponível para o sistema, pela temperatura do ambiente e pela profundidade da lâmina d'água. Portanto, esperam-se diferenças nas temperaturas das águas entre regiões polares, temperadas e equatoriais, além de respostas diferenciadas de temperatura entre corpos d'água de diferentes dimensões e latitudes próximas entre si. O comportamento da temperatura é de extrema importância para a definição da biota que deverá se estabelecer no ambiente, além de poder determinar condições de estagnação de coluna d'água e possível eutrofização de ambientes.

A energia associada à radiação solar e ao aquecimento das águas de estuários (principalmente dos mais rasos) ainda pode ser de extrema importância para o comportamento de suas águas em função da quantidade relativa de água evaporada no

sistema e sua consequência na salinidade dos corpos d'água. Em regiões temperadas, temperaturas altas no verão podem provocar a estabilização da coluna d'água.

5. Gênese dos estuários

Os estuários são ambientes de transição entre a costa e o oceano adjacente encontrados em diversas costas ao redor do planeta (figura 1), estando, portanto, necessariamente localizados ao nível do mar, sendo encontrados ao longo das costas de todos os continentes. Dessa forma se encontram condicionados, dentre os agentes genéticos e períodos de ocorrência, às variações seculares e de origem eustática, isostática ou tectônica, caracterizando ambientes geologicamente jovens e extremamente dinâmicos. Suas características de localização, extensão e formas dependem diretamente do nível do mar, da topografia do litoral e dos rios, e são alteradas constantemente por processos de erosão, transporte e sedimentação de ordem natural e antrópica (Miranda et. al, 2002).

No litoral brasileiro, o nível marinho (que no quaternário teve comportamento semelhante na maior parte da costa) apresentou, há cerca de 120.000 anos, níveis superiores aos encontrados atualmente, possibilitando a criação de ambientes deposicionais (formação de ilhas-barreira) em algumas áreas atualmente interiores.

Uma fase climaticamente fria, com seu auge há aproximadamente 18.000 anos³, resultou em níveis marinhos próximos a cento e trinta metros abaixo do atual. Nessas condições (Ketzer et al., 1994), uma extensa planície costeira se expôs e recebeu ações de condicionantes geológicas e geomorfológicas que moldaram o ambiente onde se encontram os estuários atuais. Sob essas condições a linha de costa se estendeu por cerca que 140km à jusante da linha atual (Caruso Jr. & Frasson, 2000).

³ As datas de transgressões, regressões e estabilizações para o litoral brasileiro, embora diverjam de acordo com o autor, obedecem comportamento e tendências semelhantes.

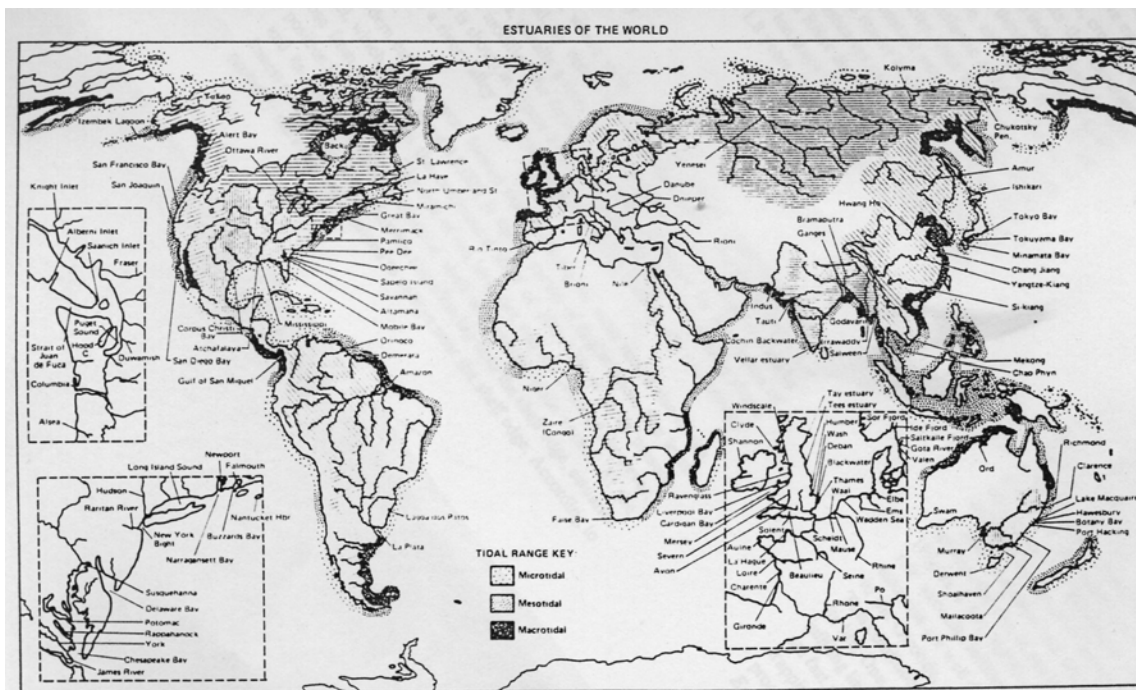


Figura 01. Principais estuários e amplitudes de maré nas costas do mundo todo (Nichols & Biggs, 1985).

Tal fase foi seguida por diversas transgressões e regressões de menores amplitudes – que estiveram ocorrendo concomitantemente às variações de outras magnitudes e frequências - interrompidas por estabilizações correspondentes às isóbatas atuais de 110 e 60 metros, até culminar num auge transgressivo há cerca de 5.150 anos atrás (Suguio et al., 1994). Posteriores oscilações de amplitudes reduzidas em relação às anteriores e a estabilização relativa a partir dos últimos dois ou três milênios, terminou por, respectivamente, modelar a geomorfologia final dos futuros estuários e fixá-los espacialmente nas atuais zonas estuarinas. Uma vez formados, os estuários atuaram como armadilhas de sedimentos oriundos da plataforma continental adjacente e principalmente do continente à montante, tendendo a serem preenchidos pelos sedimentos transportados e depositados em seu interior (Nichols & Biggs, 1985).

Lagunas costeiras são ambientes que podem ser inseridos na classificação de estuários e figuram como uma das feições costeiras mais comumente encontradas nas regiões sul, sudeste e nordeste do Brasil. Assim como todo e qualquer estuário, sua formação também está associada às variações do nível marinho descritas acima. Suas características geomorfológicas e geológicas são fruto de ações conjuntas de ondas,

correntes de deriva, marés e aspectos climáticos, além de outros agentes que criaram barreiras sedimentares isolando corpos d'água costeiros dos oceanos adjacentes (Phleger, 1969; Zankovitch, 1969).

As lagunas costeiras brasileiras foram resultantes da dinâmica climática e oceanográfica acima descrita, além dos processos de sedimentação que possibilitaram a suas formações. Foi obedecendo a dinâmica acima mencionada que, após muita movimentação de fluidos e sedimentos, a Lagoa da Conceição e seu respectivo canal formaram-se e, até certo ponto, estabilizaram-se com uma morfologia muito semelhante a atual.

6. Caracterização da área de estudos

6.1. Localização Geográfica

O Canal da Barra da Lagoa é um canal lagunar natural (inlet) pertencente ao sistema estuarino-lagunar da Lagoa da Conceição e está localizado na porção leste da Ilha de Santa Catarina, litoral central do estado de Santa Catarina. Sua localização exata corresponde as coordenadas UTM (22J – Córrego Alegre) X 753026, 754622 e Y 6945597, 6947572 (coordenadas 27°34' e 27°36' de latitude sul e 48°25' e 48°27' de longitude oeste) (IPUF, 2000). Seis meandros de diferentes extensões, ângulos e larguras (Figura 02) se estendem pelos 2,8km (Pereira et al., 2001) que ligam o corpo lagunar à plataforma continental adjacente, na praia da Barra da Lagoa. O canal faz divisa ao norte com a planície costeira onde está instalada a comunidade de mesmo nome da praia, ao sul com a comunidade da Fortaleza da Barra da Lagoa, a oeste com o corpo lagunar conhecido como Lagoa da Conceição e a leste com o Oceano Atlântico.

6.2. Características Hidrológicas e Sedimentares

O Canal da Barra da Lagoa está localizado no litoral sul da costa ocidental do Oceano Atlântico Sul e, portanto, situa-se em uma área dominada por mesomarés, com amplitudes de cerca um metro de maré astronômica, além de apresentar características semidiurnas e inexactitude entre os dois ciclos diários de maré (Miyao & Harari, 1989 *apud* Garcia, 1999).

Em função de sua localização geográfica, especialmente sua latitude sub-tropical, possui dinâmica atmosférica capaz de causar variações do nível marinho conhecida como maré meteorológica. Chludinski (2002) relata que principalmente durante a primavera e o verão observa-se uma termoclina acentuada (separando as massas de Água Tropical de Plataforma e a Água Central do Atlântico Sul – ACAS) próxima ao litoral catarinense, e que sob determinadas condições de ventos do quadrante norte, um fenômeno conhecido como “ressurgência” pode promover a ascensão da ACAS, caracterizada por águas de baixas temperaturas e rica em nutrientes. Observa-se então uma dinâmica de variação de temperatura e turbidez das águas costeiras catarinenses condicionadas diretamente por determinantes meteorológicos.

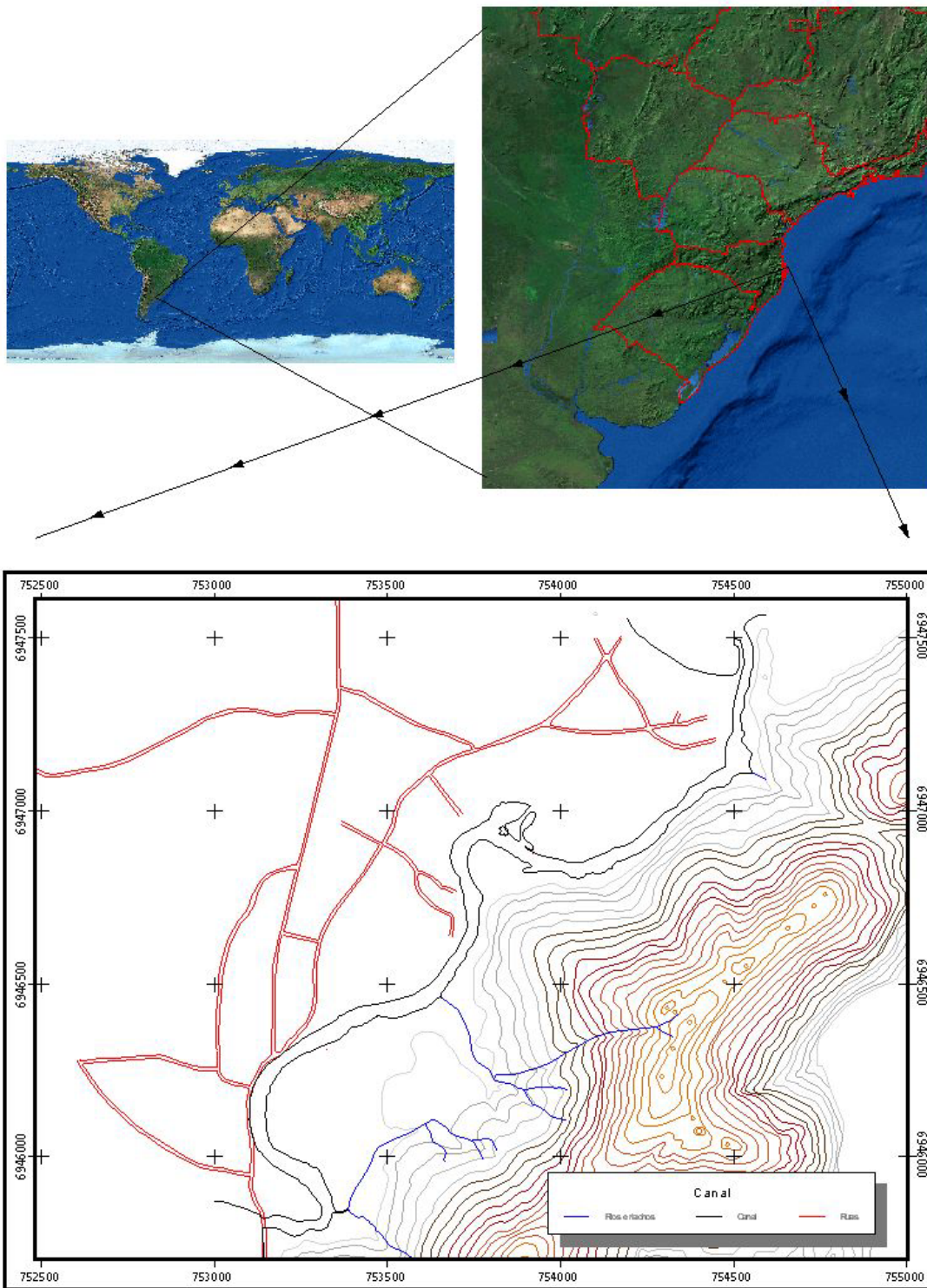


Figura 02: Mapa de localização da área de estudos (Fontes: IPUF, 1979, 2002).

Sua desembocadura oeste termina em uma das extremidades da Lagoa da Conceição (IPUF, 2000), mais precisamente na porção mais oriental do subsistema central ou Lagoa do Meio (Odebrecht & Caruso Jr, 1999), da qual partem as águas salobras que adentram ao canal quando o nível lagunar se encontra acima do nível do mar na desembocadura leste (Andrade, 2001).

Esse canal é o único meio de ligação entre a Lagoa da Conceição e oceano aberto (Perisch, 1990; Sierra de Ledo & Klingebiel, 1999; e Caruso Jr., 2000) e, devido a suas alterações antrópicas (e principalmente após a fixação do molhe na década de 80), possui historicamente dois comportamentos distintos.

6.3. Conexão Efêmera

Anteriormente à fixação da desembocadura marinha, e com os efetivos fechamentos naturais da barra por processos sedimentares em sua desembocadura na extremidade sul da praia da Barra da Lagoa (Klingebiel & Sierra de Ledo, 1999) suas águas passavam por eventos de confinamento e estagnação, caracterizados por períodos prolongados de residência de massas d'água (Porto Filho & Bonetti Filho, 1997).

“A barra costumava fechar quando dava lestadada, e normalmente abria com as chuvas...prá gente foi bom a construção do molhe.”⁴

Sierra de Ledo & Soriano-Sierra (1999) destacam a degradação das condições de navegabilidade entre o interior lagunar e o oceano aberto e das condições de manutenção da biota no interior do corpo lagunar, citando ainda ocorrências de grandes mortandades de peixes. Segundo Klingebiel & Sierra de Ledo (1999) o fechamento da barra era periódico, confinando as águas lagunares anualmente aproximadamente de junho a setembro, periodicidade confirmada por pescadores locais.

Sierra de Ledo & Soriano-Sierra (op cit.) encontraram valores de temperatura entre 18,0 e 26,0°C, salinidade entre 2,06 e 14,60, pH entre 6,72 e 8,10 e transparência entre 0,3 e 4,0m de coluna d'água. Nessas condições, foram encontradas correlações estatísticas positivas entre valores de salinidade, pH e transparência. Os dados de temperatura tiveram correlação negativa com o pH. Assuncion et al. (1981) *apud* Debenay et al. (1997)

⁴ Palavras de pescador local.

encontraram para o canal salinidade máxima de 14,74 em colunas d'água homogêneas. Sob essas condições (naturais) as águas apresentavam salinidade média próxima à 11 (Odebrecht & Caruso Jr., 1987 *apud* Garcia, 1999).

Pode-se observar através das fotografias aéreas (SDM, 1938; IPUF. 2000.) que as margens do canal possuíam outra configuração, diferente da atual, o que também provocava condições diferenciadas de hidrodinâmica em seu interior.

6.4. Conexão permanente

Após as grandes mudanças feitas na geometria e geomorfologia do canal, representadas principalmente pela fixação da desembocadura marinha (descrita mais adiante), o comportamento se alterou para uma condição de abertura permanente do canal. Dessa maneira, a partir de 1985 o canal passou a apresentar sua configuração atual.

A abertura permanente propiciada pela fixação da desembocadura marinha do canal condicionou um incremento na salinidade média do corpo lagunar. As águas do sistema central, onde deságua o canal em situações de enchente e da onde as mesmas se originam durante a vazante, variaram de características meso e polihalinas, para padrões meso e euhalinos, caracterizando o incremento da salinidade média local da casa dos 12 para valores superiores a 30. A temperatura média das águas da lagoa do meio também sofreu variações, tendo suas médias reduzidas da casa dos 25°C para a dos 22°C. Em ambos os casos, antes e depois da fixação da desembocadura, termoclinas e haloclinas foram ausentes ou sem grande expressão. Atualmente as águas lagunares são quase exclusivamente marinhas, com concentração de 91% de água do mar (Sierra de Ledo & Klingebiel, 1999).

Os valores de salinidade encontrados por Sierra de Ledo & Soriano-Sierra (op cit.), com a conexão permanente, foram ente 23,0 e 39,0, as temperaturas variaram de 11,8 a 28,7°C, o pH variou entre 6,70 e 10,05, e a transparência esteve entre 0,80 e 5,20m de coluna d'água. Nessas condições, correlações estatísticas negativas entre temperatura e salinidade foram observadas. Os mesmos autores confirmaram que a permanente conexão entre o interior lagunar e o oceano aberto permitiu que houvesse uma salinização do corpo d'água em questão, alterando inclusive a composição da fauna e atividades pesqueiras locais. Além disso, confirmaram a importância das trocas atuais de águas através do canal na distribuição das propriedades físico-químicas do sistema lagunar.

Andrade (2001) afirma que a circulação das águas no canal, ao contrário da Lagoa, que é praticamente dominada por vento, não possui influência eólica local e é dominada pelos movimentos da maré. Sierra de Ledo & Soriano-Sierra (op cit) destacam ainda que a participação dos ventos tem grande influência sobre a dinâmica das águas do corpo lagunar e suas margens, porém no Canal da Barra os fluxos são determinados exclusivamente pela maré. No mesmo trabalho ainda estimar valores máximos de corrente para o corpo lagunar como um todo de 0,7 m/s. Foram encontradas também, através de modelagem numérica, defasagens da onda de maré de 3,5 horas para a preamar e cerca de 1,5 hora para a baixamar. Tais valores são diferentes do citado por Garcia (1999), que estimou velocidades entre 1,0 e 1,5m/s para as águas do canal, e atrasos de cerca de trinta minutos entre as estofas das desembocaduras marinha e lagunar.

A onda de maré, ao interagir com o fundo e com a geometria de um estuário, sofre deformação e diminuição de velocidade. Dessa maneira, nesse tipo de ambiente as velocidades e alturas das marés em seu interior podem não se encontrar em fase com o comportamento da onda de maré na plataforma continental aberta, principalmente para ambientes rasos. Normalmente em estuários rasos, a enchente possui maior velocidade e menor duração do que a corrente de vazante, pois a crista da onda de maré tende a caminhar mais rápido que a cava (pois sua coluna d'água é menor que a da cava) e a vazante possui a água extra da descarga fluvial (Open University, 1989). Para o Canal da Barra da Lagoa, foram encontrados valores de defasagem entre as estofas das duas desembocaduras de até três horas e meia. Além disso, as características de onda progressiva - determinadas para a Lagoa – têm como consequência seções hidráulicas de vazante menores que as de enchente (Andrade, 2001).

Outro efeito da geomorfologia e geometria do canal é a atenuação da amplitude das ondas de maré astronômica. Estudos de dados de marégrafos com registro simultâneo nas duas desembocaduras, sob condições de marés astronômicas de quadratura e sizígia no verão de 1996, demonstraram uma atenuação para a onda na desembocadura lagunar superior a 90% da amplitude encontrada na desembocadura marinha (Porto Filho & Bonetti Filho, 1997), confirmadas através de modelagem numérica por Andrade (2001), que ainda frisam a variação máxima de 5cm na coluna d'água na desembocadura lagunar em marés de sizígia. Os mesmos autores citam que tal sistema lagunar, pela assimetria no

comportamento das enchentes e vazantes, possui a tendência de expulsar sedimentos (realizar autolimpeza), contrariando o observado por Porto Filho & Bonetti Filho (1997), FATMA (1997) e Caruso Jr. (1993), que afirma que o regime de marés transporta sedimentos oriundos da plataforma costeira adjacente estuário adentro, influenciando inclusive na formação de esporões arenosos no interior da Lagoa. A opinião popular concorda com esta hipótese, e muitos moradores, pescadores ou não, acreditam que as obras do início da década de 80 forneceram ao canal a competência de transporte de sedimentos marinho estuário adentro e que estariam, inclusive, aumentando a velocidade de assoreamento do corpo lagunar.

Em função do amortecimento da onda de maré e das outras características hidrológicas e geomorfológicas do sistema lagunar, Sierra de Ledo & Klingebiel (1993) determinaram uma taxa de renovação das águas lagunares, por ciclo de maré pelo Canal da Barra, de cerca de 4%. Tal valor é diferente dos 8% encontrado por Knoppers et al., 1984 *apud* Caruso Jr, *op cit.*

6.5. Climatologia

A Ilha de Santa Catarina ocupa uma área de aproximadamente 431km² no limite sul da região subtropical (Garcia, 1999), com altitudes máximas próximas a 532m (IPUF, 2000), possuindo, portanto, características climáticas inerentes à sua latitude, altitude e influência marítima.

A citada ilha, e particularmente a área de estudo em questão, estão incluídas, segundo a classificação de Köppen, como característica de Clima Mesotérmico Úmido (Cfa) (Vianello *et al.*, 1991).

Segundo Nimer (1989) os centros de ação mais representativos na área são a Alta do Atlântico Sul (ou anticiclone semifixo do Atlântico Sul), as pequenas Altas Tropicais e o Anticiclone Polar, além da Baixa do Chaco (principalmente pelos três primeiros). As massas de ar com mais representatividade na área são a Massa Tropical Atlântica (mTa) e a Massa Polar Atlântica (mPa). A mPa caracteriza-se por baixa umidade, temperaturas amenas e ventos do quadrante sul, enquanto que a se caracteriza por ventos de quadrante norte, temperaturas e umidades elevadas. A dinâmica do processo de atuação desses sistemas atmosféricos é que proporciona o estado do tempo na área (SEPLAN, 1991).

Em média, 6 a 6,5 sistemas frontais mensalmente atingem as latitudes entre 35° e 25° S, sendo mais constantes durante o inverno e menos freqüentes durante o verão. Os vórtices ciclônicos (ciclones extratropicais) associados a tais frentes frias se relacionam diretamente com variações relativas nos níveis marinhos, conhecidas como marés meteorológicas. Essas são bem observadas quando as tempestades relacionadas aos vórtices ciclônicos migram do continente para sobre o Oceano Atlântico (Tozzi & Calliari, 1999).

A entrada das frentes frias na região de Florianópolis obedece a padrões semelhantes de evolução. A partir de uma situação de predominância da Massa Tropical Atlântica, caracterizada por altas temperaturas e ventos do quadrante norte, o vento e a umidade tendem a aumentar com a proximidade da frente fria e sua respectiva zona de instabilidade. A chegada da zona de instabilidade coincide com a diminuição dos ventos de norte até o estado de calmaria, que varia de duração. A nebulosidade aumenta gradativamente, e as nuvens mais baixas e carregadas de umidade começam a tomar conta da paisagem aérea. Precipitação e ventos de quadrante sul (geralmente muito intensos no início), acompanhados de diminuição na temperatura atmosférica são características da entrada da frente fria. A massa de ar polar que fornece a energia necessária para a evolução da frente é a próxima a se estabelecer, e é caracterizada por baixas temperaturas, ventos do quadrante sul e baixa umidade relativa do ar. À medida que a massa polar perde força e a tropical se fortalece, os ventos tornam a receber influência do quadrante setentrional e a condição inicial da explanação é restabelecida.

Nota-se uma variabilidade no comportamento das massas de ar (Herrmann et al., 1996), e conseqüentemente das frentes, dos fenômenos conectivos e marés meteorológicas ao longo dos registros históricos. Tal comportamento é de suma importância, pois, se o padrão de circulação da Lagoa depende de todos esses fatores associados (dentre outros não mencionados), qualquer estudo de caracterização deverá levar em consideração suas limitações de escalas temporais associadas aos ritmos da natureza.

Os ventos predominantes são os de sul e de nordeste, sendo o primeiro de maior intensidade (reinante), e o segundo o mais constante (dominante). Os ventos, aliás, são os principais responsáveis pela dinâmica dos processos físicos, químicos e biológicos do sistema lagunar, sobretudo através da hidrodinâmica. Eventos de grande pluviosidade são característicos na área e observados principalmente durante o verão (Porto Filho, 1993),

como foi o caso do ano de 1995 que acumulou cerca de 500mm de chuva em apenas dois dias (Hermann, 1998). Exemplos de eventos desta natureza estão geralmente associados a ação de ciclones extra-tropicais nas proximidades da ilha.

Dados de médias mensais entre os anos de 1962 e 1992 demonstraram que as precipitações são bem distribuídas por todo ano, com oscilações mensais entre 74,1mm e 172,4mm, e índices anuais de 1611,0mm, além de índices de insolação entre 121,9 e 304,1 horas/mês. As taxas de evaporação mensais variaram entre 71,8 e 212,8mm, para os meses de junho e janeiro, respectivamente. As taxas de evaporação anual variaram entre 808,8 e 1474,4mm, sendo 1083,8mm a média de evaporação anual para os trinta anos estudados (Porto Filho, 1993).

Dados relativos às décadas de 80 e 90, trabalhados por Herrmann et al. (1996), demonstram a presença de adversidades climáticas em Santa Catarina, que são caracterizadas principalmente por elevados índices pluviométricos, prolongados meses de estiagem, vendavais e chuvas de granizo. Para os autores, as anomalias não se distribuem igualmente temporal e espacialmente e parte desse comportamento se deve ao fato de Santa Catarina estar situada em uma área de frontogênese, caracterizada por constantes mudanças bruscas de tempo em decorrência da passagem das frentes frias.

6.6. Geologia e Geomorfologia

O Canal da Barra tem como limites ao sul o embasamento cristalino Pré-cambriano da localidade da Fortaleza da Barra da Lagoa e ao norte a formação arenosa (restinga) proveniente dos trabalhos de agentes marinhos, eólicos e lagunares, onde se estabeleceu a comunidade da Barra da Lagoa. O canal é meandrante e estende-se por cerca de 2,8km, alinhado aproximadamente no sentido leste/oeste, fazendo contato com o mar e a laguna respectivamente (Caruso Jr. et al., 1993).

O embasamento cristalino, que predomina na paisagem da localidade da Fortaleza da Barra da Lagoa, é constituído basicamente por granitos do Proterozóico, preenchidos em suas falhas por diques de diabásio do Juro-cretáceo e recoberto em determinadas localidades por sedimentos de idade quaternária (Caruso Jr, 1993). Tal embasamento é caracterizado por encostas íngremes e de até 200 metros de altitude, e algumas planícies sedimentares, encontradas principalmente nas proximidades do canal (IPUF, 1974).

A planície costeira onde se estabeleceu a comunidade da Barra da Lagoa tem sua formação associada a movimentos de variação do nível relativo do mar e a depósitos sedimentares de origens marinhas, eólicas e lagunares resultantes de processos dinâmicos (Caruso Jr, 1993). Sua formação está relacionada possivelmente à transgressão marinha datada de cerca de 120.000 anos, quando se formaram os primeiros bancos sedimentares entre os morros das Aranhas e da Fortaleza da Barra da Lagoa. Após regressão do nível marinho, nova transgressão permitiu (há 5100 anos atrás) a deposição de sedimentos externos ao cordão anterior. Nessas condições, diferentes canais ligavam a já formada laguna ao oceano adjacente. Os últimos cinco mil anos foram caracterizados por oscilações do nível marinho de menores amplitudes, resultando na fixação do canal atual e sedimentação dos antigos canais (Caruso Jr. & Frasson, 2000).

Porto Filho (1993) lembra que o canal de conexão com o mar produz influência direta na morfologia de fundo principalmente da porção centro-sul da lagoa.

6.7. Usos e manejo

A bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição (na qual se estabeleceu a freguesia de Nossa Senhora da Conceição da Lagoa), com seus 90km² aproximados de área (Hauff, 1993), apresenta ocupação humana desde milênios atrás, mas foi somente a partir de 1753 que se começou a registrar censos demográficos da área. No primeiro censo havia apenas 503 habitantes em toda a bacia, número que em 1990 já havia ultrapassado os 15.000 habitantes (Hauff, 1993).

As margens do canal têm sido, como a bacia da Lagoa, igualmente utilizadas pelas populações através da história.

O fechamento do canal por bancos de sedimentos arenosos era um comportamento freqüentemente apresentado pela sua antiga hidrodinâmica, o que dificultava a navegabilidade dos pescadores e inibia os processos de trocas e renovação de águas interiores. Dragagens foram realizadas nos anos de 1954, 1955 e 1968 (as duas primeiras pelo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis e a última pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamentos), que foram seguidas pela obra de construção do enrocamento entre os anos de 1982 e 1985. Nova dragagem sucedeu a construção dos

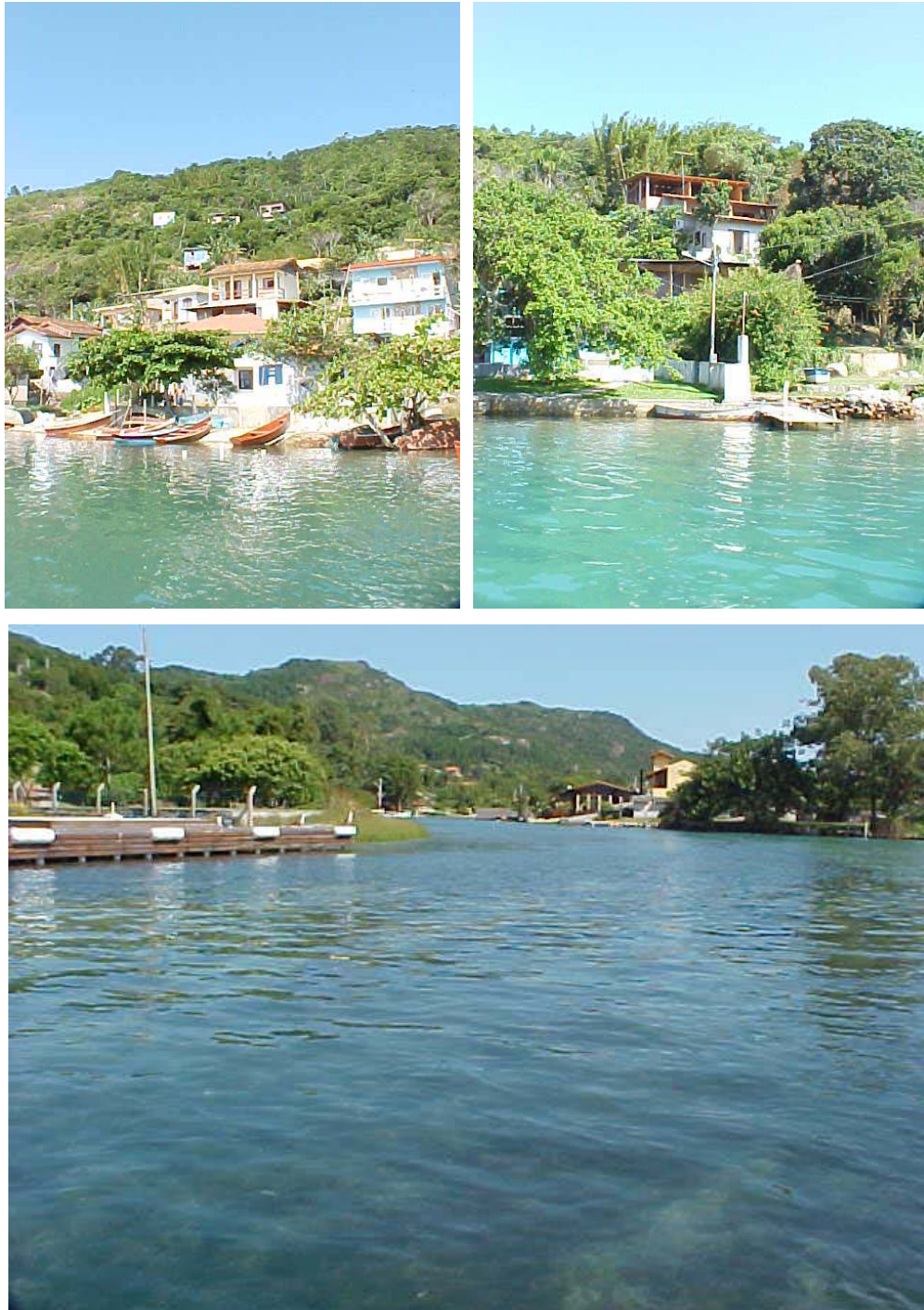
molhes em 1985, quando o fundo do canal, até sua conexão com a Lagoa, foi aprofundado até a cota de aproximadamente 3,00m (FATMA, 1997).

A barra fechada deixava as águas confinadas no interior da laguna além de dificultar a navegação de barcos de lazer e embarcações de pescadores locais. Porém, a desembocadura fechada não apresentava efeitos unicamente maléficos. O banco sedimentar formado nas proximidades da desembocadura lagunar propiciava excelentes condições para a prática do surfe, conforme relata um dos surfistas mais antigos da comunidade da Barra da Lagoa, que afirma que com ondulação de leste e vento sul, as condições tornavam as ondas uma das melhores de todo litoral brasileiro: *“Perdi a princesa da minha vida, mas foi bom para dar mais vida pra Lagoa. A água ficava parada e às vezes fedia.”*⁵

As margens do canal atualmente abrigam a comunidade da Barra da Lagoa (norte) e Fortaleza da Barra da Lagoa (sul – fotos 03 a 06) onde a cobertura vegetal já perdeu grande parte de seu espaço original. Antigas atividades de coleta e extração de madeira mais tarde deram lugar a culturas e pastagens. Nas últimas décadas o turismo tem provocado flutuações populacionais consideráveis a ponto de provocar alterações significativas na qualidade das águas da laguna, e conseqüentemente do canal (Caruso & Frasson, 2000). Além disso, atualmente a expansão imobiliária parece ser o principal agente de transformação da ocupação do solo nos entornos da área de estudo. Entretanto, foram as dragagens e a construção de um molhe na desembocadura marinha as principais alterações antrópicas realizadas na geometria e batimetria do canal (IPUF, 2002).

Atualmente embarcações de lazer e principalmente dos pescadores da Barra da Lagoa utilizam o canal como meio de navegação e ligação entre a Lagoa e o mar.

⁵ Fernando “Marreco” Muniz, surfista e shaper local, morador da Barra da Lagoa desde os anos 70.



Figuras 03 a 06: Fotos de construções e trapiches nas margens do canal.

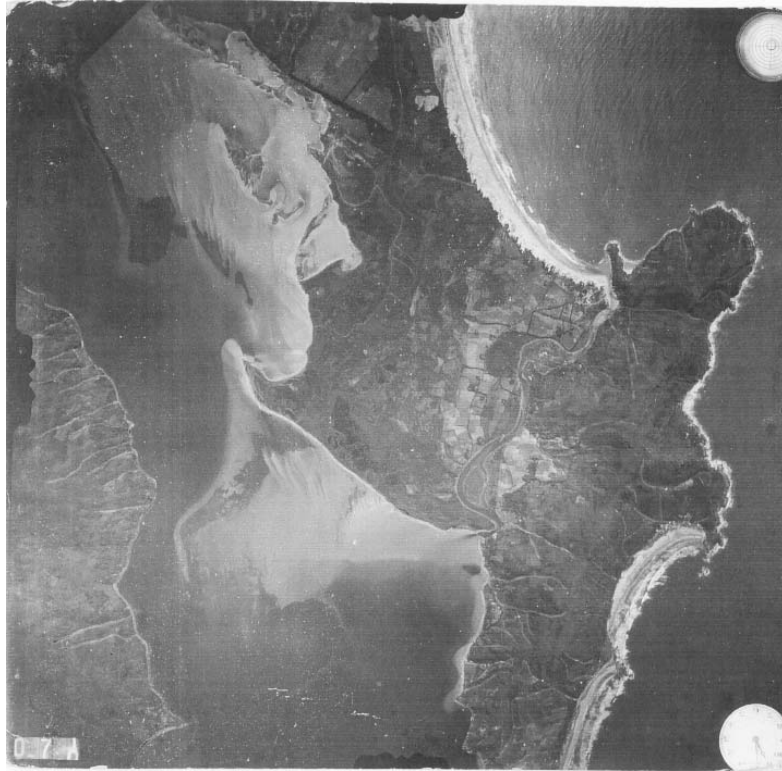
A desembocadura oeste e o interior do canal freqüentemente são tomados por pescadores de tainha e camarão, que encontram ali condições ideais para a realização de sua atividade profissional, de lazer ou subsistência.

As fotos aéreas dos anos 1938, 1957, 1978 (SDM) e 2000 (IPUF) demonstram as características da ocupação e uso do solo nas margens do canal e seus entornos ao longo do século XX.

Em 1938 (figura 07) pode-se observar apenas poucas propriedades rurais de pequeno porte, provavelmente com culturas de subsistência, distribuídas tanto ao norte quanto do lado sul do canal. Pode-se observar também as trilhas da época que dariam origem à malha viária local. Observa-se a presença do banco arenoso responsável pelas periódicas obstruções da desembocadura marinha.

A foto de 1957 (figura 08) apresenta praticamente os mesmos padrões de uso do solo, com algumas diferenças em determinadas áreas marginais que apresentam padrão de solo arenoso descoberto (praia), possivelmente são os sedimentos retirados do fundo do canal durante as dragagens realizadas pelo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis. Dois braços do canal que eram observados na primeira foto – um próximo à entrada da Fortaleza da Barra e outro nas proximidades do terreno pertencente à empresa Portobelo, no qual a empresa pretende construir uma marina, já aparecem assoreados.

No ano de 1978 (figura 09), aglomerações urbanas podem ser observadas principalmente nas margens da rua Altamiro Barcelos Dutra, acentuando-se nas proximidades da desembocadura marinha. Martins (1994) cita que a prática da agricultura era comum até 1962, quando a criação do Parque Florestal do Rio Vermelho, instalado em áreas cultivadas pelos moradores locais, fez com que a atividade regredisse e a urbanização ganhasse força. A autora ainda cita que o adensamento urbano foi potencializado pela poluição das praias do continente, estabilização e pavimentação das malhas viárias locais e pelas imigrações de diferentes origens. O banco sedimentar ainda pode ser observado na desembocadura marinha, evidenciando a obstrução da área e ainda observam-se formações associadas aos canais assoreados.



Figuras 07 e 08: Fotografias aéreas de 1938 e 1957. Fonte: Secretaria de Desenvolvimento do Mercosul.



Figuras 09 e 10: Fotografias aéreas de 1978 e 2000. Fonte: SDM e IPUF, respectivamente.

Uma grande urbanização pode ser observada na montagem das fotos de 2000 (figura 08), tanto na planície da Barra da Lagoa como nos morros e planícies da Fortaleza da Barra da Lagoa. Pode-se perceber também a presença do molhe construído nos anos 80, além da regeneração de cobertura vegetal em áreas de antigas pastagens ou culturas.

A facilitação no transito de embarcações no canal fez com que algumas estruturas de atracamento fossem construídas (trapiches). Na carta topográfica do IPUF (2001) podem-se contar setenta trapiches na margem norte e cinquenta na margem sul, totalizando cento e vinte trapiches, concentrados nas proximidades da desembocadura marinha (figura 11). Embora a urbanização já seja intensa e o tráfego nas malhas viárias e no Canal da Barra da Lagoa estejam aparentemente saturados, um projeto para uma grande marina que deveria ser implantada na margem norte do canal está em tentativa de aprovação pelos órgãos responsáveis há quase uma década. Tal estrutura prevê um aumento de cerca de trezentas embarcações no interior do canal, além da criação de acomodações hoteleiras que potencializariam os problemas já encontrados e que colocaria em risco os usos múltiplos da Lagoa, principalmente os relacionados aos pescadores artesanais (Panitz et al., 2000).



Figura 11: Zona de maior concentração de trapiches do canal.

7. Objetivos

7.1. Geral

Caracterizar a dinâmica de troca de águas entre a plataforma continental interna adjacente à Praia da Barra da Lagoa e a Lagoa da Conceição através de análise de parâmetros hidrodinâmicos e físico-químicos da coluna d'água do Canal da Barra da Lagoa.

7.2. Específicos

- Quantificar variáveis hidrodinâmicas (direção e intensidade das correntes) e físico-químicos (salinidade, temperatura, pH e turbidez) da coluna d'água sob diferentes estratégias de coleta de dados e diferentes escalas temporais;
- Avaliar o comportamento das águas do Canal da Barra, identificando a influência de variações de marés e variações temporais de diferentes escalas nos valores e comportamentos dos parâmetros analisados;
- Identificar e compreender as variações temporais e espaciais nas características e propriedades das águas do canal;
- Classificar o estuário (Canal da Barra) segundo suas características hidrodinâmicas e de acordo com as classificações internacionalmente reconhecidas.

8. Metodologia

Para tentar compreender a dinâmica das águas do canal optou-se por analisar parâmetros hidrodinâmicos e físico-químicos da coluna d'água em diferentes condições oceanográficas e meteorológicas contemplando diferentes escalas temporais, posteriormente descritas neste capítulo.

Os parâmetros analisados foram direção e intensidade da corrente, salinidade, temperatura, pH, turbidez, e material em suspensão (sólidos totais suspensos ou seston total).

Três estratégias diferenciadas foram usadas para o estudo das águas do canal. Com o intuito de verificar se existem variações nas propriedades da água em diferentes escalas de tempo decidiu-se por coletas com intervalos temporais mensais, diários e horários.

Dados da Estação Meteorológica de São José, juntamente com dados coletados em campo durante as campanhas, compõem o suporte meteorológico utilizado como apoio nesta pesquisa.

8.1. Materiais

8.1.1. Coletas de campo

8.1.1.1. Amostragens mensais

Para essas campanhas, realizadas entre os meses de agosto de 2001 as julho de 2002, foram utilizados: uma lancha Coast Catamarã (“Thalassa”), de 4,84m de comprimento, para 5 pessoas, com motor de popa Evinrude 30HP, mini-STD Sensordata SD-201, garrafa de coleta de água do tipo Van-Dorn, garrafas plásticas de 200ml para acondicionamento das amostras, anemômetro analógico Sims mod. BTC, bússola, biruta, régua mareométrica, ecossonda manual, GPS Garmin 45 XLS e planilha de campo.

8.1.1.2. Amostragens diárias

Mini-STD Sensordata as SD-201, garrafa de coleta de água do tipo Van-Veen, garrafas plásticas de 200ml para acondicionamento das amostras, anemômetro Sims analógico modelo BTC, bússola, biruta, régua mareométrica, ecossonda manual e planilha de campo.

8.1.1.3. Estações fixas

8.1.1.3.2. Verão

Refratômetro, termômetro de coluna, molinete hidráulico e planilha de campo.

8.1.1.3.2. Inverno

Refratômetro, termômetro de coluna, filtros de acetato, correntômetro Sensordata SD-30, bússola, anemômetro analógico, cabo graduado, marégrafos.

8.1.2. Análise em laboratório

Os dados de salinidade e temperatura foram registrados durante as campanhas de amostragem com seus aparelhos indicados e seus diferentes aparelhos, cada um a seu modo. Somente os dados de pH, turbidez e material em suspensão foram obtidos posteriormente em laboratório através de análises realizadas em alíquotas d'água recolhidas em campo.

8.1.2.1. pH:

Foi utilizado um peagâmetro digital PH Master, Gultan do Brasil;

8.1.2.2. Turbidez:

Empregou-se um turbidímetro Solar Instrumentação SL 2K;

8.1.2.3. Material em suspensão:

Utilizou-se filtros de acetato com porosidade controlada, kit de filtração à vácuo e balança digital com precisão de quatro casas decimais.

8.2. Metodologia das coletas de dados (Campanhas de coletas)

8.2.1. Intervalo mensal

Com a intenção de verificar as variações mensais e sazonais nas propriedades da coluna d'água do canal, mensalmente foram realizadas campanhas de coleta na área de estudo para aquisição de dados sob condições de marés astronômicas de sizígia (luas cheia ou nova). Tal condição de maré foi escolhida por apresentar maiores amplitudes entre preamar e baixa-mar, o que teoricamente representaria as condições extremas de influência marinha ou lagunar nas águas do canal. Próximos aos instantes de estofas de preamar e baixa-mar, indicadas através da tábua de marés calculada pelo modelo de previsão de maré do programa WXTide Predictor 32 as coletas foram realizadas em cinco pontos pré-determinados, conforme apresentado no croqui de campo (fig. 12).



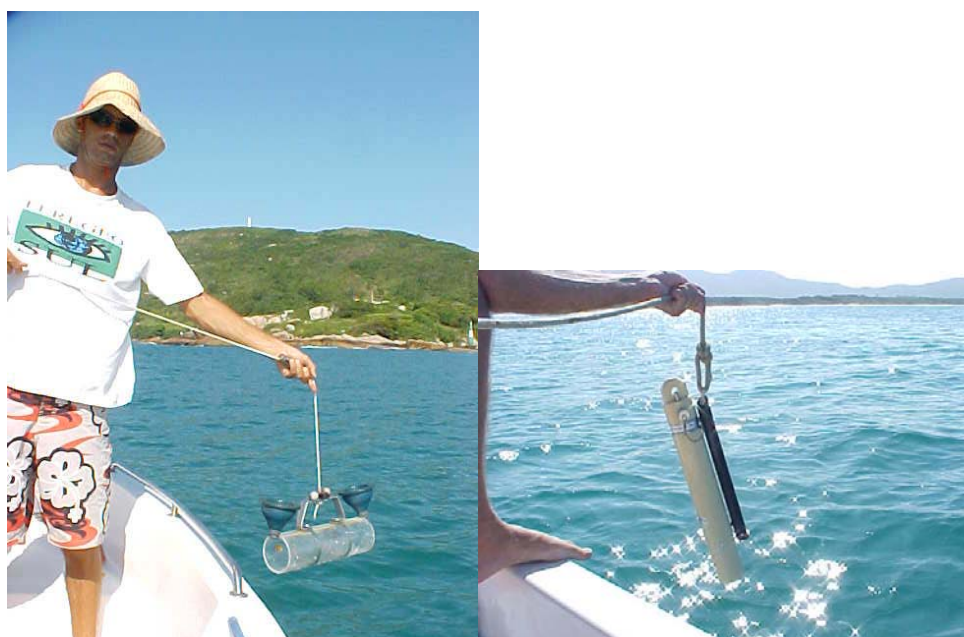
Figura 12: Localização aproximada dos pontos de coletas durante as campanhas de amostragem em campo.

Previamente e posteriormente às coletas, foram realizadas anotações informando direção e intensidade do vento, condição da lua e da maré astronômica (estofa de baixa-mar ou preamar), além da leitura de régua mareométrica localizada nas proximidades da desembocadura lagunar. Durante essas saídas, a embarcação (fig. 13) foi fundeada nos pontos estabelecidos previamente, tendo coletados duas alíquotas de aproximadamente 200ml de água referentes à superfície e à proximidade de fundo, utilizadas posteriormente para análise dos parâmetros pH e turbidez, no Laboratório Oceanografia Costeira, também localizado na Barra da Lagoa.



Figura 13. Embarcação “Thalassa” utilizada nas campanhas de coletas de intervalos mensais.

Para efeito de padronização, as coletas sempre se iniciaram próximas à desembocadura marinha e seguiram em direção à Lagoa da Conceição. As alíquotas de água do fundo foram recolhidas com o auxílio de garrafa de coleta do tipo Van-Dorn (fig. 14). Concomitantemente, através da imersão do STD (fig. 15) foram registrados dados relativos a salinidade, temperatura e profundidade da coluna d'água em intervalos de dois segundos durante a imersão do aparelho. Dados referentes à hora da coleta e qualquer outro tipo de informação que fosse relevante ao andamento da pesquisa também foram registrados na planilha de campo.



Figuras 14 e 15: Garrafa de Van-Dorn e Mini-STD utilizados nas coletas de água e de dados.

As datas de cada uma das campanhas de amostragem podem ser observadas na tabela 01, que ainda contém outras informações a respeito dessas campanhas.

8.2.2. Intervalo Diário

Essa estratégia foi realizada com a intenção de identificar e compreender variações diárias nas características e propriedades das águas do canal. Nesse sentido, os meses de Janeiro de 2002 (verão) e Julho do mesmo ano (inverno) foram escolhidos para que fossem realizadas coletadas de dados referentes às características físico-químicas das águas do canal durante quinze dias consecutivos, sob condições de estofas de preamar e baixa-mar diurnas previstos pelo modelo utilizado. Alíquotas de 200ml de água superficial e próxima

ao fundo foram recolhidas, exclusivamente na desembocadura lagunar (correspondente ao ponto 5 do mapa de amostragem), para análise dos parâmetros pH e turbidez em laboratório. A imersão do mini-STD na coluna d'água também fez parte desta etapa do trabalho e forneceu registros de dados referentes a temperatura, salinidade e profundidade de coleta a cada dois segundos, durante as amostragens. Anotações de dados atmosféricos e da leitura da régua mareométrica, além de observações relevantes à pesquisa, também fizeram parte da metodologia da coleta dos dados.

8.2.3. Intervalos Horários – Estações Fixas

8.2.3.1. Verão

Estações fixas são um tipo de estratégia de amostragem que permite identificar variações de parâmetros em curtos períodos de tempo (da ordem de horas). Para as coletas realizadas durante as estações fixas foram escolhidos meses nas estações de inverno e verão.

As campanhas de verão foram realizadas entre os dias 31 de novembro a 03 de dezembro e 09 a 13 de dezembro de 1996, respectivamente em marés de quadratura e sizígia. Foram conduzidas coletas nas desembocaduras marinha e lagunar, além de um ponto aproximadamente a meio caminho das desembocaduras (pontos 5, 1 e 3 respectivamente, conforme o croqui de campo). Os parâmetros salinidade, temperatura da água e concentração de material em suspensão foram obtidos para amostras de superfície e proximidades do fundo, além dos parâmetros de corrente superficial e variação dos níveis da maré.

Os dados referentes à essa estratégia já haviam sido anteriormente obtidos e processados pelos professores Érico Porto Filho e Jarbas Bonetti Filho (Depto. De Geociências da UFSC), tendo sido apresentados na forma de relatório técnico. Tais resultados foram gentilmente cedidos pelo citado professor para que pudessem ser trabalhados nessa pesquisa.

8.2.3.2. Inverno

As campanhas de inverno foram realizadas entre os dias 19 e 21 de agosto de 1997 e entre 10 e 13 de setembro de 1997 para condições de marés de sizígia e quadratura

respectivamente (tabela 02). Foram coletados dados referentes à salinidade, temperatura, material em suspensão, direção e intensidade da corrente em dois níveis da coluna, profundidade dos pontos de amostragem, além de direção e intensidade do vento. Os pontos escolhidos foram os mesmos amostrados durante a campanha de verão.

Além disso, marégrafos estiveram instalados simultaneamente nas desembocaduras do canal durante os meses de agosto e setembro de 1997.

Periodicidade	Data	Pontos	Parâmetros	Profundidade	Observação
Mensal	19/8/01 2/9/01 2/10/01 31/10/01 14/12/01 28/1/02 27/2/02 28/3/02 28/4/02 28/5/02 24/6/02 26/7/02	1 a 5	Salinidade, temperatura, pH, turbidez, vento, direção da corrente, nível da água no ponto 5, profundidade.	Superfície e proximidade de fundo	Baixa-mares e preamares diurnas. Coletas com duração de uma hora.
Diária	9/01 a 23/01/02 18/07 a 1/08/02	5	Salinidade, temperatura, pH, turbidez, vento, direção da corrente, nível, profundidade.	Superfície e proximidade de fundo	Preamares e baixa-mares diurnas.
Horária (Estação Fixa)	30/11a3/12/96 Quadrante 9a13/12/96 Sizigia 19a21/8/97 Sizigia 10a13/9/97 Quadratura	1, 3 e 5	Salinidade, temperatura, material em suspensão, nível no ponto de coleta, direção e intensidade da corrente*, tempo.	Superfície e proximidade de fundo	Dois ciclos completos de maré (25h)
* As correntes de verão foram coletadas somente à superfície					

Tabela 02: Datas de realização das campanhas de amostragem no interior do canal.

8.3. Metodologia de análise das amostras

8.3.1. pH

O parâmetro pH foi analisado em amostra coletada cuidadosamente em garrafa de 200ml, sem a produção de bolhas para evitar troca gasosa com o meio. A amostra foi mantida à temperatura ambiente e levada diretamente ao laboratório, em menos de quatro horas de coleta.

Com a amostra em temperatura ambiente e o aparelho previamente calibrado, os sensores do peagâmetro foram imersos na água e esperou-se pela estabilização do valor, posteriormente registrado em tabela.

8.3.2. Turbidez

A turbidez foi analisada em laboratório através da mesma alíquota de 200ml utilizada para leitura do pH. As leituras foram realizadas logo após às coletas para que se evitasse a alteração nas propriedades de turbidez, devido por exemplo a proliferação de organismos. Durante as coletas as amostras obtidas foram mantidas resfriadas. Em laboratório, já com as amostras em temperatura ambiente, a garrafa foi agitada para ressuspender possíveis materiais decantados, e uma parcela da mesma preencheu a cubeta do aparelho, que estava extremamente limpa. Com o turbidímetro previamente calibrado com água microfiltrada (turbidez zero), os valores foram lidos, e quando constantes, registrados em tabela.

8.3.3. Salinidade e temperatura

Os parâmetros salinidade e temperatura foram registrados diretamente pelo aparelho STD, a cada dois segundos durante a imersão, para as campanhas de coletas com intervalos mensais (exceto para o mês de agosto, quando foi utilizado o refratômetro) e diários. Para as estações fixas, utilizou-se do refratômetro, que forneceu os dados instantaneamente no próprio campo.

8.3.4. Material em suspensão

Coletado em campo e levado ao laboratório para filtragem das amostras e pesagem dos filtros.

8.4. Metodologia de processamento dos dados

8.4.1. Amostragens mensais

Os dados obtidos a partir das coletas mensais foram trabalhados em planilhas do Microsoft Excel no sentido de permitir a estruturação de uma base de dados capaz de facilitar a geração de mosaicos de campos contínuos (gráficos do Surfer) com base na interpolação das variáveis coletadas. O objetivo foi produzir imagens que ilustrassem um perfil do canal visto a partir de um corte paralelo a seu eixo principal, com os dados de uma determinada propriedade interpolados e graficamente representados na imagem. Nessas imagens pode-se representar os valores coletados e os interpolados das propriedades escolhidas (através do método da Krigagem, inserido no programa Surfer), sendo que a escala do eixo das abscissas pode representar tanto uma variação temporal (representando as 25 horas de uma estação fixa, por exemplo) quanto uma variação espacial (representando o perfil do canal nas coletas mensais).

Dessa maneira, a partir dos dados brutos obtidos nas coletas de campo e análises de laboratório, tabelas foram formadas relacionando os pontos de coleta de acordo com sua profundidade, sua localização no eixo do canal e os valores das propriedades registrados para cada um dos pontos de amostragem. Posteriormente as referidas tabelas foram exportadas para o software Surfer 7, onde os dados foram interpolados (método de krigagem) e as ilustrações produzidas. Apesar do tempo decorrido entre as coletas nos extremos do canal, assumiu-se que tais imagens representam uma situação instantânea.

Os dados de salinidade ainda sofreram tratamento estatístico, no sentido de obter valores do parâmetro estratificação, conforme Hansen & Rattray (1966).

8.4.2. Amostragens diárias

Para trabalhar os dados obtidos durante as coletas realizadas durante os 15 dias consecutivos, utilizou-se de metodologia semelhante à empregada na estratégia anterior. Tabelas foram construídas contendo dados referentes à localização e data de coleta das propriedades da coluna d'água. Diferentemente do caso anterior, estas representações mostram uma variação temporal em um ponto específico do espaço, no caso o ponto 5 do croqui de campo.

Ilustrações representando as propriedades quantificadas foram criadas a partir da base de dados, indicando a profundidade de cada amostra, os valores dos parâmetros analisados e a variação temporal entre as amostragens realizadas. O número de estratificação (Hansen e Rattray, op cit.) também foi calculado para os dados de salinidade da coluna d'água.

8.4.3. Estações fixas

Semelhantes às metodologias anteriormente descritas, foram produzidos mosaicos de campos contínuos através dos dados obtidos, buscando-se interpretar a distribuição espacial dos dados de cada um dos parâmetros analisados.

Importante ressaltar que as campanhas de inverno foram realizadas com equipamento que, além da intensidade da corrente, registrou sua direção, que posteriormente foi decomposta em principal e secundária de acordo com a geometria do leito do canal. Nessa análise, verificou-se a fraca influência das componentes perpendiculares de corrente, sendo a componente longitudinal ao eixo a principal na composição da corrente registrada.

Posteriormente os resultados foram trabalhados em planilha e transportados para o software de espacialização, onde foram representadas de acordo com sua intensidade, profundidade e hora da coleta do dado. Por se tratar de uma laguna, foi utilizado como convenção para os valores de corrente que o sentido laguna-mar, por ser o preferencial em função do aporte de água continental, receberia sinal positivo enquanto que o sentido contrário teria sinal negativo.

Para grande parte dos dados coletados, tratamentos estatísticos simples (mínimas, médias e máximas) foram realizados no sentido de permitir uma representação sintética dos resultados.

Para a elaboração dos gráficos de interpolação foi utilizado o método descrito por Miranda et al (2002), que assume a possibilidade de representação adimensional da profundidade da coluna d'água em estuários onde a amplitude da onda de maré não ultrapasse em 1/3 a profundidade do ponto de amostragem.

Para a determinação do fluxo das águas e cálculo do transporte sedimentar, utilizou-se a carta topográfica do IPUF (2002) para a obtenção da área da seção transversal na altura dos pontos de amostragem (1, 3 e 5). Considerou-se a velocidade das águas como sendo

lateralmente homogênea, assim como a distribuição das propriedades. A altura da coluna d'água foi considerada como sem variação para os pontos 3 e 5, enquanto que para o ponto 1, foram consideradas essas alterações devido à amplitude das variações. Dessa forma, para cada uma das horas de amostragem, multiplicou-se a área da seção transversal pelo volume do material em suspensão para cada intervalo entre as coletas, sendo fluxo positivo em caso de corrente de vazante e negativo no sentido contrário.

Os dados ainda sofreram tratamento no sentido de classificar o estuário de acordo com a distribuição da salinidade, segundo números de estratificação (Hansey e Rattray, 1966). Tal método classifica a coluna d'água em função da concentração pontual de sal na superfície, no fundo e na concentração média da coluna d'água.

Através dos dados registrados por dois meses consecutivos nas proximidades das duas desembocaduras, além dos dados registrados nas proximidades do ponto 3, calculou-se a razão da deformação da onda da maré em amostras temporais escolhidas aleatoriamente para os pontos citados acima (cálculos para um ciclo completo de maré).

9. Resultados e Discussão

9.1. Campanhas mensais

9.1.1. Agosto

Durante a campanha realizada no mês de agosto, o comportamento atmosférico apresentou ventos fracos a moderados do quadrante N, sem chuvas, com temperatura do ar na casa dos 21,0°C e durante atuação da lua nova (nessas condições, as correntes foram de enchente e vazante para as condições de estofas de preamar e baixa-mar).

A salinidade se apresentou homogênea para toda a campanha, com maiores valores para preamar e menores valores para a baixa-mar. A temperatura média da preamar foi de 19,0°C, cerca de dois graus abaixo da média de baixa-mar. O pH apresentou pouquíssima variação, com valores entre 8,1 e 8,2 para todas as amostras analisadas. A turbidez por sua vez teve valores bem maiores durante a enchente que na vazante (figura 16 e tabela 03).

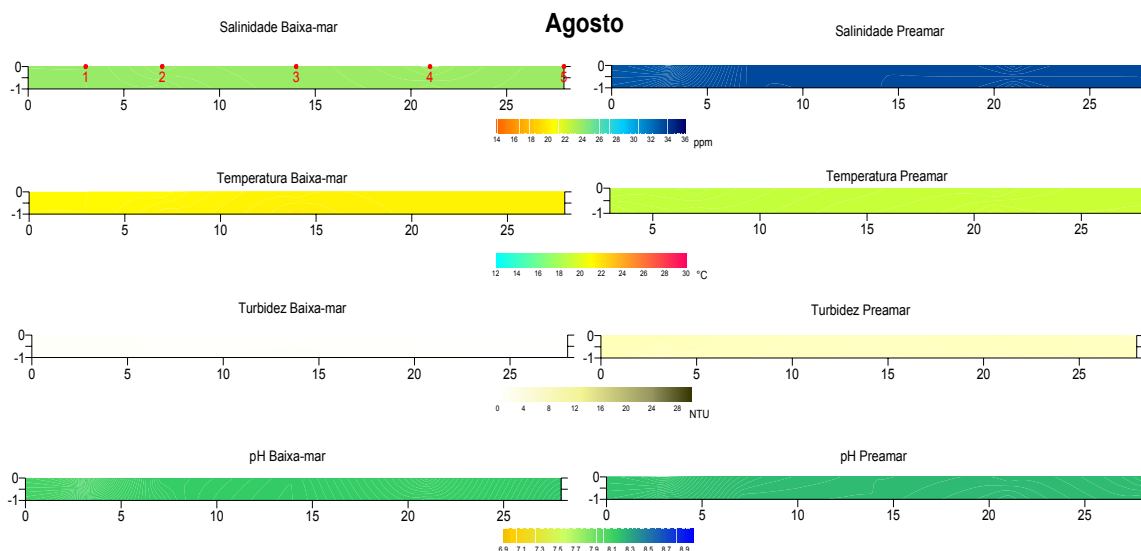


Figura 16: Mosaicos de campos contínuos para o mês de agosto. Os pontos em vermelho representam os locais das coletas mensais.

A variação do nível das águas na régua instalada próxima ao ponto 5, foi de apenas 3cm, contra uma variação de até 100cm para a área oceânica adjacente, segundo previsão do WX Tide.

Agosto								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
19/08/01								
min	23,7	21,1	8,1	0,2	32,8	18,7	8,2	6,5
Média	23,8	21,2	8,1	0,5	33,3	19,0	8,2	7,4
MAX	23,9	21,5	8,2	0,9	33,5	19,2	8,2	9,4
Corrente	Vazante				Enchente			
Tempo/régua	NE/sem chuvas/19cm				NE/sem chuvas/16cm			

Tabela 03: Dados mínimos, máximos e médios das variáveis amostradas das campanhas de agosto, além de outras características ambientais.

9.1.2. Setembro

As campanhas de setembro foram realizadas sob ventos fracos a moderados do quadrante N, com temperatura do ar na casa dos 22,0°C, sem chuvas.

Nessas condições, a salinidade durante a baixa-mar apresentou média de 26,1, contra uma média de preamar de 34,4. Vale destacar que a coluna d'água não se apresentou completamente homogênea, com variações verticais e longitudinais de pequena expressão.

A temperatura apresentou média de 19,7°C para a condição de preamar (que apresentou pequena variação longitudinal da propriedade), pouco inferior à média de baixa-mar que foi de 21,5°C, com condições mais homogêneas que as anteriormente descritas.

A turbidez novamente apresentou maior média durante a preamar, com 7,8NTU, contra 0,5NTU das águas de baixa-mar. Além disso, durante a campanha de preamar, os maiores valores de turbidez estiveram associados aos períodos de maior aporte salino (figura 17 e tabela 04).

O pH por sua vez manteve-se homogêneo e com valores que variaram novamente entre 8,1 e 8,2.

A variação do nível d'água na régua foi de cerca de 2cm entre as coletas, contrastando com a variação prevista de 80cm previstos pelo modelo para a costa adjacente.

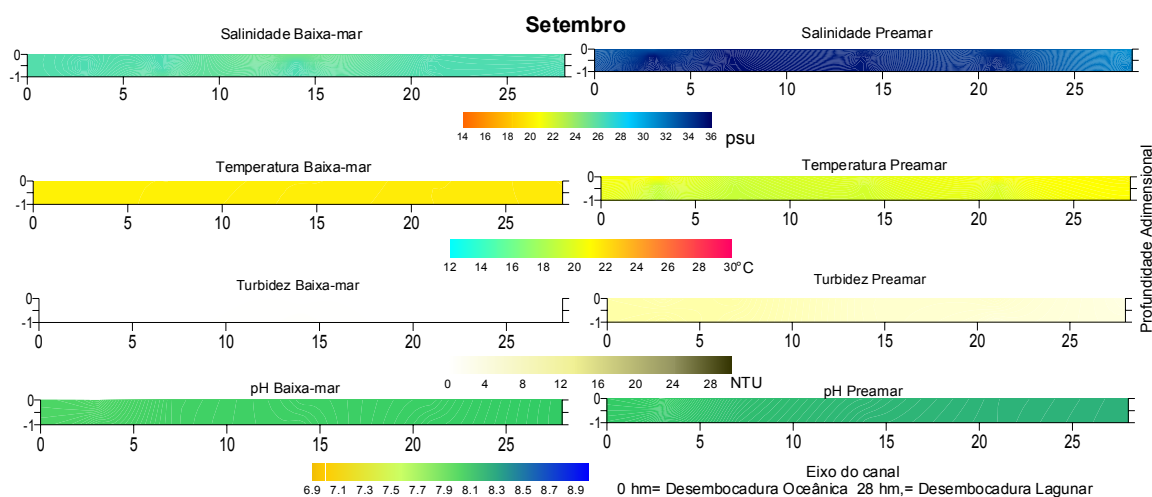


Figura 17. Mosaicos de campos contínuos para o mês de setembro.

Setembro								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	02/09/01	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH
min	22,8	21,4	8,1	0,2	30,6	18,9	8,2	6,5
Média	26,1	21,5	8,1	0,5	34,4	19,7	8,2	7,8
MAX	26,4	21,7	8,2	0,9	35,6	22,3	8,2	9,4
Corrente	Vazante				Enchente			
Tempo/régua	NE/sem chuvas/31cm				NE/sem chuvas/33			

Tabela 04. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de setembro, além de outras características ambientais.

9.1.3. Outubro

Durante essa campanha o tempo permaneceu com ventos entre os quadrantes N a W, de pequena intensidade, sem chuvas e com temperatura do ar na casa dos 22,0°C.

Observou-se nessas condições que, durante a campanha relacionada com a estofa de preamar, a corrente permaneceu parada, enquanto que a corrente de baixa-mar se encontrava em vazante (tabela 05).

A salinidade média durante a baixa-mar foi de 23,0, sem muita variação, mas com uma pequena estratificação entre 10 e 20hm. Já para a campanha de preamar, a salinidade apresentou valores que variaram entre 21,7 e 34,7, com estratificações verticais e variações longitudinais de expressão, e média de 26,9.

A temperatura de baixa-mar apresentou média de 20,0°C, sem muitas variações. Para a preamar, o comportamento da temperatura foi semelhante ao da salinidade, onde os valores variaram entre 20,2 e 23,9°C e média em 21,6°C. Nessa amostragem as águas de menor temperatura estiveram associadas às águas de maior aporte salino, e vice-versa (figura 18).

A turbidez, por sua vez, teve média de 0,2NTU para as águas de baixa-mar, enquanto que a média de preamar foi de 1,7NTU, atingindo valores de até 3,5NTU, sendo que as maiores concentrações estiveram associadas às águas de maior salinidade, e vice-versa.

O pH novamente apresentou pequena variação, com média de 8,2 para a campanha de baixa-mar e 8,1 para a campanha de preamar.

A variação do nível das águas durante as coletas não pode ser detectada na régua utilizada, sendo prevista uma variação de aproximadamente 80cm pelo modelo.

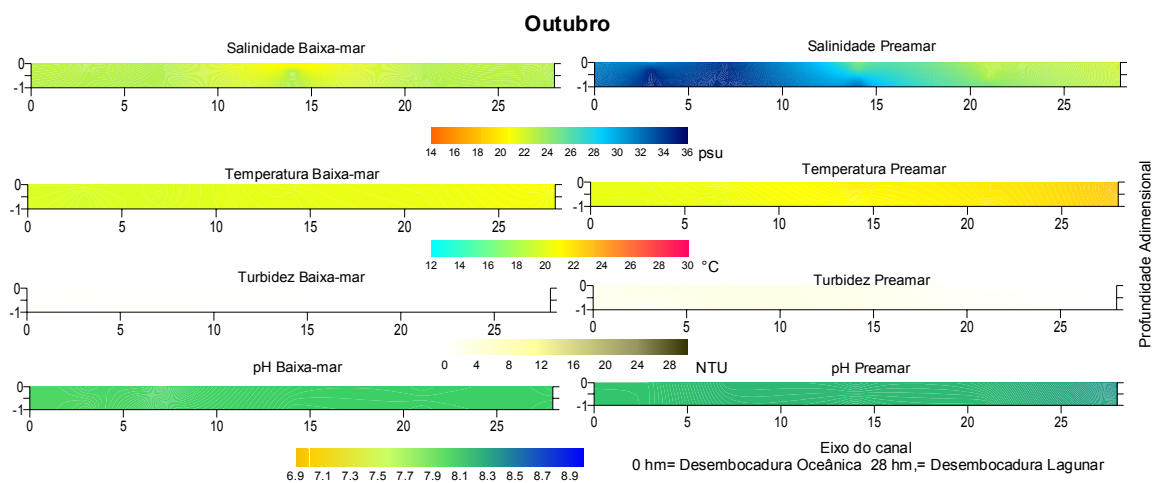


Figura 18. Mosaicos de campos contínuos para o mês de outubro.

Outubro								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
02/10/01								
min	22,6	19,4	8,0	0,0	21,7	20,2	8,2	0,0
Média	23,0	20,0	8,1	0,2	26,9	21,6	8,2	1,7
MAX	23,1	21,2	8,1	0,9	34,7	23,9	8,4	3,5
Corrente	Vazante				De parado à vaz muito fraca			
Tempo/réguas	W-Nfraco/semchuvas/42				W-Nfraco/semchuvas/42			

Tabela 05. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de outubro, além de outras características ambientais.

9.1.4. Novembro

Durante a campanha desse mês o tempo atmosférico apresentou ventos fortes do quadrante sul, sem chuvas e com temperatura média do ar em trono de 23,0°C.

Sob essas condições as águas se apresentaram sob correntes de enchente e vazante para as condições de preamar e baixa-mar respectivamente (tabela 06).

A salinidade se apresentou praticamente homogênea longitudinal e verticalmente, com médias de 35,6 e 22,9 para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente.

A temperatura por sua vez apresentou médias de 18,7 e 22,6°C para a preamar e baixa-mar, respectivamente, com as águas mais frias relacionadas às águas de maior aporte salino.

Já a turbidez apresentou médias de 3,1 e 0,5NTU para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente (figura 19).

O pH novamente apresentou médias de 8,2 e 8,1 para a preamar e baixa-mar, respectivamente, sendo que a variação do nível das águas na régua foi de cerca de 3cm, contra uma oscilação prevista de até 80cm.

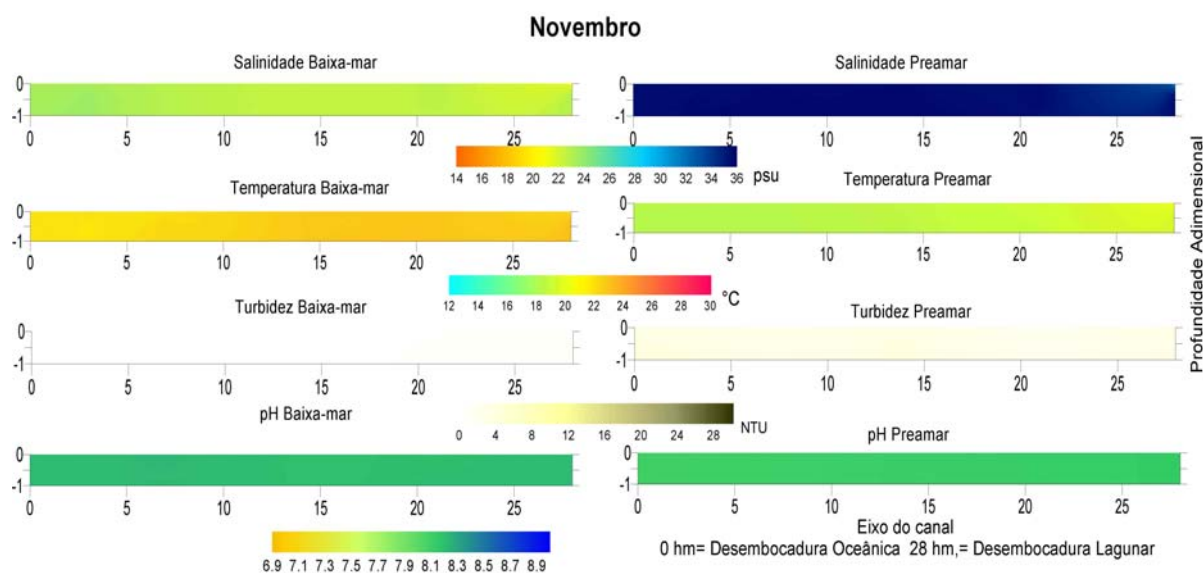


Figura 19. Mosaicos de campos contínuos para o mês de novembro.

Novembro								
Data	Baixa-mar				Preamar			
31/10/01	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
min	20,3	21,6	8,2	0,2	31,5	18,2	8,1	2,1
Média	22,9	22,6	8,2	0,5	35,6	18,7	8,1	3,1
MAX	23,8	23,2	8,2	1,3	35,7	20,3	8,2	3,8
Corrente	Vazante				Enchente			
Tempo/régua	S/sem ch/22				S/sem chuvas/25			

Tabela 06: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de novembro, além de outras características ambientais.

9.1.5. Dezembro

A campanha de dezembro foi caracterizada por ventos fortes do quadrante sul, sem chuvas e com temperatura do ar na casa dos 25,0°C (tabela 07).

A salinidade durante a preamar se apresentou homogênea vertical e longitudinalmente, com média de 35,3, enquanto que para as águas de baixa-mar a propriedade registrou valores que variaram entre 7,7 e 35,1, com média de 30,2. Nessa ocasião, estratificações verticais foram observadas juntamente com uma variação

longitudinal da propriedade, com os maiores valores próximos ao fundo e em direção à desembocadura marinha (figura 20).

A temperatura, por sua vez, teve comportamento semelhante aos da salinidade: durante a preamar a distribuição foi homogênea, com média de 22,1°C, contra uma média de 23,6°C para a de baixa-mar, que apresentaram uma distribuição mais heterogênea da propriedade, com as águas de maior temperatura associada às menores salinidades.

A turbidez apresentou novamente maiores médias durante a preamar, com 3,5NTU, enquanto que as água associadas à baixa-mar não ultrapassaram 1,8NTU, com média em 0,6NTU.

O pH não apresentou variação significativa, com médias de 8,1 para ambas as campanhas.

A variação do nível das águas nas proximidades do ponto 5 foi de cerca de 2cm, contrastando com a amplitude oceânica prevista, que foi de 50cm.

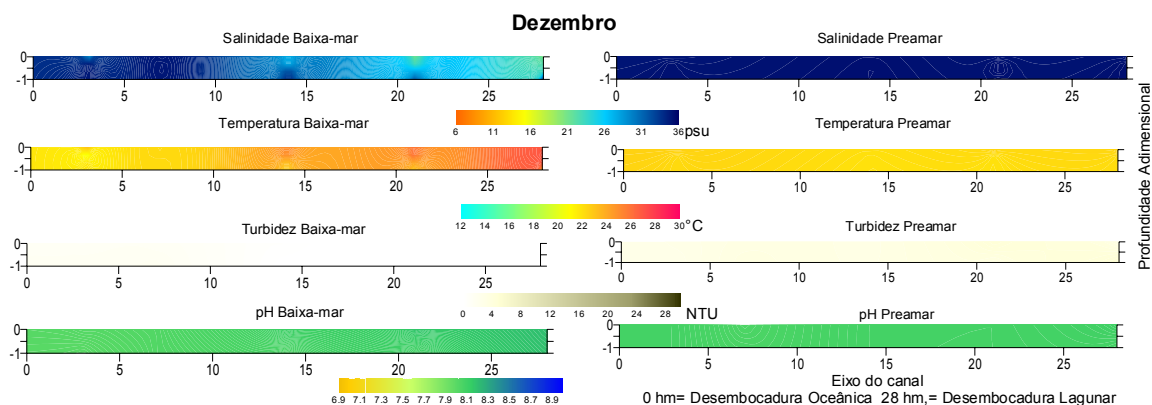


Figura 20. Mosaicos de campos contínuos para o mês de dezembro.

Dezembro								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
14/12/01								
min	7,7	21,9	8,0	0,0	34,9	21,9	8,1	2,6
Média	30,2	23,6	8,1	0,6	35,3	22,1	8,1	3,5
MAX	35,1	28,0	8,2	1,8	35,4	22,8	8,1	5,3
Corrente	Parado				Enchente			
Tempo/réguas	Sul forte/seco/39				Sul forte/seco/41			

Tabela 07: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de dezembro, além de outras características ambientais.

9.1.6. Janeiro

A campanha de coletas do mês de janeiro foi realizada com ventos fracos que variaram dos quadrantes norte a sul, sem chuvas e com temperatura do ar na casa dos 30,0°C (tabela 08).

A salinidade durante a preamar teve média de 35,2, com uma pequena estratificação vertical entre os pontos 1 e 2, nas proximidades de uma entrada de água doce associada à drenagem pluvial e fluvial das águas do morro da Fortaleza da Barra. Durante a baixa-mar estratificações verticais também foram observadas, dessa vez ao longo de todo o canal, com média de 24,5 (fig. 21).

A temperatura das águas se apresentou distribuída mais homogênea que a salinidade, e apresentou médias de 22,0°C e 27,7°C para as condições de preamar e baixa-mar, respectivamente. Ambas as condições de maré apresentaram uma variação longitudinal da propriedade, com diminuição dos valores da propriedade em direção à desembocadura marinha.

A turbidez teve valores baixos para as duas situações de maré, com médias de 0,9 e 0,7 NTU para as campanhas de baixa-mar e preamar, respectivamente.

O pH apresentou mais uma vez pequena variação, onde os valores médios foram de 8,3 e 8,0 para as campanhas de baixa-mar e preamar, respectivamente.

As variações do nível das águas nas proximidades de régua indicaram uma oscilação de cerca de 1cm entre as campanhas, contrastando com a variação prevista de 60cm para a maré na costa.

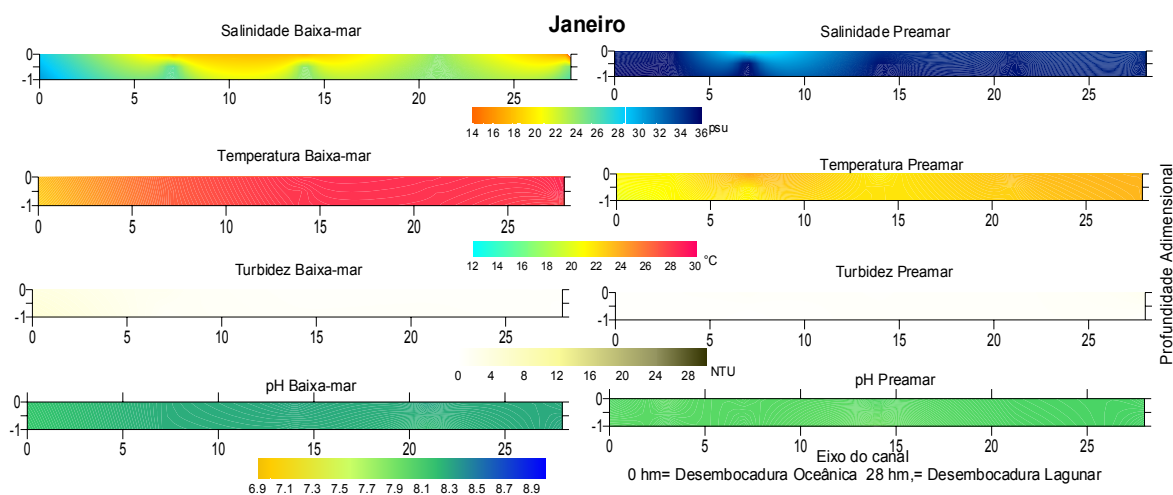


Figura 21. Mosaicos de campos contínuos para o mês de janeiro.

Janeiro								
Data 28/01/02	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
min	9,7	26,5	8,2	0,5	17,9	21,0	7,9	0,0
Média	24,5	27,7	8,3	0,9	35,2	22,0	8,0	0,7
MAX	26,0	28,6	8,3	2,0	35,6	26,2	8,1	2,0
Corrente	Vazante fraca				Enchente			
Tempo/réguas	S/seco/39				NEaSE/seco/40			

Tabela 08. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de janeiro, além de outras características ambientais.

9.1.7. Fevereiro

O tempo atmosférico durante essa campanha de coletas foi caracterizado por ventos de intensidade moderada dos quadrantes N a E, sem chuvas e com temperatura do ar na casa dos 26,0°C. Alerta-se para o problema das duas campanhas não terem sido realizadas no mesmo dia, já que durante a campanha de baixa-mar do dia 27 de fevereiro, problemas com os equipamentos de coleta de água comprometeram o trabalho (tabela 09).

Durante essa campanha as correntes das águas do canal se encontraram sob condições de vazante para ambas as condições de maré.

A salinidade durante essas campanhas teve média de 25,3 para a preamar, enquanto que durante a baixa-mar a média foi de 25,4. Observa-se que durante a campanha de preamar a propriedade apresentou uma distribuição mais heterogênea, com pequenas estratificações verticais e variações longitudinais, essas últimas diminuindo em direção à desembocadura marinha (figura 22).

A temperatura durante as campanhas apresentou médias de 28,2 e 27,7°C, para as campanhas de preamar e baixa-mar, respectivamente. Com estrutura vertical homogênea e pouca variabilidade, pode-se ainda observar um pequeno gradiente longitudinal de diminuição dos valores da propriedade em direção ao mar.

A turbidez, por sua vez, apresentou médias muito baixas de 1,1 e 1,7NTU para as campanhas de preamar e baixa-mar, respectivamente.

O pH apresentou pequena variação entre as coletas, com média de 8,3 e 7,3 para as condições de preamar e baixa-mar, respectivamente.

Como as campanhas de amostragem foram realizadas em dias diferentes, não se pode analisar a variação do nível das águas como se fossem estofas consecutivas, porém a

variação de menos de sete centímetros sugere uma influência meteorológica no comportamento da propriedade.

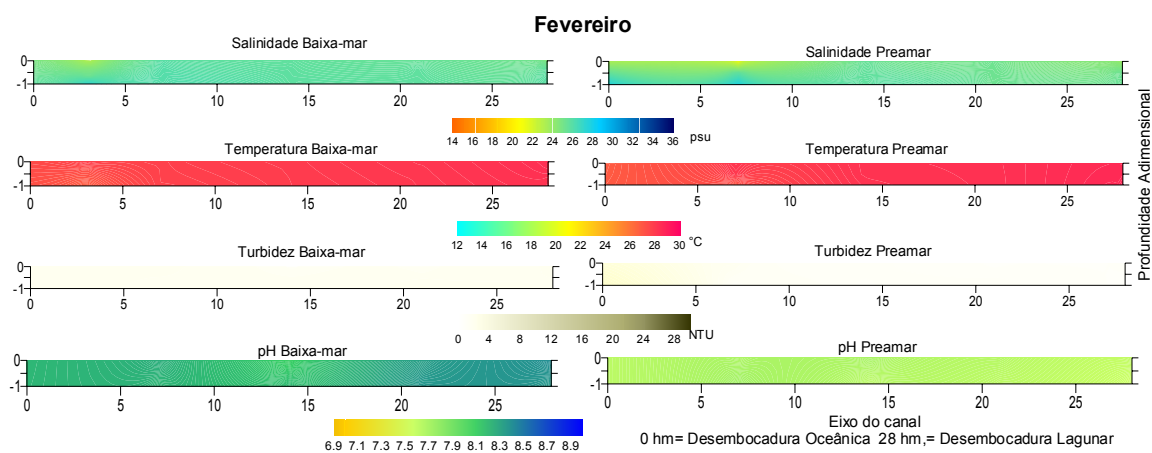


Figura 22. Mosaicos de campos contínuos para o mês de fevereiro.

Fevereiro								
Data	Baixa-mar				Preamar			
27/02/01	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
min	22,5	26,5	8,1	1,3	20,4	26,7	7,6	0,7
Média	25,4	27,7	8,3	1,7	25,3	28,2	7,6	1,1
MAX	28,1	28,4	8,4	2,2	28,1	28,7	7,7	1,9
Corrente	Vazante				Vazante			
Tempo/régua	NE/seco/42				NE-S/seco/49			

Tabela 09. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de fevereiro, além de outras características ambientais.

9.1.8. Março

A campanha do mês de março foi caracterizada por ventos de fraca intensidade do quadrante sul, sem chuvas e com temperatura do ar de aproximadamente 27,0°C (tabela 10).

A salinidade durante essas campanhas apresentou médias de 35,6 e 26,4, para as condições de preamar e baixa-mar, respectivamente, e com a propriedade distribuída homoganeamente pela coluna d'água (figura 23).

A temperatura também acompanhou o comportamento homogêneo de distribuição da propriedade, com médias de 26,1 e 28,0°C para as águas de preamar e baixa-mar respectivamente.

Já a turbidez apresentou baixos valores para ambas as campanhas, com médias de 0.9NTU para as duas condições de maré.

O pH apresentou distribuição homogênea na coluna d'água, porém com médias muito diferentes, provavelmente em função da mudança no aparelho de mediação e suas respectivas calibragens. As médias ficaram em 8,6 e 7,0 para as coletas de baixa-mar e preamar, respectivamente.

A variação do nível das águas na régua foi de apenas 1cm, contra uma variação da maré astronômica prevista para a costa de cerca de 70cm.

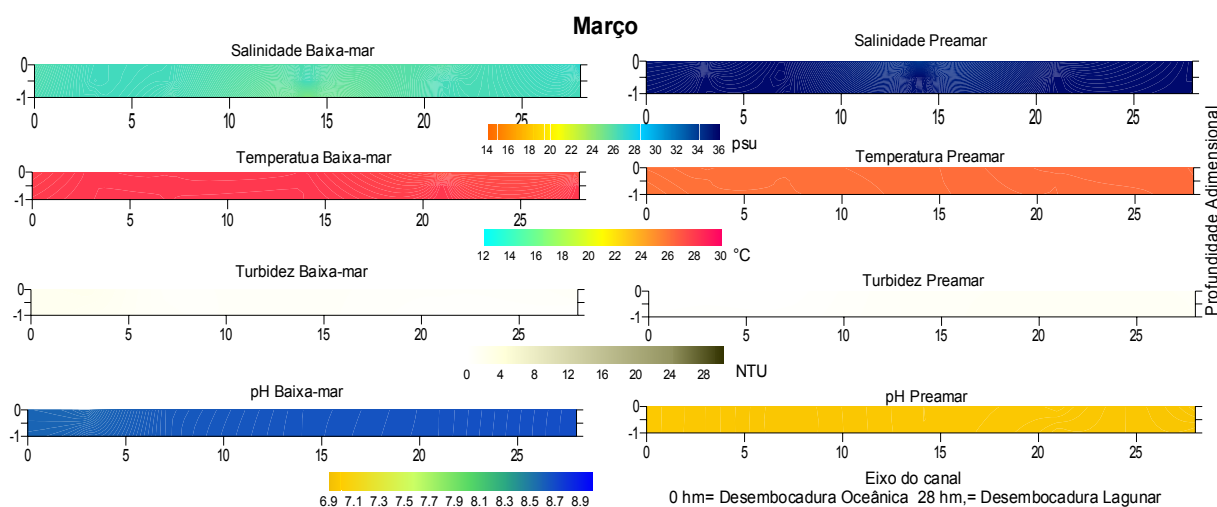


Figura 23. Mosaicos de campos contínuos para o mês de março.

Março								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
28/03/02								
min	23,8	26,5	8,6	0,2	33,2	26,0	7,0	0,0
Média	26,4	28,0	8,6	0,9	35,6	26,1	7,0	0,9
MAX	27,3	28,2	8,7	2,2	35,7	26,3	7,0	1,4
Corrente	Vazante				Enchente			
Tempo/régua	calmaria/seco/44				S-SE/seco/43			

Tabela 10. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de março, além de outras características ambientais.

9.1.9. Abril

As condições atmosféricas do mês de abril foram caracterizadas por ventos do quadrante N, de intensidade fraca, sem chuvas e com temperatura do ar na casa dos 22,0°C

(vale lembrar que a semana anterior à campanha foi caracterizada por chuvas de quase 100mm acumulados, além do mês ter sido muito chuvoso – tabela 11).

A salinidade nessas condições apresentou médias de 34,3 e 24,9 para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente. Observou-se que as águas de preamar apresentaram estratificações verticais nas áreas centrais do canal (na proximidade de desembocaduras de drenagens da Fortaleza da Barra), enquanto que nas águas de baixa-mar observaram-se estratificações verticais de menor intensidade nas mesmas áreas descritas anteriormente (figura 24).

A temperatura apresentou médias de 23,5 e 23,1°C para as condições de preamar e baixa-mar, respectivamente, com distribuição homogênea vertical e longitudinalmente da propriedade.

A turbidez novamente apresentou pequenas médias, com valores de 1,4 e 0,7NTU para as águas de baixa-mar e preamar. Observa-se que dessa vez as águas relacionadas à baixa-mar tiveram maiores concentrações de material em suspensão que as águas de enchente.

O pH variou entre médias de 8,3 para as águas de preamar, enquanto que as águas de baixa-mar apresentaram média de 8,2.

A variação do nível das águas na régua foi de apenas 1cm, contra uma variação de 80cm, conforme previsão do modelo matemático.

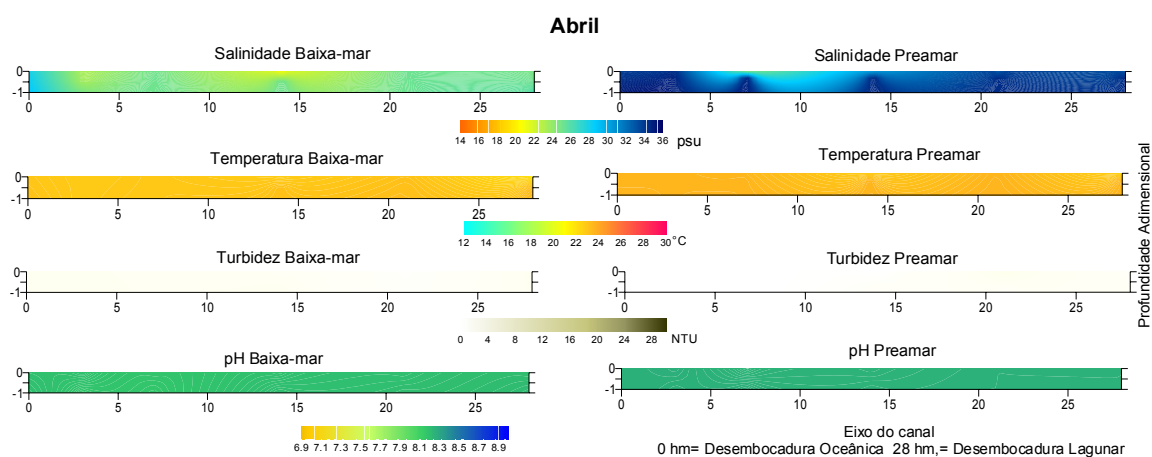


Figura 24. Mosaicos de campos contínuos para o mês de abril.

Abril								
Data	Baixa-mar				Preamar			
28/04/02	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
min	18,7	21,1	8,2	0,6	15,4	21,8	8,2	0,0
Média	24,9	23,1	8,2	1,4	34,3	23,5	8,3	0,7
MAX	26,1	23,5	8,2	1,9	34,8	23,6	8,3	2,3
Corrente	Vazante				Enchente			
Tempo/réguas	NE/seco/52				NE/seco/53			

Tabela 11. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de abril, além de outras características ambientais.

9.1.10. Maio

As campanhas desse mês foram marcadas por ventos fracos a moderados do quadrante norte, sem chuvas e com temperatura do ar em torno dos 21,0°C (tabela 12).

Sob essas características atmosféricas, as águas apresentaram correntes de enchente fraca e vazante intensa (essa última chegou a apresentar um degrau nas proximidades da ponte pênsil, no afunilamento local) para as condições de estofas de preamar e a baixa-mar, respectivamente.

Nessas condições a salinidade de preamar apresentou média de 30,7, para uma coluna d'água com estratificações verticais e gradiente longitudinal da propriedade, com aumento em direção à desembocadura marinha. Durante a campanha de baixa-mar, a média foi de 25,6, para uma coluna d'água com pequenas estratificações verticais e muito mais homogênea que a campanha anteriormente descrita (fig. 25).

A temperatura média das águas de preamar foi de 21,8°C, para uma coluna d'água tão homogênea quanto a da campanha relacionada à baixa-mar, que foi de 20,9°C.

A turbidez novamente foi maior durante a campanha de preamar, com média de 4,6NTU, contra uma média de 1,3NTU para as águas de baixa-mar.

O pH novamente não apresentou grandes variações e as médias de enchente e vazante foram igualmente calculados em 8,4.

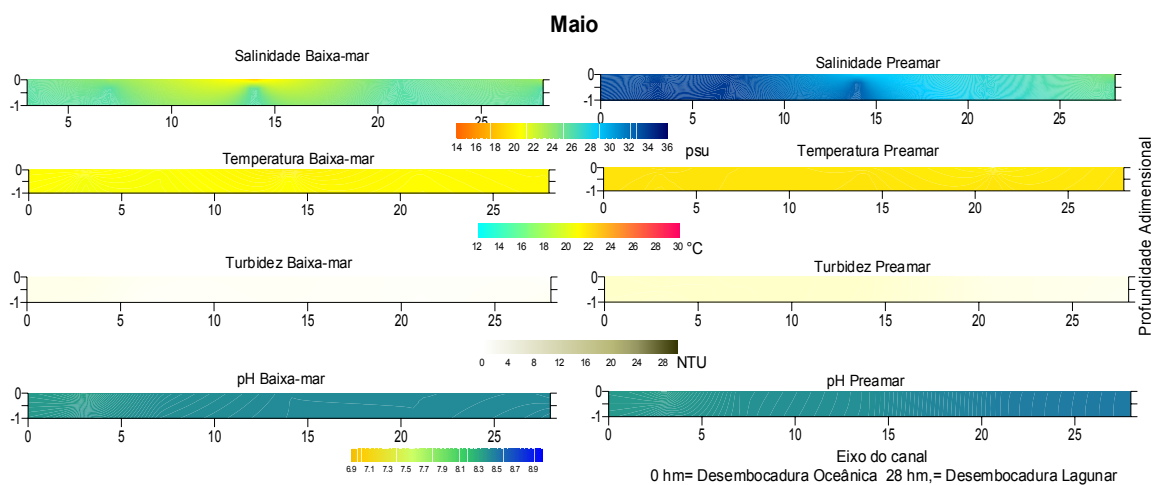


Figura 25. Mosaicos de campos contínuos para o mês de maio.

Maio								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
28/05/02								
min	15,0	20,5	8,3	0,2	23,3	21,3	8,3	1,7
Média	25,6	20,9	8,4	1,3	30,7	21,8	8,4	4,6
MAX	26,1	21,9	8,4	2,7	34,2	22,1	8,5	6,7
Corrente	Vazante Forte/degrau na saída				Enchente/mar escuro la fora			
Tempo/régua	NE a NW ate 8 nos / 32				NE/ate 6nos / 33			

Tabela 12. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de maio, além de outras características ambientais.

A variação do nível das águas na régua foi de apenas 1cm entre as campanhas, contrastando com a previsão do modelo que calculou uma amplitude de 70cm para a maré astronômica.

9.1.11. Junho

As condições atmosféricas durante as coletas de junho foram caracterizadas por ventos do quadrante sul, sem chuvas e com temperatura média do ar de 14,0°C (tabela 13).

A salinidade média durante a coleta de preamar teve média de 31,0, para uma coluna d'água com pequenas estratificações verticais e leve variação longitudinal da propriedade. Já para as condições de baixa-mar a média foi de 27,2 em condições verticais mais homogêneas e com variações longitudinais da propriedade (fig. 26).

A temperatura das águas por sua vez apresentou médias de 17,4 e 14,7°C para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente, com colunas d'água homogêneas vertical e longitudinalmente.

A turbidez novamente apresentou pequenas médias, com valores de 0,3 e 0,6NTU para as águas de baixa-mar e preamar respectivamente.

O nível das águas na régua teve variação de apenas 3cm, contra um cálculo de 80cm para o oceano próximo.

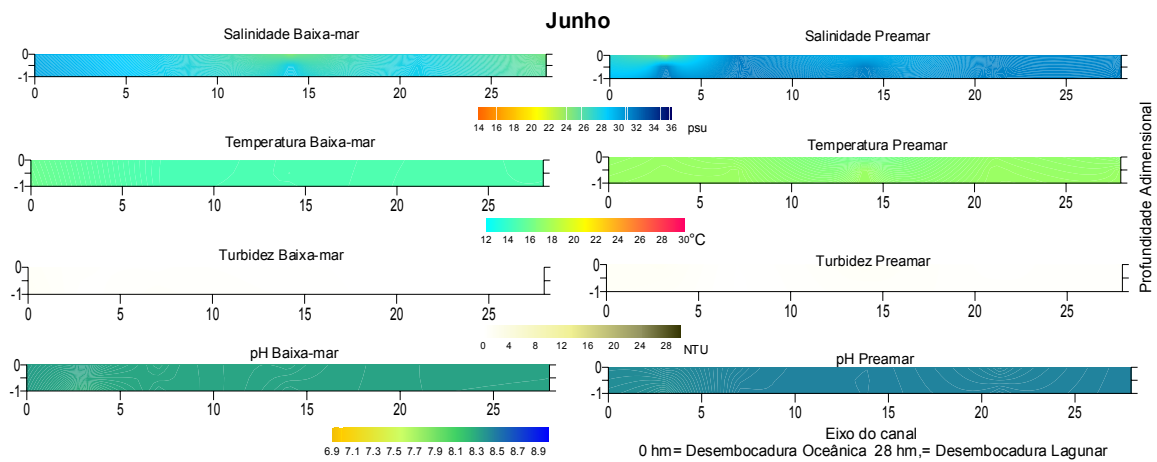


Figura 26. Mosaicos de campos contínuos para o mês de junho.

Junho								
Data	Baixa-mar				Preamar			
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez
27/06/02								
min	24,4	14,6	8,3	0,0	20,6	14,7	8,4	0,2
Média	27,2	14,7	8,3	0,3	31,0	17,4	8,4	0,6
MAX	28,2	15,0	8,3	0,8	31,6	17,5	8,5	1,3
Corrente	Vazante fraca				Enchente			
Tempo/régua	Sul/seco/67				Sul/seco/70			

Tabela 13. Dados mínimos, máximos e médios da campanha de junho, além de outras características ambientais.

9.1.12. Julho

As campanhas de julho encerram essa estratégia de amostragem e foram realizadas sob ventos fortes do quadrante sul, sem chuvas e com temperatura média do ar na casa dos 16,0°C (tabela 14).

Sob essas características atmosféricas as correntes para as campanhas de preamar e baixa-mar se apresentaram sob condições de enchente e vazante, respectivamente.

Nessas condições, a média de salinidade das águas de preamar foi de 32,6, distribuídos homogeneamente na coluna d'água. Já para a campanha de baixa-mar, a média foi de 27,4, para uma coluna d'água heterogênea vertical e longitudinalmente (fig. 27).

A temperatura das águas de preamar teve média de 18,1°C distribuídos homogeneamente na coluna d'água. Tal média foi muito próxima do valor de 18,0°C encontrado para as águas de baixa-mar.

A turbidez novamente apresentou pequenos valores, com médias de 1,1 e 2,1NTU para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente.

O pH também apresentou pequena variação, com valores médios de 8,3 e 8,2 para as águas de preamar e baixa-mar, respectivamente, além da distribuição homogênea da propriedade na coluna d'água.

A variação do nível das águas nessa campanha foi de apenas 2cm, valor que contrasta com os 80cm previstos pelo modelo matemático para a costa adjacente.

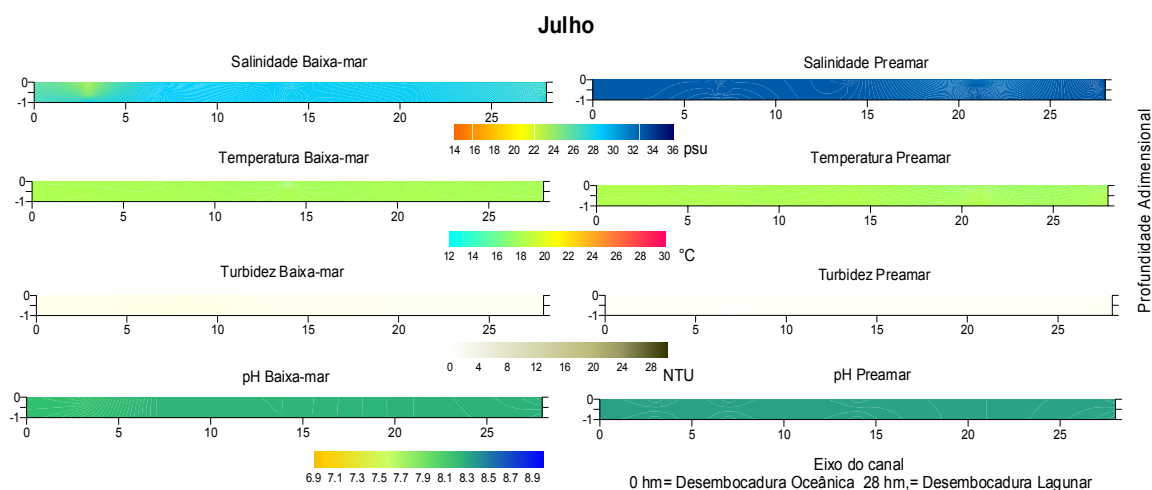


Figura 27. Mosaicos de campos contínuos para o mês de julho.

Julho									
Data	Baixa-mar				Preamar				
	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	Salinidade	Temperatura	pH	Turbidez	
26/07/02	min	23,5	17,5	8,2	1,3	25,9	16,7	8,3	0,3
	Média	27,4	18,0	8,2	2,1	32,6	18,1	8,3	1,1
	MAX	29,9	18,1	8,3	3,4	33,4	18,3	8,3	1,7
Corrente	Vazante fraca				Enchente fraca				
Tempo/réguia	Sul/seco/36				Sul/seco/38				

Tabela 14: Dados mínimos, máximos e médios da campanha de julho, além de outras características ambientais.

A seguir serão discutidos os comportamentos individuais de cada uma das propriedades analisadas durante as campanhas de amostragem

9.1.13. Salinidade

As águas com maior teor salino (euhalinas) estiveram diretamente relacionadas à preamar, condição que ocorre ao final das correntes de enchente, enquanto que as águas de baixa-mar foram caracterizadas por águas salobras (polihalinas), como pode ser observado na figura 28. Os gráficos na horizontal representam a distribuição da salinidade na coluna d'água, gerada através de interpolação dos dados coletados em campo. O canal é representado por esses gráficos que simulam um corte paralelo ao eixo longitudinal do canal. O início dos gráficos (0) representa a desembocadura marinha, enquanto que o final (28hm) representa a desembocadura lagunar (representação válida para as propriedades discutidas a seguir). A referida figura também indica, em pontos e números vermelhos, a localização dos pontos de coleta no interior do canal.

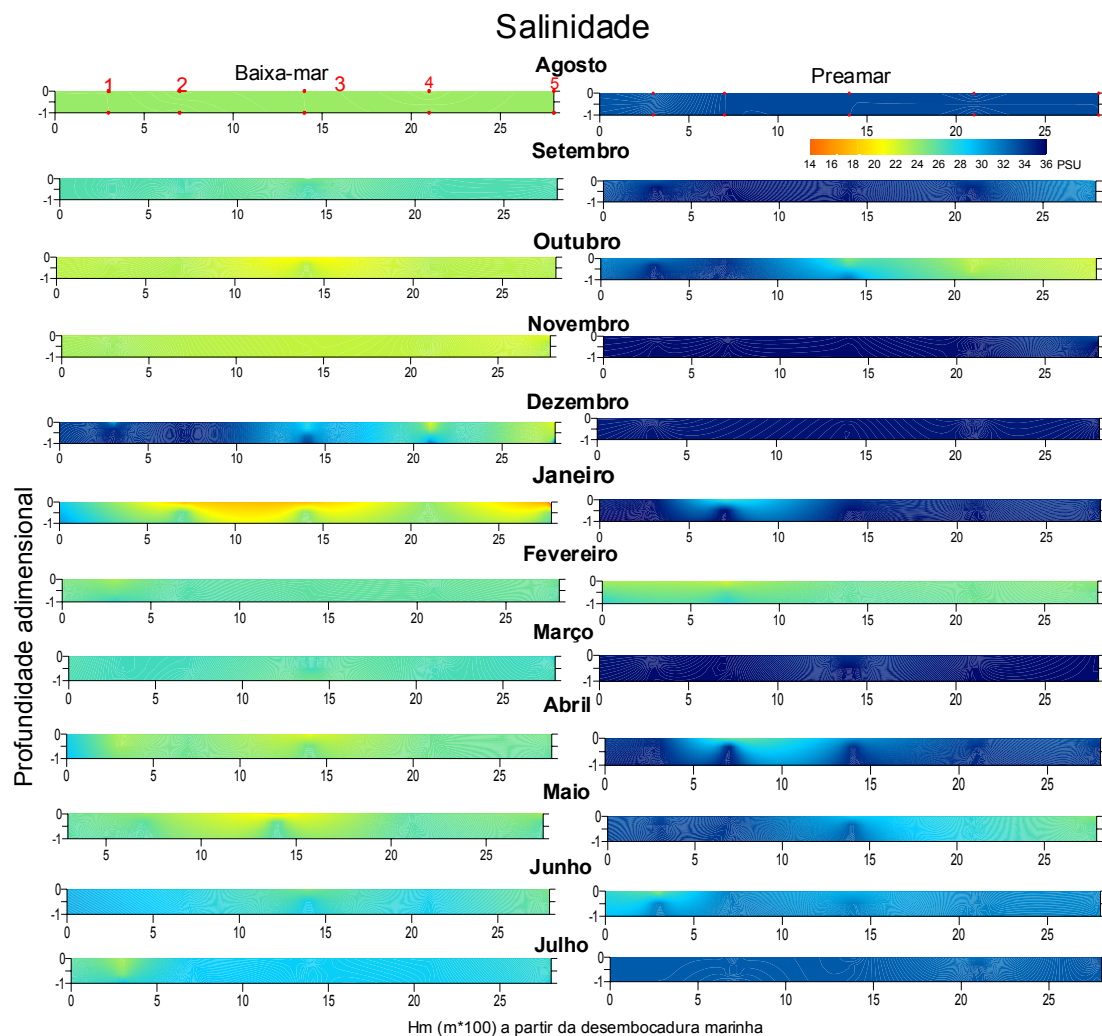


Figura 28. Mosaicos de campos contínuos para a distribuição da salinidade durante as campanhas mensais.

Os dados de salinidade foram trabalhados no sentido de gerar o “parâmetro estratificação” de Hansey & Rattray (1965), que determinaram o grau de estratificação da salinidade da coluna d’água, por ponto de coleta e por amostragem. Através da tabela a seguir (tabela 15), pôde-se observar que grande parte dos pontos de coleta não apresentou estratificações significativas. Estratificações isoladas foram apontadas principalmente na campanha de baixa-mar de dezembro, quando as águas do canal se encontravam aparentemente paradas.

Mês/ Ponto	Baixa-mar					Preamar				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Agosto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Setembro	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
Outubro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.3	0.1	0.0
Novembro	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Dezembro	0.8	0.0	0.3	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Janeiro	0.1	0.5	0.5	0.0	0.7	0.0	0.5	0.1	0.0	0.0
Fevereiro	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1
Março	0.0	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
Abril	0.1	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.6	0.2	0.0	0.1
Mai	0.0	0.1	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1
Junho	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0
Julho	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0

Tabela 15: Parâmetro estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas mensais.

Ainda pode-se observar estratificações em pontos próximos a entradas de água doce da drenagem oriunda das áreas emersas adjacentes (Fortaleza da Barra), principalmente nas proximidades do ponto 3. Essa influência foi verificada sobretudo durante as campanhas dos meses de abril, outubro e janeiro, meses esses que foram mais chuvosos que a média (figura 29) entre os anos de 1962 e 1992 (Porto Filho, 1997).

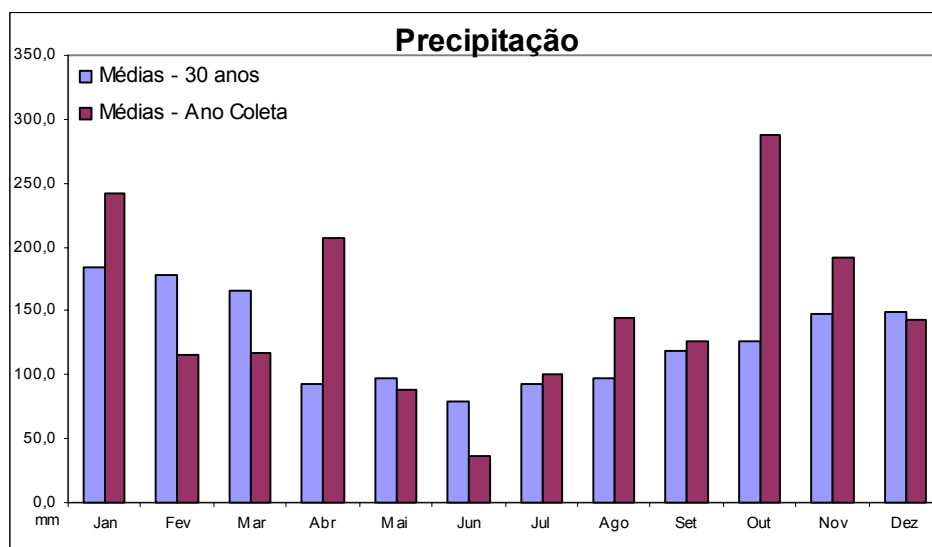


Figura 29. Gráfico de precipitação acumulada para os meses das campanhas e média dos anos de 1962 a 1992.

9.1.14. Temperatura

Durante os meses de maior incidência dos raios solares em torno do verão as maiores temperaturas estiveram associadas às águas de baixa-mar, enquanto que as águas mais frias estiveram associadas às águas de preamar (figura 30). Já durante os meses em que os raios solares incidem mais obliquamente (inverno), a diferença de temperatura entre as águas de preamar e baixa-mar diminuiu, havendo, entretanto, inversão dessa relação durante o mês de junho, quando as águas de baixa-mar foram em média mais frias que as águas de preamar. As maiores amplitudes entre as águas de preamar e baixa-mar durante o mesmo dia foram observadas no verão.

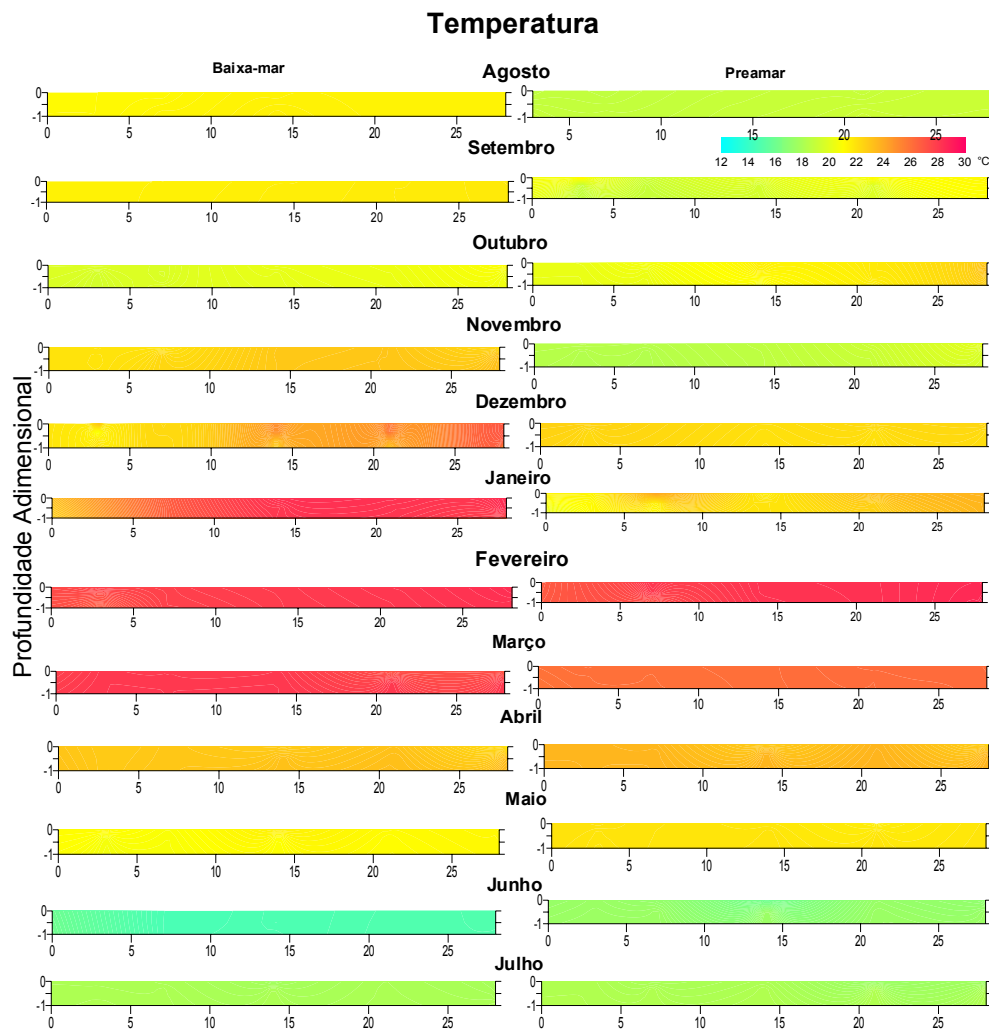


Figura 30. Mosaicos de campos contínuos com a distribuição da temperatura durante as campanhas mensais.

Nas ocasiões em que observou-se gradiente longitudinal dessa propriedade, como por exemplo na baixa-mar de dezembro, as águas mais quentes ocorreram no sentido da desembocadura lagunar.

9.1.15. Turbidez

Os maiores valores de turbidez estiveram associados às águas de maior salinidade das correntes de enchente, demonstrando um possível potencial de importação de algum material em suspensão das águas da plataforma costeira para o sistema lagunar.

Nessas ocasiões também foi possível observar visualmente que a turbidez da coluna d'água diminui, na maioria das vezes, desde sua entrada até a saída. Essa característica leva a especular que o material em suspensão na coluna d'água seja oriundo das áreas oceânicas adjacentes e não material ressuspensão das margens e fundo do canal.

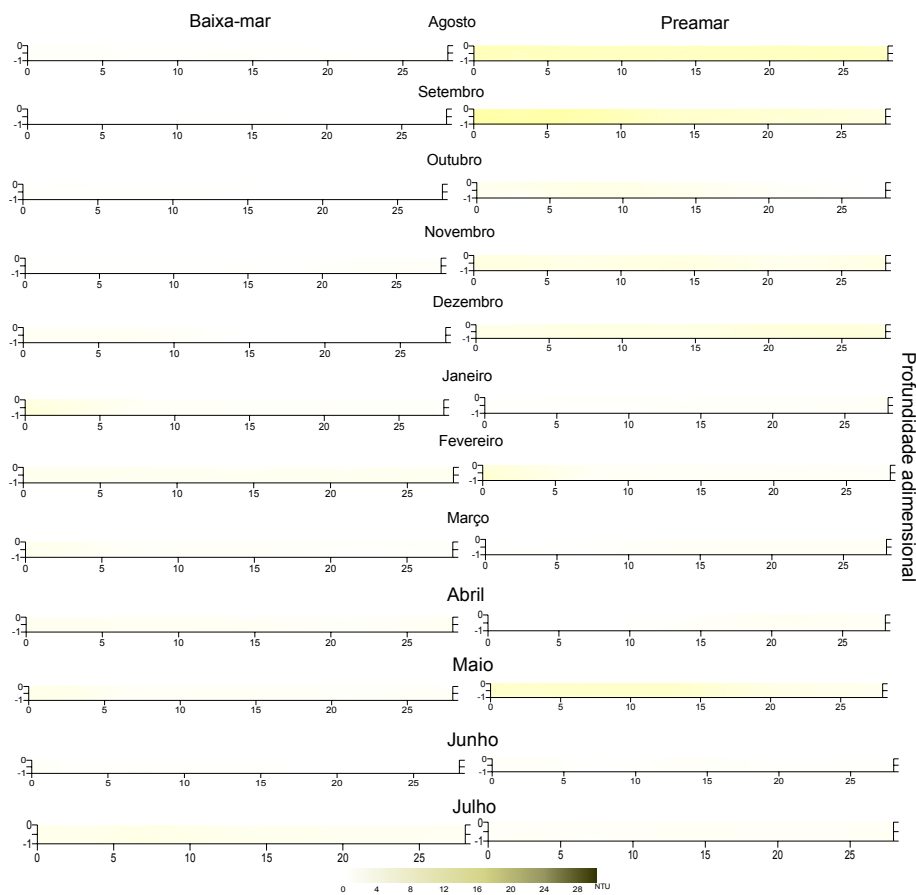


Figura 31. Mosaicos de campos contínuos com a distribuição da turbidez durante as campanhas mensais

9.1.16. pH

O pH não apresentou grandes variações, com valores sempre entre 8,1 e 8,4, exceto durante uma campanha em que o pH de preamar baixou das casa dos oito pontos. Todavia, durante esta análise, outro aparelho foi utilizado em substituição ao normalmente empregado (em manutenção naquele momento) e acredita-se que o mesmo não estivesse devidamente calibrado.

9.2. Campanhas de amostragens diárias

9.2.1. Verão

As coletas relativas à campanha de verão foram realizadas entre os dias 09 e 23 de janeiro de 2002, sob condições atmosféricas com dinâmicas características para sua latitude subtropical.

A evolução do tempo atmosférico durante essa campanha apresentou uma clara entrada de frente fria pouco antes do dia 9 (com chuvas de 9 a 14), e durante o dia 22, dessa vez sem a associação com uma zona de instabilidade de grande importância. Destaca-se, além das chuvas acima descritas, os fortes ventos de sul que atingiram a área de estudos nos dias 14, 15 e 16. Também se destacam as evoluções das massas de ar (de mPa para mTa), principalmente a partir do dia 10, e de seus ventos associados. A mTa predominou entre os dias 11 e 13 e entre os dias 19 a 22, sendo caracterizada por ventos do quadrante N. A mPa, por sua vez, marcou presença entre os dias 13 a 19 e do dia 22 em diante.

As correntes observadas durante as baixa-mares diurnas apresentaram quase sempre condições de vazante. Porém, durante os dias 10 e 17 desse mês o canal apresentou águas paradas; além disso, nos dias 15, 16 e 22 as águas se encontraram sob condições de enchente. Já durante a preamar quase todas as coletas dessa campanha foram realizadas sob condições de enchente, exceto durante os dias 9, 10 e 13, com coletas em águas paradas e durante os dias 11, 12 e 21, em que as correntes se encontravam de vazante (condições atmosféricas de pré-frontal). Vale a pena destacar que se observaram anomalias nas correntes das águas do canal, quando durante dois dias seguidos as águas do canal se encontravam sob condição de vazante (11 e 12), e quando por mais dois dias foram observadas enchentes ininterruptas (15 e 16).

A salinidade durante as baixa-mares variou entre 13,3 e 35,0, com média em 26,8. Já durante as preamares, a propriedade apresentou valores que variaram entre 14,8 a 35,4, com média em 26,4 (pouco inferior ao valor de baixa-mar). A temperatura média das águas de baixa-mar esteve em 26,2°C, para valores entre 20,6 e 29,5°C, enquanto que para as águas de preamar a média da temperatura esteve em 25,8°C, para valores entre 22,1 e 28,7°C. A turbidez apresentou média de baixa-mar em 1,1NTU, para valores entre 0,0 e 5,6NTU, enquanto que para as águas das preamares a média de turbidez ficou em 1,9NTU, para valores que variaram entre 0,0 e 21,5NTU. Já os valores de pH apresentaram média, máxima e mínima muito semelhantes para as águas das baixa-mares (8,2; 7,9 e 8,5) e para as águas das preamares (8,1; 7,1 e 8,4).

Quando as condições de enchente e vazante são analisadas separadamente, obtêm-se os valores entre 35,4 e 14,8 para as águas de enchente, com média de 28,9, e valores entre 13,3 e 32,3 para as águas de vazante, com média em 24,6.

As temperaturas durante as vazantes possuíram valores entre 28,7 e 22,8°C (média de 26,6°C). Durante as enchentes a média baixou para 24,9°C para valores entre 22,1 e 29,5°C.

A turbidez média foi maior durante a enchente, com 2,4NTU para valores entre 0,0 e 21,5NTU. Durante a vazante a média baixou para 0,6NTU para valores entre 0,0 e 1,4NTU.

O pH apresentou pequena variação, com médias de 8,1 e 8,2 para as águas de enchente e vazante, respectivamente. Os maiores valores estiveram relacionados com as águas salobras de origem lagunar, enquanto que os menores valores estiveram associados às águas de origem marinha.

A amplitude máxima do nível das águas do canal durante os quinze dias de coleta foi de aproximadamente 19cm, sendo que a maior diferença entre as preamares e baixa-mares de um mesmo dia foi de 6cm (figura 33) Na maior parte das ocasiões, as águas de baixa-mar estiveram em nível abaixo das águas de preamar, exceto em dias de anomalia das correntes, devido à influência atmosférica. A maior variação diária, observada durante o dia 13 (6cm), foi causada pelo empilhamento das águas da porção central da Lagoa sobre sua margem norte em função da intensidade do vento sul daquele dia, que ultrapassou a marca dos 11m/s.

Para a salinidade houve poucas situações de estratificação da coluna d'água, e quando foram verificadas tais características, na sua maioria estiveram associadas a valores do “parâmetro estratificação”. As condições de maior estratificação dessa propriedade (tabela 20) aconteceram nos momentos de águas superficiais paradas, através de finas lâminas d'água provenientes do escoamento da Fortaleza da Barra (figuras 32 e 34 a 37).

A temperatura também apresentou condições de homogeneidade da distribuição da propriedade na coluna d'água durante a maioria do tempo, com estratificações observadas nas mesmas situações de estratificações salinas. Outro fato importante observado foi a relação direta entre as águas com maior salinidade, menor temperatura e os maiores valores de turbidez (relacionado com maior quantidade de material particulado em suspensão na coluna d'água).

A maior turbidez encontrada foi de 21,5NTU nas camadas superficiais da coluna d'água, e esteve associada à forte precipitação do dia 13, sendo muito superior aos valores anteriormente encontrados nesse estudo. Aparentemente esse material em suspensão foi drenado das encostas íngrimes e com pouca cobertura vegetal da porção oeste da localidade da Fortaleza da Barra da Lagoa.

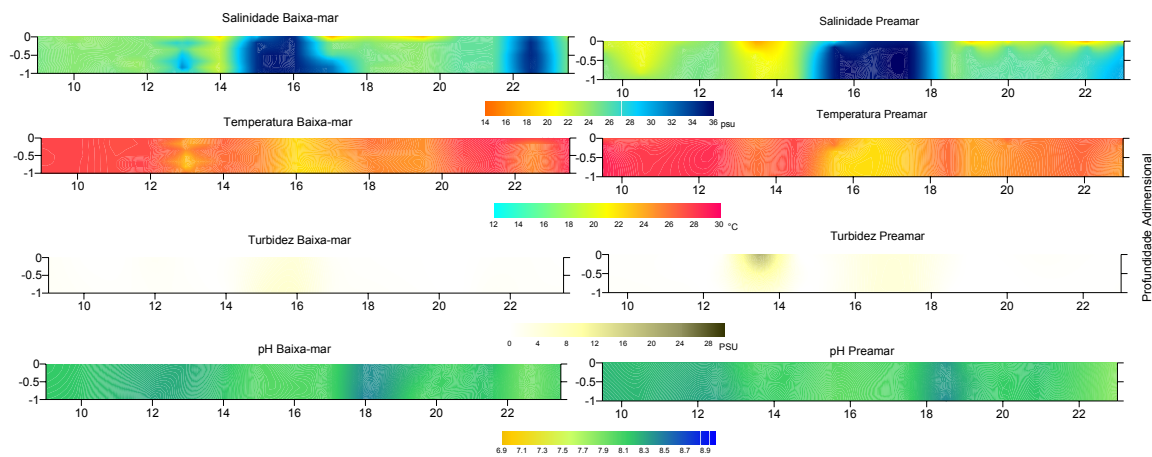


Figura 32. Mosaico de campos contínuos para os dados das campanhas de amostragem diária de verão.

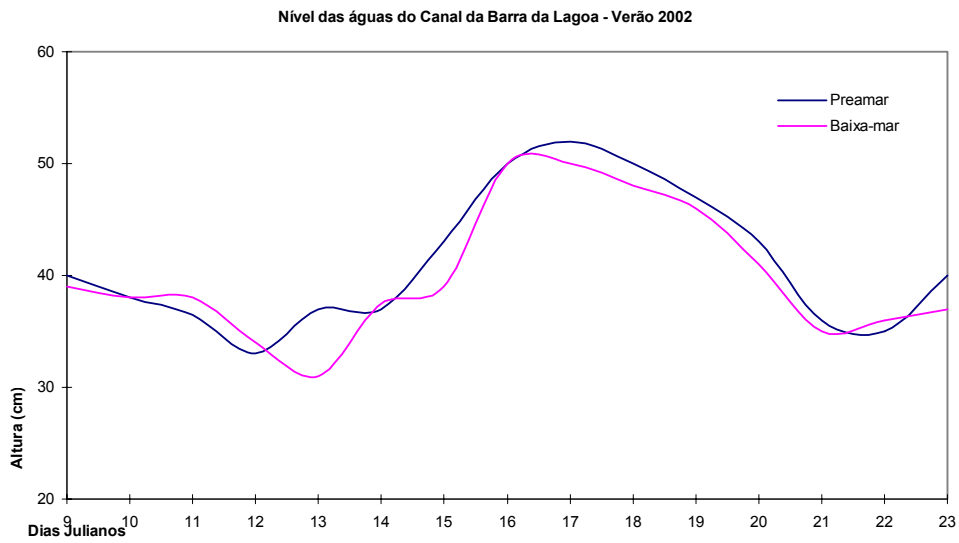
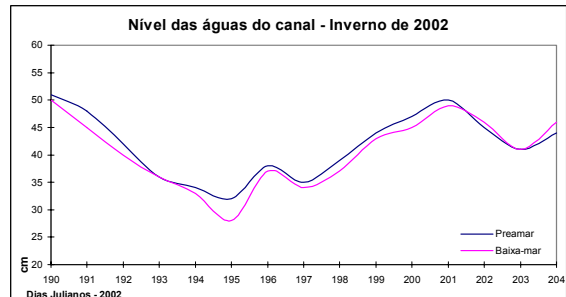
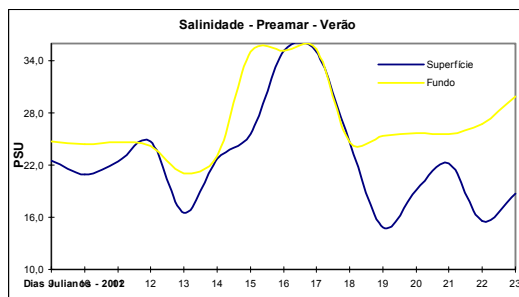
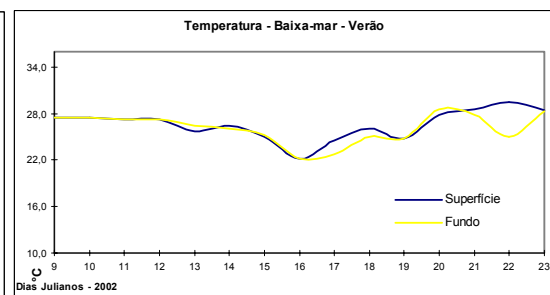
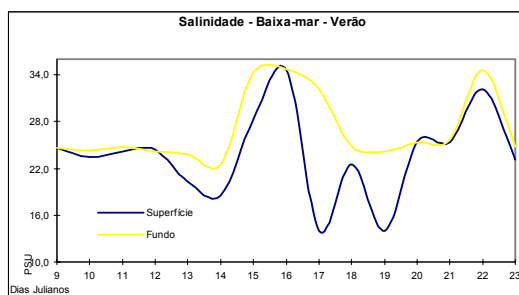


Figura 33. Nível das águas do canal na desembocadura lagunar durante a campanha quinzenal de verão.



Figuras 34 e 35. Gráficos de salinidades e temperaturas médias para as preamars da campanha quinzenal de verão.



Figuras 36 e 37. Gráficos de salinidades e temperaturas médias para as baixa-mares da campanha quinzenal de verão.

9.2.2. Inverno

A evolução do tempo durante os dias dessa campanha de amostragem foi caracterizada pela entrada de três frentes frias, com poucas chuvas associadas, temperaturas do ar entre os valores de 12,0 e 24,0°C e predominância de ventos do quadrante N sobre os ventos do quadrante S.

Importante observar que as águas das praias durante essa campanha apresentaram salinidade entre 26,0 e 30,0 durante os primeiros sete dias de coletas, aumentando gradativamente de valor com o passar dos dias. Esses dados foram coletados na Praia da Barra da Lagoa e Praia Mole, logo após as coletas realizadas no interior do canal. Foram realizadas para observar se a baixa salinidade observada durante as águas de preamar foi consequência de processos internos do canal, como diluição da água do mar pelo escoamento da drenagem do embasamento cristalino, ou como consequência de processos exógenos à área de estudo.

A salinidade durante as baixa-mares variou entre 10,6 e 33,4, com média em 28,0 (figura 38). Já durante as preamares, a propriedade apresentou valores que variaram entre 16,9 a 34,7, com média em 29,8. A temperatura média das águas de baixa-mar esteve em 18,0°C, para valores entre 16,9 e 18,7°C, enquanto que para as águas de preamar a média da temperatura esteve em 18,3°C, para valores entre 16,0 e 20,7°C (figuras 39 e 40). A turbidez apresentou média de baixa-mar em 1,3NTU, para valores entre 0,3 e 3,6NTU, enquanto que para as águas das preamares a média de turbidez ficou em 1,8NTU, para valores que variaram entre 0,2 e 4,8NTU. Já os valores de pH apresentaram valores de média, máxima e mínima muito semelhantes para as águas das baixa-mares (8,3; 8,1 e 8,4) e para as águas das preamares (8,3; 8,2 e 8,4).

A salinidade durante as vazantes variou entre 10,6 e 28,6, com média de 28,6. Durante as correntes de enchente a propriedade oscilou entre 16,9 e 34,7, com média de 29,9. Importante observar que até o dia 199 (23 de julho) a salinidade máxima não ultrapassou os 33,0, com valores próximos a 27,0 em seis situações de enchente (figuras 41 a 44). A coluna d'água se manteve praticamente homogênea para quase todas as coletas das duas condições de maré, exceto durante três enchentes dos dias 19, 24 e 25 de julho, e três vazantes dos dias 14, 15 e 26 do mesmo mês, aparentemente casos associados a "lâminas" de água doce, originadas a partir das drenagens do morro da Fortaleza da Barra da Lagoa e

suas proximidades. A temperatura durante as vazantes apresentou valor mínimo de 16,9°C e máximo de 18,7°C, com média em 18,3°C. As águas de enchente apresentaram maiores variações da propriedade, com média de 18,0°C para valores entre 16,1 e 20,7°C.

A turbidez durante as condições de vazante teve valor médio de 1,17NTU para um intervalo entre 0,3 e 3,0NTU. Para as condições de enchente a turbidez média subiu para 2,0NTU para valores que variaram entre 0,2 e 4,8NTU.

O pH durante a vazante apresentou média de 8,3, mesmo valor encontrado para a média das coletas sob correntes de enchente.

As observações da régua registraram uma amplitude de 23cm na quinzena da campanha e variação máxima de 4cm entre as estofas de maré de um mesmo dia (figura 45). Notou-se uma relação entre a subida da maré no ponto e a aproximação dos ventos de quadrante sul (mPa), além da relação entre a descida do nível das águas com a aproximação dos ventos do quadrante norte (mTa). Esse comportamento associado à escassez de chuvas do período, característica do inverno local, sugere uma influência da maré meteorológica na variação de longo período dos níveis das águas do canal na desembocadura lagunar.

Os períodos em que se observaram as anomalias de falta de inversão de fluxo das águas corroboram com a idéia anterior, já que tais comportamentos foram observados temporalmente próximos a condições de ventos fortes.

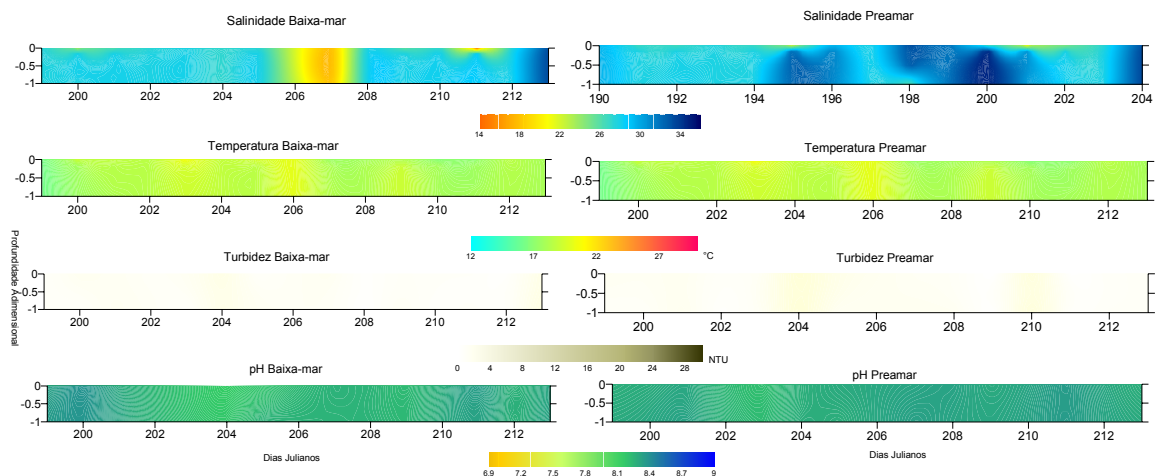
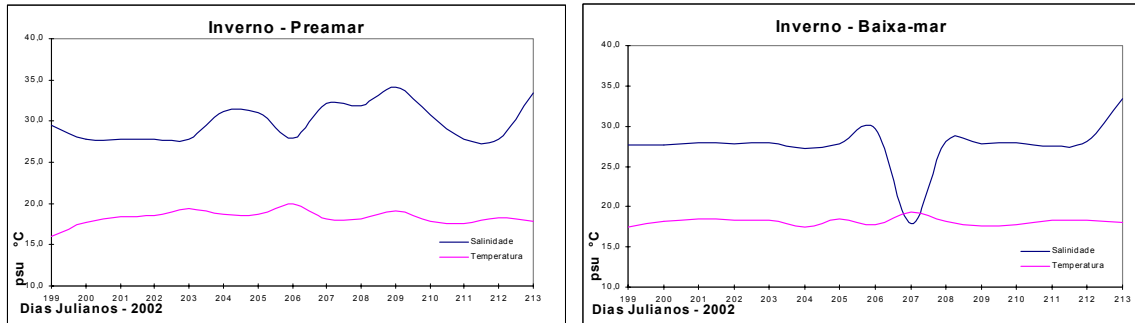
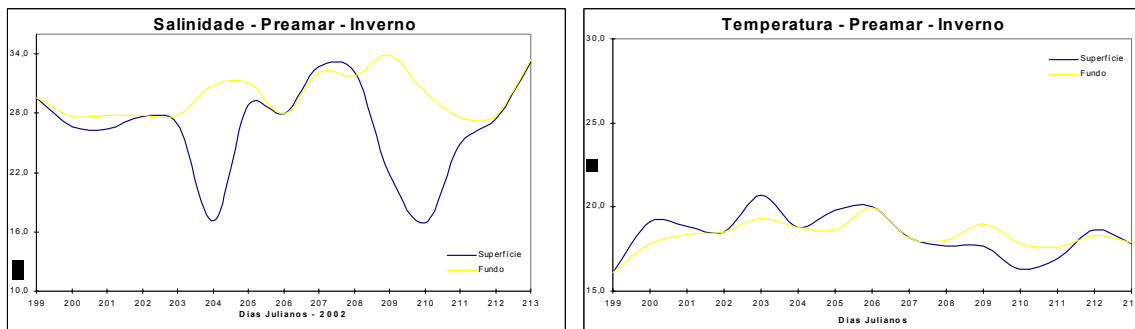


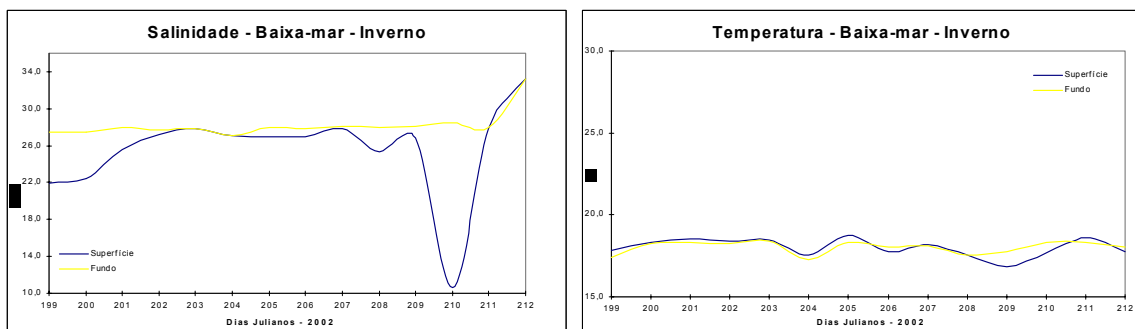
Figura 38. Mosaicos de campos contínuos para baixa-mar e preamar das campanhas de amostragem diária de inverno.



Figuras 39 e 40. Salinidade e temperatura para preamar e baixa-mar durante a campanha de inverno.



Figuras 41 e 42. Gráficos de salinidades e temperaturas médias durante a preamar de inverno.



Figuras 43 e 44. Gráficos de salinidades e temperaturas médias durante a baixa-mar de inverno.

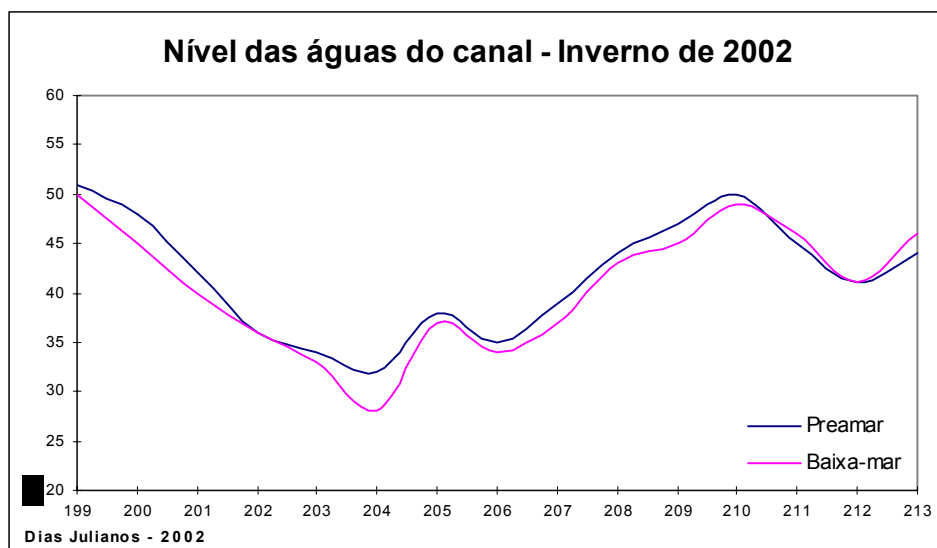


Figura 45. Nível das águas nas proximidades da desembocadura lagunar, durante a campanha quinzenal de inverno.

9.2.3. Salinidade

Durante as campanhas de amostragem diária, os maiores valores médios dessa propriedade na coluna d'água foram observados durante as preamars, enquanto que as menores médias estiveram associadas às águas de vazante, tanto para o período de verão quanto para o de inverno. A salinidade média de preamar das águas de inverno apresentou águas salobras, com concentração da salinidade crescente ao longo da quinzena de coleta, até atingir os valores esperados para essas águas (condição euhalina). Esse fato pode estar associado a influências das águas do Estuário do Prata, que sob condições atmosféricas excepcionais, pode ter sofrido pouca mistura com as águas marinhas desde sua desembocadura até o litoral catarinense através de transporte advectivo paralelo à costa, pela corrente das Malvinas. Vale lembrar que as condições atmosféricas que antecederam o período da campanha foram caracterizadas por sucessivas atuações da massa de ar polar na região, caracterizada por longos períodos de ventos do quadrante sul.

Na maior parte das coletas, a salinidade das águas demonstrou distribuição verticalmente homogênea na coluna d'água, com estratificações de pequena intensidade encontradas principalmente em momentos de inversão da direção da corrente, ou após chuvas de grande intensidade, como no caso do dia 13 de janeiro, quando foi registrada a maior precipitação diária durante esse tipo de campanha (tabela 17).

Inverno			Verão		
Data	Baixa-mar	Preamar	Baixa-mar	Preamar	Data
18/07/02	0,0	0,0	0,0	0,1	09/01/02
19/07/02	0,2	0,0	0,0	0,2	10/01/02
20/07/02	0,1	0,1	0,0	0,1	11/01/02
21/07/02	0,0	0,0	0,0	0,0	12/01/02
22/07/02	0,0	0,0	0,1	0,2	13/01/02
23/07/02	0,0	0,5	0,2	0,0	14/01/02
24/07/02	0,0	0,1	0,2	0,3	15/01/02
25/07/02	0,0	0,0	0,0	0,0	16/01/02
26/07/02	0,0	-0,2	0,7	0,0	17/01/02
27/07/02	0,1	0,0	0,1	0,0	18/01/02
28/07/02	0,0	0,4	0,4	0,4	19/01/02
29/07/02	0,7	0,5	0,0	0,3	20/01/02
30/07/02	0,0	0,1	0,0	0,1	21/01/02
31/07/02	0,0	0,0	0,1	0,1	22/01/02

Tabela 16: Parâmetros estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas diárias de inverno e verão. Valores negativos indicam instabilidade temporária na coluna d'água.

		Salinidade		Temperatura	
Campanha	Estações	Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
Diária	Verão	28.6	24.6	25.2	26.6
	Inverno	30.5	27.3	18.3	18.1

Tabela 17. Médias de salinidade e temperatura das águas de enchente e vazante das campanhas diárias.

Propriedade	Salinidade		Temperatura	
	Baixa-mar	Preamar	Baixa-mar	Preamar
Verão	26,5	26,5	26,2	25,8
Inverno	27,6	29,9	18,1	18,3

Tabela 18. Médias de salinidade e temperatura das águas de preamar e baixa-mar das campanhas diárias.

9.2.4. Temperatura

A temperatura das águas do canal apresentou maiores variações entre preamar e baixa-mar durante o verão, provavelmente por causa da insolação maior nas águas rasas da Lagoa da Conceição durante essa estação, onde também ficou mais clara a relação entre as

águas de maior salinidade com a de menor temperatura e vice-versa. Durante o inverno, além de não haver muita diferença entre a temperatura das águas, também não se observou integralmente a relação entre a salinidade e a temperatura (tabelas 18 e 19).

9.2.5. Turbidez

Novamente a turbidez foi maior durante a preamar, além de eventos de grande pluviosidade (vale lembrar que essas campanhas foram realizadas no ponto 5, nas proximidades de entradas de água doce no canal – figura 46).

É sabido que há relação direta entre a turbidez e o material em suspensão na coluna d'água, já que é o material particulado que espalha os raios de luz é a propriedade física medida pelo turbidímetro. Tais resultados mostram novamente a tendência de importação de material em suspensão para o interior da laguna através do canal.

9.2.6. pH

O pH, por sua vez, apresentou pequenas variações absolutas, com as menores médias associadas às águas de preamar e as maiores associadas às águas de baixa-mar, principalmente durante a campanha de verão. A campanha de inverno apresentou menores variações absolutas e médias praticamente iguais para águas de preamar e baixa-mar.

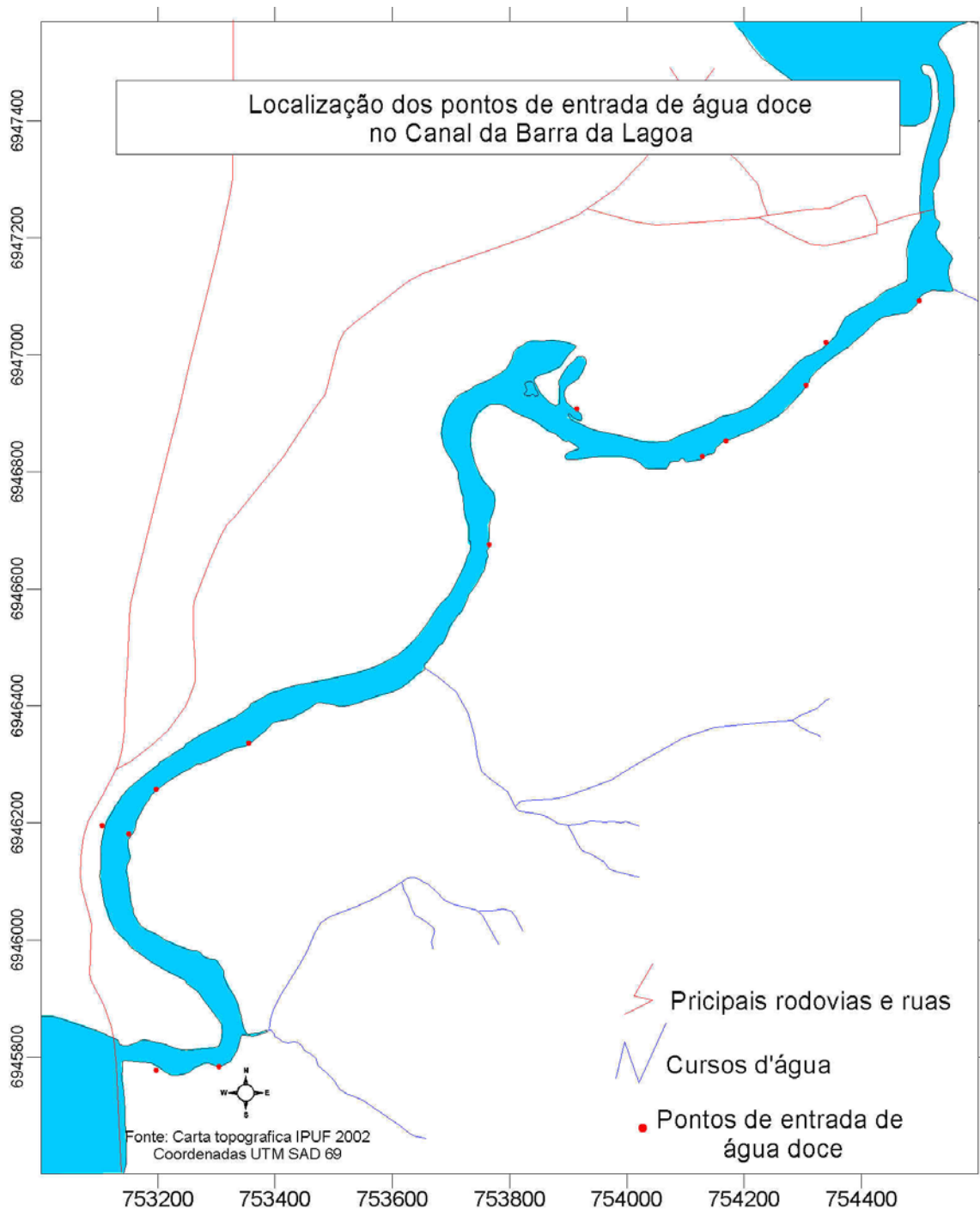
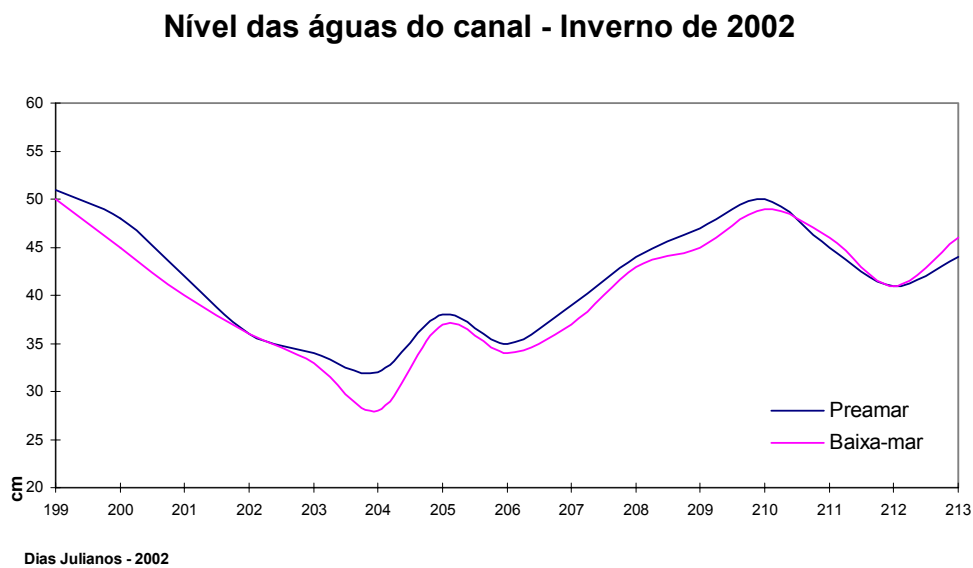
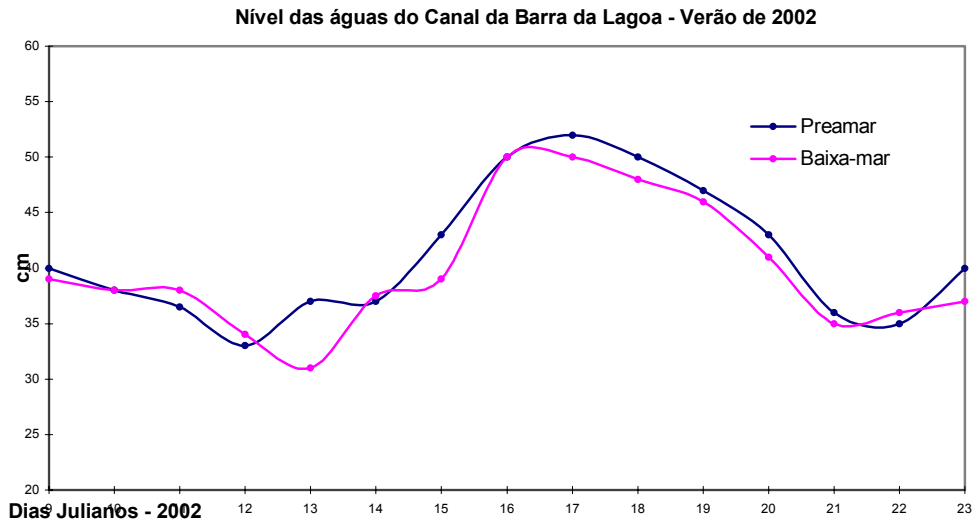


Figura 46. Mapa de localização dos pontos de entrada de água doce no canal. Os pontos em vermelho representam pontos associados a valas de drenagem, enquanto que os cursos d'água são representados em azul.

9.2.7. Maré

A altura da coluna d'água no ponto de coleta dessa campanha apresentou novamente uma redução substancial da amplitude da onda de maré, confirmando o comportamento descrito na revisão bibliográfica e já observado na campanha anteriormente descrita. Foi evidenciada pequena variação durante um ciclo completo da maré, caracterizando novamente o estuário como hiposíncrono.

Já quando esse comportamento é analisado em uma escala de tempo ampliada, pode-se perceber uma variação absoluta de dezenas de centímetros (figuras 47 e 48) que talvez esteja relacionada com a variação das massas de ar (maré meteorológica).



Figuras 47 e 48. Nível das águas na desembocadura lagunar durante campanhas de verão e inverno.

9.3. Estações fixas

9.3.1. Verão

9.3.1.1. Desembocadura Lagunar - Maré de Sizígia

Durante essa campanha o comportamento atmosférico foi caracterizado por ventos fracos do quadrante norte, inicialmente sem chuvas e seguido por precipitação forte e calmaria. A temperatura do ar variou entre 17,0 e 26,0°C; há de se ressaltar que tal situação precedeu por dois dias a entrada de uma frente fria. As correntes durante os dois ciclos de maré apresentaram duas vazantes e duas enchentes (periodicidade semi-diurna), com atrasos em relação à previsão do modelo para o comportamento da onda de maré na costa. Tais atrasos, caracterizados também para os instantes de preamar e baixa-mar, além dos períodos de enchente e vazante, foram de aproximadamente quatro horas (o modelo de Andrade (2001) estima períodos de cerca de três horas em função do que chama de “efeito pistão”).

Nessa mesma coleta, a salinidade variou entre 21,9‰ e 32,1‰, com média de 26,1‰. Os menores valores estiveram associados às correntes de vazante, e os maiores associados às condições de enchente. A média da salinidade durante as condições de enchente foi de 28,9‰, enquanto que para os períodos de vazante foi de 23,9‰ (figura 49).

A temperatura apresentou o mesmo padrão de variação acompanhando a maré semidiurna, oscilando aproximadamente entre 19,0 e 26,0°C, com os menores valores relacionados às águas mais salinas e os maiores valores associados às águas de menor salinidade. A média de temperatura para as condições de enchente foi de 21,8°C, contra o valor de 24,8°C de média para a vazante.

O material em suspensão teve uma variação entre 1,0 e 18,0mg/l (figura 49), sendo que os maiores valores estiveram associados às condições de enchente (média de 8,4mg/l) e os menores associados às condições de vazante (média de 5,8mg/l). Esse comportamento, associados às correntes que apresentaram médias de 0,25m/s para vazante e 0,26m/s para enchente (velocidades que estão no limiar entre a erosão e transporte de sedimentos finos coesivos e inconsolidados, segundo diagrama de Nichols & Biggs (1985)), provocaram a passagem de pouco mais de uma tonelada de material em suspensão pelo ponto de

amostragem para o interior do sistema lagunar durante os dois ciclos de maré amostrados, embora tenha sido registrada exportação resultante de mais de 120mil m³ de água durante o mesmo período (tabelas 20 e 21). Tal fato pode ser explicado através do fato de que as águas de enchente possuíam maior aporte de material em suspensão do que as águas de vazante.

As correntes, aliás, apresentaram velocidades de até 0,7m/s, capazes de erodir e transportar qualquer tipo de areia, segundo o diagrama de erosão, transporte e deposição para sedimentos coesivos (Nichols & Biggs, 1985). A amplitude da maré no ponto foi de apenas 6cm durante os dois ciclos completos (figuras 50 e 51), contra os 56cm previstos pelo modelo para a costa.

A coluna d'água quase sempre se apresentou homogênea para a salinidade (figura 49), com pequenas estratificações encontradas somente para condições de inversão de fluxo de vazante para enchente, quando a salinidade aparentemente começou a entrar inicialmente pelo fundo.

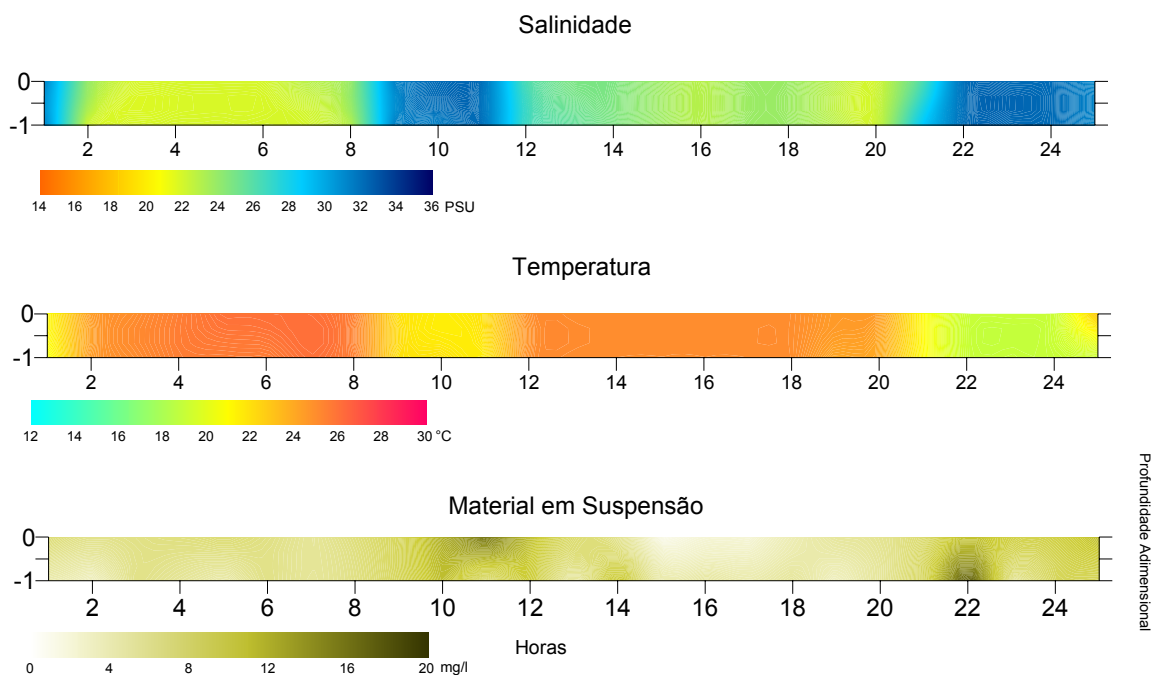
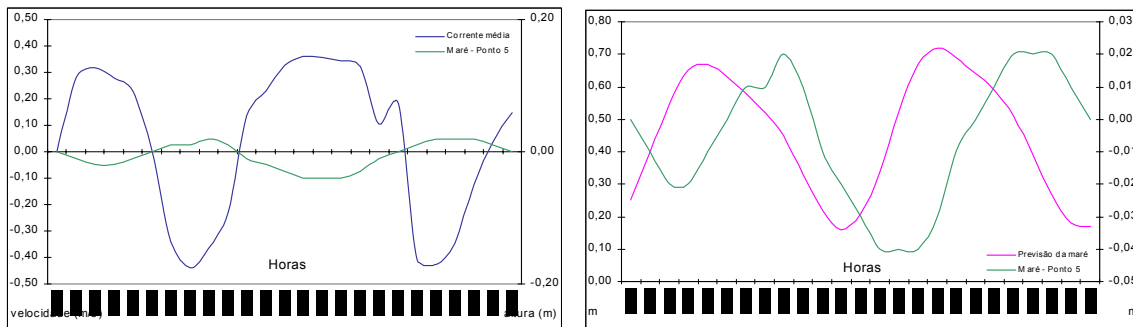


Figura 49: Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia para a desembocadura lagunar.



Figuras 50 e 51. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a estação fixa de verão na desembocadura lagunar e sob maré de sizígia.

9.3.1.2. Desembocadura Lagunar - Maré de Quadratura

O comportamento atmosférico durante a coleta apresentou ventos fracos do quadrante norte, sem chuvas e com temperaturas do ar acima dos 25,0°C de dia e 22,0°C durante a noite, com ação aparente da mTa e precedendo por três dias a entrada de uma frente fria. As correntes durante os trabalhos apresentaram nas 18,5 horas iniciais somente condição de enchente, invertendo para vazante durante as 5,5 horas restantes (as correntes permaneceram de enchente mesmo durante a vazante prevista pelo modelo para a costa, entre as 7:30h e 14:30h do dia da coleta). Nessa situação, a salinidade apresentou valores entre 30,0‰ e 37,5‰, com média de 35,9‰, sem padrão de ciclicidade aparente durante os dois ciclos completos de maré. Durante as condições de enchente a salinidade apresentou média de 35,6‰, enquanto que para as condições de vazante a média foi de 36,9‰ (figura 52). Essa inversão, com maiores médias de salinidade para vazante do que para enchente, pode ser explicada se aceitarmos que as águas que começaram a vazar após a longa enchente ainda não representavam a massa de água misturada no interior da laguna.

A temperatura das águas também não apresentou ciclicidade, com valores entre 17,0 e 21,0°C, porém teve relação direta de seu comportamento com a salinidade. Nesse sentido, as águas mais frias estiveram associadas às maiores salinidades e vice-versa. Da mesma forma que a salinidade, não houve muita diferença entre as temperaturas das águas de vazante e enchente, com médias de 18,5 e 18,4°C respectivamente.

A turbidez também não apresentou ciclicidade, porém teve maior média associada às correntes de enchente (18,0 mg/l), enquanto que as correntes de vazante apresentaram média de 7,8 mg/l. O comportamento das correntes – figuras 53 e 54 - (que tiveram médias

de 0,25 e 0,32 m/s para correntes de vazante e enchente, respectivamente, e valor máximo de 0,50 m/s durante a enchente) associado ao do material em suspensão (que variou entre 4,0 e 31,0 mg/l) resultou em uma passagem de mais de 20 toneladas de material em suspensão através do ponto de coleta e em direção ao interior do sistema lagunar, juntamente com cerca de 850mil m³ de água.

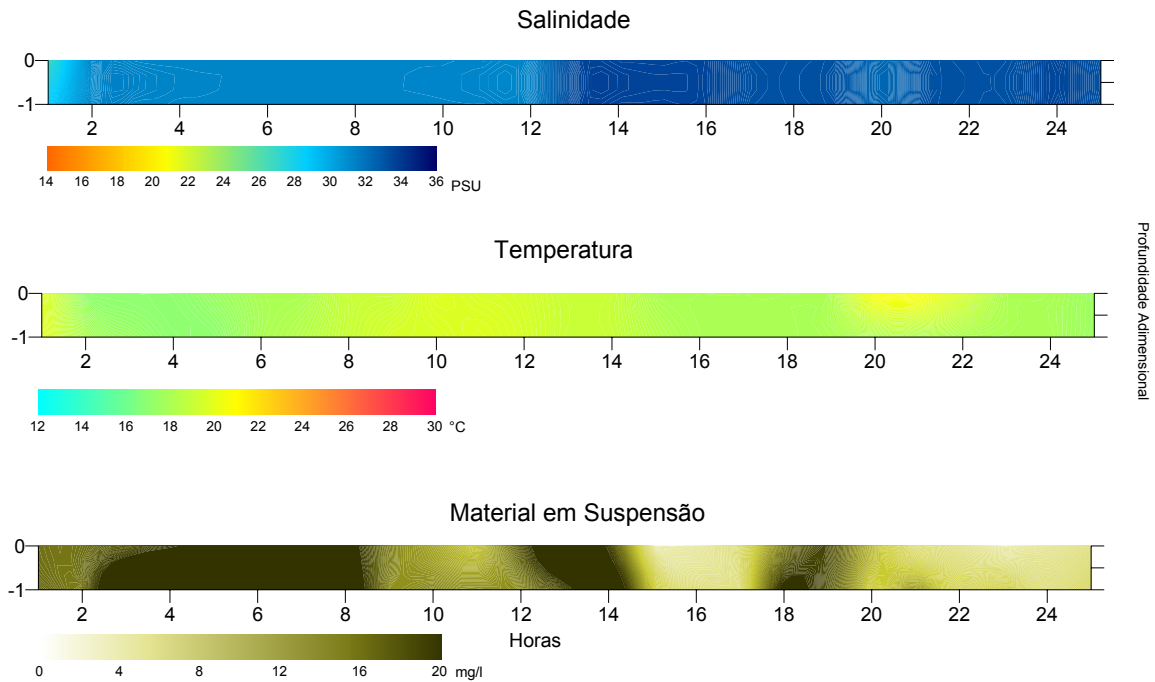
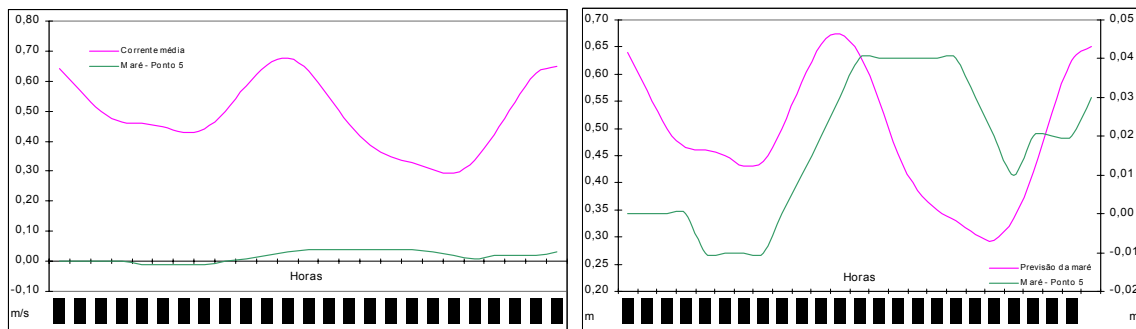


Figura 52. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura lagunar.



Figuras 53 e 54: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura lagunar.

9.3.1.3. Meio do Canal - Maré de Sizígia

O comportamento atmosférico durante as coletas desses dois ciclos de maré apresentou ventos fracos do quadrante norte e temperaturas do ar entre 23,0°C e 29,2°C. Tal condição se estabeleceu após a entrada de uma frente fria que apresentou fracas precipitações (entre os dias 5/12 e 8/12). As correntes apresentaram padrão de ciclicidade semi-diurna (mesma característica da maré astronômica na costa), apresentando duas enchentes e duas vazantes durante os dois ciclos de maré, e alcançaram a velocidade máxima de 0,5m/s, durante a corrente de enchente.

O comportamento das correntes, embora tenha apresentado padrão semidiurno da maré semelhante ao comportamento da maré prevista, apresentou atraso de 2 a 3h entre as estofas na costa e as inversões de fluxo no ponto.

Os valores de salinidade (figura 55) acompanharam o padrão semidiurno, assim como as correntes, e variaram entre 21,0‰ e 38,0‰, com média de 31,1‰. Os maiores valores estiveram associados às correntes de enchente, que apresentou média de 33,6‰, enquanto que os menores valores estiveram relacionados com as correntes de vazante (28,9‰ de média).

Acompanhando o padrão da corrente e salinidade, a temperatura (que variou entre valores de 20,0 e 26,0°C) também teve uma variação associada a ciclicidade semidiurna da maré. Os menores valores estiveram associados às condições de enchente e às águas mais salgadas, apresentando média de 22,5°C, enquanto que as águas mais quentes estiveram associadas às águas salobras da maré vazante, com média de 24,0°C.

A turbidez, que variou entre 1,0e 16,0mg/l, não apresentou a mesma ciclicidade na variabilidade de seus valores, embora as maiores concentrações estejam relacionadas com as correntes de enchente (média de 6,5mg/l) e as menores associadas às correntes de vazante (média de 5,2mg/l). Os comportamentos de corrente (figuras 56 e 57), que apresentaram médias de velocidade de 0,33 e 0,20m/s para situações de enchente e vazante, respectivamente, e a concentração de material em suspensão, associados, levaram a um volume de transporte de mais de 250mil m³ de água através do ponto de coleta e em direção do interior do sistema, associado à cerca de 2,5 toneladas de material em suspensão.

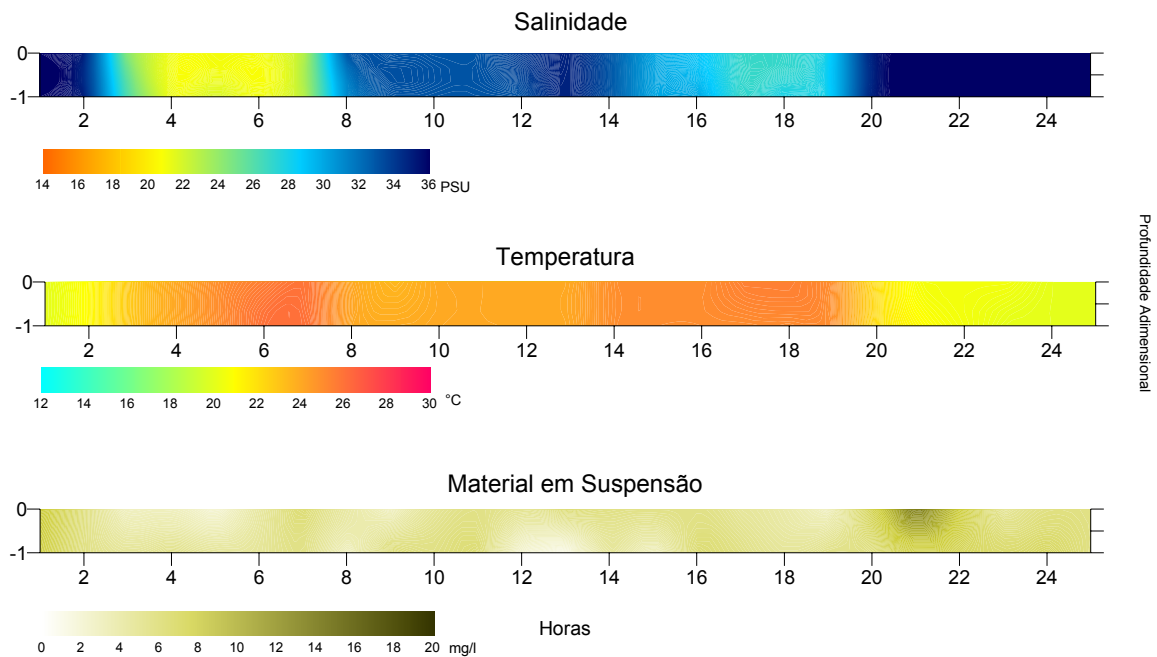
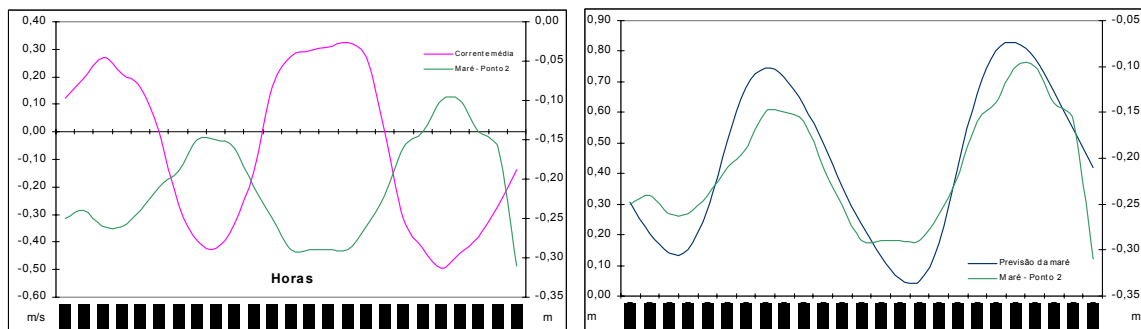


Figura 55. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia para o meio do canal.



Figuras 56 e 57. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado, para a campanha de verão em maré de sizígia para o meio do canal.

A variação da maré (figura 57) no ponto de coleta (ponto 3) de 21cm aproximadamente (contra 78cm previstos pelo modelo matemático), e acompanhou as variações da maré astronômica na costa, embora tenha apresentado atraso de 2 horas para preamar e 1 hora para baixa-mar. Os resultados ainda demonstraram situações de coluna d'água homogênea para salinidade e temperatura para todas as coletas, característica não contemplada para as amostras de material em suspensão.

9.3.1.4. Meio do Canal - Maré de Quadratura

O tempo durante essa campanha de coletas apresentou ventos fracos do quadrante norte e sem chuvas, situação que antecedeu em três dias a entrada de uma frente fria. A temperatura ambiente variou entre 18,0 e 24,0°C para o período de dois ciclos completos de maré. As correntes (figuras 59 e 60) não apresentaram qualquer padrão de ciclicidade, com 23 horas consecutivas de vazante e somente duas horas de enchente (a corrente continuou vazando, embora com intensidade reduzida, mesmo durante a enchente prevista pelo modelo matemático).

A salinidade (figura 58) apresentou comportamento condicionado pelo comportamento das correntes, e teve seus valores entre 23,0 e 35,0 (média de 25,1), onde os maiores valores estiveram associados às correntes de enchente (média de 27,5) e os menores valores se associaram as correntes de vazante (média de 24,8).

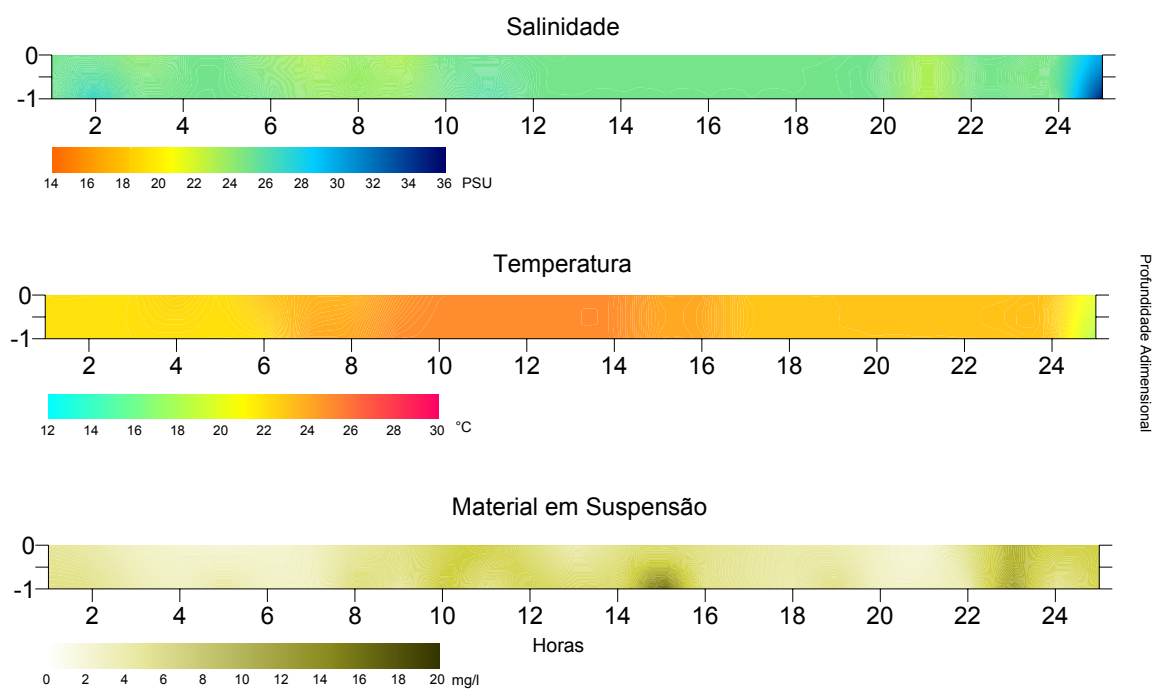
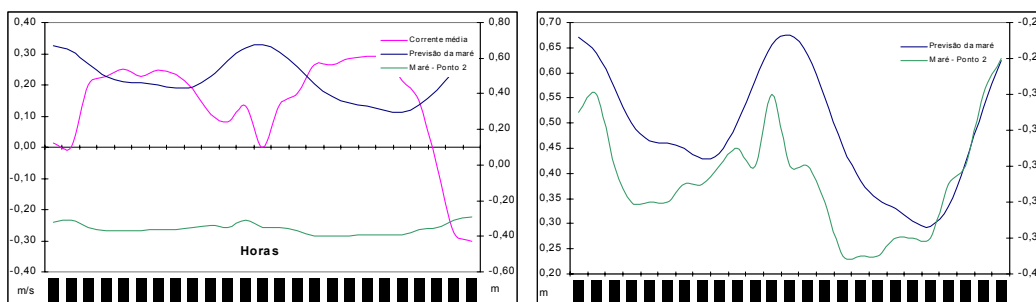


Figura 58. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para o meio do canal.



Figuras 59 e 60. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a mesma campanha descrita acima.

A temperatura das águas (figura 58) variou entre 18,0 e 24,0°C, com média de 23,2°C, e sem ciclicidade aparente. As maiores temperaturas estiveram associadas às águas de menor salinidade e correntes de vazante (média de 23,5°C), e vice-versa (média de 21,7°C para enchente). Vale destacar que somente duas horas depois que a coluna d'água inverteu seu sentido é que se verificou variação de salinidade e temperatura no ponto. A turbidez não apresentou também qualquer ciclicidade aparente, e apresentou valores entre 2,0 e 17,0 mg/l, com média de 6,2 mg/l.

As correntes apresentaram valor máximo de 0,3 m/s durante a enchente, enquanto que teve médias de enchente de 0,21 m/s e de vazante de 0,18 m/s (figura 59). Essas características da corrente, associadas às concentrações de material em suspensão da coluna d'água resultaram em exportação de 600mil m³ de água, juntamente com 3 toneladas aproximadas de material em suspensão durante os dois ciclos previstos.

A variação da maré no ponto (ponto 3) durante os dois ciclos de maré foi de 11cm (figura 60), contra uma variação de 38cm prevista pelo modelo matemático para a costa. A coluna d'água se apresentou quase sempre homogênea para a salinidade e temperatura, com uma pequena estratificação durante a inversão da corrente de vazante para enchente, quando a água mais salgada começou a penetração pelo fundo.

9.3.1.5. Desembocadura Marinha - Maré de Sizígia

O tempo durante essa campanha permaneceu com ventos do quadrante norte, de muito fraco a calmaria, aparentemente sob condição de pré-frontal, com quase 35mm de chuvas acumuladas na estação meteorológica e temperatura do ar entre 20,0 e 26,0°C.

Sob essas condições as correntes apresentaram velocidades de até 1,0m/s, conforme pode ser observado na figura 59, com variações semidiurnas de direção. Duas enchentes e duas vazantes, sendo nove horas correspondentes a situações de enchente e dezesseis de vazante.

O comportamento da salinidade (figura 61) também acompanhou a variabilidade da maré, com valores entre 24,0‰ e 37,0‰, com média de 32,4‰. Durante a enchente a média foi de 35,3‰, contra média de 30,8‰ para vazante. A coluna d'água se apresentou quase sempre homogênea, com pequenas estratificações observadas durante as inversões da direção da corrente.

O comportamento da temperatura das águas foi semelhante ao da salinidade. Além de ter-se observado a variabilidade de acordo com a maré e uma relação entre as águas mais quentes e as de menor aporte salino (e vice-versa), registrou-se valores entre 17,0 e 23,5°C, com média de 20,4°C. Durante a vazante, a média foi de 21,2°C, contra média de 18,9°C para enchente.

Pode-se observar que a inversão da corrente e a variação dos parâmetros salinidade e temperatura não ocorreram simultaneamente.

O material em suspensão apresentou valores entre 3,0 e 20,0 mg/l, com maiores concentrações associadas às águas de maior salinidade. A enchente teve média de 7,8 mg/l e a vazante de 7,4 mg/l. As condições de corrente associada às concentrações de material em suspensão resultou em exportação de mais de 537.000 m³ de água e mais de 3ton de material suspenso na coluna d'água.

A amplitude da maré no ponto de coleta foi de 67 cm, contra 82 cm de variação previstos pelo modelo para a costa para a maré astronômica.

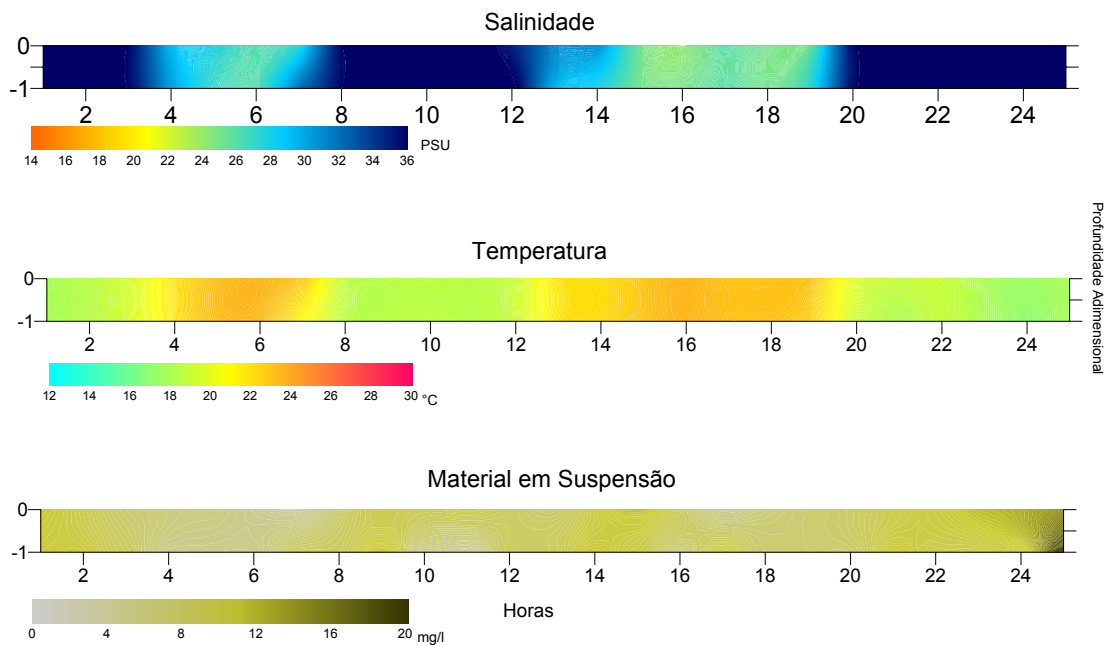
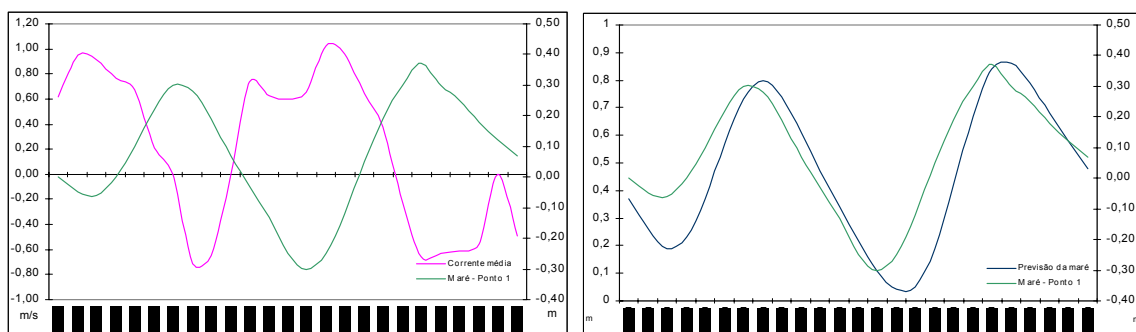


Figura 61. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de sizígia na desembocadura marinha.



Figuras 62 e 63: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de verão em maré de sizígia na desembocadura marinha.

9.3.1.6. Desembocadura Marinha - Maré de Quadratura

O tempo durante essa campanha de amostragem permaneceu com ventos do quadrante norte, com pouca chuva acumulada e temperatura do ar entre 23,0 e 26,0°C, aparentemente sob condição de pré-frontal.

As correntes (figura 64), apresentaram somente uma enchente e uma vazante, com duração de 13,5 e 11,5 horas e velocidades que alcançaram 0,71 e 0,86 m/s, respectivamente.

Nessas condições a salinidade, observada na figura 64 apresentou valores entre 25,0‰ e 38,0‰, com média em 34,0‰. Durante as enchentes a média foi de 36,7‰, contra 31,0‰ para as condições de vazante.

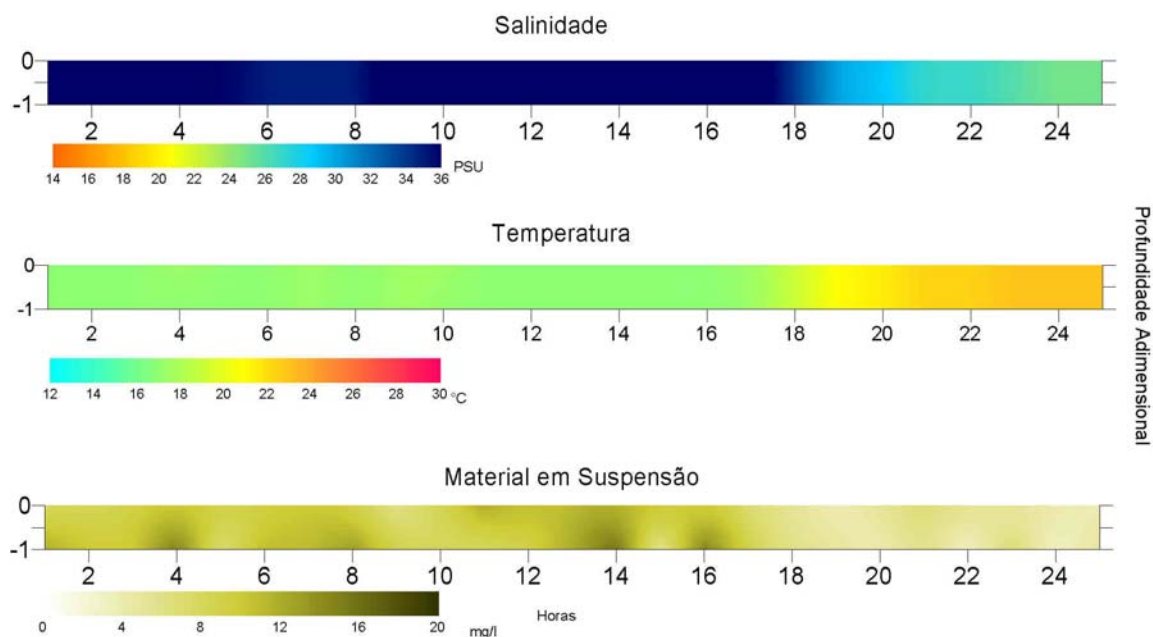
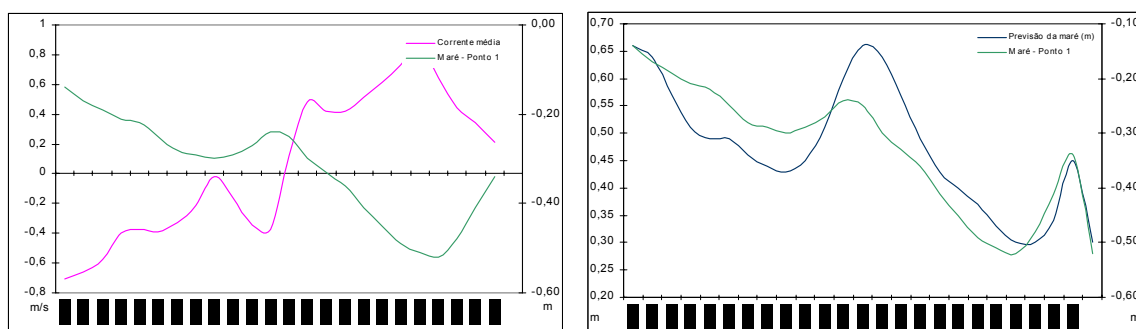


Figura 64. Mosaicos de campos contínuos para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura marinha.



Figuras 65 e 66. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de verão em maré de quadratura para a desembocadura marinha.

A temperatura (fig. 64) apresentou a mesma variabilidade da salinidade, com valores entre 17,0 e 23,0°C e média de 18,7°C. Durante a enchente a média foi de 17,1°C,

menor que a média de 20,3°C encontrada durante a vazante. Mais uma vez durante o verão, as águas de maior temperatura estiveram associadas às águas de maior salinidade.

O material em suspensão (fig. 64), com valor médio de 8,4 mg/l, manteve o padrão de maiores concentrações para as águas de enchente e menores valores para as águas de vazante, com médias de 10,2 e 7,0 mg/l respectivamente.

O comportamento das correntes associado às características do material em suspensão proporcionou um transporte de cerca de 30.000 m³ de água para o montante do ponto de amostragem, juntamente com quase duas toneladas de material em suspensão para os dois ciclos completos de maré.

A variação do nível das águas do canal foi de 38 cm, contra 36 cm previstos pelo modelo matemático para a costa. Importante observar que embora o comportamento das correntes não tenha sido semelhante ao comportamento da maré na costa, o comportamento da maré no ponto de coleta foi muito semelhante ao comportamento proposto pelo modelo.

9.3.2. Inverno

9.3.2.1. Desembocadura Lagunar - Maré de Sizígia

O tempo durante essa campanha de amostragem apresentou ventos fracos do quadrante norte, além de ausência de precipitação pluviométrica. A temperatura do ar permaneceu entre a casa dos 21,0 e 26,0°C, antecedendo a entrada de uma frente fria em dois dias.

Nessas condições as correntes (fig.67) apresentaram comportamento semidiurno, com dois períodos de enchente e dois de vazante durante os dois ciclos completos da maré. As velocidades das correntes atingiram os máximos de 0,7m/s e 0,5m/s para os períodos de enchente e vazante, respectivamente.

A salinidade (fig. 66) apresentou valores entre 30,0‰ e 37,5‰, com média de 33,5‰. Para as condições de enchente a média foi de 34,9‰, contra uma média de 31,5‰ para as vazantes. Para essa campanha, pequenas estratificações, de no máximo 0,03 (número estratificação) foram registradas em situações próximas temporalmente às inversões de direção do fluxo.

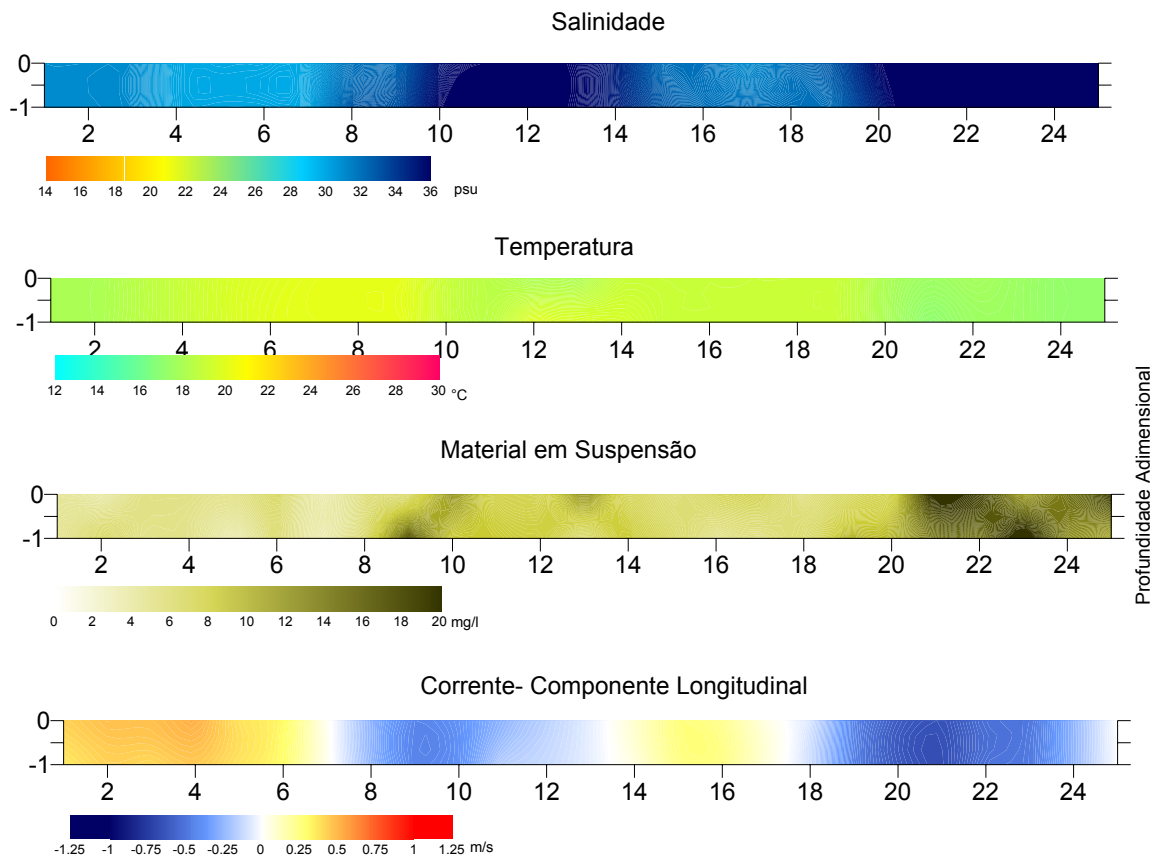
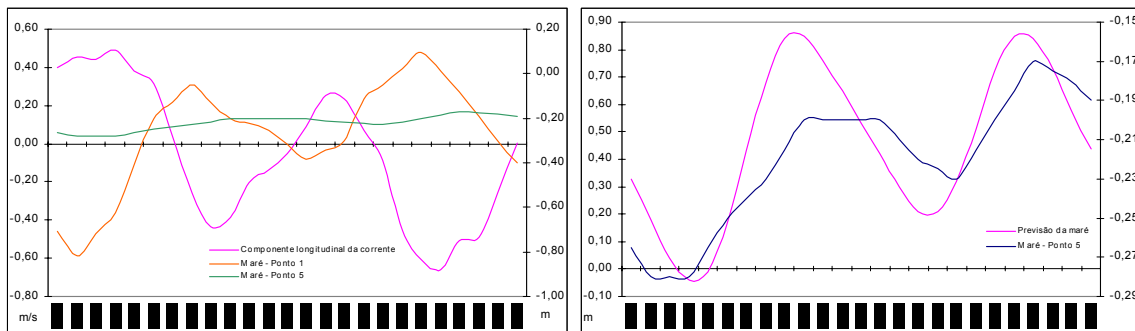


Figura 67: Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.



Figuras 68 e 69: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

A temperatura apresentou o mesmo padrão de variação da salinidade, com ciclicidade semidiurna da maré e clara relação entre as águas de menor temperatura com as de maior salinidade, embora os valores tenham variado somente entre 17,0 e 20,0°C, e média de 18,7°C. Durante a vazante a média de temperatura foi de 18,9°C, contra 18,7°C das águas de enchente.

A concentração de material em suspensão variou entre 3,5 e 22,9 mg/l, com média de 9,6 mg/l. Durante as enchentes a média foi de 11,6 mg/l contra a média de 6,5 mg/l das águas de vazante.

Essas características, associadas ao comportamento das correntes, resultaram em um transporte à montante do ponto de quase 300.000 m³ de água juntamente com cerca de cerca de 7,7 toneladas de material particulado em suspensão.

A variação do nível das águas no ponto de amostragem foi de apenas 11 cm, contra uma variação de cerca de 100 cm prevista para a costa adjacente (figura 68).

9.3.2.2. Desembocadura Lagunar - Maré de Quadratura

Essa campanha de amostragem foi realizada sob ventos do quadrante sul com até dez nós de intensidade, sem chuvas e com a temperatura do ar na casa dos 17°C.

Sob essas condições atmosféricas, as correntes (fig. 70) se apresentaram quase que exclusivamente de enchente (23 horas seguidas das 25 horas de campanha), com velocidades de no máximo 0,5 m/s para as correntes de enchente e 0,1 m/s para as correntes de vazante.

Por causa desse comportamento, os valores de salinidade (fig. 69) variaram entre 35,0 e 38,0‰, com média de 36,8‰, para uma coluna d'água quase sempre homogênea. A média de enchente foi de 36,7‰, contra uma média de 35,8‰ das águas de vazante. O período de vazante foi tão breve que parece não ter conseguido trazer para dentro do canal as águas lagunares.

A temperatura variou entre 16,0 e 17,0°C, com média de 16,7°C e valores muito aproximados entre as águas de enchente e vazante, para uma coluna d'água sempre homogênea.

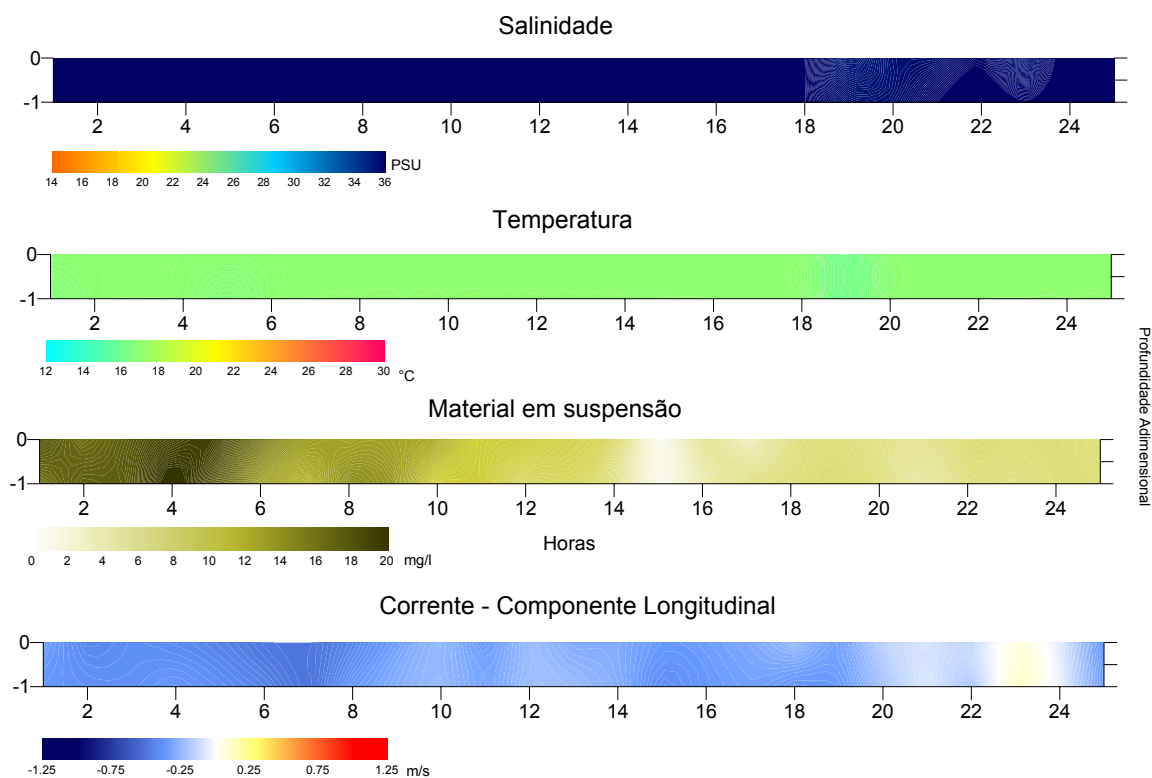
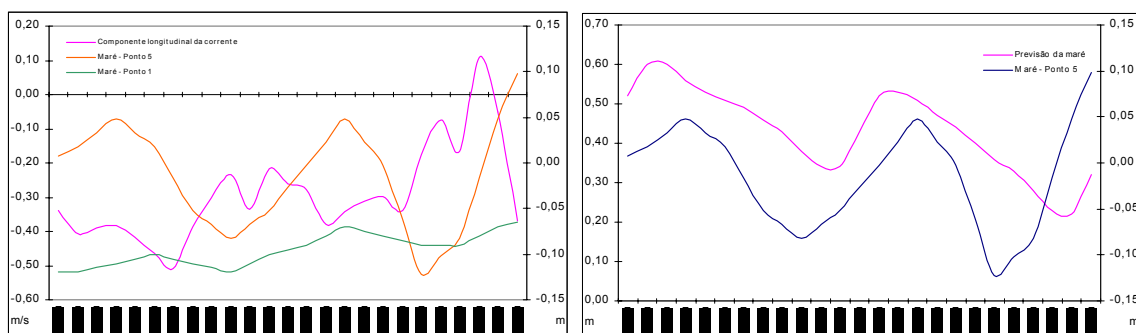


Figura 70: Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.



Figuras 71 e 72: Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

O material em suspensão apresentou concentrações entre 0,5 e 21,2 mg/l, com média de 9,8 mg/l. Foi durante as correntes mais intensas que se observaram as maiores concentrações da propriedade, com distribuição menos homogênea que as outras na coluna d'água.

O comportamento das correntes associado às concentrações de material em suspensão levaram a um transporte à montante do ponto de coleta de cerca de 1,5 milhões

de metros cúbicos de água, que carregaram consigo mais de 16 ton de material em suspensão.

A variação da maré no ponto foi de 5 cm, contra uma variação máxima de 30 cm prevista pelo modelo matemático (figura 71). Importante notar que, embora a corrente tenha apresentado um padrão assimétrico, o comportamento do nível das águas no ponto foi semelhante ao comportamento previsto para a maré astronômica na costa.

9.3.2.3. Meio do Canal - Maré de Sizígia

O tempo durante essa campanha foi caracterizado pela entrada de uma frente fria com ventos do quadrante sul, de até 15 nós, além de precipitação nas horas finais da campanha e temperatura do ar baixando da casa dos 20,0 para os 18,0°C.

Nessas condições as correntes apresentaram fluxo de vazante somente nas primeiras cinco horas da campanha. As outras vinte horas da campanha foram caracterizadas por correntes exclusivamente de enchente, que variaram de intensidade principalmente durante o período em que se esperava a inversão referente à vazante prevista pela preamar (figura 73).

Durante essa campanha a salinidade (fig. 72) apresentou valores entre 31,0 e 38,0‰, com média de 35,4‰. Durante a enchente a média foi de 35,9‰ contra 33,2‰ de salinidade média de vazante.

A temperatura acompanhou o comportamento da salinidade e apresentou relações entre águas de menor temperatura e maior salinidade, e vice-versa. Os valores da propriedade estiveram entre 16,0°C e 19,5°C, sendo a média de 17,3°C. Durante as vazantes a média foi de 18,6°C, enquanto que durante as enchentes a média foi de 17,0°C.

A concentração do material em suspensão durante essa campanha variou entre 4,5 e 18,1 mg/l, sendo 9,6 mg/l a média de concentração. Durante as enchentes a concentração média foi de 9,7 mg/l enquanto que para as águas de vazante foi de 8,4 mg/l. Observou-se ainda que as maiores concentrações estiveram associadas às maiores correntes, conforme demonstra a figura 72.

O comportamento das correntes associado às características do material em suspensão gerou uma importação de cerca de 13 toneladas de material em suspensão para o interior da laguna, juntamente com aproximadamente 1,2 milhão de m³ de água salgada.

O nível da maré no ponto durante a campanha apresentou variação de 31 cm, contrastando com uma variação de até 90 cm prevista pelo modelo matemático (fig. 74). Embora o comportamento da corrente não tenha apresentado o comportamento de inversões de fluxo esperado, observa-se através do gráfico abaixo que o comportamento do nível das águas no ponto de amostragem foi semelhante ao comportamento esperado pela previsão do modelo matemático.

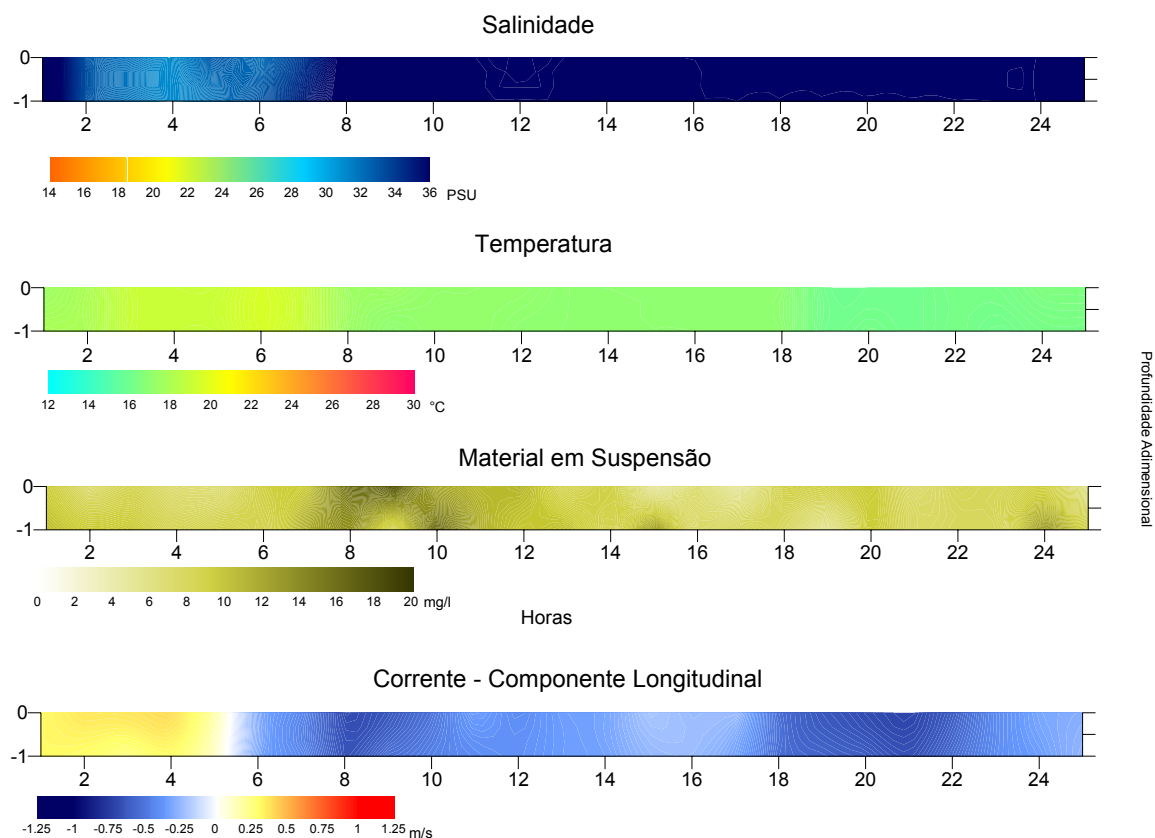
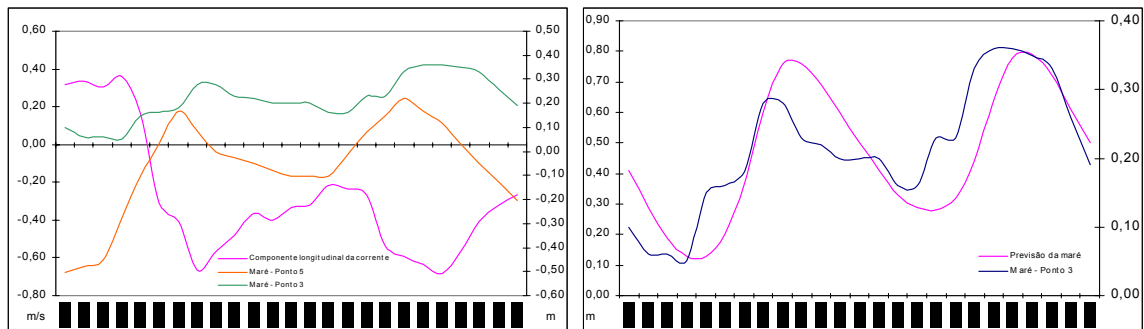


Figura 73. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.



Figuras 74 e 75. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

9.3.2.4. Meio do Canal - Maré de Quadratura

Essa campanha de amostragem foi realizada sob ventos do quadrante sul (mPa), de diferentes intensidades, sem chuvas e com temperaturas do ar inferiores aos 15,0°C.

Nessas condições atmosféricas, as correntes apresentaram dezenove horas consecutivas de enchente, com velocidades que atingiram a velocidade de cerca de 0,6m/s, e apenas seis horas de correntes de vazante, com velocidades de até 0,3m/s.

A salinidade (fig. 75) durante essa campanha variou entre 31,0 e 38,5‰⁶, com média de 36,5‰. Durante a enchente essa média subiu para 37,4‰, enquanto que a média de vazante foi de 33,9‰ para uma coluna d'água com pequena estratificação somente após o período da inversão das correntes.

A temperatura, por sua vez, apresentou valores entre 15,0 e 18,5°C, sendo 17,3°C a média. Dessa vez as águas mais frias com média de 16,2°C estiveram associadas às águas salobras das correntes de vazante, enquanto que as águas de maior temperatura estiveram associadas às águas de enchente, com média de 17,7°C.

O material em suspensão apresentou concentração média de 8,2 mg/l, para valores entre 2,4 e 17,3 mg/l. As maiores concentrações estiveram novamente relacionadas às maiores velocidades de correntes e às águas de maior salinidade das enchentes, com média de 8,2 mg/l, não muito diferente da média de vazante, que foi de 7,9 mg/l (havia água salina e com maior concentração de material em suspensão nos instantes iniciais da curta vazante, o que pode explicar a média muito semelhante entre os teores de material em suspensão).

⁶ Os elevados valores de salinidade provavelmente estão incorretos, sendo fruto das limitações que os refratômetros não compensados possuem quando operados em baixas temperaturas. Todavia, considera-se que os dados podem ser utilizados comparativamente em uma mesma campanha de amostragem.

O comportamento das correntes (fig. 76) associados às concentrações de material em suspensão acarretou em transporte para montante do ponto de coleta de 1,1 milhão de m³ de água juntamente com aproximadamente cerca de 10ton de material em suspensão.

A variação da maré no ponto de coleta foi de apenas 13 cm, contrastando com a variação de 60 cm para a costa (fig. 77), conforme previsão de maré astronômica. Vale observar que, embora a corrente não tenha apresentado as inversões de fluxos esperadas, de acordo com as preamares e baixa-mares da maré astronômica, e resguardadas as escalas de amplitude, o comportamento da maré no ponto foi semelhante ao comportamento previsto pelo modelo matemático para a costa adjacente.

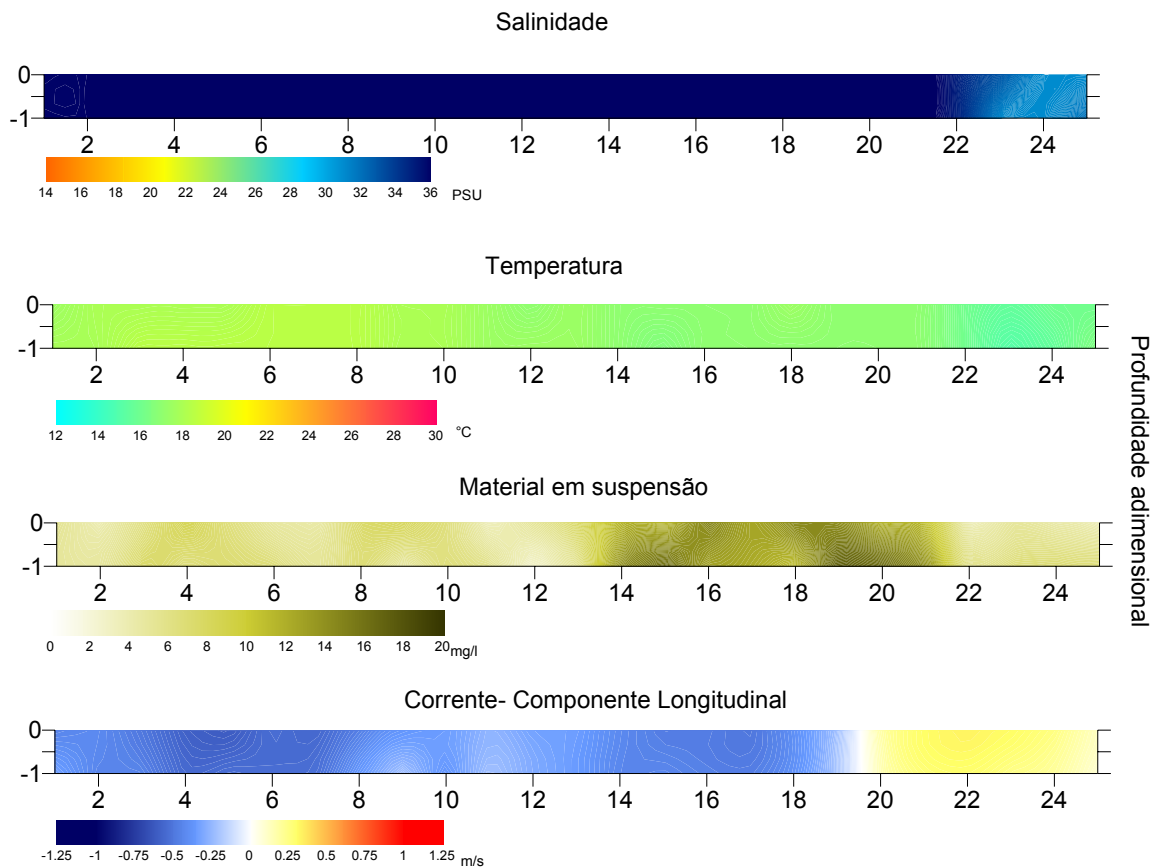
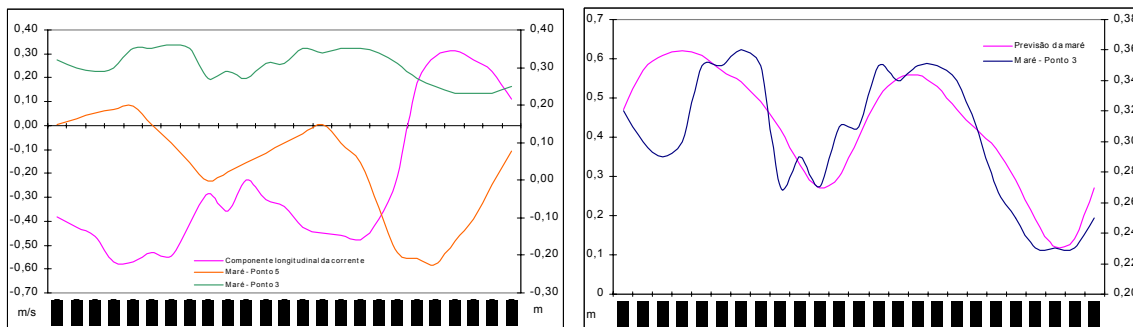


Figura 76. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.



Figuras 77 e 78. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de quadratura na desembocadura lagunar.

9.3.2.5. Desembocadura Marinha - Maré de Sizígia

O tempo durante essa campanha permaneceu com ventos do quadrante S, de fraca intensidade, com poucas chuvas e temperatura do ar na casa dos 17,0°C.

As correntes, por sua vez, apresentaram-se sob condições de vazante durante as 4 primeiras das 25 horas da campanha (fig.80). A enchente durou vinte e uma horas consecutivas, tendo diminuído de intensidade durante o período em que se esperava a vazante, e as velocidades máximas atingiram 0,96 e 0,70m/s durante os períodos de enchente e vazante, respectivamente.

A salinidade nessas condições variou entre 36,0‰ e 38,0‰ (fig. 78), com médias de 36,7‰. Durante as condições de vazante a média foi de 36,3‰, muito próxima da média de 36,8‰ para as condições de enchente. A coluna d'água se apresentou quase sempre homogênea para a distribuição dessa propriedade, com estratificações mínimas observadas nas proximidades da inversão da corrente.

A temperatura apresentou o mesmo comportamento que a salinidade, com valores entre 16,0 e 17,0°C e média de 16,8°C. Durante a enchente a média encontrada foi de 16,9°C, um pouco menos fria que a média de vazante que foi de 16,6°C.

O material em suspensão teve valores que variaram entre 7,0 e 40,0 mg/l, com média de 21,0 mg/l. A média de enchente foi novamente bem superior que a média de vazante, cujos valores foram de 23,0 e 14,5 mg/l respectivamente.

O comportamento da corrente associado às concentrações de material em suspensão resultou em transporte à montante do ponto de coleta de cerca de 28,9ton de material

particulado. Vale observar que, embora a quantidade de material transportado tenha sido realmente grande comparando-se com estuários de seções transversais maiores, o valor corresponde a uma campanha marcada por uma grande enchente de 21 horas consecutivas que também apresentou velocidades de corrente consideráveis.

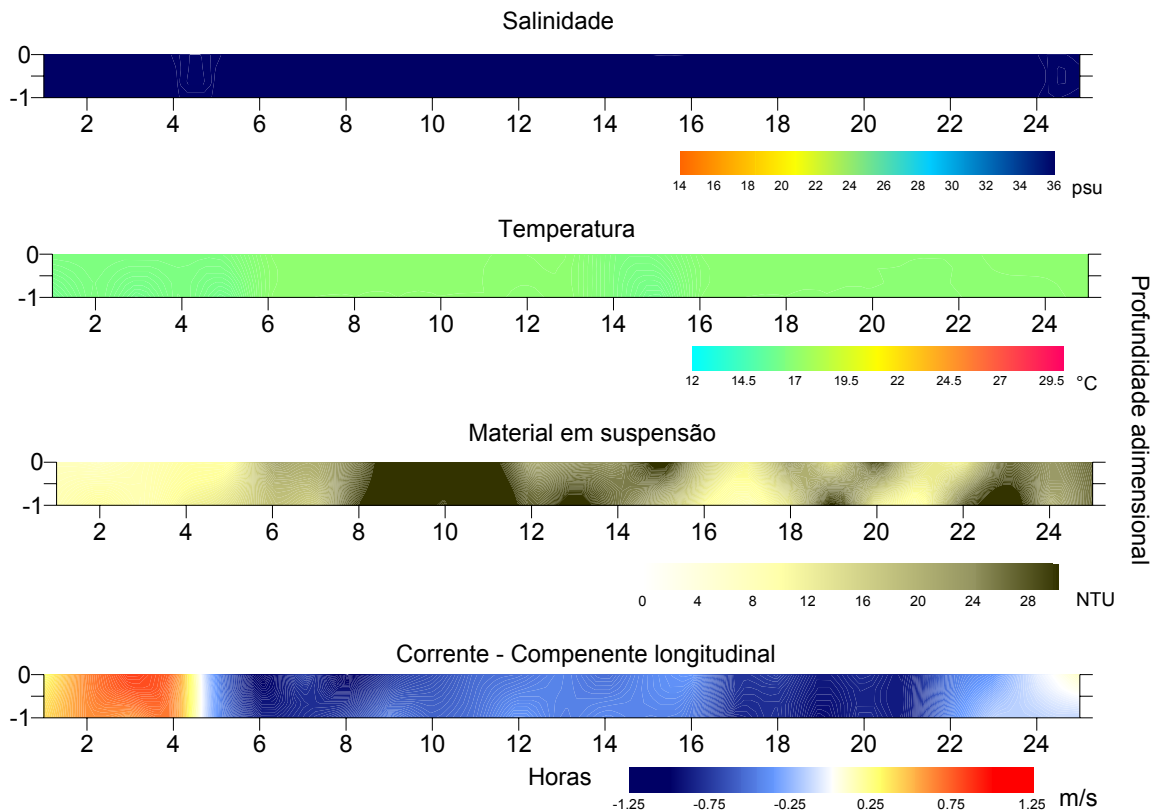
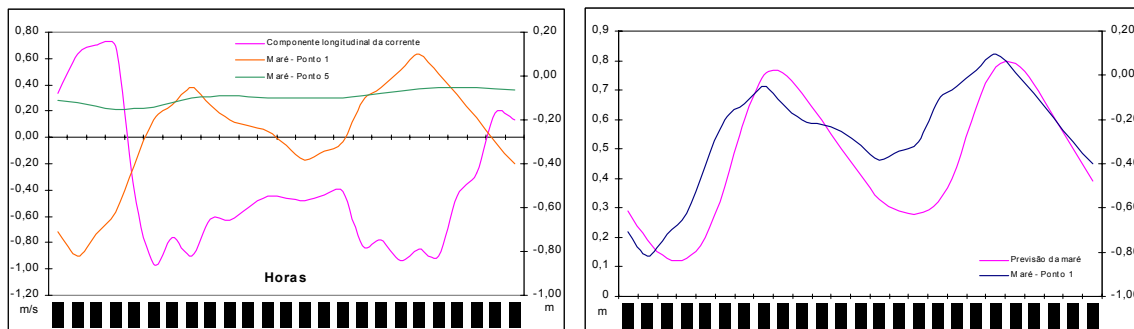


Figura 79. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

Importante também considerar que esse ponto de coleta corresponde à entrada do canal, onde se observou que as velocidades das correntes de enchente são maiores que a das outras seções, o que nos leva a especular que parte desse material possa estar sendo depositado no interior do canal.

A variação do nível da maré no ponto de coleta foi de 108,8 cm, contra uma variação prevista de cerca de 90 cm (fig 80). Novamente, embora a corrente não tenha apresentado a inversão esperada para a baixa-mar noturna de 21 de agosto, os comportamentos da maré prevista e da maré no ponto foram semelhantes. Também vale destacar que a maré no ponto foi hipersíncrona, provavelmente em função da geometria da desembocadura marinha do canal.



Figuras 80 e 81. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

9.3.2.6. Desembocadura Marinha - Maré de Quadratura

O comportamento atmosférico durante essa campanha foi caracterizado pela dominância da mTa através da entrada dos ventos do quadrante nordeste após alguns dias de predominância da mPa (vento sul). Com ventos fracos, e temperatura do ar em ascendência (da casa dos 13,0 para a dos 17,0°C), a campanha também foi caracterizada pela ausência de chuvas.

As correntes apresentaram nas primeiras sete primeiras horas na condição de enchente, invertendo seu fluxo para vazante nas 18 horas posteriores (figura 82). Foi observada a falta da inversão da corrente para enchente relacionada com a preamar noturna, embora tenha sido constatada uma diminuição na intensidade da corrente de vazante. Vale a pena observar que essa campanha foi realizada após dois dias em que as enchentes predominaram sobre as vazantes durante os ciclos de maré.

A salinidade variou entre 31,0 e 37,0‰ (fig. 81), com média de 34,2‰. Durante a enchente essa média foi de 36,6‰, contra média de 33,2‰ para as correntes de vazante. Observa-se que, mesmo com a corrente permanecendo de vazante por dezessete horas consecutivas, a salinidade não baixou dos 31,0‰. A coluna d'água também manteve-se homogênea na maioria das ocasiões, apresentando pequenas estratificações que não ultrapassaram o valor de 0,1 (parâmetro estratificação – tabela 21).

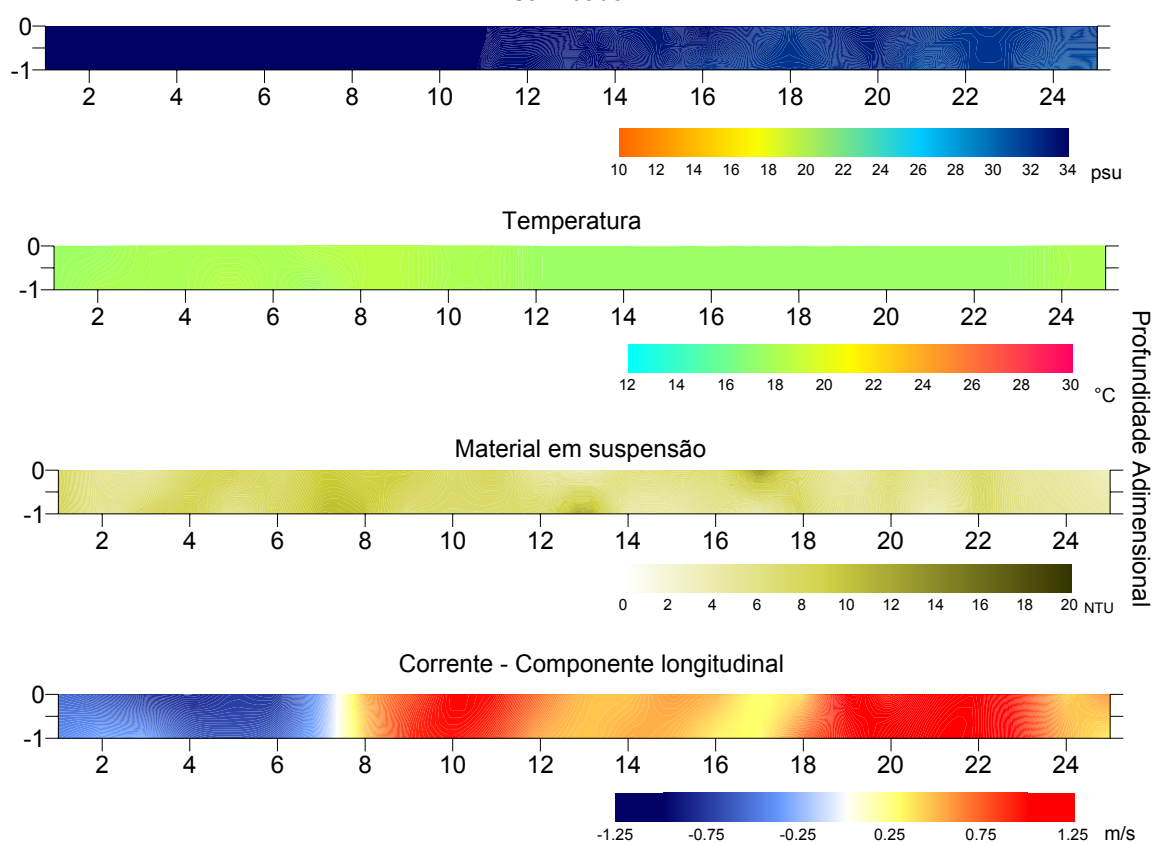
A temperatura acompanhou o comportamento da salinidade, embora tenham sido registrados valores entre 17,5 e 18,5°C, com média de 17,8°C. Durante a enchente a média foi de 17,9°C, contra uma média inferior mais muito parecida de 17,8°C para vazante.

A concentração de material em suspensão variou entre 3,3 e 13,8 mg/l, sendo a média de 7,0 mg/l. Durante a enchente a média foi de 7,7 mg/l, um pouco maior que a média de 6,6 mg/l para as águas de vazante.

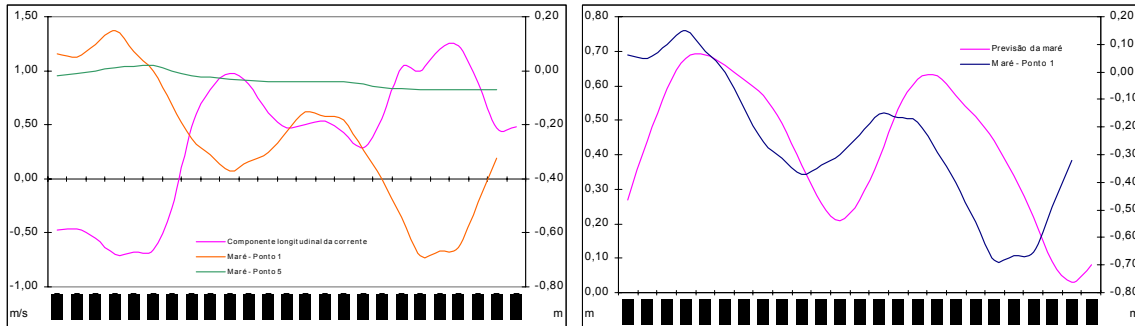
O comportamento das correntes associado às características do material em suspensão resultou em transporte a jusante do ponto de coleta de mais de 2,6 ton de material particulado em suspensão, juntamente com cerca de 470.000 m³ de água.

A variação do nível das águas no ponto de coleta foi de 73 cm, contra uma variação astronômica na costa de 60 cm prevista pelo modelo matemático.

Figura 82. Mosaicos de campos contínuos para campanha de inverno e maré de sizigia na desembocadura



lagunar.



Figuras 83 e 84. Gráficos de corrente média e nível da coluna d'água e de relação entre a maré prevista para a costa e seu comportamento no ponto estudado para a campanha de inverno e maré de sizígia na desembocadura lagunar.

Hora / Pto	Verão						Inverno					
	Siziga			Quadratura			Siziga			Quadratura		
	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabela 19: Parâmetro estratificação (Hansen & Rattray, 1965) para as campanhas das estações fixas em inverno e verão.

Campanha	Estações	Salinidade		Temperatura	
		Enchente	Vazante	Enchente	Vazante
EstFx	Verão	32.6	29.4	20.1	22.1
	Inverno	36.4	34.0	17.5	17.5

Tabela 20: Tabela de médias de salinidade e temperatura das águas de enchente e vazante, para as estações fixas.

9.3.3. Salinidade

A salinidade durante essas campanhas apresentou maiores valores associados às correntes de enchente (até 38,0%), enquanto que as águas salobras estiveram relacionadas

às correntes de vazante. Vale ressaltar que as relações acima não foram observadas durante as inversões de fluxo da corrente e durante os instantes posteriores a ela, pois nesses momentos o canal ainda estava preenchido de águas características da condição anterior à inversão do fluxo (águas salobras em no início das enchentes e salinas no início das vazantes). Nos momentos de inversão de fluxo foram observadas as breves estratificações da salinidade na coluna d'água, sempre muito tênues.

Vale observar que as campanhas de inverno e verão foram realizadas com diferentes refratômetros, com variações na precisão e na calibração, o que explica a variação absoluta das máximas encontradas para uma ou outra campanha de amostragem.

Durante a atuação de correntes, tanto de vazante quanto de enchente, foi observado quase que exclusivamente a homogeneidade da distribuição da propriedade (coluna d'água verticalmente homogênea, ou bem misturada), exceto em determinados locais próximos a desembocaduras de águas continentais onde foram encontradas pequenas estratificações.

Tal fato sustenta a suposição de que o transporte de sal no interior do canal se dá predominantemente por processos advectivos. As estratificações encontradas, de no máximo $0,2(\delta S/Sm)$, são classificadas como fracamente estratificados e foram observadas durante a ausência de correntes ou em momentos próximos às inversões de fluxo.

A classificação matemática indica que as águas do canal são, em sua maioria, bem misturadas, com domínio quase total da maré no transporte de sal no estuário – transporte advectivo.

9.3.4. Temperatura

Durante o inverno, a amplitude desse parâmetro para as águas do canal foi de apenas $5,0^{\circ}C$, com valores entre $15,0$ e $20^{\circ}C$ e valores médios maiores para águas de vazante.

Durante as campanhas de verão, entretanto, as variações foram maiores com amplitude de até $9,0^{\circ}C$ para valores entre $17,0$ e $26,0^{\circ}C$ e com oscilação de até $6^{\circ}C$ durante uma mesma campanha.

As maiores temperaturas estiveram associadas às águas salobras de vazante, enquanto que as menores temperaturas se associaram às águas salinas de enchente. Importante notar que a temperatura, assim como a salinidade, não variou instantaneamente

com a inversão da maré, e sim somente quando da passagem da nova massa d'água no ponto de coleta. Além disso, observou-se a distribuição homogênea da propriedade na coluna d'água durante quase todas os momentos estudados, com comportamento idêntico ao da salinidade.

A variação das águas foi maior durante o verão possivelmente em função do efeito da radiação solar sobre as águas rasas do corpo lagunar, fato que não tem tanta importância durante o inverno (época de menor incidência da radiação solar). Em uma das campanhas de inverno, na qual a temperatura atmosférica esteve muito baixa, a temperatura da água foi menor durante o período de vazante.

9.3.5. Material em suspensão

O material em suspensão apresentou concentrações heterogêneas na coluna d'água, com valores entre 0,5 e 40 mg/l, sendo que as maiores concentrações estiveram associadas às águas de enchente e às correntes mais intensas. Esse comportamento resultou em importação residual de material em suspensão para nove das doze campanhas contemplando dois ciclos completos de maré.

Como as campanhas realizadas sob mesma maré foram consecutivamente, pode-se observar que durante as campanhas de inverno obteve-se a resultante de cerca de 50 ton e 25 ton para montante, durante os três dias de campanhas sob marés de sizígia e quadratura, respectivamente. Nas campanhas de verão, resultou-se em transporte à montante dos pontos de coleta de quase 20 ton durante as campanhas de quadratura, e transporte resultante a jusante de aproximadamente 0,1 ton para as campanhas de sizígia.

Verão - Desembocadura Lagunar					
Hora	Vel Quadr	Vel Sizígia	Área seção m ²	Vol Quadr	Vol Sizígia
07:30	-0,5	0,0	57,0	-101574,0	0,0
08:30	-0,3	0,3	57,0	-70999,2	58071,6
09:30	-0,3	0,3	57,0	-66895,2	64843,2
10:30	-0,3	0,3	57,0	-60123,6	57456,0
11:30	-0,3	0,2	57,0	-51300,0	47196,0
12:30	-0,3	0,0	57,0	-60123,6	0,0
13:30	-0,3	-0,3	57,0	-64227,6	-69768,0
14:30	-0,3	-0,4	57,0	-69768,0	-90288,0
15:30	-0,4	-0,4	57,0	-80028,0	-75103,2
16:30	-0,4	-0,2	57,0	-89467,2	-47196,0
17:30	-0,5	-0,1	57,0	-99727,2	-27291,6
18:30	-0,5	0,1	57,0	-99727,2	27291,6
19:30	-0,5	0,2	57,0	-93571,2	47196,0
20:30	-0,4	0,3	57,0	-82695,6	66895,2
21:30	-0,3	0,4	57,0	-63612,0	73872,0
22:30	-0,2	0,4	57,0	-49248,0	73051,2
23:30	-0,2	0,3	57,0	-38988,0	70383,6
00:30	-0,1	0,3	57,0	-19083,6	65664,0
01:30	0,0	0,1	57,0	-4104,0	21135,6
02:30	0,0	-0,4	57,0	4719,6	-82695,6
03:30	0,1	-0,4	57,0	14364,0	-87415,2
04:30	0,2	-0,3	57,0	47811,6	-70999,2
05:30	0,4	-0,1	57,0	74487,6	-25239,6
06:30	0,4	0,0	57,0	86184,0	-6771,6
07:30	0,4	0,2	57,0	87415,2	30780,0

Tabela 21: Volume de água por hora, em função da velocidade média da coluna d'água e, a e a área da seção transversal na desembocadura marinha.

Verão - Desembocadura Lagunar						
Hora	Quadratura			Sizígia		
	Vol Água (m ³)	Concentração (g/m ³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m ³)	Concentração (g/m ³)	Vol Material (kg)
1	-101574,0	16,5	-1676,0	0,0	5,5	0,0
2	-70999,2	15,0	-1065,0	58071,6	3,0	174,2
3	-66895,2	24,0	-1605,5	64843,2	6,0	389,1
4	-60123,6	22,0	-1322,7	57456,0	5,0	287,3
5	-51300,0	21,5	-1103,0	47196,0	5,5	259,6
6	-60123,6	25,0	-1503,1	0,0	6,0	0,0
7	-64227,6	26,5	-1702,0	-69768,0	5,0	-348,8
8	-69768,0	25,0	-1744,2	-90288,0	6,0	-541,7
9	-80028,0	14,5	-1160,4	-75103,2	8,0	-600,8
10	-89467,2	15,0	-1342,0	-47196,0	11,0	-519,2
11	-99727,2	12,0	-1196,7	-27291,6	11,0	-300,2
12	-99727,2	14,0	-1396,2	27291,6	10,0	272,9
13	-93571,2	23,5	-2198,9	47196,0	5,5	259,6

14	-82695,6	27,0	-2232,8	66895,2	11,0	735,8
15	-63612,0	7,0	-445,3	73872,0	2,5	184,7
16	-49248,0	7,0	-344,7	73051,2	5,0	365,3
17	-38988,0	6,5	-253,4	70383,6	3,0	211,2
18	-19083,6	22,0	-419,8	65664,0	5,0	328,3
19	-4104,0	18,5	-75,9	21135,6	4,0	84,5
20	4719,6	9,0	42,5	-82695,6	5,0	-413,5
21	14364,0	10,0	143,6	-87415,2	7,5	-655,6
22	47811,6	8,0	382,5	-70999,2	18,0	-1278,0
23	74487,6	7,0	521,4	-25239,6	7,0	-176,7
24	86184,0	6,0	517,1	-6771,6	8,0	-54,2
25	87415,2	7,0	611,9	30780,0	9,5	292,4
Total	-950281,2		-20568,6	121068,0		-1043,9

Tabela 22. Volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão na desembocadura lagunar.

	Verão		Inverno		Total por ciclo de maré (kg)
	Quadratura	Sizígia	Quadratura	Sizígia	
DesMarinha	-1935.7	3610.4	2636.6	-28973.1	-3082.7
Meio	2758.7	-2433.6	-9558.4	-13044.0	-2784.7
DesLagunar	-20568.6	-1043.9	-16459.6	-7758.4	-5728.8

Tabela 23. Volume total transportado durante as campanhas de estação fixa, por ciclo de maré.

9.3.6. Correntes

As correntes do canal muitas vezes não apresentaram as inversões esperadas relacionadas às estofas de preamar e baixa-mar na plataforma costeira adjacente, principalmente durante as campanhas de quadratura.

Durante a decomposição das componentes longitudinal e transversal das correntes, verificou-se a fraca influência da componente perpendicular da corrente lateral, sendo a componente concordante com o eixo do canal a principal na composição da corrente registrada.

Durante a campanha de maré de quadratura de inverno realizada nas proximidades do ponto 5 (desembocadura lagunar) a corrente de enchente permaneceu atuando por cerca de 23 horas consecutivas. Semelhantemente ao exemplo anterior, a campanha de maré de sizígia de inverno realizada no meio do canal (ponto 3) apresentou as primeiras cinco horas com correntes de vazante, enquanto que as 20 horas posteriores foram caracterizadas por correntes de enchente, que apenas diminuíram de intensidade durante os instantes em que se esperava correntes de vazante associadas a estofa de baixa-mar.

Observou-se comportamento semelhante na campanha inverno sob maré de quadratura realizada no mesmo ponto, sob ação da mesma massa de ar. Comportamento inverso, com vazantes com mais de 20 horas consecutivas sob ação de ventos do quadrante N, também foi observado durante a campanha de inverno no meio do canal sob maré de quadratura.

Importante notar que em todas as coletas em que o vento sul predominou, caracterizando a atuação da massa de ar polar atlântica (mPa), observou-se a predominância das correntes de enchente sobre as de vazante, principalmente em marés de quadratura. Tal comportamento sugere a interferência da maré meteorológica nas correntes das águas da área de estudo, uma vez que se sabe da interferência da maré meteorológica sobre a costa sul do Brasil, onde ventos do quadrante sul proporcionam sobrelevação do nível relativo do mar, enquanto que o inverso pode ser observado em situações de ventos do quadrante norte.

As correntes médias apresentaram valores máximos de 1,2 e 1,0 m/s para condições de enchente e vazante, respectivamente, sendo que as maiores velocidades foram encontradas no ponto próximo à desembocadura marinha (menor seção transversal). As menores velocidades máximas foram encontradas nas proximidades dos pontos 3 e 5 para as condições de vazante e enchente, respectivamente.

Os valores de corrente encontrados demonstram a possibilidade de erosão e transporte de grande parte dos sedimentos que recobrem o fundo do leito do canal na maioria das ocasiões, considerando que a maior parte dos sedimentos de superfície de fundo foi classificada como areia. Segundo FATMA (1997) “*a classe textural dominante nos sedimentos de fundo, foi a areia fina, ... Quanto à distribuição no leito do canal, em geral, observa-se a areia fina cobrindo as áreas marginais e a areia média nas áreas mais profundas.*”

Além disso, observou-se que as correntes de sizígia apresentaram maior competência que as correntes das demais campanhas.

9.3.7. Maré

Foi observado, através dos registros maregráficos realizados entre os meses de agosto e setembro de 1997, que a geometria das bordas e do fundo do canal afetam de tal

maneira a onda de maré astronômica que sua amplitude atenua ao longo do percurso do canal, em até 50% para o primeiro ponto de coleta, cerca de 75% para o ponto três e cerca de 90% para o ponto 5, esse último situado nas proximidades da desembocadura lagunar, caracterizando o Canal da Barra como um estuário hiposíncrono.

Além disso, pode-se observar que, embora o comportamento das correntes não tenha sido o esperado de acordo com o modelo, o comportamento da maré nos pontos de coleta foi semelhante ao comportamento da maré na plataforma costeira adjacente, guardadas as proporções da razão de atenuação da onda de maré.

De acordo com a figura 85, elaborada a partir de dados coletados por marégrafos instalados nas proximidades das duas desembocaduras durante as estações fixas dos meses de agosto e setembro de 1997, observou-se que o comportamento do nível das águas, principalmente nas proximidades da desembocadura lagunar⁷, apresentou padrão de variação de alguns dias. Tal variação pode estar associada ao comportamento da maré meteorológica, uma vez que as variações positivas estiveram associadas à ventos do quadrante sul, e vice-versa.

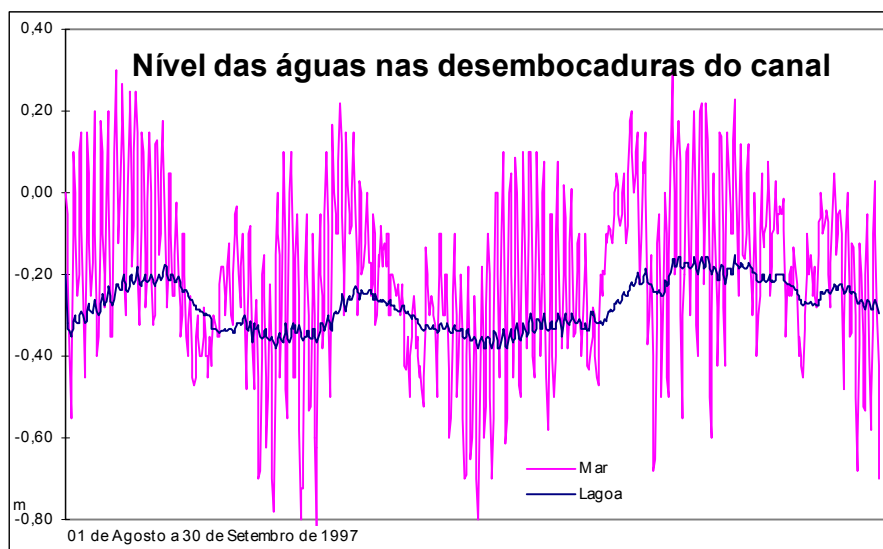
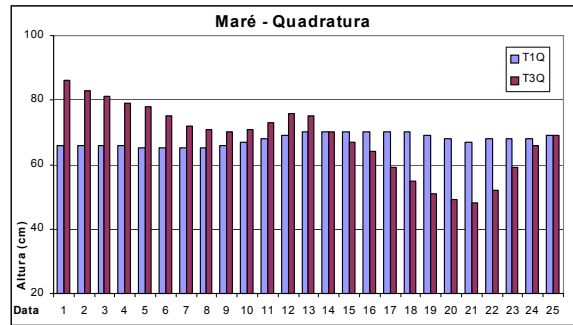
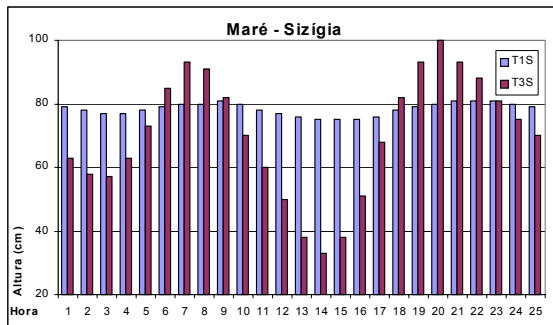


Figura 85. Nível das águas nas desembocaduras durante os meses de agosto e setembro de 1997.

⁷ O padrão é mais evidente na desembocadura lagunar por causa da atenuação da onda de maré meteorológica de cerca 90% produzida pelo canal, que limita sua amplitude no ponto a apenas centímetros.



Figuras 86 e 87. Nível das águas nas desembocaduras em maré de sizígia e quadratura para agosto e setembro de 1997.

10. Conclusões e considerações finais

O comportamento da temperatura das águas apresentou uma variação de curto período associada à intrusão da água marinha no interior do canal, principalmente durante o verão (durante o inverno o padrão se inverteu em uma ocasião, além de haver diminuído a variação entre as médias das diferentes massas d'água). Em uma análise sazonal, pode-se observar uma variação da temperatura das águas de acordo com a insolação solar local, principalmente para águas de vazante, que nos meses mais quentes apresentaram temperaturas mais elevadas que as águas de inverno. Além disso, as águas de vazante apresentaram maiores amplitudes do parâmetro para a escala sazonal de análise, provavelmente por possuir menor volume de matéria a ser aquecida em relação ao Atlântico Sul.

Importante notar que a salinidade apresentou uma variabilidade entre polihalina e euhalina muito mais relacionada com as correntes de enchente e vazante do que diretamente com a situação das marés na plataforma adjacente, que possui variabilidade semidiurna. Camadas superficiais de menor salinidade caracterizaram em grande parte as condições de estratificação das águas do canal (principalmente nas proximidades da desembocadura lagunar), e foram observadas anteriormente por Odebrecht & Caruso Jr (1999).

Além do controle da maré astronômica, as correntes do canal aparentemente também tiveram relação com a variação dos níveis das águas costeiras induzidas pela dinâmica das massas de ar. Importante notar que em alguns períodos de maré enchente na costa adjacente as correntes puderam ser encontradas como de vazante ou paradas no interior do canal, quando se esperavam correntes de enchente (assim como correntes de enchente ou paradas para momentos de maré vazante para as águas da plataforma costeira adjacente). Esse comportamento provavelmente se dá em função da maré meteorológica, já que as vazantes anômalas foram observadas sob ação de ventos do quadrante norte (que afastam as águas oceânicas da costa oriental da América do Sul) enquanto as enchentes anômalas foram observadas durante campanhas realizadas sob ação efetiva de ventos do quadrante sul (que empilham água sobre a mesma costa).

Foi evidenciada a tendência de transporte de resultante de material em suspensão para montante do sistema estuarino através das águas do canal, observado através das

análises de material em suspensão e turbidez associadas às características da corrente. Isso pode indicar que o canal está contribuindo para o assoreamento da Lagoa da Conceição. Todavia, não foi possível avaliar a extensão desse transporte, que pode ser fruto do cisalhamento das correntes de enchente sobre as margens e o leito do canal e estar limitando o transporte a poucos metros além das seções transversais amostradas.

Faz-se também necessário estimar qual a composição desse material em suspensão, pois se a concentração maior for de material orgânico, o seston servirá muito mais como nutrientes para a cadeia alimentar do que para sedimentos passíveis de deposição e acumulação no interior do estuário e da laguna. Além disso, seria importante identificar a origem desse material orgânico, seja ele orgânico ou inorgânico, no sentido de melhor compreensão do comportamento sedimentar da área de estudo.

A respeito do comportamento da maré no canal, observou-se que a maré astronômica é atenuada pela morfologia do canal, quando as reduções aumentam à montante, chegando a cerca de 90% na desembocadura lagunar e apresentando uma variação máxima de 6cm nesse ponto para um período de um ciclo completo da maré. Porém, pode-se observar que em média escala (quinze dias) essa variação foi de dezenas de centímetros. Observando a dinâmica das chuvas, além da dinâmica atmosférica, pode-se especular a respeito da forte influência da maré meteorológica no nível das águas do canal, principalmente das áreas a montante, onde a influência da maré astronômica é definitivamente atenuada, e no interior da Lagoa da Conceição.

Também foi observado que a maré nos pontos de amostragem foi sincronizada com o comportamento previsto para a maré nas águas da plataforma continental adjacente, mesmo com o comportamento acíclico das correntes e guardadas as proporções da atenuação da onda de maré a montante, o que leva a conclusão de que a variação da maré astronômica no canal não é exclusiva na determinação do padrão das correntes.

Como o atrito com o fundo tem participação na atenuação da maré, espera-se como resultado de uma dragagem (e um conseqüente aumento na profundidade média do canal) que haja diminuição nessa atenuação, com maior transporte de águas pela seção transversal e aumento potencial da salinidade média do sistema estuarino. Pode-se especular também sobre um possível aumento da variação do nível das águas nas porções mais interiores do

canal em escala de tempo próxima a de um ciclo de maré e conseqüente aumento da carga de material transportado em suspensão na coluna d'água.

O comportamento das correntes e dos níveis da maré estando relacionado também ao comportamento atmosférico dificulta sua previsão, já que o tempo atmosférico tem prognóstico confiável de apenas algumas horas e é extremamente dinâmico em regiões subtropicais.

Pode-se ainda chegar a algumas classificações para o corpo d'água, segundo determinados autores.

De acordo com as classificações baseadas em características hidrodinâmicas, o canal pode ter diferentes classificações, conforme diferentes autores.

Segundo as classes criadas por Emery & Stevenson (1957), o canal pode ser classificado como um estuário positivo, variando entre salino para condições de correntes enchentes e salobro e verticalmente homogêneo a parcialmente misturado, para condições de vazante e de águas paradas, respectivamente.

Para a classificação de Stommel (1950) *apud* Thurman (1994) e para a classificação de Simmons (1955), o Canal da Barra pode ser classificado como bem misturado, para a maioria das vezes, a parcialmente misturado, em condições de águas em estofa ou com pouco movimento, ou ainda logo após grandes eventos de pluviosidade para pontos próximos a pontos de saídas da drenagem continental.

Já para a classificação elaborada por Cameron & Pritchard (1963; 1967) e Officer (1997), o canal possui águas verticalmente homogêneas para os momentos de correntes de vazante ou enchente, variando para parcialmente misturado (ou parcialmente estratificado) para águas em estofa ou situações posteriores a grandes eventos pluviométricos, principalmente nas proximidades dos pontos onde há saídas da drenagem continental.

Segundo a classificação de Segerstrale (1959) as águas do canal normalmente se apresentam como euhalinas durante as correntes de enchente ou respectiva estofa (exceto quando houve um decréscimo na salinidade das águas da plataforma costeira, durante o inverno de 2002), e polihalinas durante as águas de vazante, ou estofas associadas à vazante. Em condições de estratificação pode-se observar nas camadas mais superficiais águas caracterizadas como oligohalinas, condições essas que não foram regularmente observadas e se apresentaram em apenas alguns pontos da área de estudo, localizada nas

proximidades das desembocaduras dos pequenos riachos oriundos da drenagem do embasamento cristalino.

De acordo com Hansey & Rattrey (1966), o canal pode ter suas águas consideradas como do Tipo 3, onde o transporte de sal é quase que exclusivamente realizado pelo processo advectivo.

De acordo com a correlação entre o parâmetro de estratificação de Hansen e Rattray (1966), que variaram entre 0,0 e 0,7 (tabela 16) e o número de estratificação de Prandle (1985), pode-se classificar o canal estuarino como bem misturado e parcialmente misturado, tanto para os meses quentes quanto para os meses frios.

Segundo a classificação de Nicholl & Biggs (1985), que leva em conta a amplitude da onda de maré no estuário em relação à sua variação na plataforma costeira adjacente, o Canal da Barra da Lagoa pode ser classificado como hiposíncrono, característica cada vez mais acentuada em direção à desembocadura lagunar.

Na classificação de Suguio (1998), que avalia salinidade através da relação entre a entrada de água doce e evaporação no sistema estuarino, o canal pode ser classificado como neutro durante as correntes de enchente e suas respectivas estofas, e como positivo quando as correntes se encontram em condições de vazante ou estofas de baixa-mar. Miranda et al (2002) também desenvolveu classificação com critérios semelhantes, onde a área pode ser classificada como estuário neutro para as águas associadas às correntes de enchente e respectiva estofa, e como subsalino durante as condições de águas de vazante.

Para melhor compreender o comportamento do Canal da Barra da Lagoa, recomenda-se que sejam realizados estudos relacionados à influência direta da maré meteorológica do canal, procurando dentre outras coisas analisar o período de variação do nível na desembocadura lagunar. Além disso, para poder definir se realmente a Lagoa da Conceição importa sedimentos da plataforma costeira através das águas de enchente do Canal da Barra, necessitam-se estudos específicos definindo a fração inorgânica do material particulado em suspensão na coluna d'água, além de uma série temporal mais densa.

Recomenda-se a elaboração de estudos relativos ao aporte de água doce das descargas fluviais de toda bacia hidrográfica, com dados de vazão, material particulado em suspensão, pH e temperatura, entre outros, que auxiliarão na compreensão do comportamento do canal e de todo sistema estuarino da qual ele faz parte.

Conclui-se ainda que a taxa de renovação das águas do corpo lagunar somente poderá ser estimada quando analisado, compreendido e quantificado o período da ciclicidade da interferência da maré meteorológica no sistema de forçantes das águas locais, juntamente com o comportamento da descarga fluvial dos diversos cursos d'água que desembocam no estuário, além de seu regime de precipitação e evaporação.

Pode-se ainda leva a sugerir que, se realmente a maré meteorológica possui importância elevada na taxa de renovação das águas da Lagoa da Conceição, essa taxa deve ser variável de acordo com as estações, e entre os anos, já que é sabido que o comportamento das massas de ar se modifica nessas escalas temporais.

Dessa maneira, se faz necessário um monitoramento mais refinado e contínuo das águas do Canal da Barra da Lagoa para que mais intensamente sejam compreendidas as variáveis que definem sua dinâmica, tendo em vista sua importância para a manutenção da qualidade ambiental do sistema hidrográfico do qual faz parte.

11. Referências Bibliográficas

- ANDRADE, R. C.** 2001. "Estudo da circulação hidrodinâmica da Lagoa da Conceição, SC". Dissertação de mestrado em Engenharia Oceânica - Universidade Federal do Rio de Janeiro: 121.
- ASMUS, M.L.** 1996. "Análise e usos do sistema estuário Lagoa dos Patos." In: Anais da 3ª Reunião Especial da SBPC: 104-107.
- AYOADE, J.O.** 1996. "Introdução à climatologia para os trópicos". 4ª Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro: 332.
- BONETTI FILHO, J.** 1995. "Transporte de sedimentos em suspensão nas proximidades da Barra de Cananéia – SP." Dissertação de Mestrado. Volume I – Texto. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo: 114.
- CAMERON, W.M. & PRITCHARD, D.W.** 1963. "Estuaries". In: The Sea. Ideas and observations in progress in the study of the seas, Ed. MN Hill, Interscience Publishers, NY.: 306-324.
- CAPRA, F.** 1996. "O ponto de mutação." Ed. Cultrix, São Paulo.
- CARUSO, M. M. L.** 1983. "O desmatamento da Ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais". Ed. UFSC. Florianópolis: p. 17-79.
- CARUSO JR., F.** 1993. "Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina: mapa e texto explicativo." Notas técnicas – Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica. N° 6. Porto Alegre: 29.

1989. “Geologia e características ambientais da Lagoa da Conceição – Ilha de Santa Catarina.” Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em geologia pela UFRJ. Rio de Janeiro: 110.
- CARUSO JR., F. & FRASSON, H.** 2000. “O ecossistema Praia da Barra / Lagoa da Conceição (Ilha de Santa Catarina) e os riscos de impactos ambientais em função de empreendimentos turísticos.”In: Anais do Simpósio Brasileiro de Praias Arenosas – Univali – Itajaí: 410-412.
- CHLUDINSKI, A. P.** 2002. “Integração de dados oceanográficos e de sensoriamento remoto na análise espacial de águas costeiras visando a setorização da Reserva Biológica do Arvoredo e Baía de Tijucas, SC”. Dissertação de Mestrado em Geografia pela UFSC. Florianópolis: 147.
- CHRISTOFOLETTI, A.** 1989. “Concepções geográficas na Análise do Sistema Ambiental”. In: Anais do 2º Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente. Ed. UFSC, Florianópolis.
- DALRYMPLE, R.W., ZAITLIN, B.B., & BOYDE, R.** 1992. “A conceptual model of estuarine sedimentation.” J. Sedim. Petr., 62: 1130-1146.
- DAV JR., J.W.; HALL, C.A.S.; KEMP, W.M.; & YAÑES-ARANCIBIA, A.** 1989. “Human impact in estuaries.” Offprints of Estuarine Ecology. John Wiley & Sons Inc.: 512-543.
- DAVIES, J. L.** 1964. “A morphogenetic approach to world shorelines”. Z. Geomorph, 8:127.
- DEBENAY, J.P.; BECK EICHLER, B.; GUILLOU, J.J.; EICHLER-COELHO, P.; COELHO, C. & PORTO FILHO, E..** 1997. “Comportement des peuplements de

foraminifères et comparaison avec l'avifaune dans une lagune fortement stratifiée: La Lagoa da Conceição (SC, Brésil). Revue Paleobiol., Genève. 16 (1): 55-75.

DIONNE, J.C. 1963. “Towards a more adequate definition of the St. Lawrent estuary.” Z.Geomorphology. 7: 36-44.

EMERY K. O. & STEVENSON, R. E. 1957. “Estuaries and lagoons”. I. Physical and chemical characteristics. In: Hedgpeth, J. W. (ed.) Treatise on Marine Ecology and Palaecology.: 673-750

FAIRBRIDGE, R.W. 1968. “Estuary.” In: Fairbridge, R.W. (Ed.) The Encyclopedia of geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Vol. III. D.H.&R. Inc., Stroudsburg: 325-330.

_____ 1980. “The estuary: its definition and geodynamic cycle.” In: Olausson, E. & Cato, I. (Eds.). Chemistry and biochemistry of estuaries. John Wiley & Sons, Chichester: 1-35.

FATMA - FUNDAÇÃO DE AMPARO À TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE.
1997. “Licença Ambiental de Implantação” – (LAI) n° 052/97) – Porto da Barra. Santa Catarina: 80.

GARCIA, A.A. 1999. “Diagnóstico ambiental da Lagoa da Conceição e do Canal da Barra através de indicadores físico-químicos dos sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-ambientais.” Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. Florianópolis: 298.

GARY, M.; McAFEE JR, R. & WOLF, L.C. 1972. “Dictionary of American Geological Institute”. USA: 805.

- HANSEN, D.V. & RATTRAY, M. Jr.** 1966. “Gravitational circulation in straits and estuaries.” Journal of Marine Researches, 23(1): 102-122
- HARLEMAN, D.R.F.. & ABRAHAM, G.** 1966. “One-dimension analysis of salinity intrusions in the Rotterdam Waterway.” Publication 44, Delft Hydraulics Laboratory, Delft, Holanda: 35.
- HAUFF, S.N.** 1993. “Diagnóstico ambiental integrado da Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição - Florianópolis, SC”. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Ed. UFSC, Florianópolis: 147.
- HAYES, M. O.** 1975. “Morphology of sand accumulation in estuaries: an introduction to the symposium”. In: Cronin, L. E. (Ed.). Estuarine Research. Vol. II, Geology and Engeneering. Academic Press, New York: 3-22.
- HERRMANN, M.L.P.; MARIMON, M.P.C.; LOPES, P.S. & MACHADO, S.M.** 1996. “Adversidades climáticas: levantamento dos impactos negativos no Estado de Santa Catarina, período de 1980 a 1995.” In: Anais do I Congresso de História e Geografia de Santa Catarina. Florianópolis: 599-609.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** 1999. “Glossário Geológico”. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: 214.
- IPIUF - INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS .** 1974. Mapa Topográfico da Ilha de Santa Catarina. Esc. 1:10000. Florianópolis.
-
- . 2000.
“Mapa físico-político do município de Florianópolis.” Prefeitura Mun. de Florianópolis. Carta única: escala 1:100.000.

-
- _____ . 2002.
“Cartas topográficas de Florianópolis. Esc. 1:2000. Cartas 36, 43, 44 e 51.
- IPPEN, A.T. & HARLEMAN, D.R.F..** 1961. “One-dimensional analysis of salinity intrusion in estuaries”. Tech.Bull. No 5. Committee of tidal hydraulics, corps of engineers U.S. Army. Mississippi: 120.
- KETZER, J.M.; MARTINS, R.; ELIAS, A.R.D.; MARCHIORI, C.A.M. & CORRÊA, I.R.S..** 1994. “Transgressão marinha na plataforma continental sul e sudeste brasileira durante o holoceno”. In: Anais 38º Congresso Brasileiro de Geologia. Balneário Camboriú: 423-424.
- KJERFVE, B..** 1970. “Description of a Georgia estuary”. MS Essay. Dept. of Oceanography, University of Washington, Seattle.
- _____ 1986. “Comparative oceanography of coastal lagoons.” In: Wolfe, D.A. (Ed.) Estuarine Variability. Academic Press, San Diego: 63-81.
- _____ .1989. “Estuarine Geomorphology and physical oceanography”. In: Day, Jr.W.; Hall, C.H.A.S.; Kemp, W.M. & Yañes-Arancibia, A. (Eds.) Estuarine Ecology. John Willey & Sons, New York: 47-78.
- KJERFVE, B. & MAGGIL, K.E..** 1989. “Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons.” Mar.Geol., 88: 187-199.
- KLINGEBIBEL, A. & SIERRA DE LEDO, B..** 1999. “Étude préliminaire des marées dans la Lagoa da Conceição, Île de Santa Catarina (Brésil)”. In: B. Sierra de Ledo & E.J. Sriano-Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 113-128.

- LANKFORD, R. R.** 1977. “Coastal lagoons of México, their origin and classifications.”
In: Wiley, M. (ed.). Estuarine Processes. Academic Press, New York, 2: 182-215.
- MARTINS, V..** 1994. “O caso Marina da Barra.” Trabalho de conclusão de curso em História. Centro de Filosofia e Ciências Humanas, UFSC. Florianópolis: 39.
- MIYAO, S.Y. & HARARI, J.** 1989. “Estudo preliminar da maré e das correntes de maré na região estuarina de Cananéia.” Boletim do Instituto Oceanográfico – USP, 37 (2). São Paulo: 107-123.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M. & KJERFVE, B..** 2002. “Princípios de oceanografia física de estuários”. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo. 424p. (Acadêmica 42).
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M..** 1996. “Os ambientes estuarinos: aspectos cinemáticos e hidrodinâmicos”. In: Anais da 3ª Reunião especial da SBPC: 42-48.
- NICHOLS, M.M. & BIGGS, R.B..** 1985. “Estuaries” In: Coastal sedimentary environments. Ed. R.A. Davis, Springer-Verlag, New York: 77-186.
- NICHOLS, M.M. & ALLEN, G.;** 1981. “Sedimentary processes in coastal lagoons”. In: Coastal lagoon research, present and future. UNESCO Tech. Pap. Mar. Sci., 33: 27-80.
- NIMER, E.,** 1989. “Climatologia do Brasil”, IBGE / DERNA. Rio de Janeiro.
- ODEBRECHT, C. & CARUSO JR, F..** 1987. “Hidrografia e matéria particulada e suspensão na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina – SC – Brasil.” Atlântica Vol 9 (1), Rio Grande: 83-104.
- _____. 1999. “Hidrografia e “Hidrografia e matéria particulada e suspensão na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina – SC –

- Brasil. In: B. Sierra de Ledo & E.J. Sriano-Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 35-61.
- OPEN UNIVERSITY.** 1989. "Waves, tides and shallow-water processes." Pergamon Press. Oxford: 43-66.
- PANITZ, C.**1997. "Ecologia de ecossistemas marinhos costeiros." Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental , CTC – UFSC. Florianópolis: ??
- PANITZ, C.; PORTO FILHO, E. & ARCARI, R.M.** 2000. "A concepção do plano básico ambiental para o empreendimento Marina "Porto da Barra": um exercício de gerenciamento das responsabilidades ecológicas nos negócios." In Anais da Conferência de sustentabilidade de estuários e manguezais. Recife: 134.
- PEREIRA, M.L.M.; PORTO FILHO, E. & BONETTI FILHO, J.** 2001. "Estudo hidrodinâmico do Canal da Barra – Florianópolis/SC: resultados preliminares." XIV Semana Nacional de Oceanografia – Rio Grande, 7 a 13 de outubro de 2001. In CDRom do evento.
- PERILLO, G.M.E.** 1995. "Geomorfology and sedimentology of estuaries". Elsevier, Amsterdam: 477.
- PERISCH, G.R.** 1990. "Parâmetros físico-químicos seston e clorofila-a na Lagoa da Conceição, SC.". Trabalho para conclusão do curso de Pós-Graduação "Latu Sensu", especialização em Hidroecologia, UFSC. Florianópolis: 38.
- PHELEGER, F.B.** 1969. "Some general features of coastal lagoons". In: Lagunas Costeras, un Simposio. Ed. A. Ayala-Castañares. Universidade Autonoma de México, DF.
- PORTO FILHO, E.** 1993. "Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição - Ilha de Santa

Catarina”. Dissertação de Mestrado em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Ed. UFSC. Florianópolis: p. 54-243.

1997. Estudos de dinâmica sedimentar no Canal da Barra da Lagoa e áreas de influência – campanha de verão.” Item 2.16 da Licença Ambiental Prévia FATMA - Licenciamento do empreendimento Porto da Barra. Florianópolis: 88.

PORTO FILHO, E. & BONETTI FILHO, J. 1997. “Considerações sobre a hidrodinâmica e o transporte de sedimentos no Canal da Barra, Florianópolis –SC”. In: Anais do XI Simpósio Nacional de Oceanografia. Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí: 514-516.

PRANDLE, D., 1985. “On salinity regimes and the vertical structure of residual flow in narrow tidal estuaries”. Estuar. Coast. Shelf Science, 20: 615-635.

PRITCHARD, D.W.. 1955. “Estuarine circulation patterns”. Proc. Amer.Soc. Civil Eng., (Separate 717): 81.

RICKLEFS, R.E.. 1996. “A economia da natureza”. Ed. Guanabara Koogan, 3a ed. Rio de Janeiro: 470.

RUSNAK, G. A. 1967. “Rates of sediment accumulation in modern estuaries”. In: Lauff, G. H. (ed.) Estuaries. Washington D. C., Am. Assoc. Adv. Sci., 83: 180

SEGERSTRALE, S. G. 1959. “Brackish water classification, a historical survey”. Arch. Oceanogr. Limnol., Vol. 17, no. 07.

SEPLAN. 1991. Secretaria do Estado de coordenação geral e planejamento- SC. “Atlas Escolar de Santa Catarina”. Florianópolis: 24.

SIERRA DE LEDO, B. & KLINGEBIEL, A. 1990. “Effets sur la structure hydrologique d’un système lagunaire, résultant de son ouverture permanente vers la mer: exemple de la Lagoa da Conceição (Ile de Santa Catarina) Brèsil.” In: B. Sierra de Ledo & E.J. Sriano-Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 385-402.

SIERRA DE LEDO, B. & SORIANO-SIERRA, E. 1999. “Atributos e processos condicionantes da hidrodinâmica na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina.” In: B. Sierra de Ledo & E.J. Sriano-Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 89-100.

_____. 1999. “Changes and trends os hydrological parameters in a physically stressed coastal lagoon.” In: B. Sierra de Ledo & E.J. Sriano-Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição. NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil: 371-383.

SPERB, R.M. & ASMUS, M.L. 1998. “O papel dos sistemas de informação ambiental no gerenciamento costeiro integrado de recursos costeiros”. In: Anais da XI Semana Nacional de Oceanografia – Fundação Universidade do Rio Grande. Rio Grande: 92-94.

SIMMONS, H.B. 1955. “Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics”. Proc. Am. Soc. Civ. Eng.: 792.

STOMMEL, H.M. 1950. “The flushing estuaries”. Proc. Of the colloquium on the flushing estuaries. Woods Hole: W.H Oceanographic Institution.

_____. 1951. “Recent development in the study of tidal estuaries”. Technical Report WHOI, Ref. No. 51-33. Woods Hole Oceanography Institution. Woods Hole, Mass.: 18.

SUGUIO, K. 1992. “Dicionário de geologia marinha”. Biblioteca de Ciências Naturais. Nova Ed. São Paulo: 171.

_____. 1998. “Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins”. Ed. Bertrand, Rio de Janeiro: 1222.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.; AZEVEDO, A.E.G. 1994. “Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira.” Notas Técnicas CECO – Instituto de Geociências UFRGS, Porto Alegre. No. 7: 38-49.

THURMAN, H.V. 1994. “Introductory oceanography”. McMillian Publishing Company. 7th ed. New York: 550.

TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 1999. “Trajetórias e distribuição das tempestades extratropicais e o impacto na costa do Rio Grande do Sul.” In: Anais do VII Congresso da ABEQUA. Porto Seguro, Bahia.

UNCED. 1992. “Protection of the oceans, all kinds of seas, including semi-closed seas, and coastal areas”. *Agenda 21*. Adopted in Rio de Janeiro, June 14, (17).

VIANELLO, R. L. & ALVES, A. R. 1991. “Meteorologia Básica e Aplicações”, Imprensa Universitária de Viçosa - UFV. Viçosa.

VILLWOCK, J.A. 1994. “A costa brasileira: geologia e evolução.” Notas técnicas CECO – Inst. Geociências, UFRGS. Porto Alegre, 7: 38-49.

ZENKOVITCH, V.P. 1969. “Origin of barriers beaches and lagoon coast.” In: Lagunas Costeras, un simposio; Mem. Sim. Intrn. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO. Mexico:27-38.

11. Anexos

Anexo I – Tabelas de volume de material transportado durante as campanhas de estação fixa.

Verão						
Hora	Quadratura			Sizígia		
	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)
1	-71772.48	10.0	-717.7	55675.0	9.5	528.9
2	-64722.2	10.0	-647.2	80181.4	9.0	721.6
3	-55035.5	9.5	-522.8	91189.0	6.5	592.7
4	-37236.7	15.0	-558.6	88548.8	4.0	354.2
5	-34977.02	8.0	-279.8	82481.8	4.5	371.2
6	-35100.0	11.0	-386.1	27715.2	4.0	110.9
7	-28354.18	10.5	-297.7	0.0	5.0	0.0
8	-18053.3	13.0	-234.7	-83782.3	7.0	-586.5
9	-1954.08	7.5	-14.7	-73766.2	9.5	-701.2
10	-13411.0	8.0	-107.3	0.0	4.0	0.0
11	-30442.46	10.0	-304.4	79504.4	5.5	437.3
12	-33946.0	9.0	-305.5	66098.6	7.0	462.7
13	-17370	11.5	-199.8	63873.6	6.5	415.2
14	10450.1	16.0	167.2	70149.0	10.0	701.5
15	39820.9	7.5	298.7	113851.5	9.5	1081.6
16	33143.0	15.0	497.1	110743.5	5.0	553.7
17	31247.86	8.0	250.0	79663.0	6.5	517.8
18	36037.4	6.0	216.2	-49445.0	6.0	-296.7
19	40537.73	4.5	182.4	-28837.2	6.0	-173.0
20	46568.2	4.0	186.3	-82551.7	6.0	-495.3
21	53743.1	6.5	349.3	-73566.5	9.0	-662.1
22	43163.1	3.0	129.5	-67734.4	8.0	-541.9
23	32946.91	6.0	197.7	-57183.7	9.5	-543.2
24	27758.3	3.0	83.3	0.0	9.0	0.0
25	18418.54	4.5	82.9	44767.6	17.0	761.0
Total	-28539.7		-1935.7	537575.2		3610.4

Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão na desembocadura marinha.

Inverno						
Hora	Quadratura			Sizígia		
	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)
1	-57973.2	8.8	-507.3	29972.6	8.2	245.5
2	-56254.6	5.2	-290.6	53239.7	9.4	501.5
3	-69019.0	6.7	-465.9	69746.7	8.6	603.0
4	-91190.0	8.5	-779.5	79663.4	11.9	948.8
5	-82552.1	7.4	-608.1	-47839.0	12.6	-600.9

6	-75300.9	7.7	-576.4	-125380.5	20.8	-2611.7
7	-27221.7	10.5	-285.8	-91991.4	19.0	-1747.8
8	43460.3	9.8	427.4	-104769.8	28.0	-2933.0
9	69258.9	8.4	582.9	-69086.5	34.7	-2400.4
10	75905.1	7.1	542.2	-68187.7	29.7	-2022.4
11	71717.4	7.9	568.6	-56678.2	36.3	-2054.6
12	51391.2	6.1	315.7	-45739.7	23.7	-1086.1
13	42974.0	8.6	368.3	-48289.1	28.6	-1382.3
14	49870.5	5.4	267.2	-50361.2	24.6	-1236.4
15	52949.3	5.6	295.0	-47854.1	26.4	-1261.0
16	41137.4	6.3	260.5	-47411.1	15.2	-720.6
17	24762.7	8.8	219.0	-100071.3	10.5	-1050.7
18	41752.2	7.6	319.1	-98919.3	19.2	-1899.3
19	62315.7	4.6	284.9	-119168.1	23.5	-2795.1
20	46264.5	6.9	317.2	-101839.3	21.1	-2151.4
21	57717.8	4.1	235.0	-105735.1	12.2	-1286.3
22	60892.5	7.9	482.1	-48405.7	20.2	-976.1
23	58639.31424	5.2	305.8	-26641.81648	31.6	-841.9
24	38754.35116	4.8	185.5	-9681.62342	21.8	-211.3
25	44239.40683	3.9	173.8	-99.83163371	26.8	-2.7
Total	474491.2		2636.6	-1181527.8		-28973.1

Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno na desembocadura marinha.

Verão						
Hora	Quadratura			Sizígia		
	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)
1	2340.0	5.5	12.9	22140.0	9.5	210.3
2	0.0	6.0	0.0	34740.0	6.0	208.4
3	36000.0	3.5	126.0	48600.0	4.0	194.4
4	40680.0	3.0	122.0	38340.0	6.0	230.0
5	45000.0	3.5	157.5	28800.0	3.5	100.8
6	40680.0	3.0	122.0	0.0	5.0	0.0
7	44280.0	3.0	132.8	-47340.0	6.5	-307.7
8	41940.0	7.5	314.6	-70740.0	3.0	-212.2
9	33480.0	5.5	184.1	-76140.0	5.0	-380.7
10	19080.0	11.0	209.9	-60480.0	6.0	-362.9
11	14940.0	8.0	119.5	-25200.0	6.5	-163.8
12	23940.0	9.0	215.5	29340.0	2.0	58.7
13	0.0	6.0	0.0	49680.0	4.0	198.7
14	24480.0	8.0	195.8	53280.0	5.0	266.4
15	31140.0	12.0	373.7	55080.0	4.5	247.9
16	47340.0	6.0	284.0	58680.0	7.0	410.8
17	47880.0	5.0	239.4	49680.0	5.5	273.2
18	51480.0	4.0	205.9	0.0	5.0	0.0
19	52740.0	5.5	290.1	-56880.0	4.5	-256.0
20	51480.0	3.0	154.4	-76140.0	6.0	-456.8
21	38340.0	2.5	95.9	-89280.0	12.5	-1116.0

22	27000.0	4.0	108.0	-79200.0	8.0	-633.6
23	-10800.0	13.0	-140.4	-68940.0	6.0	-413.6
24	-50400.0	5.0	-252.0	-47880.0	8.0	-383.0
25	-54000.0	9.5	-513.0	-24480.0	6.0	-146.9
Total	599040.0		2758.7	-254340.0		-2433.6

Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de verão no meio do canal.

Inverno						
Hora	Quadratura			Sizígia		
	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)
1	-68712.5	5.2	-358.0	56703.8	10.5	595.4
2	-76783.0	4.2	-324.8	60854.2	8.6	523.3
3	-83582.8	6.8	-566.2	55418.9	9.5	523.7
4	-102887.4	7.3	-753.9	64370.6	7.5	485.4
5	-102656.8	6.6	-673.0	29207.0	8.1	236.9
6	-96001.4	5.6	-537.2	-55326.9	8.9	-491.0
7	-98030.7	4.7	-455.8	-73815.3	11.1	-819.3
8	-73557.1	7.1	-519.9	-120216.7	15.3	-1840.5
9	-51653.0	6.3	-324.7	-102502.9	12.4	-1275.1
10	-64766.5	6.4	-412.7	-86690.1	14.6	-1263.5
11	-41327.3	4.5	-187.8	-65934.7	11.4	-751.7
12	-55412.2	3.9	-213.7	-71703.1	10.9	-779.8
13	-61005.3	6.6	-399.9	-60353.5	9.6	-577.6
14	-76644.9	13.0	-996.4	-57450.5	8.7	-502.4
15	-80629.2	13.8	-1113.4	-39180.4	9.1	-357.5
16	-82756.8	13.8	-1138.9	-41826.6	7.1	-295.5
17	-86207.8	12.3	-1062.5	-48313.6	6.9	-332.6
18	-70179.7	12.7	-888.9	-96056.5	8.6	-823.7
19	-38062.4	15.7	-599.5	-106706.4	7.2	-765.1
20	31714.4	13.9	441.4	-114020.3	10.3	-1177.3
21	51822.1	12.7	656.4	-123495.8	7.3	-901.5
22	56732.6	4.5	255.3	-102264.6	8.2	-838.6
23	49193.3	5.8	287.0	-73063.4	8.0	-584.1
24	40840.1	5.6	227.6	-57778.4	11.7	-678.6
25	19699.3	5.1	101.3	-47471.9	7.4	-353.2
Total	-1160854.9		-9558.4	-1277617.2		-13044.0

Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno no meio do canal.

Inverno						
	Quadratura			Sizígia		
Hora	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)	Vol Água (m³)	Concentração (g/m³)	Vol Material (kg)
1	-69645.2	16.9	-1180.1	81671.0	5.4	442.9
2	-83130.2	16.9	-1401.7	93571.8	6.6	622.1
3	-80179.1	17.3	-1389.8	90748.5	6.3	569.6
4	-78773.5	19.9	-1568.9	100889.7	6.4	645.1
5	-85828.7	18.2	-1566.4	77850.3	4.9	385.0
6	-95392.2	14.2	-1359.3	64786.7	7.6	494.5
7	-104308.8	12.2	-1269.1	7733.8	3.7	28.2
8	-78949.8	13.5	-1065.8	-52836.6	6.7	-353.5
9	-61681.4	13.0	-801.9	-89273.1	11.7	-1047.7
10	-47707.8	10.8	-515.1	-79175.6	11.5	-908.0
11	-68931.9	9.6	-660.6	-41880.0	9.2	-383.4
12	-44536.5	8.5	-377.0	-28042.3	8.8	-245.4
13	-53781.7	8.1	-437.9	-10340.1	10.5	-108.7
14	-57155.7	7.1	-404.2	17828.8	9.1	162.9
15	-77779.4	0.6	-44.7	51852.1	7.2	372.9
16	-70330.1	5.0	-351.7	48191.6	6.9	334.2
17	-63673.0	4.8	-302.4	14926.6	7.5	112.0
18	-60915.7	6.2	-375.6	-18522.1	6.3	-117.6
19	-69375.7	6.6	-458.6	-93587.6	9.3	-869.8
20	-36115.1	5.9	-214.7	-124716.2	9.2	-1151.8
21	-15245.7	4.9	-74.5	-136041.7	18.1	-2468.3
22	-34313.0	6.6	-226.8	-104604.1	16.9	-1768.9
23	21933.8	6.2	136.5	-100875.2	17.2	-1734.7
24	-10217.9	6.6	-67.6	-53396.6	14.8	-788.4
25	-75564.9	6.4	-481.7	1155.5	16.0	18.5
Total	-1501599.4		-16459.6	-282084.7		-7758.4

Tabela de cálculo de volume de material transportado, por hora e resultante, para a campanha de inverno na desembocadura lagunar.