

### 2.2.1 Correntes Marinhas & Massas D'água

A seguir passa-se a descrever os aspectos gerais e em seguida os aspectos locais referentes a correntes marinhas e as massas d'água que elas transportam.

#### ◆ *Correntes Marinhas*

A circulação oceânica na área de estudo é caracterizada pela Corrente do Brasil (CB), que se origina da Corrente Sul Equatorial (CSE), que se desloca através do Atlântico de leste a oeste e forma três ramos nas proximidades da costa brasileira entre 7 e 17°S. Uma pequena porção de água transportada para oeste pelo ramo sul da CSE, aproximadamente 4 Sv (1 Sverdrup = 1 milhão de m<sup>3</sup>/s), desloca-se rumo ao sul nas proximidades de 10°S, originando a CB (Castro Filho & Miranda, 1998). A CB se desloca na direção sul até próximo ao Banco de Abrolhos onde se encontra com as águas sub-antárticas da Corrente das Malvinas e desvia para sudoeste, aproximando-se da plataforma em Vitória (ES). A corrente alcança 200 metros de profundidade, carregando a massa de água denominada Água Tropical (AT).

A Corrente do Brasil se divide em vários braços. O braço principal flui na região central da plataforma continental, a cerca de 140 Km da costa, em direção sudeste a uma velocidade máxima da ordem de 0,70 m/s até Cabo Frio/RJ. Após, a CB perde velocidade devido aos meandros e vórtices originados pela topografia do fundo.

As direções predominantes das correntes superficiais são de sul a sudoeste em todas as estações do ano (Ministério do Meio Ambiente, 1997). Isto registra claramente a presença da corrente do Brasil.

A CB ao redor de Vitória/ES é fortemente afetada pela cadeia topográfica entre Vitória e Ilha da Trindade. A existência de canais submarinos resulta na formação de meandros e redemoinhos que introduzem perturbações no padrão normal da corrente.

As informações contidas no "Roteiro Costa Leste" da Diretoria de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha (DHN) permitem uma primeira apreciação do regime de correntes ao largo da costa na região de Vitória. Segundo essa publicação, "Este regime se caracteriza por correntes de direção geral de SW, com velocidades máximas de 01 nó".

O Relatório do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (INPH), por conta dos estudos para a implantação do Porto de Praia Mole apresenta compilação de uma série de estudos e campanhas realizadas na região. As conclusões apresentadas encontram-se aqui transcritas:

- "... de maneira geral as correntes na área estudada tem intensidade relativamente pequena ( $\leq 0,30$  m/s) e direção geral NNE-SSW, ou seja, paralela à costa. Embora o sentido mais freqüente das correntes seja NNE. A velocidade máxima de intensidade de corrente, observados durante toda a campanha foi de 0,95 m/s na direção NNE." (Relatório INPH - 1<sup>a</sup> Campanha de Medições de Corrente em Praia Mole, ES - 07/79);
- "... as correntes na área estudadas apresentaram baixas intensidades. As direções mais freqüentes situaram-se entre NE e E, representando 14% das medições. Também nesta faixa incidiram, com mais freqüência, as maiores intensidades. O valor máximo de intensidade de

corrente observado durante toda a campanha foi de 0,45m/s na direção ENE." (Relatório INPH - 2ª Campanha de Medições de Corrente em Praia Mole, ES - 04/80);

Mais recentemente foram incorporadas medidas de correntometria nos monitoramentos marinho de 1998/99 e 2001/02. As medições de velocidade (direção e intensidade) foram realizadas com um correntógrafo Sensordata (SD-6000). O fundeio deste equipamento foi realizado em profundidades de superfície, meio e fundo. O equipamento foi mantido na profundidade definida de forma a obter um registro de no mínimo cinco leituras de velocidade. A seguir passa-se a comentar os resultados dessas campanhas.

Na amostragem de primavera/98 a coleta foi feita em condições de calmaria, com ventos fracos, o que refletiu em correntes de baixa intensidade (0 a 6cm/s) e direções variáveis, indicando situação de estofo. A campanha de primavera/01 foi realizada em condições de ventos fortes, com direções variáveis. A Estação 10 (controle) apresentou maiores velocidades, acima de 30cm/s na superfície e de 20cm/s no fundo, os sentidos de corrente se situaram no quadrante SW. As ondas não permitiram a determinação das direções e velocidades nas estações mais próximas do emissário (E1 e E11). A maior parte das velocidades medidas nesta campanha se apresentou entre 20 e 30cm/s. Na Estação 10, no fundo, chegaram a serem medidas velocidades maiores que 40cm/s.

Na amostragem de verão/99 a velocidade de superfície foi maior que a de meia-água e fundo, com direção predominante Sul/Sudoeste (S-SW), associada a ventos fracos e moderados de Nordeste, freqüentes nesta época do ano. As máximas velocidades também aqui ocorreram na Estação 10, mais distante do emissário, com intensidade 14cm/s, e na Estação 4, mais ao sul do efluente, com velocidade 19cm/s. As medições na Estação 1 indicaram a influência do efluente na corrente próxima ao emissário, com correntes de 5cm/s para Nordeste (NE) e Sudeste (SE). Na meia-água e no fundo as velocidades foram 4cm/s e 6cm/s, com sentido preferencial Sudoeste (SW). Para o monitoramento realizado no verão/02 as correntes na Estação 10 (controle) apresentaram sentido predominante Sudoeste (SW), com velocidades 17cm/s na superfície e 9,5cm/s no fundo. Na Estação 1, predominou o sentido Sudeste (SE), com velocidade 4cm/s. Nas Estações 2 e 4, os pontos situados na superfície apresentaram correntes com sentido Nordeste (NE), enquanto que os situados no fundo apresentaram correntes com sentido Sudeste (SE). As Estações 3 e 12 apresentaram correntes predominantes Sudeste (SE), tanto na superfície como no fundo. Na Estação 11, os sentidos predominantes foram Nordeste (NE) na superfície e Sudoeste (SW) no fundo. Na Estação 5 os sentidos correspondentes foram Sudoeste (SW) e Sudeste (SE). Na Estação 4R os sentidos predominantes correspondentes foram Sudeste (SE) e Sudoeste (SW). Excetuando-se a Estação 10, as demais apresentaram velocidades médias inferiores a 10cm/s, tanto na superfície como no fundo.

Na campanha de outono/99 predominaram as correntes superficiais para Norte e Nordeste (N-NE), associadas a ventos fracos e moderados do quadrante Sul, freqüentes na região nos meses de abril e maio. A intensidade da corrente foi baixa, variando entre 2cm/s (Estação 1) e 13cm/s (Estação 5). A Estação 12 apresentou comportamento distinto das demais, possivelmente por motivo de influência do píer de captação. A Estação 10 (controle), mais afastada do emissário, apresentou a máxima intensidade de corrente 20cm/s, e direção oposta de corrente (SW). Na Estação 1, os registros de correntes apresentaram direções variadas nos estratos medidos, tendo direção SE na superfície e NE no fundo, porém com intensidades pouco expressivas (2 e 3cm/s). Na Estação 11, a direção da corrente superficial foi para NE e a da corrente de fundo para SE, com baixas velocidades (4 e 1cm/s). Durante o monitoramento de outono/02 os ventos variaram de sentido, passando de Norte-Nordeste (NNE) para Norte (N) e posteriormente para Nordeste (NE).

Para a campanha de inverno/02 a Estação 10 apresentou corrente com sentido predominante Sudoeste (SW), com velocidade média 8cm/s. A Estação 1 apresentou sentido predominante de corrente Sudeste (SE), com velocidade média pouco acima de 23cm/s. Nas Estações 2, 4 e 4R apresentaram sentidos predominantes Sudoeste (SW), enquanto que as Estações 3, 5, 11 e 12 apresentaram sentidos predominantes Sudeste (SE). Excetuando-se a Estação 1, nas demais, grande parte das velocidades medidas se situou entre 8 e 15cm/s.

A entrada de muitas frentes frias durante o ciclo de monitoramento 2001/02 fez com que as características das correntes neste período se tornassem muito variáveis.

A elevada variabilidade das correntes tanto em direção quanto em sentido, algumas associadas a entradas de frentes frias dificultam a comparação adequada entre os resultados para diferentes períodos de monitoramento de 1998/99 e 2001/02. A entrada de muitas frentes frias durante o ano de 2002 fez com que as características das correntes neste último período de monitoramento se tornassem muito variáveis e diferentes, em termos quantitativos, das apresentadas no período anterior.

Apesar disto, de forma qualitativa, foi possível estimar que o padrão de circulação marinha dos monitorados realizados se aproximam daqueles citados no Relatório do INPH, por conta dos estudos para a implantação do Porto de Praia Mole, principalmente naquelas estações mais distantes da linha da praia.

Existe sentido preferencial de correntes para S-SW sob condições de ventos nordeste ou leste e para N-NE quando da ocorrência de ventos de sudoeste e sul associados a frentes frias. O padrão de circulação nas estações mais próximas da costa, que apresentam menores profundidades, é mais influenciado pelos sentidos de ventos.

As Estações 1 e 11 apresentam correntes influenciadas pelas velocidades de saída dos efluentes da CST, havendo predominância de correntes com sentido Sudeste (SE), principalmente para águas superficiais. As estações menos profundas apresentam correntes muito influenciadas pelos ventos. A Estação 10 é a mais influenciada pela circulação marinha litorânea atuante, apresentando sentido predominante Sudoeste (SW).

A grande variabilidade da hidrodinâmica da região representa um fator importante de dificuldade para interpretação dos resultados do monitoramento físico-químico e bacteriológico e avaliação causa-efeito relacionada com possíveis impactos advindos do lançamento de efluentes da CST.

#### ◆ *Massas de Água*

São corpos d'água definidos por suas características de temperatura e salinidade. Estes parâmetros definem sua densidade, determinam sua distribuição e sua profundidade nos distintos níveis na coluna d'água. Segundo Castro Filho e Miranda (1998), a Corrente do Brasil (CB) transporta para sudoeste a massa de água denominada de Água Tropical (AT); a Corrente Norte do Brasil (CNB) transporta para noroeste a Água Oceânica Subsuperficial (AOSS).

Além da AT e da AOSS, outras duas massas de água estão presentes em toda plataforma continental brasileira, a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Costeira (AC). A ACAS, ao largo das costas sudeste e sul, é transportada pela CB imediatamente abaixo da AT. A Água

Costeira é formada na plataforma continental pela mistura entre ACAS e AT ou a AOSS com águas de origem continental, decorrentes do aporte fluvial.

Os dados de Temperatura e Salinidade para a Costa Central, de Salvador/BA até Cabo São Tomé/RJ, para o projeto REVIZEE, foram compilados por CRUZ & BRANCO (1999) que elaboraram os diagramas sazonais para a Temperatura e Salinidade (TS).

Baseado nos diagramas TS sazonais foram definidos os seguintes limites para as massas de água da Costa Central:

- **Água Tropical (AT):** definida por valores de salinidade maiores que 36,00‰ e temperatura maiores que 20°C.
- **Água Oceânica Subsuperficial (AOSS):** apresenta valores de salinidade variando entre 36,30 e 36,80‰ e de temperatura entre 24 e 28°C.
- **Água Central do Atlântico Sul (ACAS):** apresenta valores de temperatura inferiores a 20°C e salinidade variando entre 34,60 e 36,00‰.
- **Água Costeira (AC):** apresenta temperaturas médias de 25,5°C e salinidade média ao redor de 35,5‰.

A camada superior de 0 a 150 metros, de acordo com os padrões termohalinos, é ocupada pela Água Tropical (AT), muito salina e quente, transportada pela Corrente do Brasil. Entre a base dessa camada e as profundidades de 500-600 metros, espaço ocupado pelas termoclina e haloclina permanentes e, portanto, onde ocorrem os maiores gradientes verticais, identifica-se a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (SIGNORINI *et al.*, 1989).

A massa d'água de maior influência na região é a AC, ocupando a totalidade da lâmina d'água da área de entorno a captação e lançamento da CST e regiões adjacentes.

## 2.2.2 Ondas

Implantou-se nos últimos anos, uma série de instalações portuárias de porte razoável na costa do Espírito Santo, o que fez com que o regime de ondas no litoral do Estado viesse a ser pesquisado.

O INPH mediu, durante o ano de 1979, toda a década de 80 e parte da década de 90 (1990 a 1994), o regime de ondas que ocorre ao largo do litoral norte da cidade de Vitória, defronte à ponta de Tubarão e ao Porto de Praia Mole, aproximadamente.

O medidor de ondas tipo Waverider foi instalado próximo à isóbata de 20,0 m, em local com as seguintes coordenadas geográficas aproximadas:

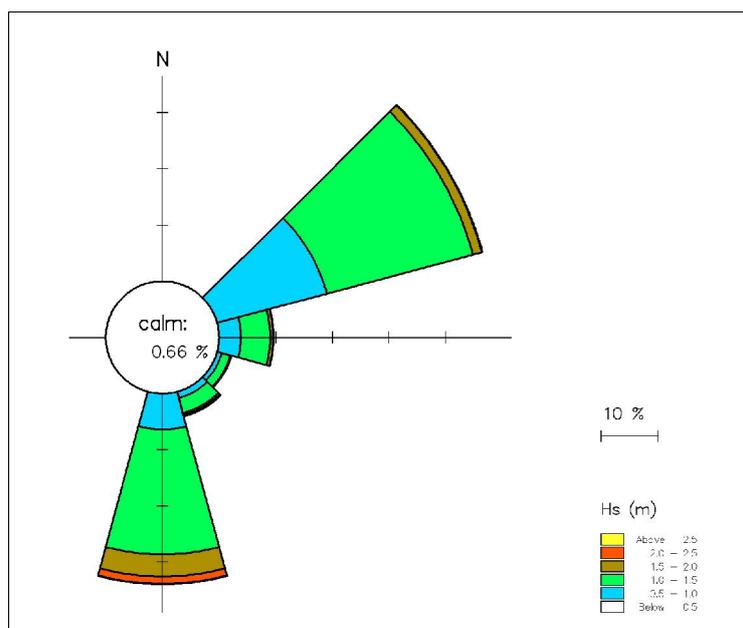
- **Latitude:** 20° 17' S;
- **Longitude:** 040° 11' 06" W.

Os seis registros diários, obtidos às 00:00 h; 04:00 h; 08:00 h; 12:00 h; 16:00 h; 20:00 h, com duração de 20 minutos cada, foram analisados pelo método de “Tucker-Draper” Modificado (Método Manual do INPH).

As direções das ondas foram observadas visualmente, quando as condições atmosféricas permitiam, a partir de terra, por intermédio de teodolito, visando-se a direção frontal do trem de ondas.

A batimetria da região não apresenta qualquer obstrução que pudesse vir a mascarar a medição realizada.

Essas medições mostraram que a altura significativa média da onda em Praia Mole é da ordem de 1m, e que o período médio mais freqüente das ondas situa-se entre 7 e 9 segundos. Duas direções predominantes de incidência das ondas foram detectadas. A direção mais freqüente correspondeu aos quadrantes de 45°N a 75°N. Aproximadamente 50% do tempo as ondas foram provenientes desses quadrantes. A segunda direção mais freqüente foi a correspondente aos quadrantes de 165°N a 195°N. Cerca de 30% do ano as ondas medidas vieram desses quadrantes, conforme mostrado nas Figuras 2.2.2-1 e 2.2.2-2.



**Figura 2.2.2-1: Rosa das alturas significativas médias de ondas em Praia Mole – Período das medições: 1979 a 1994**

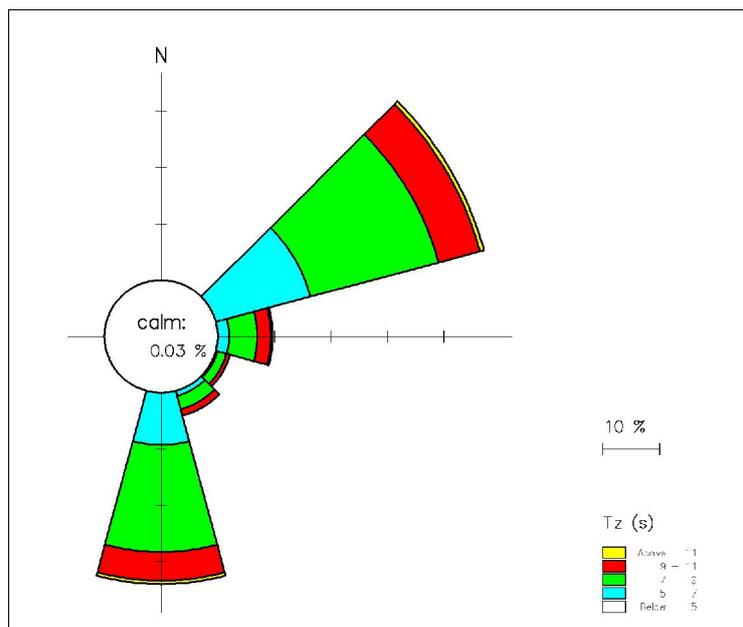


Figura 2.2.2-2: Rosa dos períodos médios das ondas em Praia Mole – Período das medições: 1979 a 1994

As alturas e os períodos das ondas em Praia Mole foram registrados com um ondógrafo convencional e as direções das ondas foram estimadas por observação visual. Esse método de observação das direções das ondas está sujeito a imprecisões. Por este motivo as direções das ondas em Praia Mole foram checadas e ajustadas, de acordo com os dados estatísticos de ondas ao largo que foram simulados e tornados disponíveis pelo Danish Hydraulic Institute (DHI). O resultado desse ajuste está expresso na Tabela 2.2.2-1, a qual mostra a frequência de ocorrência das ondas provenientes das direções médias de 150°N e de 165°N. Essa Tabela permite verificar que durante aproximadamente 25% do ano as ondas são provenientes dos quadrantes de [142.5° - 180°].

Tabela 2.2.2-1: Estatística anual para as ondas provenientes de 150°N e de 165°N.

ALTURA SIGNIFICATIVA DA ONDA (m)	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA PARA MWD = 150°N [142.5° - 157.5°]	PERCENTUAL DE OCORRÊNCIA PARA MWD = 165°N [157.5° - 180.0°]
0.5	2.184	2.270
1.0	3.959	3.298
1.5	6.440	1.946
2.0	2.780	0.683
2.5	1.094	0.294
3.0	0.400	0.086
3.5	0.022	0.011
4.0	0.011	-
4.5	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>16.890 %</b>	<b>8.588 %</b>

Fonte: INPH / DHI

Como as simulações 2D de propagação das ondas em recintos portuários são bastante complexas e demandam um tempo computacional muito grande para serem realizadas, foram selecionados 3

eventos de ondas para serem empregados nas simulações com o modelo matemático. Esses eventos estão relacionados na Tabela 2.2.2-2.

Tabela 2.2.2-2: Eventos selecionados para as simulações 2D de ondas.

EVENTO	ALTURA SIGNIFICATIVA DA ONDA (m)	PERÍODO MÉDIO (s)	DIREÇÃO DA ONDA (graus N)
1	1.00	8.5	120
2	1.00	8.5	150
3	1.00	8.5	165

Fonte: INPH / DHI

A altura significativa do trem incidente de ondas foi tomada igual a 1.0m, para que os coeficientes de difração pudessem ser obtidos diretamente dos resultados das simulações numéricas. Esses coeficientes podem ser usados para relacionar a altura significativa da onda dentro do Terminal à altura significativa da onda ao largo, na profundidade de -21m. Isto pode ser feito levando-se em conta que as transformações que ocorrem durante a propagação das ondas de longo período dependem apenas do período da onda, e não tanto da sua altura. Em todas as simulações foi considerado um espalhamento direcional em torno da direção média de propagação das ondas igual a 22.5°.

### 2.2.3 Marés & Nível do Mar

O conhecimento das marés da região Sudeste foi bastante beneficiado com o advento de marégrafos pelágicos, nas décadas de 60 e 70, que propiciaram as primeiras observações pelágicas, (observações do nível do mar em mar aberto), do nível do mar, pelo Instituto Oceanográfico da USP, nos anos que seguiram a 1976, quando foram feitas medições na Plataforma de Santos, (Mesquita et al 1977), na Plataforma do Estado do Rio de Janeiro em 1978, medições na Plataforma do Estado do Paraná, juntamente com observações nos “abrolhos” (Mesquita et al. 1983) e mais recentemente, medições em 32°S; 36°W, (Mesquita et al. 1997).

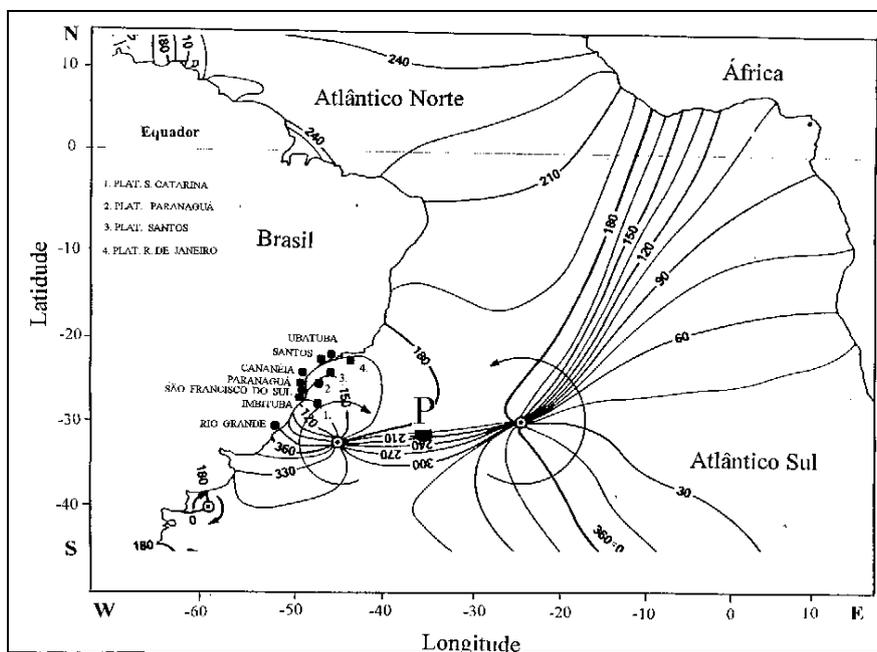
No Oceano Atlântico Sul, são observados dois pontos anfifrômicos. Um no meio do Atlântico e outro na região costeira próxima à cidade de Rio Grande, RS. (Mesquita & França, 1997)

A velocidade de propagação da onda é pequena em pontos do oceano próximos ao ponto anfifrômico, e atingem velocidades muito grandes nos contornos continentais. Essa velocidade é conhecida por celeridade da onda de maré, que produz dois giros completos aproximadamente, da onda de maré, em torno dos dois pontos anfifrômicos do Atlântico Sul, durante o período de um dia. A amplitude da onda de maré se torna cada vez menor, à medida que se aproximam do ponto anfifrômico.

Na região Sudeste se dá o encontro das linhas cotidais relativas ao anfifrômico de Rio Grande, que tem sentido de giro horário e o anfifrômico do Centro Atlântico, que tem sentido de giro anti-horário, conforme evidenciado na Figura abaixo.

A maré na Área de Influência é do tipo semidiurna, ou seja, existem duas preamares e duas baixamares por dia, com ligeiras desigualdades diurnas entre duas preamares e duas baixamares sucessivas. As amplitudes máximas das marés ocorrem durante as Luas Cheia e Nova, sendo conhecidas como marés de sizígia. Em contrapartida, as menores amplitudes de marés ocorrem nas Luas Crescente e Minguante, chamadas de marés de quadratura. A componente harmônica M2 é

predominante, sua origem e velocidade de propagação acompanham a distribuição da linha cotidal (de mesma fase) de 180 graus, que varre toda a costa leste brasileira com grande celeridade (MESQUITA, 1997), como evidencia a Figura 2.2.3-1 a seguir.



Fonte: Mesquita, 1997.

Figura 2.2.3-1: Linhas cotidais (de mesma fase), da componente da onda de maré M2 no Oceano Atlântico Sul.

As alturas médias e variações das marés previstas para a costa sudeste do Brasil encontram-se dispostas na Tabela 2.2.3-1 a seguir.

Tabela 2.2.3-1: Alturas Médias e Variações de Marés Previstas – Costa Sudeste

DESCRIÇÃO	NÍVEL (METROS)
Nível médio da maré	1.5
Maré astronômica máxima	1.3
Nível médio do mar	0.5
Maré alta média	0.9
Maré baixa média	0.2
Nível mínimo de maré	-0.4
Maré astronômica mínima	-0.2
Extensão de variação máxima	1.9
Extensão de variação média	0.7

Fonte: D.H.N, 2002.

Não se tem comprovação recente da interferência de fatores meteorológicos - como o vento - na variação astronômica do nível d'água ("maré meteorológica").

As amplitudes da maré na região da Ponta de Tubarão não apresentam grandes valores podendo atingir, nas preamares de sizígia (épocas de luas cheia e nova), valores máximos de cerca de 1,8m e mínimos de -0,10m nas baixa-mares de sizígia, segundo a Tábua das Marés para 2002 editada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN.

A caracterização do regime de marés foi feita a partir de registro horário de nível d'água realizado pela DHN em 1975. Estas informações foram utilizadas na Análise Harmônica, que até o presente responde pela Previsão de Marés que consta das Tábuas de Maré editadas pela DHN.

As características gerais da maré na Ponta de Tubarão são as seguintes, em relação ao Nível de Redução, segundo as informações contidas na Carta Náutica nº 1401:

- preamar média de sizígia (MHWS): 1,48m;
- preamar média de quadratura (MHWN): 1,04m;
- nível médio do mar (NM): 0,82m.

A Tabela 2.2.3-2 e Figura 2.2.3-1 a seguir, apresentam a frequência de ocorrência dos níveis d'água e seu comportamento na região da Ponta de Tubarão.

Tabela 2.2.3-2: Frequência de Ocorrência dos Níveis d'Água, Ponta de Tubarão

FAIXA DE VARIAÇÃO (EM M ACIMA DO NR)	OCORRÊNCIAS (QUANT.)	FREQUÊNCIA (%)
0,00 - 0,20	22	2,9%
0,21 - 0,40	72	9,4%
0,41 - 0,60	129	16,8%
0,61 - 0,80	129	16,8%
0,81 - 1,00	122	15,9%
1,01 - 1,20	135	17,6%
1,21 - 1,40	106	13,8%
1,41 - 1,60	43	5,6%
1,61 - 1,80	10	1,3%

Fonte: D.H.N, 2002.

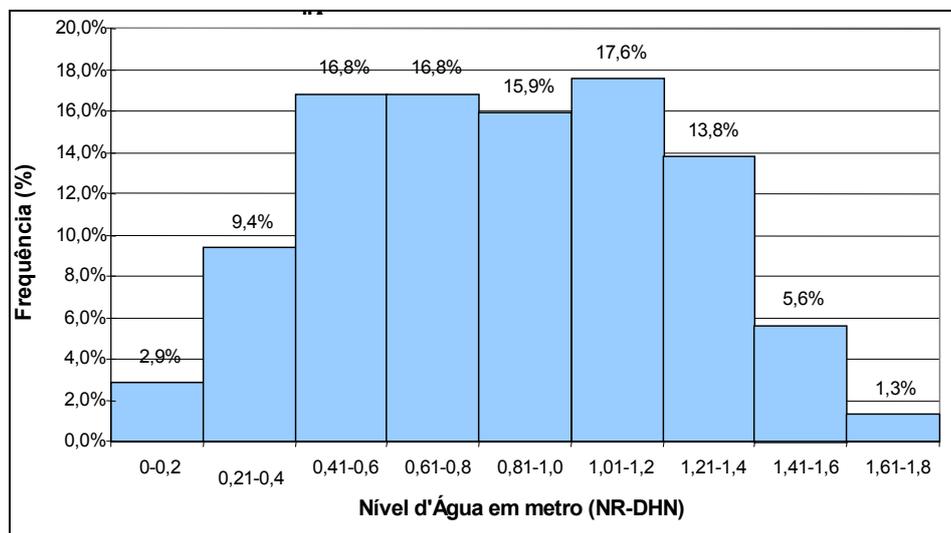


Figura 2.2.3-1: Frequência de Ocorrência dos Níveis d'Água, Ponta de Tubarão

A partir da frequência de ocorrência dos níveis d'água é possível estabelecer a distribuição acumulada dos níveis d'água na região. Esta distribuição pode ser visualizada através da Tabela 2.2.3-3 e Figura 2.2.3-2, apresentados a seguir.

Tabela 2.2.3-3: Distribuição Acumulada de Níveis d'Água, Ponta de Tubarão

NÍVEL D'ÁGUA (EM M ACIMA DO NÍVEL DE REFERÊNCIA) -NR	FREQUÊNCIA ACUMULADA (%)
0,0	0,0%
< 0,2	2,9%
< 0,4	12,2%
< 0,6	29,0%
< 0,8	45,8%
< 1,0	61,7%
< 1,2	79,3%
< 1,4	93,1%
< 1,6	98,7%
< 1,8	100,0%

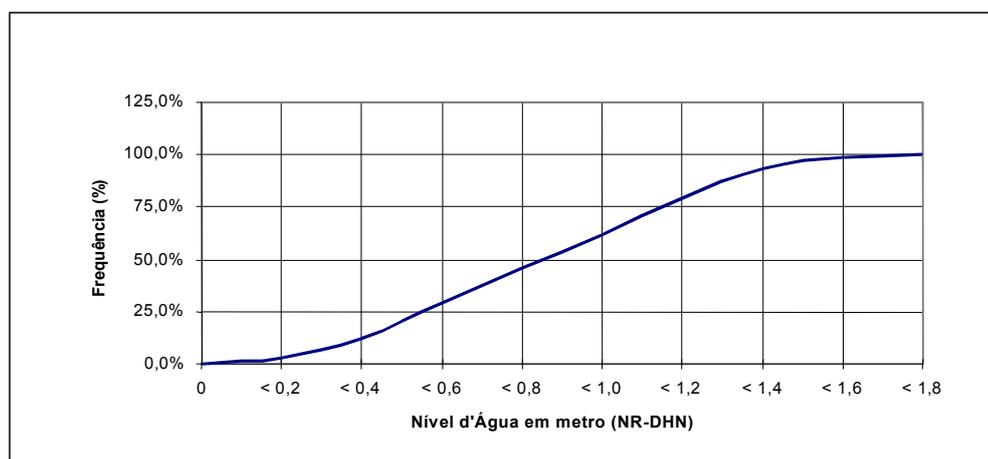


Figura 2.2.3-2: Curva de Permanência dos Níveis d'Água, Ponta de Tubarão

## 2.2.4 Qualidade Físico-Química da Água

Para avaliação da qualidade da água da região adjacente a CST foram utilizados os dados de 08 (oito) Campanhas de Monitoramento realizadas em junho/1998, dezembro/1998, janeiro/1999, abril/1999, novembro/2001, fevereiro/2002, maio/2002 e agosto de 2002, buscando a representatividade das condições de verão, outono, inverno e primavera.

Os parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, pH, concentração de oxigênio dissolvido e seu percentual de saturação medidos em cada estação de amostragem foram determinados “in situ”, com emprego de uma sonda portátil, modelo Surveyor 4 da Hydrolab, a 0,5m da superfície e a 0,5m do fundo. A transparência da água foi realizada através do disco de Secchi.

Os demais parâmetros foram determinados em amostras coletadas com garrafa de Van Dorn na superfície (0,5 metro de profundidade) e no fundo (a 0,5 metro do fundo).

A relação dos parâmetros analisados, métodos de análise empregados e limites de detecção, encontram-se descritos nas Tabelas 2.2.4-1 e 2.2.4-2.

As análises físico-químicas da água e do sedimento foram realizadas no Laboratório de Utilidades e Meio Ambiente da Companhia Siderúrgica Tubarão.

Os métodos de análise foram baseados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WPCF, sempre utilizando a última edição.

Tabela 2.2.4-1: Parâmetros físicos, métodos de análise e precisão do aparelho de medição.

PARÂMETROS	MÉTODOS	PRECISÃO
pH	in situ - Hidrolab	0,01
OD	in situ - Hidrolab	0,01mg/L
Salinidade	in situ - Hidrolab	0,01‰
Saturação de O <sub>2</sub>	in situ - Hidrolab	0,01%
Temperatura	in situ - Hidrolab	0,01°C
Transparência	in situ - Disco de Secchi	-

Tabela 2.2.4-2: Parâmetros analisados, métodos de análises e limites de detecção.

PARÂMETROS	MÉTODOS	LIMITES DE DETECÇÃO
<b>Água</b>		
DBO <sub>5</sub>	Método: Incubação	<1mg/L
Amônia Total	Método: Colorimétrico Nessler	<0,05mg/L
Nitrato	Método: Colorimétrico-Coluna de Cádmio	<0,01mg/L
Nitrito	Método: Colorimétrico NEDA	<0,01mg/L
Fósforo Solúvel	Método: Colorimétrico-Ácido ascórbico	<0,01mg/L
Sólidos Suspensos	Método: Gravimétrico	<1,0mg/L
Fluoreto	Método: Colorimétrico	<0,1mg/L
Cianeto	Método: Colorimétrico	<0,001mg/L
Fenol	Método: Colorimétrico	<0,001mg/L
Coliformes Fecais	Método: Tubos Múltiplos	<2NMP
Oleos e Graxas	Método: Gravimétrico por partição	<5,0mg/L
Fe	Extração com APDC/MIBK	< 0,01mg/L
Zn	Extração com APDC/MIBK	0,01mg/L
Cu	Extração com APDC/MIBK	< 0,01mg/L
Mn	Extração com APDC/MIBK	< 0,01mg/L
Al	Extração com B-Hidroxiquinolina/MIBK	< 0,01mg/L
<b>Sedimento</b>		
Fe	Digestão com água régia e análise em AA com chama e forno grafite	< 0,01mg/g
Zn		< 0,01mg/g
Cu		< 0,01mg/g
Mn		< 0,01mg/g
Al		< 0,01mg/g
Pb		< 0,01mg/g

Fonte: Standard Methods for the Examination and wastewater -APHA; AWWA; WEF - 20<sup>a</sup> edição, 1998.

### ◆ *Temperatura*

A temperatura média observada para a região no período de 1995 a 2002 foi de 23,13°C. A maior média de temperatura foi registrada no outono de 1999 (25,41°C), e a menor média na primavera de 2001 (20,24°C). As temperaturas médias para a Superfície, Meio e Fundo foram 23,68, 23,45 e 22,41°C, respectivamente. De forma geral, a diferença média de temperatura entre a superfície e o fundo foi de 1,2°C, sendo a maior diferença observada para a estação E10 (2,2°C), onde a profundidade (média 32,6m) é mais significativa. Os maiores valores de temperatura foram observados na superfície, exceto nas estações E3, E4 e E5, que no meio se mostraram ligeiramente mais altas (Tabela 2.2.4-3, Figuras 2.2.4-1 e 2.2.4-2).

Das estações avaliadas, a estação E1, foi a que apresentou maior média de temperatura (23,99°C). A diferença pode ser melhor observada na campanha de primavera de 1998, onde a temperatura média registrada para esta estação foi de 25,53°C, quando a média da campanha foi de 23,46°C (Figura 2.2.4-2). Em geral, as águas de superfície apresentaram maiores temperaturas, devido à maior irradiação solar.

As estações E2 e E11 apresentaram a segunda maior média de temperatura 23,40°C. Na campanha de verão de 1999, as temperaturas das estações E2 (24,86°C) e E11 (24,50°C) se mostraram ligeiramente acima da média da campanha (23,05°C) (Figura 2.2.4-2).

As menores médias de temperatura foram observadas para as estações E4 (22,67°C) e E10 (22,74°C). Os menores valores foram registrados na campanha de primavera de 2001, sendo 19,57°C na estação E4 e 19,90°C na estação E10.

### ◆ *Salinidade*

A salinidade das águas não apresentou variação significativa no período de avaliação, como é característico de águas costeiras sem aportes de águas interiores. Os valores médios se mostraram entre 36,5‰ (verão de 1999) e 37,7‰ (outono de 1998), com média de 36,9‰. Não sendo observada também, diferença significativa entre a superfície e o fundo – extratificação (Figuras 2.2.4-1 e 2.2.4-2).

O valor médio de salinidade observado na superfície foi 36,8‰, com mínima de 35,7‰ registrada na primavera de 1998, na estação E2, e máxima de 38,4‰ no outono de 1999, na estação E10. Ao meio a média foi de 36,9‰, mínima de 36,0‰ na estação E11, no verão de 1999, e máxima de 38,2‰ na estação E10, no outono de 1999. No fundo, a salinidade média observada foi de 37,0‰, com mínima de 36,8‰, na primavera de 2001, e máxima de 38,4‰ no outono de 1999, medidos na estação E10 (Tabela 2.2.4-3 e Figura 2.2.4-2).

### ◆ *pH*

Os valores médios de pH medidos na superfície (8,18), no meio (8,20) e no fundo (8,15) indicam condições levemente alcalinas, típicas de água costeira marinha, devido à ação tamponante do sistema bicarbonato (Figura 2.2.4-2).

Em todas as estações, no período monitorado, não foi observado resultado de pH fora da faixa (6,5 a 8,5) estabelecida na Resolução CONAMA N° 20/86 para águas de Classe 5.

Como pode ser observado na Figura 2.2.4-2, as maiores variações de valores de pH foram registradas em 2002, sendo a menor média (7,76) observada na campanha de verão e a maior média (8,37) na campanha de outono.

Tabela 2.2.4-3: Valores médios de parâmetros físico-químicos medidos na superfície meio e fundo das estações do monitoramento marinho da CST – Medição "in situ" (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM		PARÂMETROS						
		Temp. (°C)	Salinidade (‰)	pH	OD (mg/L)	Saturação OD (%)	Transparência (%)	Profundidade (m)
E1	S	24,74	36,8	8,14	6,78	92,5	1,4	
	M	24,45	36,6	8,14	-	-		
	F	23,03	37,0	8,12	6,47	88,8		3,5
E2	S	24,06	36,8	8,19	6,77	94,0	1,9	
	M	23,12	36,6	8,13	-	-		
	F	23,00	36,9	8,11	6,77	91,8		4,9
E3	S	23,42	36,8	8,17	6,82	93,7	2,8	
	M	24,12	37,0	8,23	-	-		
	F	22,08	36,9	8,16	6,55	87,3		9,9
E4	S	23,19	36,7	8,17	6,50	90,9	2,6	
	M	23,52	36,8	8,21	-	-		
	F	22,95	37,0	8,15	6,34	89,1		6,3
E4R	S	23,22	36,8	8,19	6,86	92,8	3,5	
	M	22,73	37,0	8,20	-	-		
	F	22,08	36,9	8,17	6,32	84,6		10,3
E5	S	23,31	36,7	8,21	7,01	95,0	3,2	
	M	23,56	37,0	8,24	-	-		
	F	22,22	36,9	8,17	6,62	88,7		8,4
E10	S	23,80	37,1	8,22	7,02	96,7	8,8	
	M	22,91	37,3	8,20	-	-		
	F	21,59	37,1	8,21	6,62	88,1		32,6
E11	S	23,94	36,8	8,14	6,24	91,8	2,4	
	M	23,67	36,8	8,18	-	-		
	F	22,61	37,2	8,09	5,92	86,6		6,4
E12	S	23,47	36,7	8,19	7,14	91,6	3,1	
	M	23,17	37,1	8,21	-	-		
	F	22,11	36,9	8,17	6,51	87,4		8,7
Todos os pontos	S	23,68	36,8	8,18	6,79	93,2	3,3	
	M	23,45	36,9	8,20	-	-		
	F	22,41	37,0	8,15	6,46	88,0		10,1
	Média	23,13	36,9	8,17	6,63	90,64	3,3	10,1
	Desvio Padrão	0,76	0,2	0,04	0,38	3,76	2,2	
	CONAMA N° 20/86	-	>30,0	6,5 a 8,5	>6,00	-	-	-

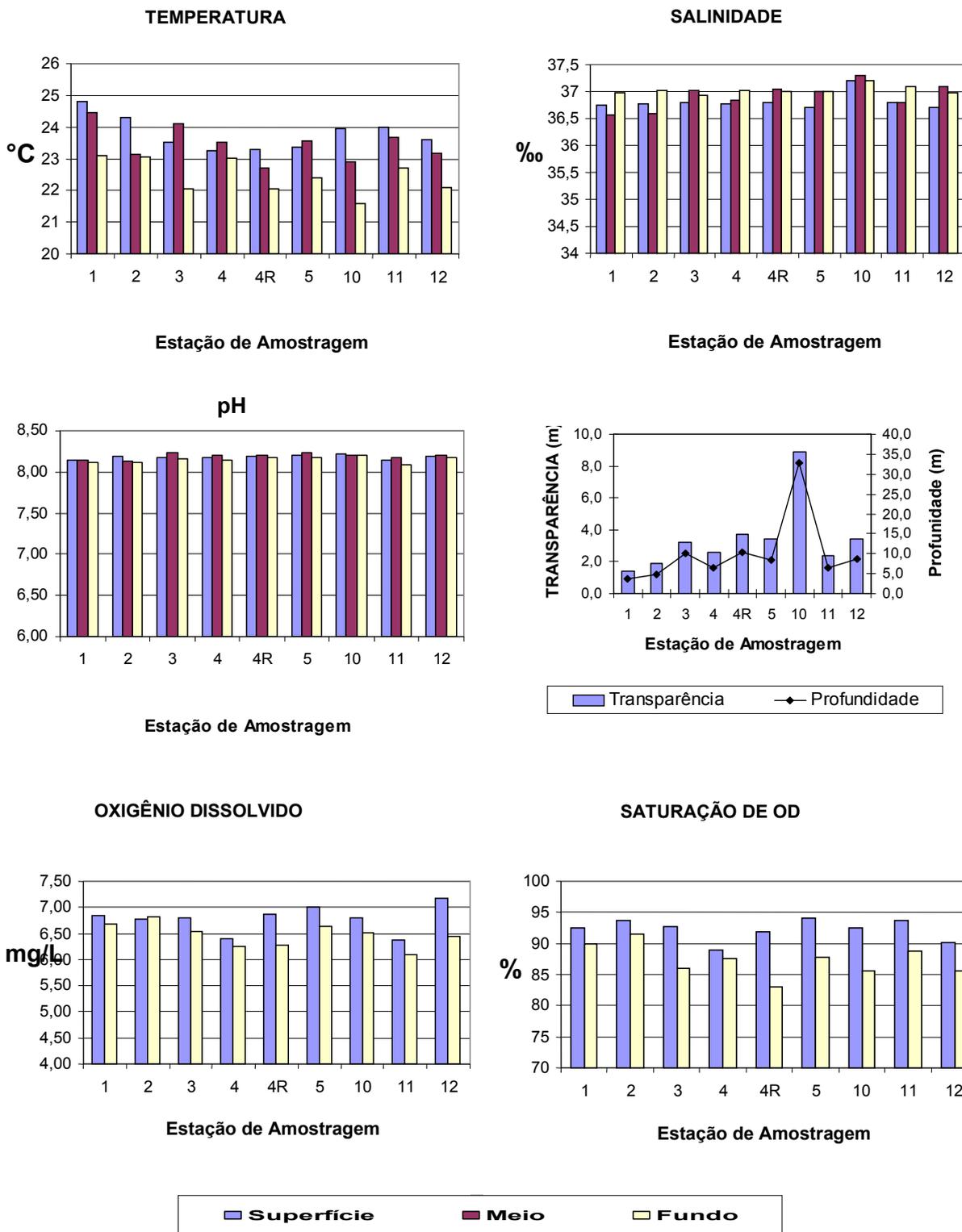


Figura 2.2.4-1: Valores médios de Temperatura, Salinidade, pH, Transparência, Oxigênio Dissolvido e Saturação de OD nas estações de monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

◆ **Transparência**

Os resultados médios de transparência (Tabela 2.2.4-3) variaram de 1,4 m, na estação E1, a 8,4 m, na estação E10. Menores valores de transparência foram observados nos pontos próximos ao lançamento do efluente. Isto provavelmente se deve, principalmente, ao revolvimento da coluna d'água causado pela proximidade da praia, o qual é favorecido pela menor profundidade (Figura 2.2.4-1).

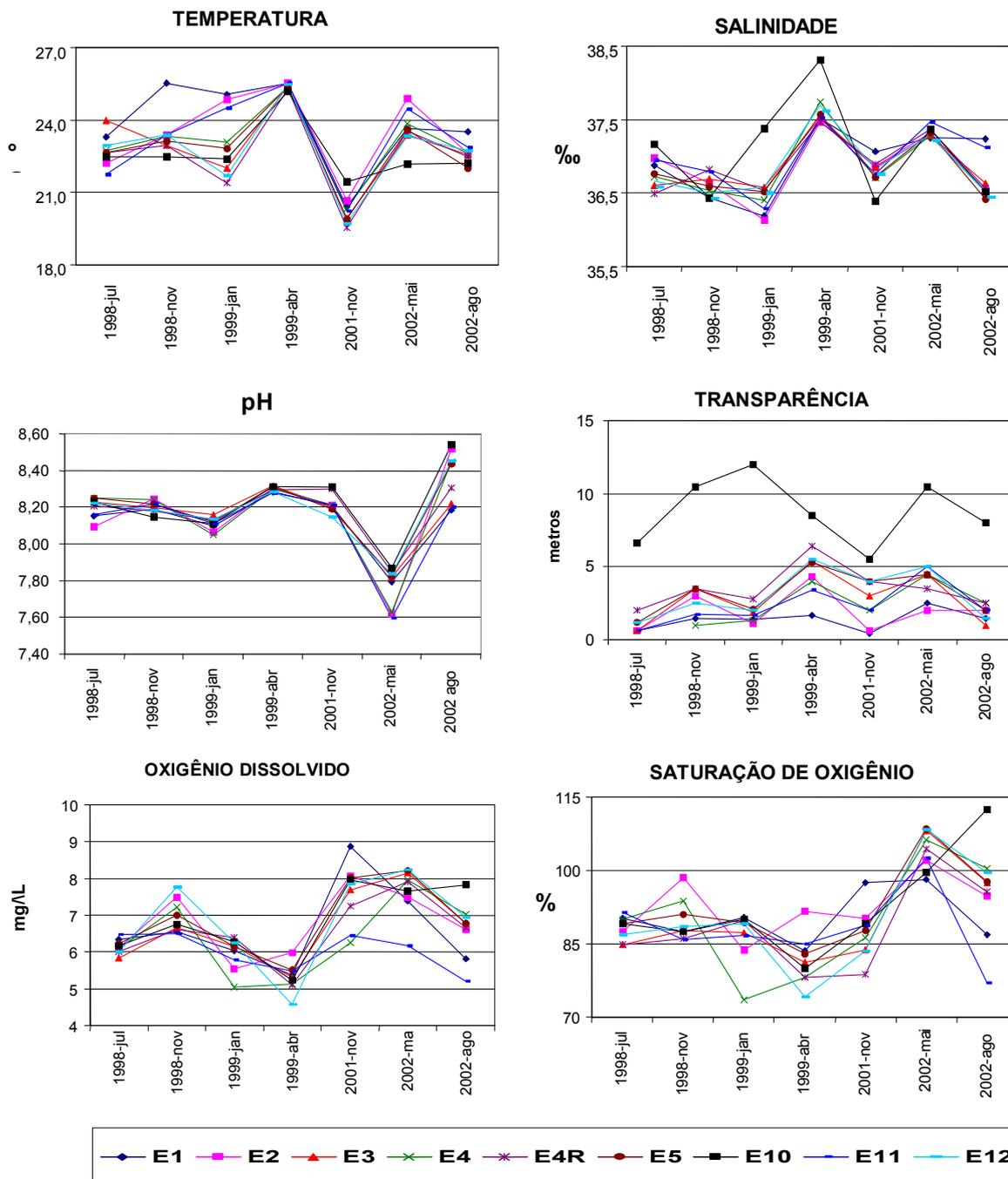


Figura 2.2.4-2: Valores médios de Temperatura, Salinidade, pH, Transparência e Saturação de Oxigênio das estações de amostragem do monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

#### ◆ *Oxigênio Dissolvido & Percentual de Saturação*

O oxigênio dissolvido apresentou média geral de 6,63 mg/L, sendo a média na superfície de 6,79 mg/L e no fundo de 6,46, respectivamente. Evidenciou-se uma extratificação entre superfície e fundo, embora essas diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Em geral, as concentrações foram menores no fundo, como provável consequência tanto de processos oxidantes naturais, como devido ao menor intercâmbio com o oxigênio atmosférico e a maior taxa de decomposição aeróbica de detritos orgânicos que naturalmente sedimentam.

A estação E12 apresentou maior média de concentração de oxigênio na superfície (7,17 mg/L), e a estação E11 a menor média no fundo (6,08 mg/L) (Tabela 2.2.4-3 e Figura 2.2.4-2).

Na campanha de outono de 1999 as médias de oxigênio dissolvido de todas as estações ficaram abaixo do limite recomendado pela legislação (6,0 mg/L), inclusive a estação E10, localizada mais distante do ponto de lançamento do efluente da CST. Apenas a estação E2 apresentou média 6,00 mg/L. Nesta campanha, a Estação E12 apresentou a menor média 4,58 mg/L, quando a média da campanha foi de 5,28 mg/L. No inverno de 1999, a estação E3; no verão de 1999, as estações E2 e E4; e no outono de 2002, as estações E1 e E11 também apresentaram valores médio baixos (Figura 2.2.4-2).

Os valores médios de saturação de oxigênio dissolvido na superfície se apresentaram acima de 90%. No fundo a menor média foi a da estação E4R, 83,1% (Figura 2.2.4-1 e Tabela 2.2.4-3). Os menores valores de saturação foram observados na campanha de outono de 1999, e os maiores no verão de 2002 (Figura 2.2.4-2).

#### ◆ *Demanda Bioquímica de Oxigênio –DBO<sub>5</sub>*

A DBO<sub>5</sub> apresentou valor médio geral de 1,1 mg/L. As médias para as estações E3, E4, E4R, E5 e E10 ficaram abaixo de 1 mg/L. A estação que apresentou o maior valor médio foi a estação E11 (1,7 mg/L), sendo o maior valor observado na campanha de primavera de 1998 (3,5 mg/L) (Tabela 2.2.4-4 e Figura 2.2.4-3).

A média da DBO<sub>5</sub> obtida para superfície foi de 1,5 mg/L e do fundo foi 0,7 mg/L.

Nas campanhas de verão e outono de 1999 foram registradas as menores médias de DBO<sub>5</sub>, com maior parte dos valores abaixo do limite de detecção. Nas demais campanhas as médias foram muito semelhantes, entre 1,2 e 1,6 mg/L.

Os valores de DBO<sub>5</sub> em todas as amostragens e em todas estações de coleta não se apresentaram acima do valor limite máximo estabelecido pela legislação (5 mg O<sub>2</sub>/L). Portanto, mesmo que o efluente contribua com matéria orgânica biodegradável para a região hídrica receptora, esta não é significativa para o aumento das demandas de oxigênio.

Tabela 2.2.4-4: Valores médios de parâmetros físico-químicos e bacteriológico das estações de monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS											
	Nitrito	Nitrato	Amônia Total	Amônia Não Ionizável	Fósforo Dissolvido	MPS	DBO <sub>5</sub>	Fluoreto	Óleos e Graxas	Fenol	Cia-neto	Col. Fecais
	mg/L	mg/L	mg/L	Mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP
E1	0,02	0,04	0,09	0,01	0,04	23	1,5	0,84	<5	<0,001	<0,01	4
E2	0,08	0,09	<0,05	0,01	0,02	23	1,3	0,78	<5	<0,001	<0,01	3
E3	0,02	0,03	0,09	0,01	0,02	24	<1,0	0,69	<5	<0,001	<0,01	2
E4	0,02	0,02	<0,05	0,00	0,03	13	<1,0	0,73	<5	<0,001	<0,01	4
E4R	0,02	0,02	0,07	0,01	0,02	26	<1,0	0,74	<5	<0,001	<0,01	11
E5	0,02	0,02	0,07	0,01	0,02	27	<1,0	0,73	<5	<0,001	<0,01	4
E10	0,02	0,02	0,07	0,01	0,03	13	<1,0	0,79	<5	<0,001	<0,01	4
E11	0,02	0,03	0,06	0,01	0,03	23	1,8	0,82	<5	<0,001	<0,01	4
E12	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02	18	1,2	0,79	<5	<0,001	<0,01	4
<b>Média</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>21</b>	<b>1,1</b>	<b>0,77</b>	<b>&lt;5</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>4,5</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>11</b>	<b>0,3</b>	<b>0,05</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2,7</b>
<b>CONAMA N°20/86</b>	<b>1,0</b>	<b>10,0</b>	<b>-</b>	<b>1,0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>5,0</b>	<b>1,4</b>	<b>Virtualmente Ausente</b>	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>	<b>1.000</b>

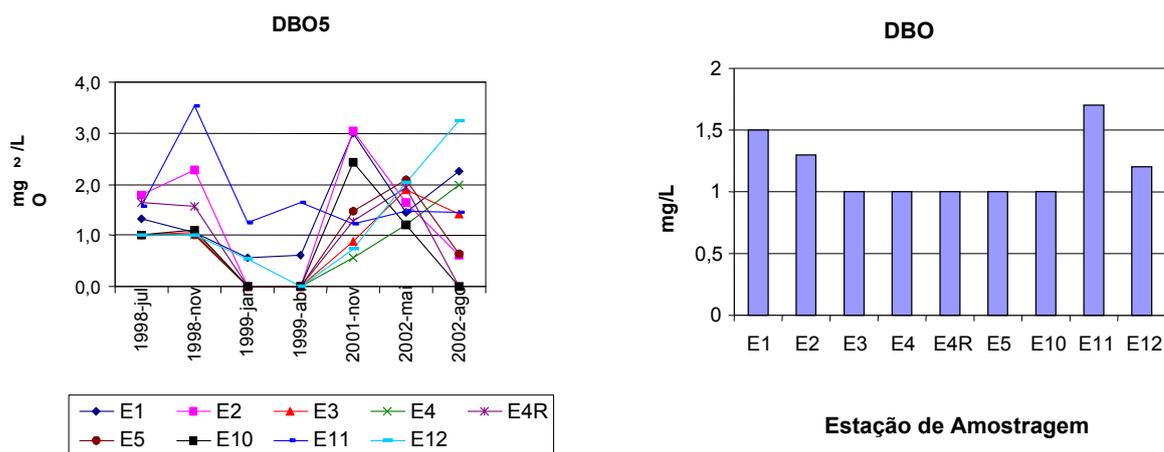


Figura 2.2.4-3: Valores médios da DBO<sub>5</sub> nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

### - Micronutrientes Inorgânicos

Os micronutrientes inorgânicos compõem a base da matéria prima para o desenvolvimento da produtividade primária no mar. Estes constituintes sofrem forte influência sazonal em função das flutuações das populações fitoplanctônicas ao longo de um ciclo anual. Os principais compostos nitrogenados envolvidos na produção primária marinha são os íons nitrato, nitrito e amônio. Além do nitrogênio, o fósforo também é um elemento essencial à produção vegetal e sua principal espécie são os fosfatos.

De forma geral, a primavera é o período de maior disponibilidade de nutrientes que sofreram uma remobilização mais efetiva durante o período de inverno pela natural redução da produtividade planctônica.

#### ◆ *Nitrato*

O resultado médio de nitrato foi de 0,03 mg/L para todas as estações, exceto para estação E2 que apresentou média de 0,08 mg/L. No período monitorado os maiores resultados foram registrados nas campanhas de julho de 1998/inverno, com média de 0,10 mg/L, e na campanha de janeiro de 1999/verão, com média 0,06mg/L, sendo o maior valor registrado na estação E2 (média entre superfície e fundo de 0,48 mg/L) (Tabela 2.2.4-4 e Figura 2.2.4-4). Considerando que o limite máximo de nitrato recomendado também é muito tolerante em função da baixa toxicidade deste nutriente (1mg/L), os resultados evidenciam que a área estudada não apresenta problemas em contaminação de nitrato, estando em conformidade com a legislação ambiental.

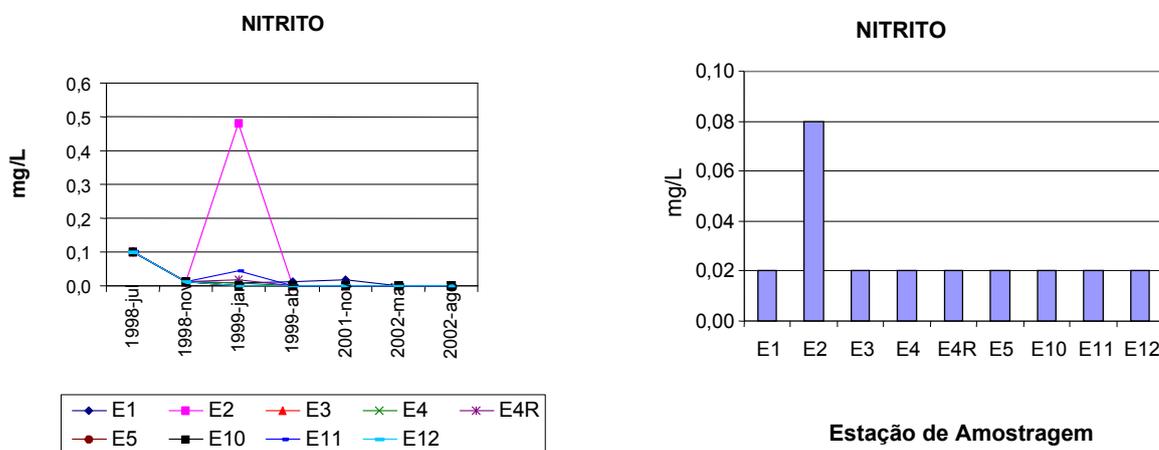


Figura 2.2.4-4: Valores médios de Nitrato nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

#### ◆ *Nitrato*

O parâmetro nitrato, que é o composto nitrogenado mais oxidado e estável, seguiu a mesma tendência do nitrato, inclusive com a coincidência de ocorrência de picos máximos. Maiores valores foram observados nas estações próximas ao descarte do efluente (E1, E2 e E11). A média obtida no período de monitoramento foi de 0,03 mg/L, com o maior valor médio registrado na estação E2 (0,09 mg/L) (Figura 2.2.4-5).

Em todas as amostragens e em todas estações de coleta todos os resultados de nitrato estiveram muito abaixo do estabelecido pela legislação (10 mg/L).

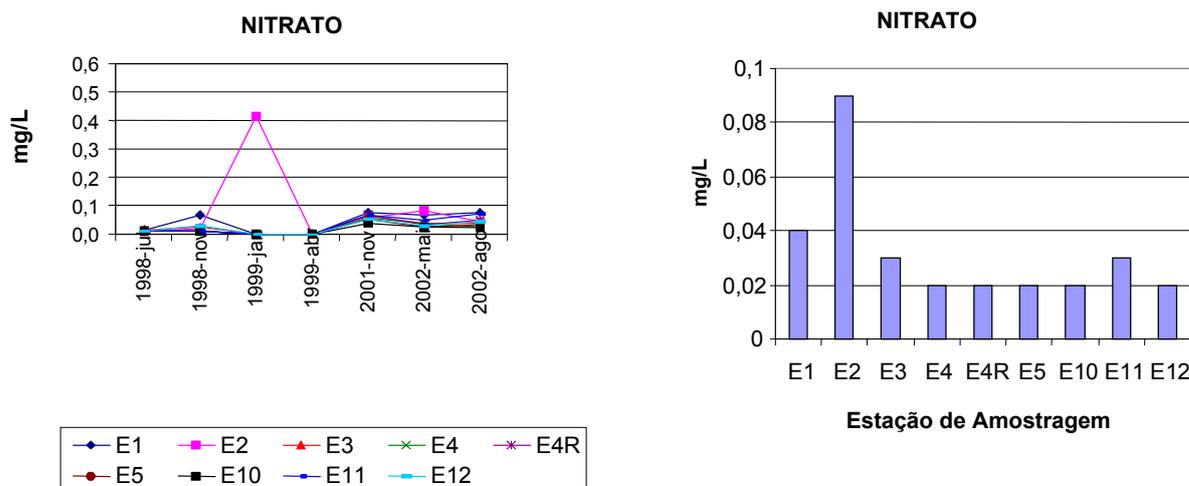


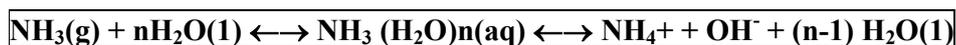
Figura 2.2.4-5: Valores médios de Nitrato nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST

#### ◆ *Amônia Total*

A amônia pode ser introduzida nos ambientes marinhos através de efluentes domésticos e industriais, descargas fluviais e pluviais e precipitação atmosférica, além de ser gerada naturalmente pelo metabolismo animal de organismos marinhos e pelos processos naturais de desnitrificação de compostos nitrogenados.

As concentrações naturais de amônia total na água do mar geralmente se encontram abaixo de 0,07 mg/L em águas oxigenadas e não poluídas, podendo ocorrer valores superiores a 1,4 mg/L em águas sob condições anóxicas (Grasshoff et al.,1983).

Os sais de amônia, presentes na água do mar, distribuem-se entre as espécies  $\text{NH}_4^+$  (íon amônio), predominante, e  $\text{NH}_3$  (amônia não ionizada), de acordo com o equilíbrio expresso pela equação a seguir:



O termo amônia total representa, assim, a soma destas duas espécies químicas (Emerson *et al.*,1975).

A concentração de amônia não ionizável é dependente não apenas da concentração total de amônia, como também do pH, temperatura e força iônica da solução aquosa. A concentração desta espécie aumenta com a elevação do pH e da temperatura e decresce com o aumento da salinidade (Emerson *et al.*, 1975; Bower & Bidwell,1978).

No período avaliado as médias de concentrações de amônia nas estações se apresentaram entre 0,09 mg/L, nas estações E1 e E3, e 0,03 mg/L, nas estações E2 e E4. Avaliando as médias por campanha de monitoramento, observa-se um incremento significativo da concentração de amônia nas duas primeiras campanhas de 2002, passando de > 0,05 mg/L em abril de 1999 (outono) para 0,08 mg/L na primavera de 2001, 0,12 mg/L na campanha de fevereiro de 2002/verão e 0,25 mg/L em maio de 2002/outono. O aumento da concentração foi observado para todos os pontos, inclusive para a estação E10 (controle) localizada mais distante do ponto de lançamento da CST (Figura 2.2.4-6). Com relação a campanha de agosto de 2002, as concentrações de amônia tornaram a diminuir, o maior valor para superfície ocorreu nas estações E1 e E2 (0,006mg/L), enquanto que no fundo o maior valor ocorreu na estação E12 (0,006mg/L)

Estudos anteriores na região indicam a ocorrência de concentrações de amônia total nos mesmos pontos de amostragem, variando entre <0,02 a 0,80 mg/L (Hidroesb, 1987) e entre < 0,01 a 2,52 mg/L (Aquaconsult, 1991).

As concentrações de amônia não ionizável (NH<sub>3</sub>), apresentaram-se muito abaixo do limite máximo recomendado pelo CONAMA (1986) que é de 0,4mg/L para as águas salinas de Classe 5. Portanto, não houve nenhuma inconformidade das concentrações de amônia com relação a legislação ambiental (Tabela 2.2.4-4).

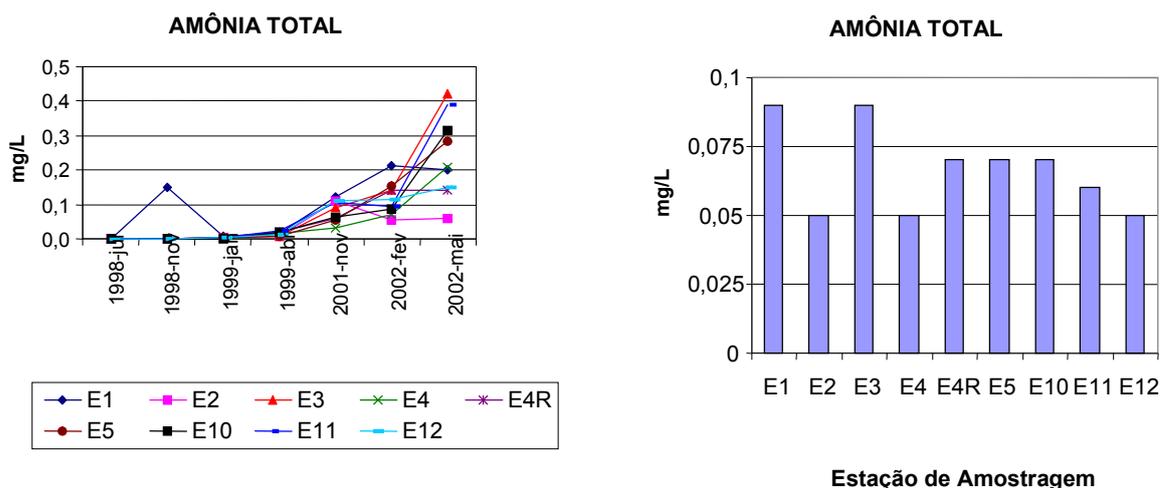


Figura 2.2.4-6: Valores médios de Amônia Total nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

#### ◆ *Fósforo Dissolvido*

A espécie química do fósforo, estudada em larga escala em todo o mundo para avaliação das possíveis influências deste elemento na produtividade primária e nos processos de eutroficação d'água costeiros são os fosfatos, compostos inorgânicos de fósforo na forma dissolvidos.

A concentração média de fósforo dissolvido no período monitorado foi de 0,02 mg/L. Os valores mais expressivos das concentrações desse micronutrientes ocorreram na amostragem dos monitoramentos de julho 1998/inverno (entre 0,03 e 0,08mg/L) e em maio de 2002/outono (média de 0,05 mg/L) (Tabela 2.2.4-4 e Figura 2.2.4-7).

As maiores médias foram registradas nas estações: E1, E11, E4 e E12. As demais estações apresentaram médias de 0,02 mg/L (Figura 2.2.4-7).

Por ser um nutriente essencial aos produtores primários, este parâmetro químico tem baixa toxicidade para os organismos marinhos, sendo que não tem seu limite máximo recomendado pelo CONAMA para águas salgadas.

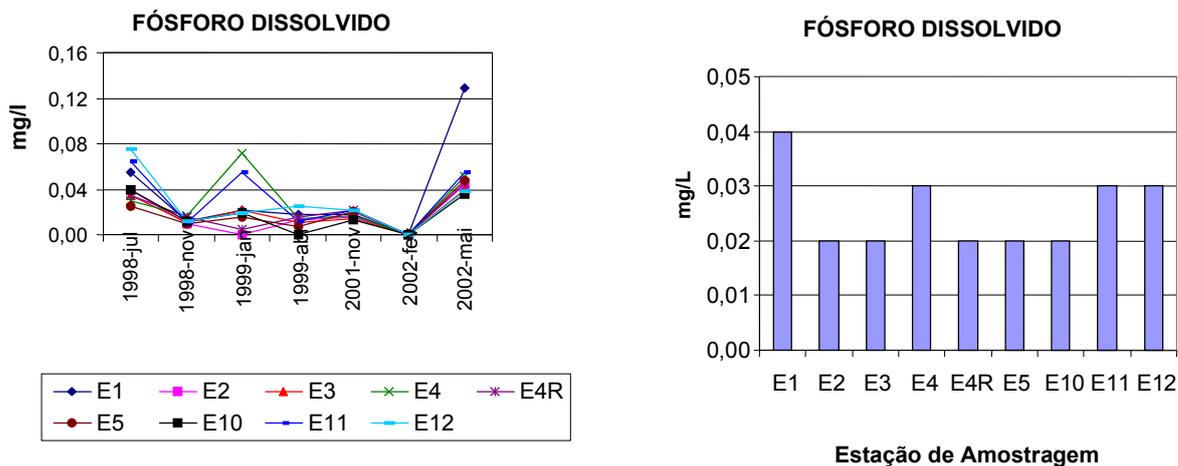


Figura 2.2.4-7: Valores médios de Fósforo Dissolvido nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

#### ◆ *Sólidos Suspensos*

A concentração média de sólidos suspensos nas estações de monitoramento foi de 21 mg/L, variando de 13 mg/L, nas estações E4 e E10, a 27 mg/L, na estação E5 (Tabela 2.2.4-4). No período avaliado, a maior média (38mg/L) foi registrada no verão de 1999 e a menor (9 mg/L) na primavera de 1998.

Não foi observada uma contribuição importante do efluente, em relação ao material em suspensão, para a região costeira próxima, tendo em vista que os dados da estação E1 não foram significativamente diferentes dos registrados nas outras estações mais distanciadas do efluente (Figura 2.2.4-8).

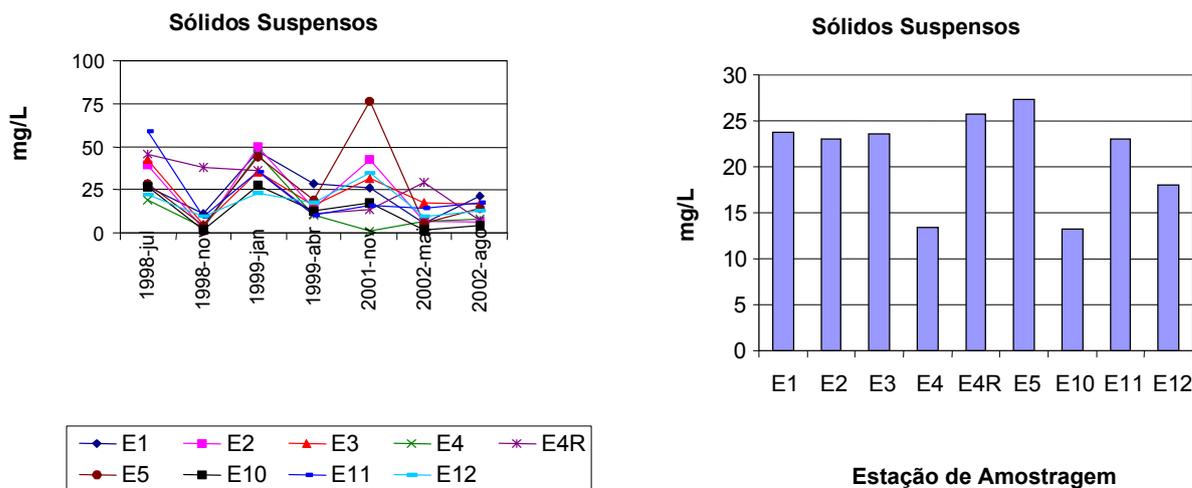


Figura 2.2.4-8: Valores médios de Sólidos Suspensos nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

#### ◆ Fluoreto

Os resultados de fluoreto se mostraram bastante homogêneos longitudinalmente em todas as campanhas, com resultados variando de 0,69 a 0,84 mg/L (média de 0,77mg/L). A estação E1, apresentou média ligeiramente acima das demais estações (0,84 mg/L). A estação E10, considerada como controle, apresentou valor médio semelhante, 0,79 mg/L (Tabela 2.2.4-4 e Figura 2.2.4-9).

Considerando o histórico da avaliação deste parâmetro na área em estudo, observa-se uma variação considerável nas concentrações. Estudo realizado em 1986 e 1987 registrou valores superiores ao limite de 1,4 mg/L do CONAMA (1986), em todas as estações de amostragem. Resultados das campanhas de monitoramento de 1993 apresentaram valores entre 0,96 e 4,40 mg/L, com valores máximos distribuídos nas estações mais próxima ao descarte do efluente. No período de 1998 a 2002, a maior média foi observada na campanha de inverno de 1998 (2,28 mg/L) e a menor, na primavera de 1999 (0,30 mg/L); campanhas realizadas em 2002 apresentaram médias de 0,72 e 0,91 mg/L, no verão e no outono, respectivamente.

Adicionalmente, deve-se ressaltar que a concentração média deste íon na água do mar de regiões oceânicas, sem influência antrópica significativa, é de 1,3 mg/L (Horne, 1969; Dietrich et al., 1980), praticamente idêntica ao limite estabelecido pela legislação federal para este constituinte em águas costeiras.

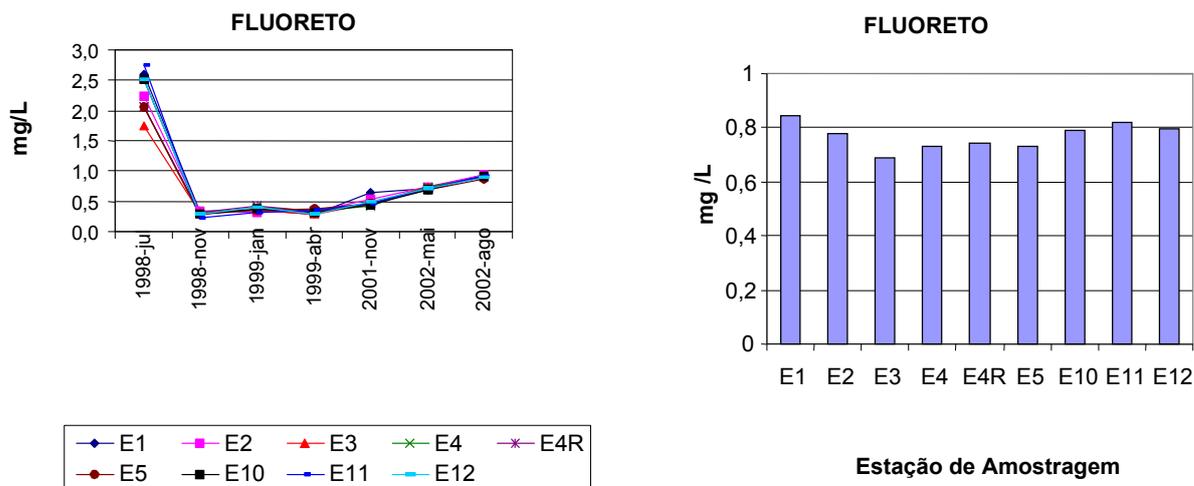


Figura 2.2.4-9: Valores médios de Fluoreto nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

◆ **Coliformes Fecais**

O grupo coliformes fecais é utilizado como indicador principalmente pelo fato de que tais organismos vivem no trato intestinal, humano e de animais de sangue quente, e que no meio aquático tendem a desaparecer devido à ação dos efeitos deletérios da radiação solar, baixa temperatura em relação ao ambiente do trato intestinal, predação por outros organismos aquáticos, floculação e sedimentação. Desta maneira, a densidade de coliformes fecais tende a decair naturalmente no meio aquático.

Considerando que o índice máximo recomendado pela legislação para águas marinhas de Classe 5 é de 1.000 NMP/100mL, em nenhuma amostragem foi evidenciado algum problema com relação a impactação por contaminação patogênica. A maior média foi observada para estação E4R (11 NMP/100mL), com maior valor registrado na campanha de janeiro de 1999/verão (66 NMP/100mL) (Figura 2.2.4-10).

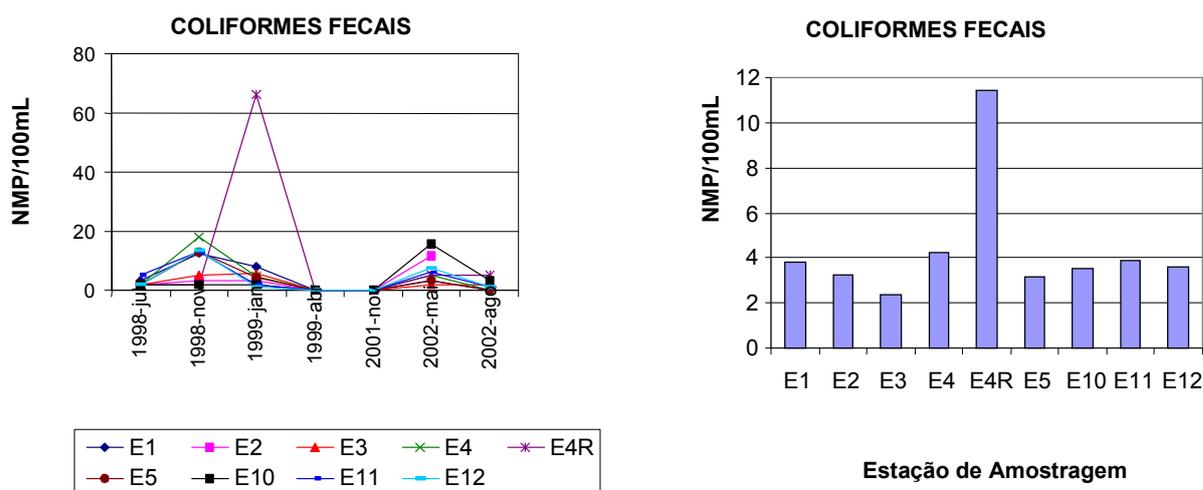


Figura 2.2.4-10: Valores médios de Coliformes Fecais nas estações de amostragem do monitoramento marinho da CST.

◆ **Óleos e Graxas**

Durante o período de monitoramento os resultados foram sempre < 5mg/L (limite de detecção do método analítico empregado) e considerados virtualmente ausentes, atendendo a legislação CONAMA N° 20/86 (Tabela 2.2.4-4).

#### ◆ *Cianeto & Fenol*

Os limites de detecção dos métodos utilizados nas análises de cianeto e fenol para as coletas realizadas no período 1998/99 estiveram acima do limite estabelecido pelo CONAMA para águas Classe 5. Os resultados em todas as estações de amostragem foram inferiores aos limites de detecção 0,01mg/L para cianeto e 0,005mg/L para fenol.

No período 2001/02 as concentrações de cianeto registradas em todas as estações, para todas as campanhas, foram inferiores ao limite de detecção do método utilizado nas análises laboratoriais (0,001mg/L). O limite preconizado pela Resolução CONAMA 20/86 para cianeto em águas Classe 5 corresponde a 0,005mg/L.

No mesmo período as concentrações de fenol observadas, tanto nas proximidades da superfície como do fundo, em todas as estações de monitoramento se apresentaram abaixo de 0,001mg/L para as campanhas de verão, outono e inverno.

Na campanha de primavera apenas as amostras coletadas próximas à superfície das Estações 2 e 3 e a coletada próxima ao fundo da Estação 2 apresentaram concentrações superiores a 0,001mg/L (0,003 - 0,003 e 0,002, respectivamente). O valor 0,001mg/L corresponde ao limite CONAMA 20/86 para águas Classe 5. Cabe observar que nas estações mais próximas do emissário da CST (E1 e E11) as concentrações ficaram abaixo de 0,001mg/L em todas as amostragens.

#### - *Metais na Água*

A concentração de metais totais na água representa a soma da fração metálica dissolvida e da fração metálica associada ao material em suspensão (0,45 µm) da coluna da água. Esta é a forma de metais referida na legislação do CONAMA (1986), com a qual os resultados deste monitoramento são comparados.

Tabela 2.2.4-5: Valores médios das concentrações dos metais Alumínio, Chumbo, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco das estações do monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS					
	Alumínio (mg/L)	Chumbo (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)
E1	0,70	<0,01	<0,01	0,82	0,02	0,02
E2	0,71	<0,01	<0,01	0,45	0,01	0,01
E3	0,93	<0,01	<0,01	0,97	0,02	0,01
E4	0,66	<0,01	<0,01	0,84	0,01	0,01
E4R	0,89	<0,01	<0,01	1,05	0,01	0,01
E5	0,72	<0,01	<0,01	0,89	0,02	0,01
E10	0,42	<0,01	<0,01	0,57	<0,01	0,01
E11	0,85	<0,01	<0,01	0,82	0,02	0,01
E12	0,82	<0,01	<0,01	2,48	0,02	0,01
<b>Média</b>	<b>0,75</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,99</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,59</b>	<b>0,01</b>	<b>0,002</b>
<b>CONAMA N°20/86</b>	<b>1,5</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,17</b>

O alumínio se mostrou, praticamente, associado ao material particulado, e o zinco apresentou maior concentração na fração solúvel. O ferro e o manganês também apresentaram maior concentração na fração particulada que na dissolvida (Tabela 2.2.4-5 e Figura 2.2.4-11). O comportamento dos elementos, Fe e Mn, no ambiente aquático é muito dependente das condições do meio, principalmente do potencial redox e do pH (Perin et al., 1997). Os resultados de zinco se mostraram bastante homogêneos, entre as frações dissolvida e particulada, não sendo observada diferença significativa entre as estações de amostragem.

A concentração média de zinco para todas as estações foi 0,01 mg/L. de forma geral, os resultados estiveram muito próximo do limite de detecção analítico ou não foram detectados. (Tabela 2.2.4-5 e Figura 2.2.4-11) Os metais cobre e chumbo apresentaram resultados sempre abaixo do limite de detecção (<0,01 mg/L) (Tabela 2.2.4-5).

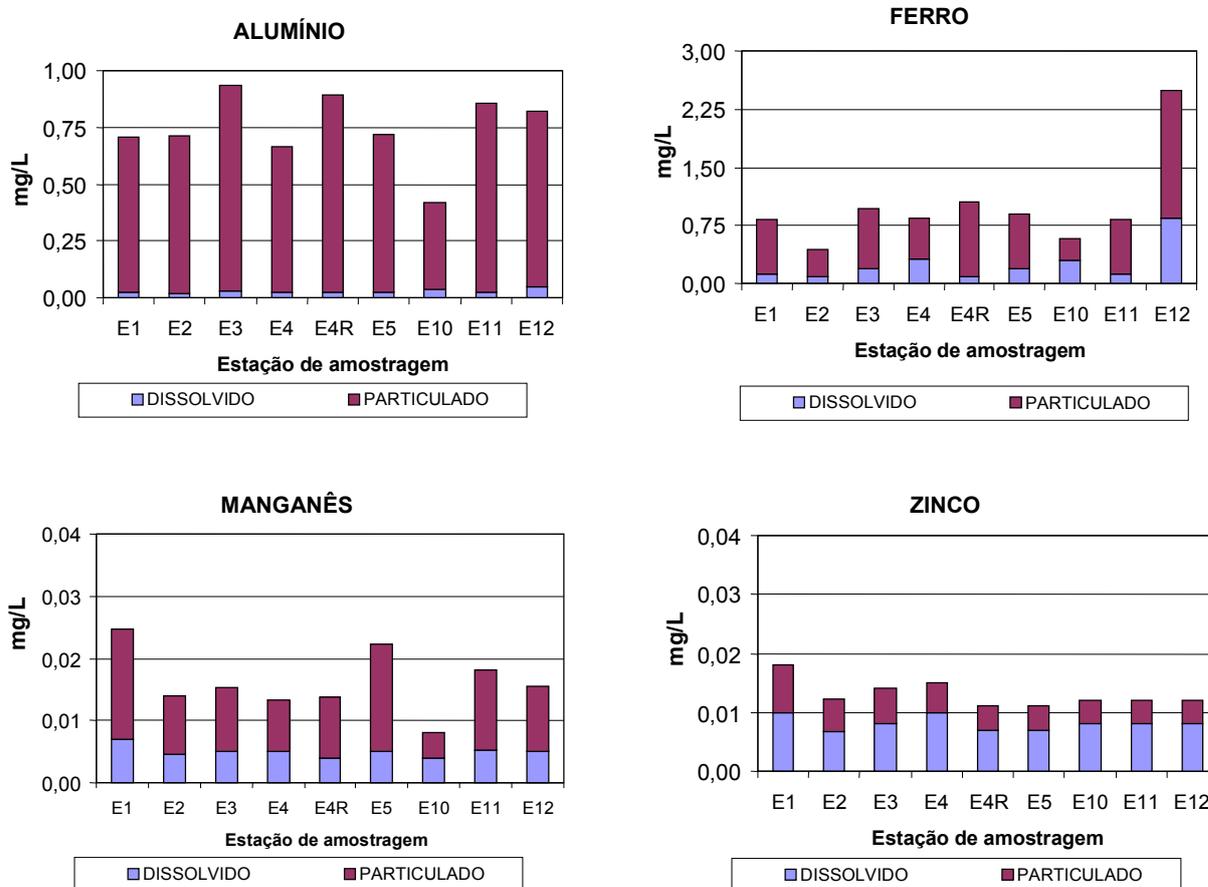


Figura 2.2.4-11: Valores médios de alumínio, ferro, manganês e zinco das estações de amostragem do monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002).

A concentração média de alumínio foi de 0,75 mg/L, com máxima na estação E3 (0,93 mg/L), e a mínima na estação E10 (0,42 mg/L). Maiores valores de alumínio foram registrados na campanha de primavera de 2001 (Tabela 2.2.4-5 e Figura 2.2.4-12).

O ferro foi o elemento que obteve a maior média de concentração, 0,99 mg/L. Os maiores valores foram observados na estação E12, com média de 2,48 mg/L. Na campanha de inverno de 1998 a concentração de ferro total nas águas de superfície foi de 9,4 mg/L e nas águas de fundo, 9,0 mg/L. A estação E2 apresentou a menor média de concentração de ferro, 0,45 mg/L (Tabela 2.2.4-5 e Figura 2.2.4-12).

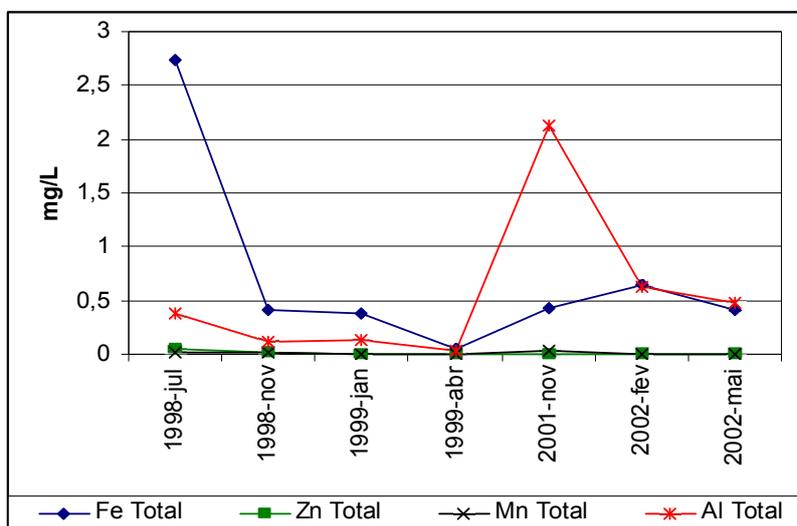


Figura 2.2.4-12: Valores médios das concentrações dos metais Alumínio, Chumbo, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco das estações do monitoramento marinho da CST, no período de monitoramento de julho de 1998 a maio de 2002.

As concentrações de ferro e alumínio na coluna d'água se apresentaram maiores no fundo que na superfície. Para os metais zinco e manganês não foi observada diferença significativa (Figura 2.2.4-13).

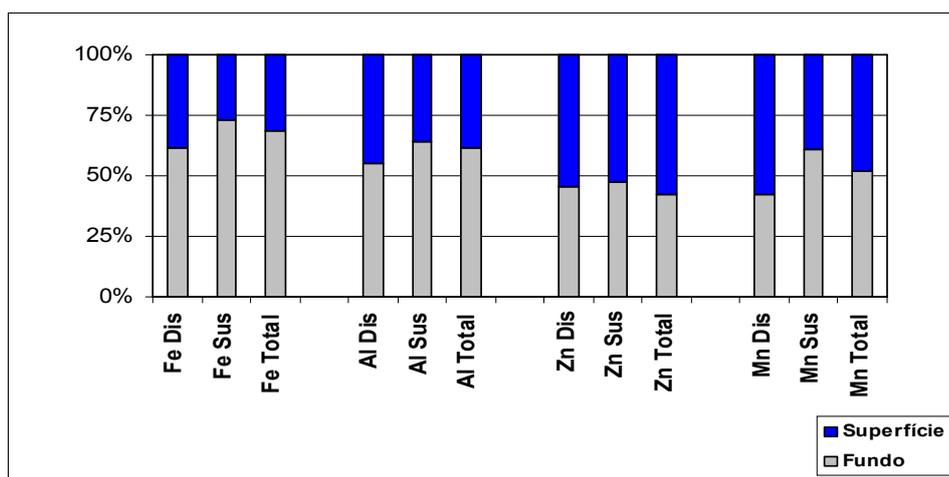


Figura 2.2.4-13: Valores médios percentuais das frações de metais dissolvido e associado ao material particulado medidos na Superfície e Fundo das estações do monitoramento marinho da CST (entre julho de 1998 e agosto de 2002)

Todos os resultados de alumínio, cobre, chumbo, manganês e zinco, apresentaram-se bem menores do que o limite máximo recomendado pelo CONAMA (1986), ficando evidente a ausência de contaminação na área estudada.

O ferro é um metal que se oxida facilmente em águas bem oxigenadas, transformando o íon ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) mais solúvel, em íon férrico pouco solúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ) com característica de colóides floculáveis (como óxidos férricos hidratados). O íon férrico pode se associar a ânions e formar compostos férricos que acabam precipitando. Desta forma, águas supridas de oxigênio, como as monitoradas, geralmente são pobres em ferro solúvel, embora possam ser ricas em ferro total, porque esta última forma química envolve a soma do ferro solúvel com o ferro em suspensão, ou particulado, existentes na coluna d'água.

O limite CONAMA para ferro total em águas Classe 5 é 0,30mg/L. Todas as estações apresentaram média de concentração de ferro acima do valor estabelecido na legislação, inclusive a estação E10, controle, localizada mais distante do ponto de lançamento do efluente da CST. É provável que estes resultados estejam relacionados com o fundo marinho local, que é composto por grandes áreas de recifes lateríticos. Apenas na campanha de outono de 1999, os valores médios de todas as estações estiveram abaixo de 0,3 mg/L.

## 2.2.2 Comunidades Planctônicas

### 2.2.2.1 Fitoplâncton

#### ◆ *Dados Secundários: Monitoramento do Efluente da CST*

Durante o ciclo de monitoramento 1998/99 foram identificados um total de 136 taxa de algas divididos em 7 classes diferentes. A grande maioria destas algas pertenceu a classe Bacillariophyceae (Diatomáceas), que são muito comuns no fitoplâncton marinho, principalmente em águas costeiras. Também foi assinalada a presença de vários grupos de fitoflagelados, que também são muito comuns nesta águas. A presença de várias espécies de algas clorofíceas e cianofíceas originárias de águas continentais ressalta a grande importância que a contribuição de águas interiores (através dos rios) têm sobre a comunidade fitoplanctônica desta área. Os valores da densidade do fitoplâncton variaram de 20 a 869 indivíduos/mL em todo o período amostral, portanto dentro de uma faixa considerada como normal para as águas costeiras do Espírito Santo. Os valores, de um modo geral ficaram bem acima do que foi registrado no ciclo de amostragem anterior (março a dezembro de 1993). A distribuição da densidade em relação à distância do ponto de lançamento do efluente da CST mostrou que as concentrações de fitoplâncton estão distribuídas em faixas relativas a sua distância do litoral. A primeira faixa, mais próxima da praia, apresenta valores mais baixos incluindo as Estações 1, 11 e 2. A segunda faixa apresenta valores mais elevados e inclui as Estações 3, 12 e 5. Na terceira faixa os valores voltam a cair e inclui as Estações 4, 4R e 10 que se encontram mais afastados da praia. O quadro geral sugere tendência a menores concentrações próximo do lançamento do efluente, bem como nas área mais distantes da costa, e maiores concentrações principalmente na faixa ao largo deste ponto de lançamento. Os valores de diversidade específica do fitoplâncton mostraram uma variação de 0,8 a 3,9 bits/indivíduo. Apesar desta faixa de variação poder ser considerada como relativamente alta, na grande maioria das situações a diversidade específica mostrou valores próximos a 3,0 bits/indivíduo, o que pode ser normal para áreas costeiras.

Na Tabela 2.2.2.1-1 estão listados os taxa de algas fitoplanctônicas identificados nas 9 estações de amostragem durante o monitoramento de 2001/2002. Foram identificados um total de 97 taxa ao longo das quatro campanhas, divididos em 6 classes diferentes, sendo 53 pertencentes a classe Bacillariophyceae (Diatomáceas), 13 a classe Dinophyceae, 11 a classe Chlorophyceae, 3 a classe Cyanophyceae, 3 a classe Cryptophyceae, 4 a classe Haptophyceae e mais 8 fitoflagelados ainda não classificados. O maior número de taxa foi registrado na primeira campanha (novembro/01), com 91 taxa. Na segunda campanha (fevereiro/02) este número caiu para 60 taxa, voltando a subir para 71 na terceira campanha (maio/02) e voltando a cair para 63 taxa na última campanha (agosto/02).

A riqueza de espécies em cada estação de coleta pode ser observada na Figura 2.2.2.1-1. O número total de taxa de algas fitoplanctônicas identificados em todo período não se diferencia muito em sua composição e pode ser considerado como normal para águas costeiras sujeitas à influência continental, mostrando uma estabilidade na região. Não foi identificada nenhuma alga estranha para as águas costeiras do Espírito Santo.

A densidade numérica mostrou maior variação, principalmente entre fevereiro/02, quando foi registrado o menor valor (2 indivíduos/ml) e maio/02, quando foi registrado o maior valor (236 indivíduos/ml). Na maioria das situações os valores de densidade foram maiores na superfície do que no fundo, o que corresponde a um quadro normal para as águas costeiras.

A diversidade específica (Figura 2.2.2.1-2) mostrou menor variação do que a densidade, variando de 0bits/indivíduo (apenas 1 espécie) em fevereiro/02 a 3,7bits/indivíduo, em novembro/02. Entretanto, a maioria dos valores manteve-se ente 2 e 3bits/indivíduo, o que pode ser considerado como normal para águas costeiras.

Os 3 grupos de algas que mostraram maior representatividade na composição quantitativa do fitoplâncton (Figuras 2.2.2.1-3 e 2.2.2.1-4) foram os fitoflagelados, as clorofíceas e as diatomáceas, sendo os fitoflagelados e as clorofíceas predominantes, principalmente, em novembro/01 e fevereiro/02 e as diatomáceas, principalmente, em maio e agosto/02. As clorofíceas são principalmente de origem continental e mostram influência estuarina na área de monitoramento, mas foi o menos dominante dos 3 grupos principais. Os fitoflagelados e diatomáceas são típicos do fitoplâncton marinho e é muito comum a sua abundância nos ambientes costeiros, podendo ser dito que, dos 3 grupos mais representativos, as diatomáceas foram as mais importantes, o que pode ser considerado como normal para as águas costeiras do Estado.

Tabela 2.2.2.1-1: Inventário do fitoplâncton coletado nas estações da área de monitoramento marinho da CST (2001/02).

---

BACILLARIOPHYCEAE (Diatomáceas)  
*Actinoptychus splendens* (Ralfs) Chadbold  
*Amphiprora alata* Kützing  
*Amphiprora alata* Kützing  
*Amphora* sp.  
*Asterionella japonica* Cleve  
*Bacillaria paradoxa* Gmelin  
*Bacteristrum delicatulum* Cleve  
*Ballerochea malleus* (Brightwell) Van Heurck  
*Biddulphia longicruris* Greville  
*Biddulphia obtusa* Kützing  
*Biddulphia pulchella* S.F. Grey  
*Ceratulina pelagica* (Cleve) Hendey  
*Chaetoceros atlanticus* Cleve

---