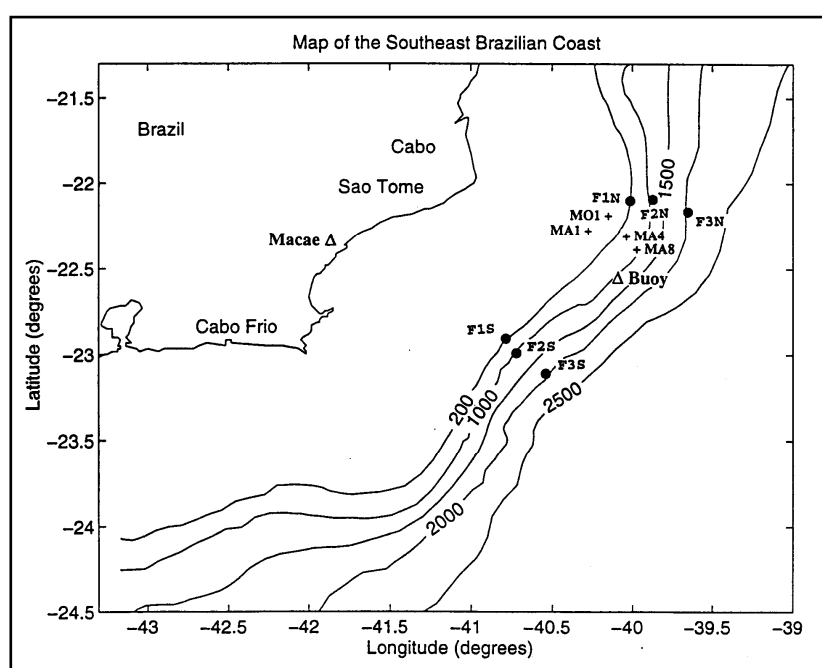


3.1.3 - OCEANOGRAFIA FÍSICA

TEMPERATURA E SALINIDADE DA ÁGUA DO MAR

A intensa dinâmica oceanográfica da região onde se encontra a plataforma de exploração Marlim Sul imprime à massa d'água local características muito específicas.

Lima (1997) realizou perfilagens com CTD nos pontos mostrados na Figura 3.1.3-1, e através dos resultados obtidos determinou a distribuição vertical da temperatura potencial e da salinidade (Figura 3.1.3-2) e ao longo da seção formada pelas linhas de fundeio F1N, F2N e F3N (Figura 3.1.3-3).



Fonte: Lima, 1997

Figura 3.1.3-1: Localização geográfica dos pontos de coleta de informações correntométricas junto ao fundo (+), dos pontos de fundeio para correntometria na massa d'água (•), e da estação meteorológica (Δ).

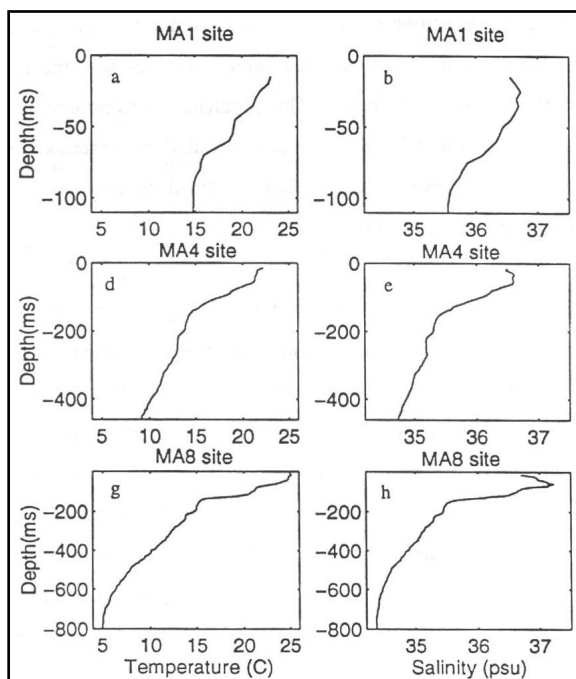
Tendo em vista esses trabalhos, e outras referências constantes da literatura, as massas d'água encontradas na região de Marlim Sul são:

Água Tropical (AT) – corresponde às águas transportadas para sul pela Corrente do Brasil. Sua maior profundidade varia entre 100 a 400m em função dos deslocamentos longitudinais nos dois ramos desta corrente e, próximo à costa, de fatores como a ressurgência. Apresenta temperaturas e salinidades altas sendo definida pelos limites $18^{\circ}\text{C} < T < 27^{\circ}\text{C}$, $S > 36$ (Harari in Tommasi, 1994).

Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – flui para norte, abaixo da AT e até cerca de 700m. Apresenta temperaturas e salinidades mais baixas e é definida pelos limites $6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$; $34.5 < S < 36$ (Miranda, 1985; Lima, 1997).

Água Intermediária Antártica (AIA) – flui no sentido norte se estendendo até cerca de 1.100m de profundidade. Suas águas são frias e apresentam a mais baixa salinidade dentre as presentes na área em questão, seus limites são $T = 6^{\circ}\text{C}$, $S < 34.4$, Signorini (1978);

Água Profunda Circumpolar Superior (APCS) – também flui para norte atingindo profundidades de cerca de 1.500m. É definida pelos limites $T = 2^{\circ}\text{C}$; $S \leq 34.7$ (Schmidt, 1995).

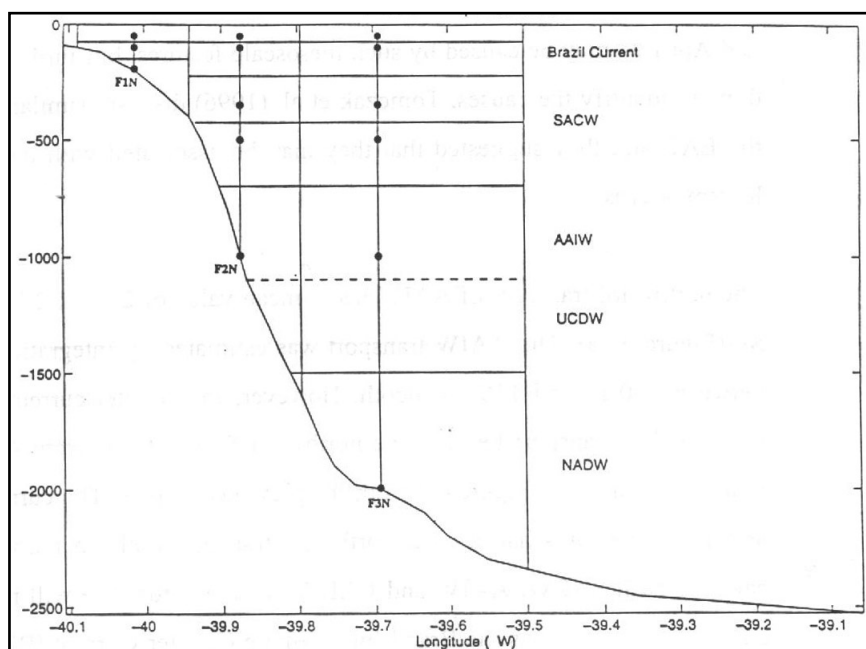


Fonte: Lima, 1997

Figura 3.1.3-2: Perfis de temperatura e salinidade obtidos juntos aos pontos de fundo MA1, MA4 e MA8.

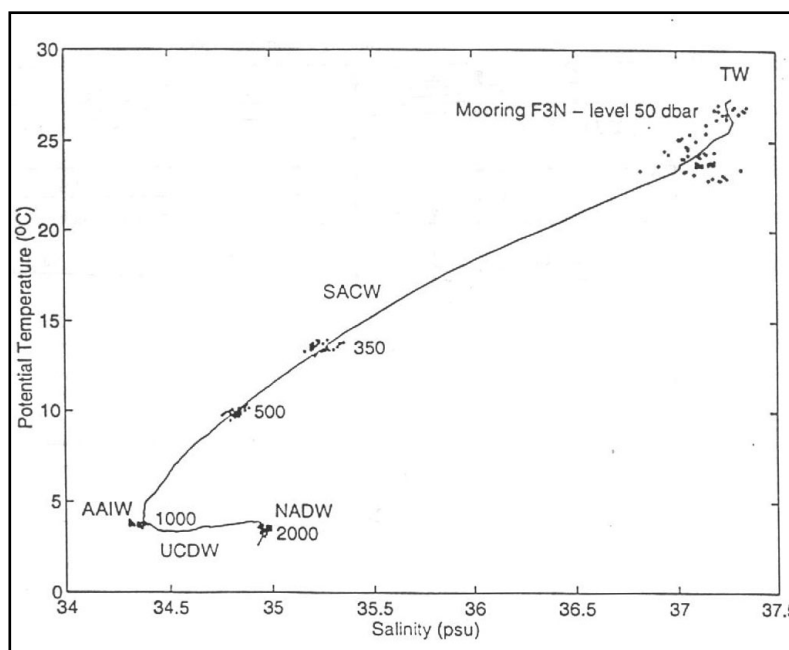
Junto à costa é encontrada também a Água Costeira (AC) caracterizada por baixa salinidade e alta temperatura e que sofre forte influência do aporte continental. Abaixo da APCS tem-se a Água Profunda Superior do Atlântico Norte - APSAN ($T = 3.7^{\circ}\text{C}$; $S = 34.95$) (Lima, 1997).

Nas Figuras 3.1.3 -3 e 3.1.3-4 é apresentado o diagrama esquemático da distribuição das massas d'água e o diagrama exibindo as relações entre os parâmetros temperatura e salinidade que as definem.



FONTE: Lima, 1997.

Figura 3.1.3-3: Diagrama esquemático da distribuição vertical das massas d'água na seção FIN, F2N e F3N. Os pontos sobre as linhas de fundoio indicam as profundidades dos correntógrafos. A Corrente do Brasil transporta a AT, SACW corresponde à ACAS, AAIW é a AIA, UCDW é a APCS e NADW é a APAN



Fonte: Lima, *op. cit.*

Figura 3.1.3-4: Valores de T e S nas mesmas profundidades dos equipamentos utilizados no fundoio F3N (Lima, 1997). Cada ponto representa uma aquisição naquela profundidade. As massas d'água são definidas através de diagramas T-S assemelhados a este.

A ACAS é a água que aflora durante a ressurgência que ocorre frequentemente em Cabo Frio e, em menor escala, nas proximidades do Cabo de São Tomé. É, portanto, a responsável por condições ambientais bastante características nessa região, que alteram o microclima local e provocam a alta produtividade observada nessas águas. Esta massa d'água dispõe grande quantidade de nutrientes no meio.

Durante o verão (quando a entrada de sistemas frontais ocorre com menor frequência e os ventos de nordeste são mais intensos e duradouros) a ressurgência torna-se mais forte e a ACAS pode ser encontrada em profundidades menores que durante o inverno, chegando a ocupar mais da metade da plataforma continental no trecho que vai de Cabo Frio ao Cabo de São Tomé (Harari *in* Tommasi, 1994).

A seguir, na Tabela 3.1.3-1 e Figura 3.1.3-5, são apresentados valores sazonais de temperatura e salinidade publicados pelo programa REVIZEE (Silva e Alvarenga, 1995) que foram obtidos através da compilação de dados obtidos na região desde a década de vinte.

Tabela 3.1.3-1: Temperatura e Salinidade nas proximidades de Marlim Sul. Para a profundidade de 500m os dados se referem às coordenadas 22.50°S e 39.50°W e foram obtidos a partir de tabela anexa à publicação. As demais foram extraídas de cartas com a distribuição horizontal dos parâmetros. Profundidade em metros e temperatura em ° Celsius.

Profundidade	VERÃO		OUTONO		INVERNO		PRIMAVERA	
	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade	Temperatura	Salinidade
0	23.5	36.7	21.5	36.8	21.4	36.7	22.5	36.8
50	24.5	36.7	21.4	36.8	21.4	36.7	22.4	36.8
100	21.5	36.6	21.3	36.6	21.2	36.5	21.3	36.6
200	17.4	33.8	17.6	33.7	16.8	33.6	17.4	33.8
500	9.76	34.806	10.36	34.876	não disponível		9.7	34.825

Fonte: Silva e Alvarenga, 1995

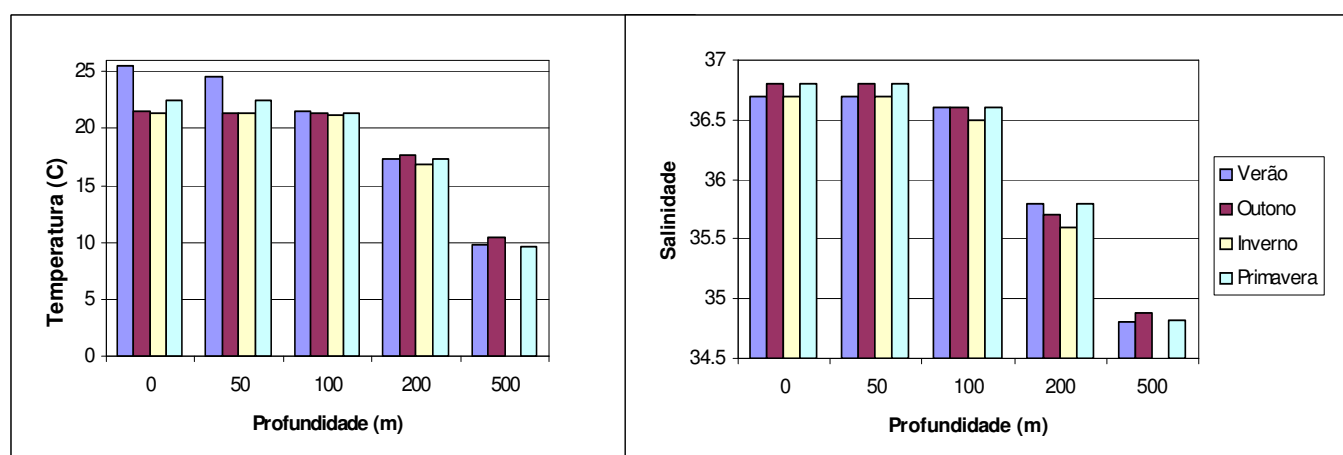


Figura 3.1.3-5: Temperatura e Salinidade nas Profundidades de 0, 50, 100, 200 e 500m nas Quatro Estações do Ano. Note que o eixo da salinidade foi ajustado a fim de permitir melhor visualização dos dados. (Dados: Silva e Alvarenga, 1995)

Em pequenas profundidades, a temperatura atinge valores sensivelmente mais altos durante o verão enquanto que abaixo dos 50m há uma maior uniformidade ao longo do ano. Isto acontece devido à maior insolação nesta época. Junto à costa, e principalmente em Cabo Frio, a maior intensidade da ressurgência durante o verão torna as temperaturas superficiais menores chegando a serem inferiores à média do inverno.

Ao contrário do verão e da primavera, as temperaturas de outono e inverno são relativamente uniformes até os 100m evidenciando a termoclina sazonal naqueles períodos de insolação mais intensa.

Com relação à salinidade, as três primeiras profundidades pertencem à mesma massa d'água (AT) enquanto que a 500m os valores referem-se a ACAS. Em 200m há um valor intermediário que evidencia a mistura entre as duas massas.

REGIME DE CORRENTES

A área de estudo encontra-se numa região sujeita a grande variabilidade hidrodinâmica tanto horizontalmente (variações no núcleo da Corrente do Brasil, que aí passa) quanto verticalmente (ressurgência/subsidência), conforme abaixo descreve-se.

Na Bacia de Campos, entre o Cabo de S. Tomé e Cabo Frio, aproximadamente sobre a quebra da plataforma continental, flui a corrente do Brasil na direção sudoeste, apresentando um estreitamento no seu lado oriental (devido a um cisalhamento ciclônico) durante a maioria dos meses (Signorini, 1976). O núcleo da corrente possui grande variabilidade sazonal, afastando-se para o largo durante o inverno (Paviglione e Miranda, 1985), embora acompanhe o formato da costa durante praticamente o ano todo (Lima, 1997).

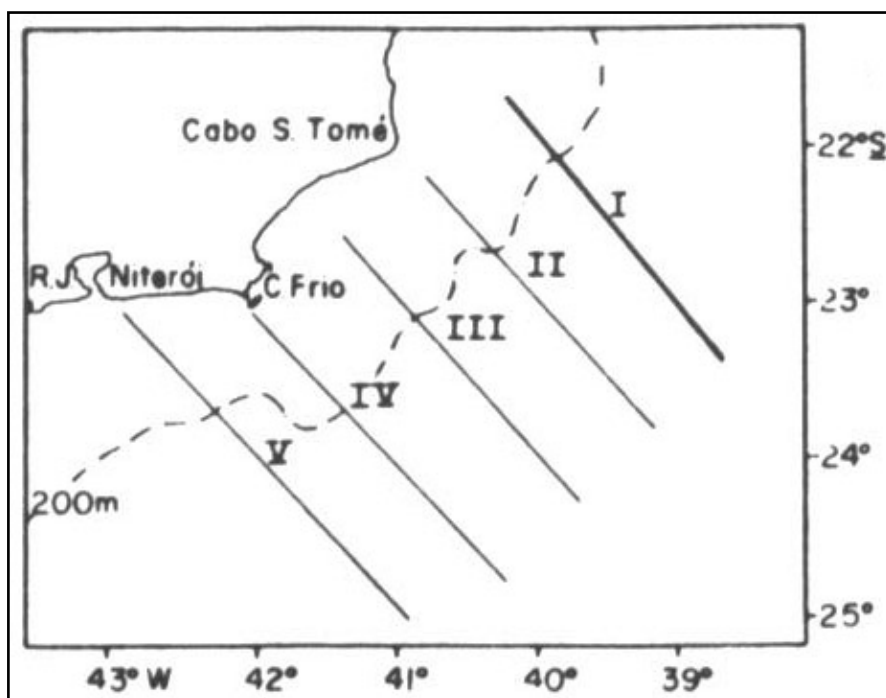
Silva (1965) afirma que nesta região a Corrente do Brasil apresenta uma circulação complexa, constituída de meandros e vórtices de caráter migratório. Mascarenhas Jr. e colaboradores (1971) determinaram a existência de vórtices anti-ciclônicos na região de Cabo Frio e uma intensificação da velocidade geostrófica na borda da plataforma com valores atingindo 70cm/s.

Na região pode-se discriminar duas etapas no fenômeno da ressurgência. Numa delas, mais sazonal, se processa a aproximação da Água Central do Atlântico Sul – ACAS, pelo fundo na região costeira, e ascensão em Cabo Frio. Está vinculada ao afastamento para o largo do núcleo da corrente do Brasil, devido ao predomínio do vento climatológico de NE e ENE, durante os meses de setembro a abril. A segunda ocorre devido à ação continuada e intensa de ventos E e ENE, de caráter sinótico, que proporcionam, por vezes, o afloramento da ACAS.

A subsidência ocorre em situação de passagem de frentes frias, quando os sistemas pós-frontais provocam a aproximação, em direção à costa, do núcleo da corrente do Brasil, a submersão de águas frias e o seu deslocamento em direção ao largo, pelo fundo.

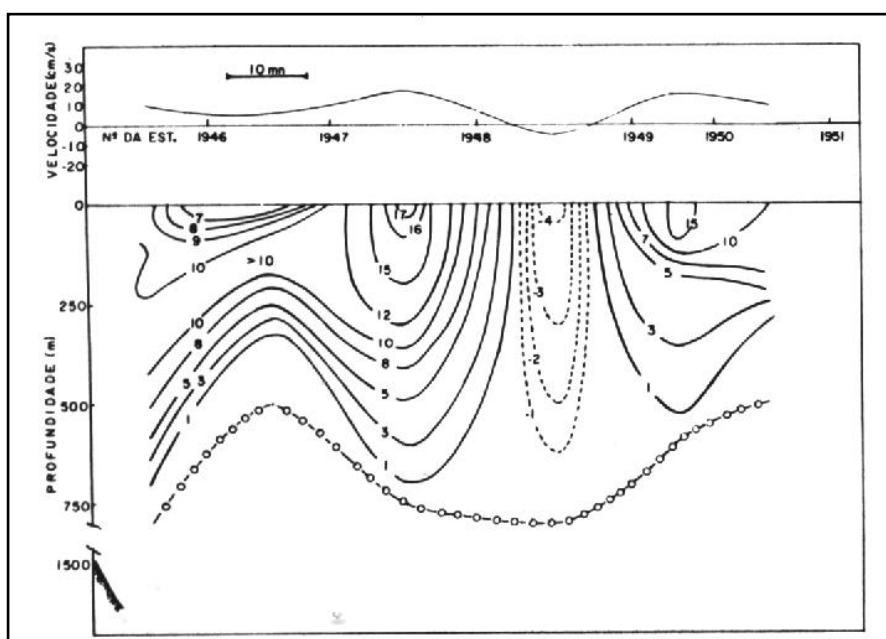
O transporte da Corrente do Brasil é calculado como sendo de $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Warren, 1966), valor comparativamente menor que as demais correntes de contorno oeste do hemisfério norte e Garfield (1990) concluiu que, de forma geral, ela transporta menos do que 20 Sv.

As Figuras 3.1.3-6 a 3.1.3-11 apresentam a localização das seções estudadas no trabalho de Signorini (1976), e as estruturas verticais da velocidade geostrófica calculada para as mesmas. A partir das informações constantes nessas figuras e nos trabalhos de Lima (1997) (Figuras 3.1.3-12 a 3.1.3-16) e Miranda (1985) apresentam-se algumas informações para a área de estudo, a seguir expostas.



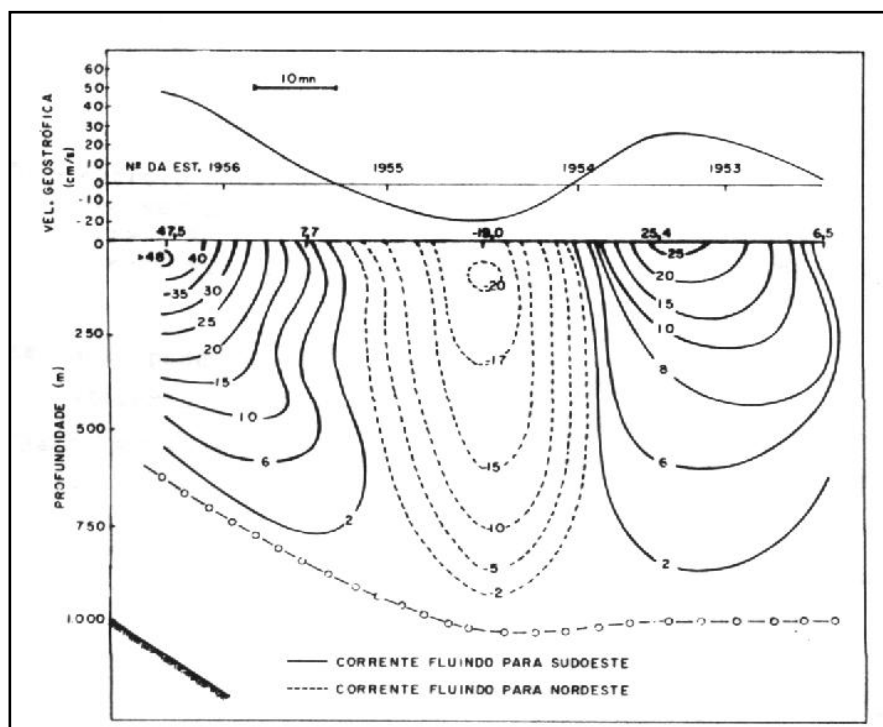
Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-6: Localização das seções estudadas destacando-se a seção I que se situa mais próxima à área estudada.



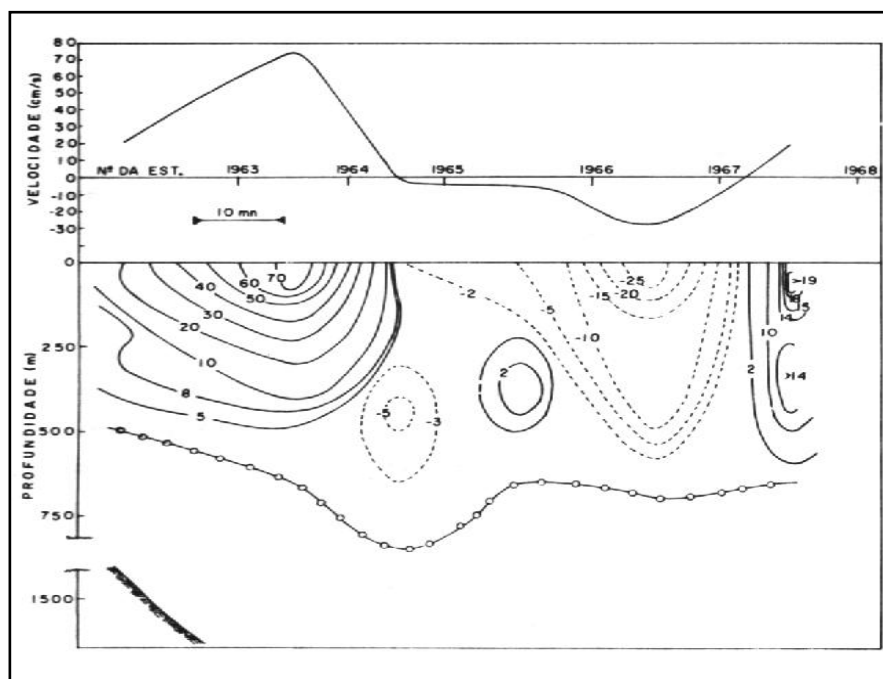
Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-7: Perfil da velocidade geostrófica para a seção I.



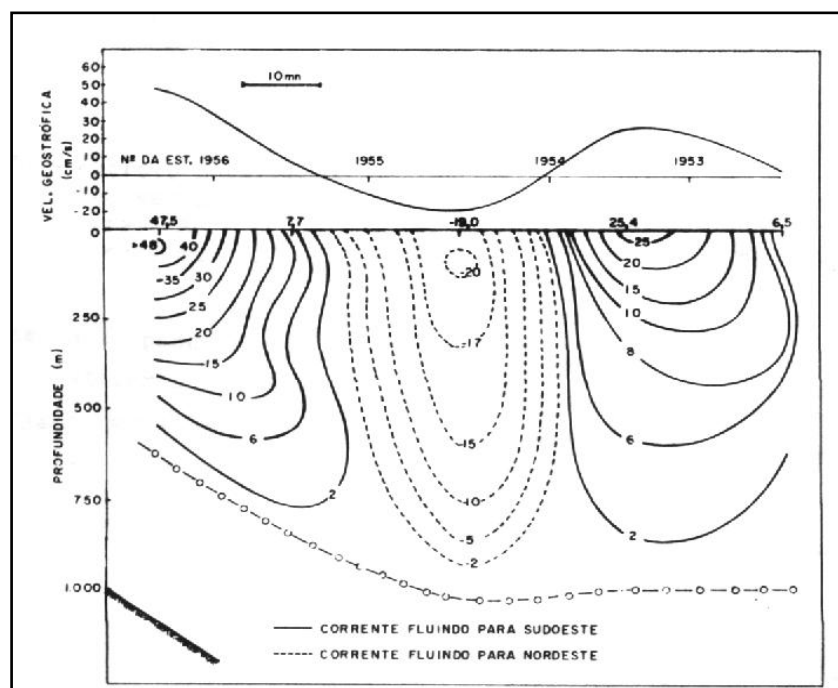
Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-8: Perfil da velocidade geostrófica para a seção II.



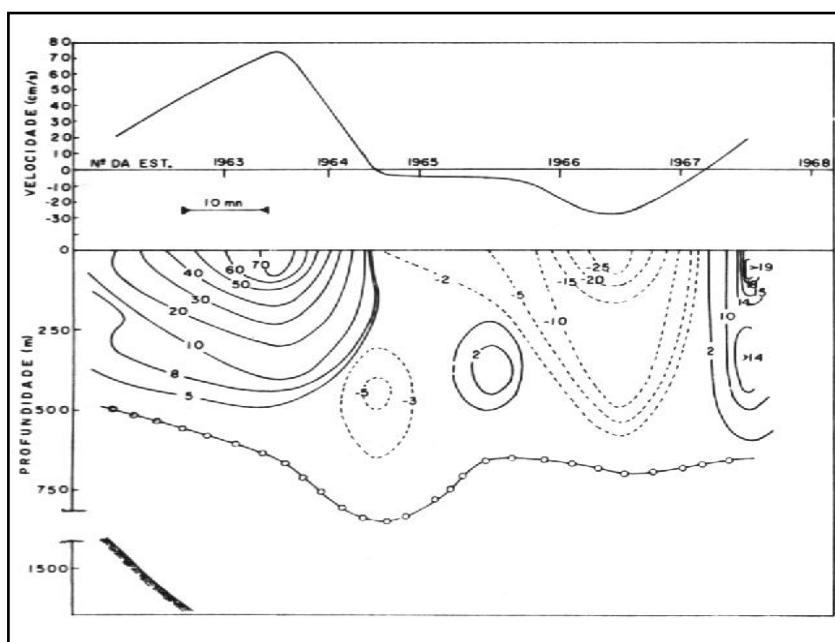
Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-9: Perfil da velocidade geostrófica para a seção III.



Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-10: Perfil da velocidade geostrofica para a seção IV.



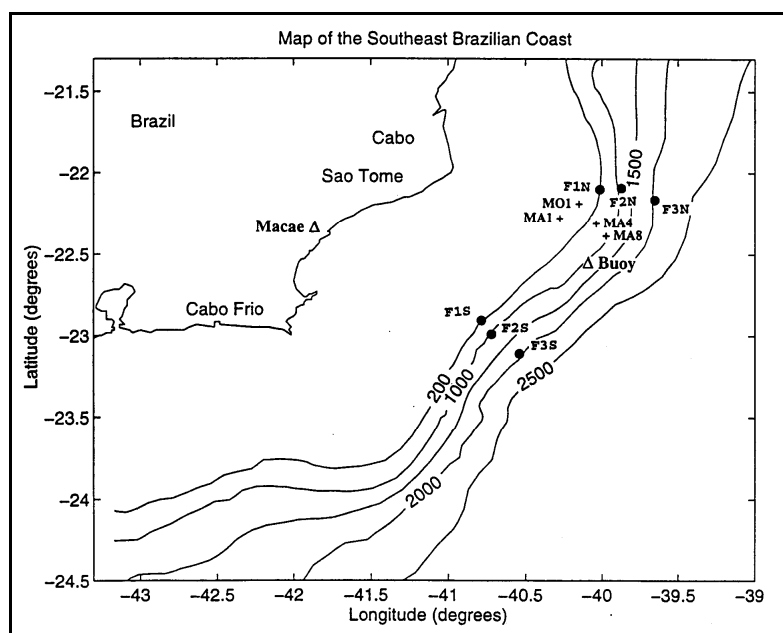
Fonte: Signorini, 1976

Figura 3.1.3-11: Perfil da velocidade geostrofica para a seção V.

O valor máximo de corrente geostrófica encontrado para a superfície na seção I foi de 18,5 cm/s, sendo encontradas também velocidades negativas, o que indica existência de fluxo para nordeste, decorrente de um vórtice presente nesse local. Na seção II a velocidade superficial da Corrente do Brasil na sua parte mais costeira atinge o valor máximo de 50 cm/s, aparece também uma contra-corrente causada pelo vórtice anti-ciclônico e, na parte mais oceânica, os valores superficiais são de 25 cm/s. Na seção III encontramos também os dois ramos da corrente, separados pela contra-corrente, com velocidades máximas superficiais de 75, 18 e 26 cm/s, respectivamente para o ramo mais próximo da costa, o mais distante e a contra-corrente. Na seção IV os dois ramos juntam-se e a velocidade máxima é de 62 cm/s. Na seção V aparecem valores negativos à superfície, indicando fluxo para nordeste, com velocidade máxima de 20 cm/s. Posteriormente, o fluxo volta a se dirigir para sudoeste.

Assim, dos resultados de Signorini (1976) pode-se pontuar que a Corrente do Brasil é separada em dois ramos por um vórtice anti-ciclônico. O ramo principal flui nas vizinhanças do talude, portanto na região de estudo, com velocidade máxima de cerca de 70 cm/s e o outro, a leste do vórtice, atinge velocidade máxima perto de 30 cm/s.

Lima (1997) estudou os dados fornecidos por linhas de fundeio instaladas na Bacia de Campos cuja localização está na Figura 3.1.3-12. A análise dos dados permite estabelecer as direções preferenciais das correntes que são apresentadas nas Figuras 3.1.3-13 e 3.1.3-14 para 50m de profundidade.



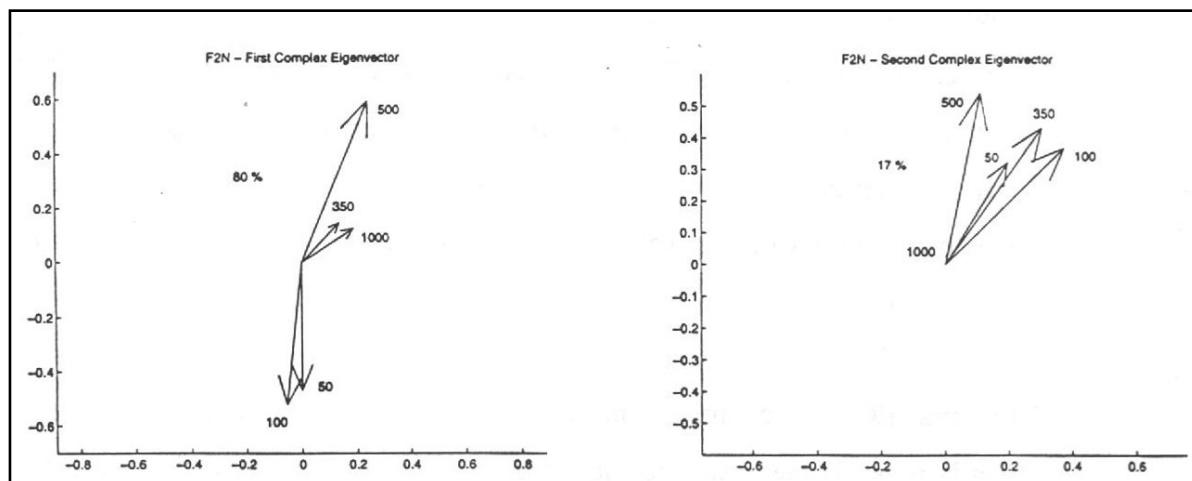
Fonte: Lima, 1997

Figura 3.1.3-12: Localização geográfica dos pontos de coleta de informações correntométricas junto ao fundo (+), dos pontos de fundeio para correntometria na massa d'água (•), e das estações meteorológicas (Δ).

FIGURA 3.1.3-13: DIREÇÃO PREFERENCIAL DAS CORRENTES A 50M DE PROFUNDIDADE. O PRIMEIRO VERSOR REPRESENTA 77% DOS CASOS.

(A3)

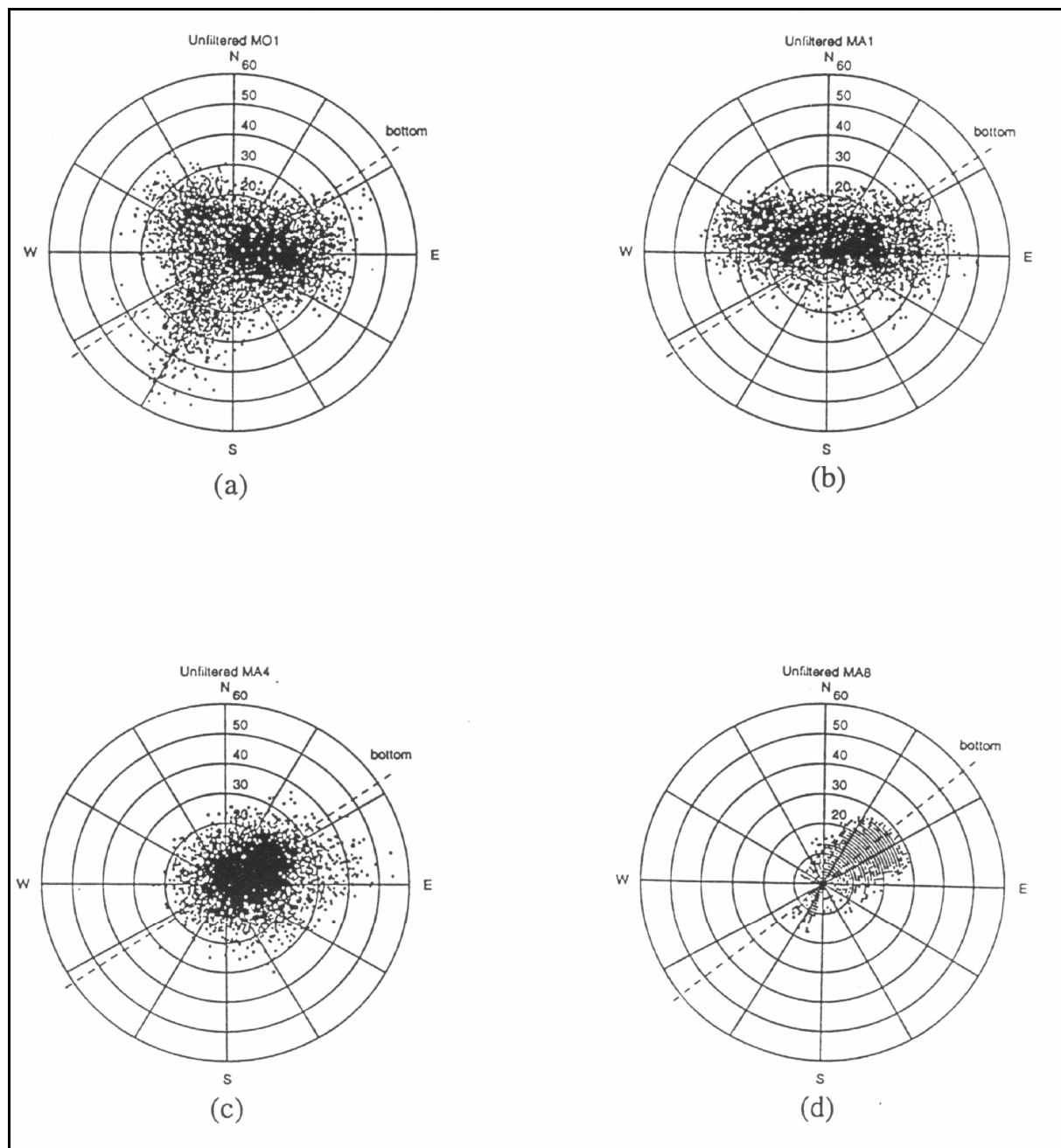
O NOME DESTA ARQUIVO É FIGURA 3.1.3-13



Fonte: Lima, 1997.

Figura 3.1.3-14: Estatística da direção preferencial das correntes obtidas no fundeio F2N para as profundidades de 50, 100, 350, 500 e 1000m. Primeiro versor (80%) e segundo versor (17%).

A distribuição dos dados brutos obtidos em gráficos radar (Figura 3.1.3-15) permite observar, na plataforma continental externa (b), fluxos dominantes para oeste (em direção à costa), e para leste (em direção ao largo), portanto relativamente oblíquos à orientação do fundo, com predominância de velocidades até 20 cm/s e, extremamente, encontrando-se fluxos superiores a 40 cm/s. A maior frequência de pontos no hemisfério norte indica predominância de correntes conduzindo águas de fundo de sul para norte.



Fonte: Lima, 1997.

Figura 3.1.3-15: Gráficos-radar das aquisições correntométricas obtidas junto ao fundo, sendo a diagonal tracejada correspondente à sua orientação.

Na quebra da plataforma (a) continua-se a perceber fluxos com velocidades similares em direção à costa e ao largo. No entanto numa posição mais perpendicular à orientação do fundo, bem como a existência de velocidades que chegam próximas a 60 cm/s para sul-sudoeste, tornando a dispersão dos pontos mais centralizada. Em ambos os pontos, portanto, são verificadas alternâncias entre correntes ascendentes (em direção à costa) e descendentes (em direção ao largo) com clara relação, segundo Lima (*op. cit.*), com o regime de ventos de nordeste e correntes ascendentes, e ventos de sudoeste – frentes frias – e correntes descendentes. Na quebra da plataforma, adiciona-se a influência sobre o fundo da Corrente do Brasil, de fluxo dominante para sul-sudoeste.

No talude superior encontra-se maior frequência de velocidades inferiores a 20 cm/s com raros superiores a 50 cm/s, em sua maioria dispostos paralelos a orientação do fundo e para nordeste. No talude médio, apesar do pouco período de aquisição, nota-se o mesmo comportamento verificado no talude superior, no entanto com fluxos que não excedem 30 cm/s.

Os fluxos transversais em F1N se apresentam com intensidades de maior amplitude e frequência para leste de maio a dezembro de 1994, sendo notável a inversão deste comportamento entre julho até meados de agosto, provavelmente associado à ocorrência de frentes frias que empurram a Corrente do Brasil em direção ao largo. Do final de agosto a início de setembro, a forte inversão de fluxos aponta para a ocorrência de ressurgência. De dezembro a maio de 1995, embora os fluxos sejam preponderantes para leste e mais intensos do que o período anterior (com exceção de meados de agosto a setembro), são similares aos encontrados em F2N, e ambos menos intensos do que os fluxos obtidos em F3N. Nesta época do ano, a preponderância, em frequência e intensidade de ventos de nordeste, favorecem o fenômeno da ressurgência (Silva, *op. cit.*). Em F2N e F3N, de agosto a dezembro de 1994, os fluxos se apresentam comparativamente menos intensos e distribuídos, a grosso modo, para leste e oeste.

A 500 metros, em F2N e F3N, bem como a 1000 de profundidade em F3N, observa-se, ao contrário das águas mais superficiais, a preponderância de fluxos para norte que decrescem em intensidade, tanto em relação ao distanciamento da costa, quanto em profundidade.

A 500 metros de profundidade em F2N percebe-se correntes transversais à costa de menores velocidades do que as obtidas ao longo da costa, ligeiramente mais frequentes para oeste de maio a janeiro, quando passam a ser mais frequentes e intensas a corrente para leste. Em F3N são encontradas componentes com o mesmo grau de intensidade da anterior de maio a dezembro, porém mais igualmente distribuídas para leste e para oeste, e posteriormente comportam-se de forma semelhante ao observado, em F2N no mesmo período. A 1000 metros, de meados de julho a meados de dezembro, as componentes também se apresentam distribuídas de forma equilibrada para leste e oeste, a partir daí aumentando em intensidade e em frequência de direções para leste.

Assim, podemos sintetizar que a camada mais superficial apresenta fluxos dominantes para sul, evidenciando a Corrente do Brasil em toda a região em investigação, enquanto que as camadas mais profundas, ao contrário, exibem fluxos dominantes para norte.

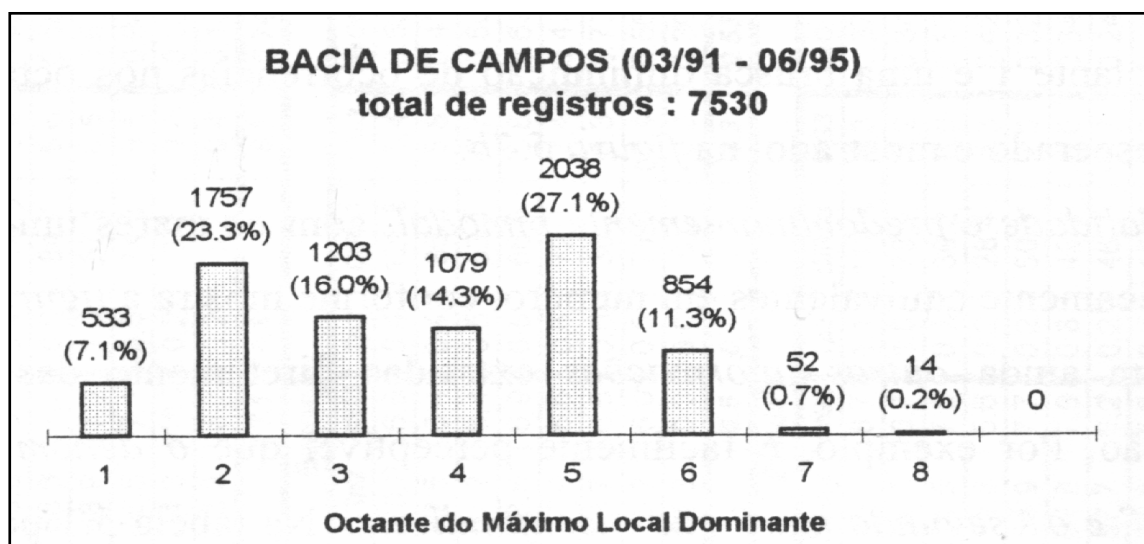
REGIME DE ONDAS

A natureza das ondas e de sua geração, permite que dados obtidos em estações de mar aberto da Bacia de Campos sejam, genericamente, aplicados à ela como um todo.

Assim sendo, neste estudo utilizaram-se os trabalhos apresentados por Seixas (1997, dados obtidos através de bóias oceanográficas da PETROBRAS nas coordenadas 22° 31'S / 39° 58'W no período de 03/1991 a 03/1993 e nas coordenadas 22° 37'S / 40° 11'W de 01/1994 a 06/1995) PETROBRAS (1999, Relatório Interno ETBC-01) e Souza(1988, 22° 22' 23.59S / 040° 25' 06.46W de 06/85 a 05/86).

O mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20 e 10s de período oriundas do octante Sul, seguido por ondas entre 10s e 6,6s oriundas dos octantes Leste e Nordeste. Estes três mares juntos totalizaram mais da metade das ocorrências estudadas na região (Seixas, 1997). Individualmente o maior número de ocorrências esteve na faixa de 4-6s com alturas de 0.5 a 1m (PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

Com relação puramente à direção, predomina o octante Sul seguido por Nordeste, em menor escala os octantes Leste, Sudeste e Sudoeste, com fraca ocorrência do Norte e pouquíssimos casos de Oeste e Noroeste (Figura 3.1.3-16).



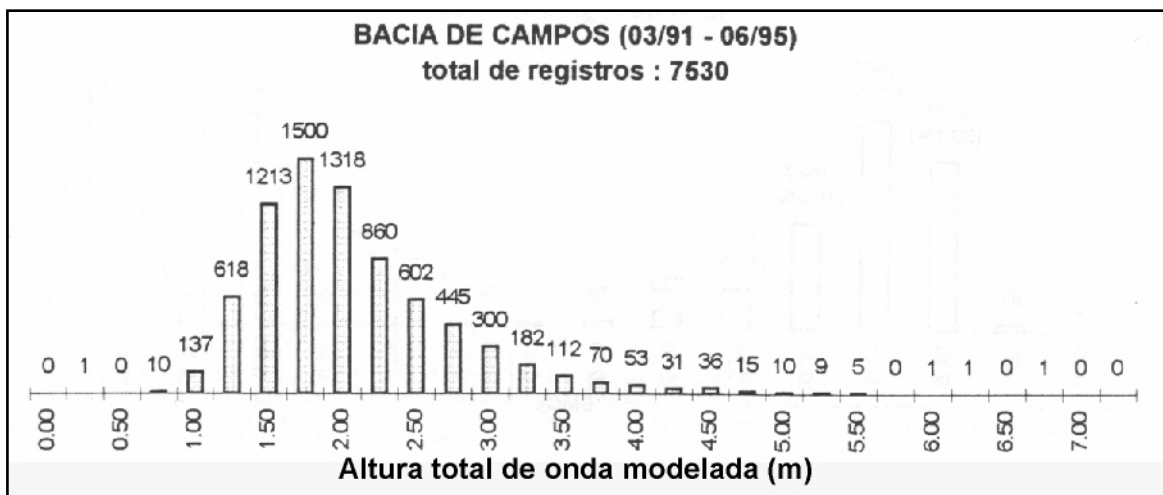
Fonte: Seixas, 1997

Figura 3.1.3-16: Distribuição de direção do máximo local por octantes.

Esta distribuição pode ser explicada pelas ações do centro de baixa pressão do Atlântico, ao Sul da área estudada, e do centro de alta pressão, na região central do mesmo oceano.

Com relação à altura, a ocorrência mais freqüente foi de 1,75m estando a maioria dos registros entre 1,50m e 2,00m conforme a Figura 3.1.3-17.

Embora predominem ventos de Nordeste ao longo do ano todo, é durante o inverno que as ondas possuem maior energia (Seixas, 1997), pois se torna mais intensa a influência dos sistemas frontais, fazendo com que o mar de Sudoeste constitua a pior situação (Souza, 1988; PETROBRAS, ETBC-01, 1999).

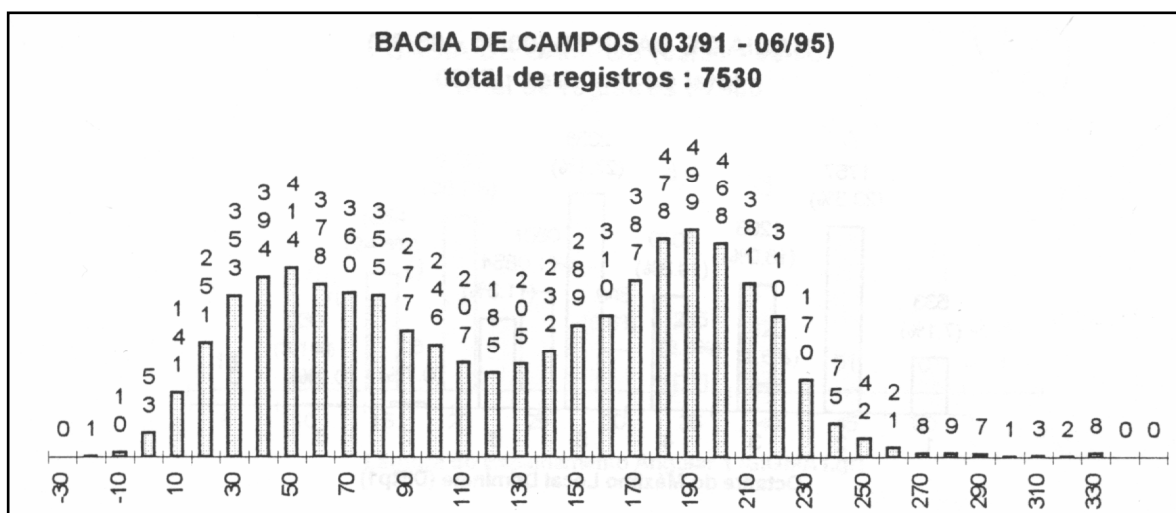


Fonte: Seixas, 1997.

Figura 3.1.3-17: Distribuição de altura total de onda.

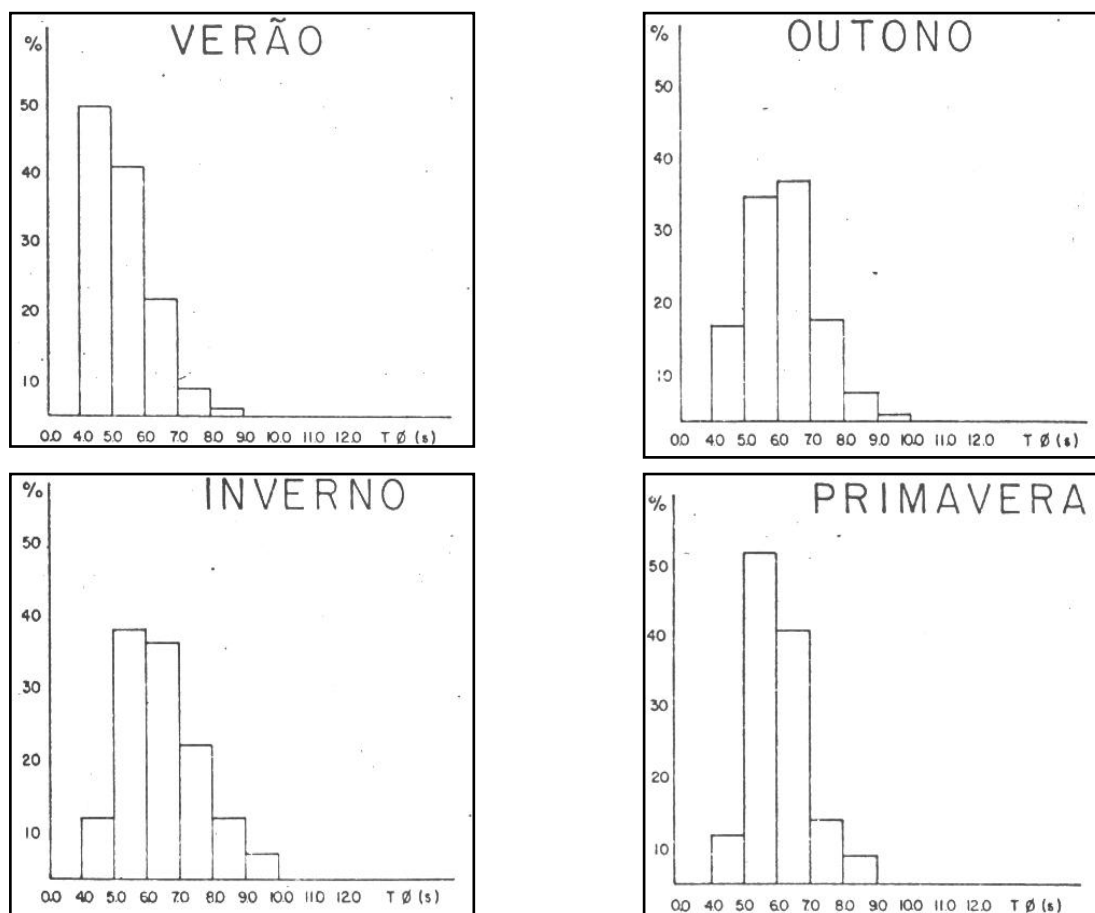
Ondas de Sudeste com grande período, geradas no meio do oceano, são mais frequentes durante a primavera, enquanto que, principalmente durante o verão, predomina o mar de Nordeste (Souza, *op. cit.*).

Afim de melhor visualizar o regime de ondas, são apresentados, a seguir, gráficos com outras informações sobre a região.



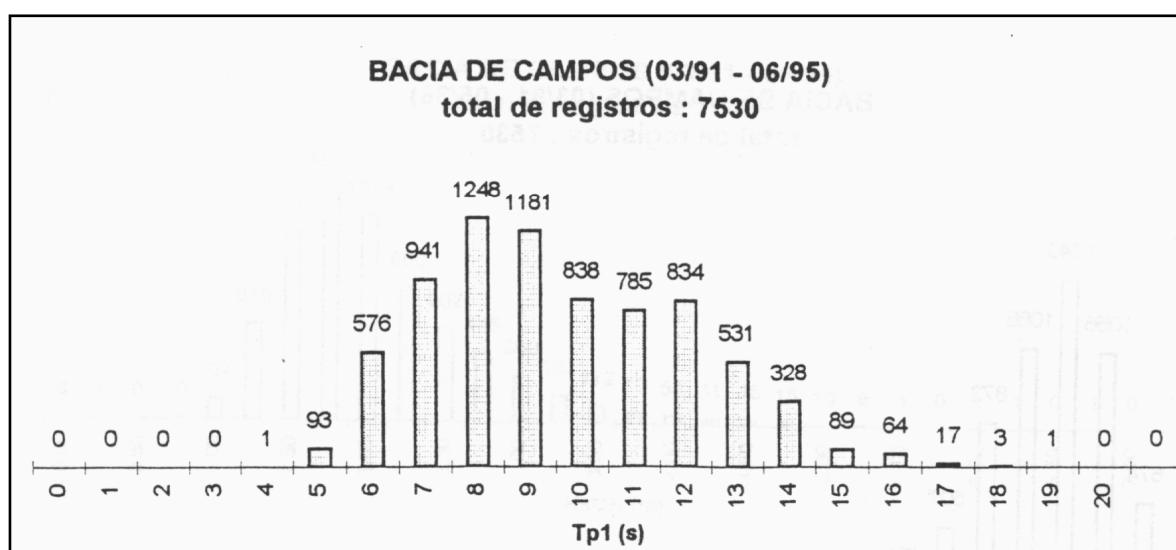
Fonte: Seixas, 1997.

Figura 3.1.3-18: Distribuição de direção do máximo local (graus).



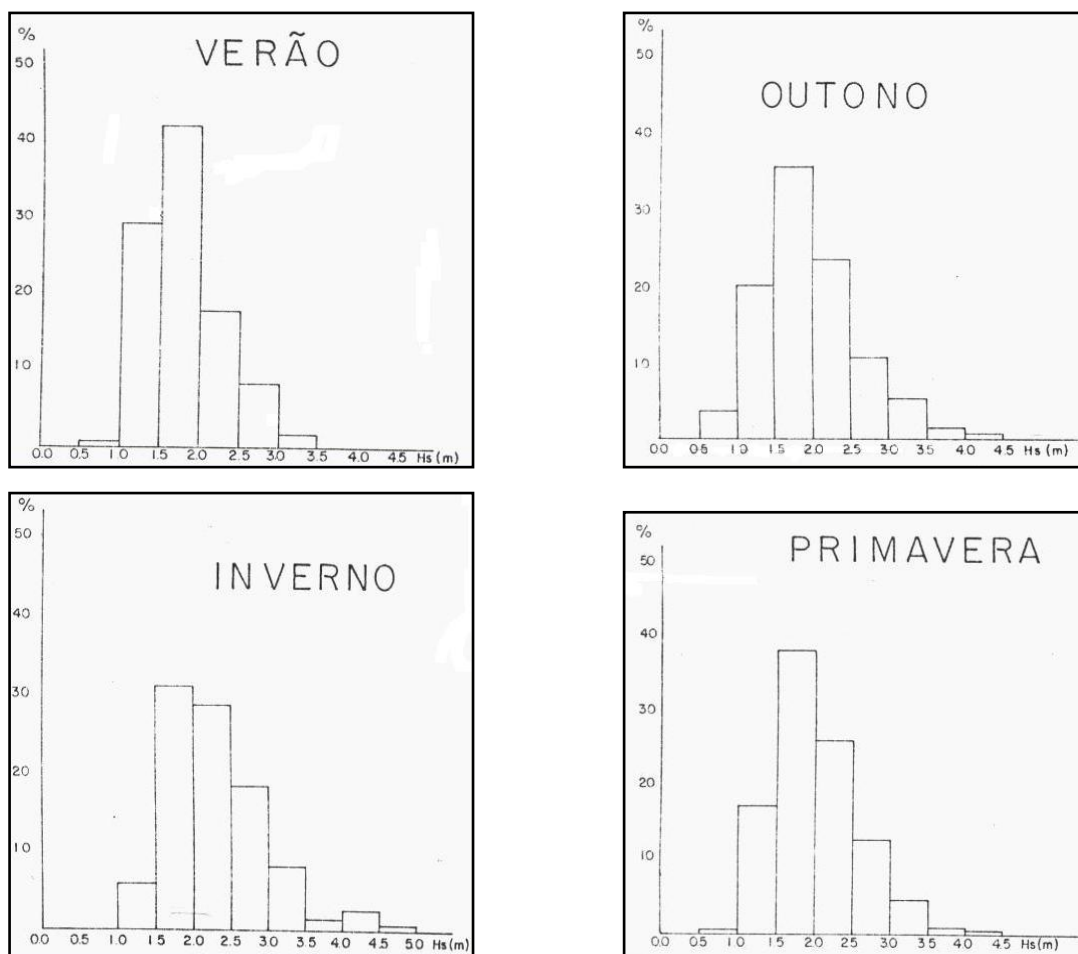
Fonte: Souza, 1988

Figura 3.1.3-19: Distribuição sazonal de Período ascendente.



Fonte: Seixas, 1997.

Figura 3.1.3-20: Distribuição de Período de pico do máximo local.



Fonte: Souza, 1988.

Figura 3.1.3-21: Distribuição de sazonal de Altura Significativa.

REGIME DE MARÉS

O sinal de maré na costa sudeste brasileira é semi-diurno, com preponderância da M_2 , e influenciado pela componente diurna, especificamente a O_1 (Castro Filho, 1985). Lima (1997), estudando as oscilações do nível do mar para estações profundas na Bacia de Campos, em latitudes inferiores a 22.5° , encontrou densidades espectrais de energia aproximadamente iguais para as componentes semi-diurna (M_2) e diurna (O_1), caracterizando um sinal de maré misto com preponderância semi-diurna. Desta forma, o sinal de maré da Bacia de Campos apresenta deformação quando se aproxima da costa, mas mantém as mesmas componentes principais.

A análise dos sinais das oscilações do nível do mar para oito pontos costeiros entre 22° e 29° (Castro Filho, 1985) demonstrou similaridade para sete pontos estudados, excetuando o referente ao Rio de Janeiro, sendo portanto admissíveis extrapolações de valores entre eles. O sinal atinge maiores valores no outono e menores na primavera.

A título de comparação com a onda de maré oceânica, escolheu-se o ponto referente a Cabo Frio. A oscilação do nível do mar na costa de Cabo Frio é 75% devida à oscilação de maré astronômica. O percentual restante é decorrente da oscilação da pressão atmosférica, consistindo num sinal de periodicidade de 9.6-12 dias, propagando-se para nordeste com velocidade estimada de 9 m/s. Detecta-se também oscilações de menor energia de 6-6.9 dias e de 4-4.4 dias, com velocidades médias de 8-10m/s. Correlações complexas estabelecem, também, que o sinal do nível do mar em Cabo Frio está relacionado com ventos sul anteriores.

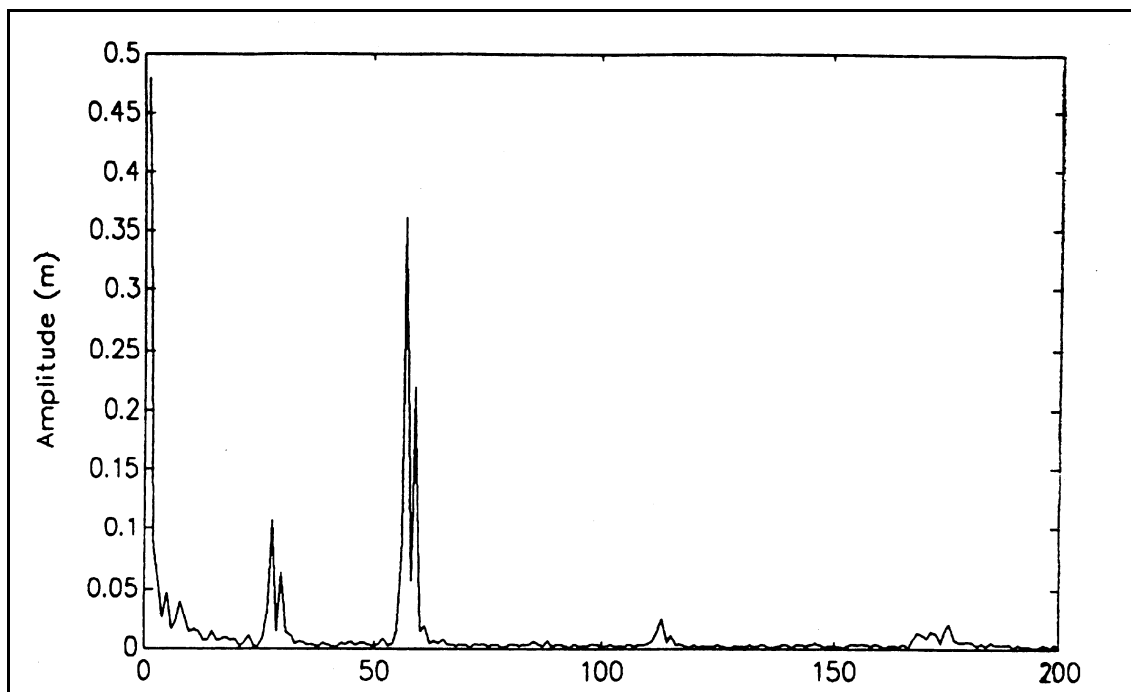
Para o ponto de Cabo Frio foram determinadas as seguintes características:

- altura média : 171 cm
- altura máxima: 260 cm
- altura mínima: 51 cm
- intervalo médio: 219 cm

Nunes *et al* (1996) dentro do Programa de Capacitação em Águas Profundas – PROCAP 2000 realizou comparação dos dados de maré costeiros (Porto de Macaé) e oceânicos adjacentes concluindo não haver diferenças significativas de fase entre esses dois locais e ser a amplitude de maré no porto 16% maior que a *offshore*. A maré meteorológica é mais significativa no porto.

Desta forma, apresenta-se na Figura 3.1.3-22 o espectro de energia do sinal de maré, do qual pode-se constatar a predominância das componentes M_2 , S_2 e O_1 , com amplitudes de 36.66, 19.71 e 10.60 cm, respectivamente. O sinal de maré tem as seguintes estatísticas:

- altura média: 0.48m
- altura máxima: 1.36 m
- altura mínima: -0.44m



Fonte: Harari e Pereira, *In* Tommasi, 1994.

Figura 3.1.3-22: Espectro de maré para Macaé no período de 06/01/92 a 28/04/93.

A seguir estão relacionadas as estatísticas básicas de maré para a região (PETROBRAS, 1998).

- maré astronômica máxima + maré meteorológica máxima: 1.5 m
- maré astronômica máxima: 1.3 m
- preamar média de sizígia: 1.1m
- preamar média: 0.9 m
- nível médio do mar: 0.5 m
- baixamar média: 0.2 m
- baixamar média de sizígia: 0.0 m
- maré astronômica mínima: -0.2 m
- maré astronômica mínima + maré meteorológica mínima: -0.4 m
- intervalo médio de maré: 0.7 m
- intervalo médio de maré de sizígia: 1.1 m
- intervalo máximo de maré: 1.9 m

BATIMETRIA

De forma a facilitar o entendimento do presente diagnóstico, as informações referentes a batimetria desta região foram apresentadas em conjunto com dados de geologia e geomorfologia, no subitem 3.1.2.4.

3.1.4 - OCEANOGRRAFIA QUÍMICA

No presente item são apresentadas às características químicas da água e dos sedimentos marinhos na área de influência das Unidades P-38 e P-40 no Campo de Marlim, Bacia de Campos.

QUALIDADE DA ÁGUA MARINHA

Bioacumulação de Substâncias Tóxicas na Nectofauna

A bioconcentração em organismos aquáticos é um importante meio de incorporação e acúmulo de agentes deletérios no sistema biológico. Dentre os vários elementos e substâncias químicas potencialmente tóxicos presentes no ambiente marinho, os metais pesados destacam-se pela sua alta tendência de concentração nos "sítios" biológicos internos dos organismos, tanto por bioacumulação (incorporação a partir do meio físico) como por biomagnificação (incorporação através da teia alimentar), diferentemente dos hidrocarbonetos que, em geral, são metabolizáveis e/ou eliminados pelos organismos com mais facilidade.

Portanto, no sentido de avaliar os níveis de bioconcentração de metais pesados na nectofauna da área de influência do empreendimento, foi realizada uma campanha oceanográfica com o Navio Astro Garoupa, no período de 08 a 10 de junho de 2000, quando foram coletados, na região de instalação da P-38 e P-40 (22°37'35"S e 40°06'30"W, respectivamente), peixes de 6 espécies diferentes de valor ecológico e comercial: agulha (*Tylosurus crocodilus*), atum (*Thunnus thynnus*), pargo (*Pagrus pagrus*), cara de gato (*Uropsis secunda*), olho de cão (*Cookelus boops*) e xerelete (*Caracx crysus*), sendo dois indivíduos por espécie, exceto no caso do pargo em que houve apenas uma captura.

Com base nas características das atividades de exploração de óleo e gás na Bacia de Campos e na especificidade dos metais (fontes antrópicas, distribuição e toxicidade), foram definidos os seguintes elementos para a dosagem de suas concentrações nos tecidos musculares dos peixes capturados: Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Cádmio e Mercúrio.

Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 3.1.4-1 abaixo.

Tabela 3.1.4-1: Concentrações de metais pesados nos tecidos musculares de peixes.

amostra	comprimento (cm)	local	peso (g)	Cobre (µg/g úmido)	Zinco (µg/g úmido)	Chumbo (µg/g úmido)	Cromo (µg/g úmido)	Cadmio (µg/g úmido)	Mercurio (µg/g úmido)
agulha	100	P 19	1180	0,230 ± 0,031	10,1 ± 1,0	0,129 ± 0,001	0,170 ± 0,029	< LD	0,041 ± 0,007
agulha	88	P 19	915	0,200 ± 0,046	8,57 ± 1,29	< LD	0,232 ± 0,001	< LD	< LD
atum	69	FSPO II	4425	0,319 ± 0,045	2,07 ± 0,19	0,120 ± 0,012	0,147 ± 0,048	< LD	< LD
atum	55	FSPO II	2410	0,493 ± 0,081	1,95 ± 0,15	0,098 ± 0,003	0,116 ± 0,041	< LD	< LD
pargo	32	PCH II	540	0,233 ± 0,019	1,78 ± 0,21	< LD	0,192 ± 0,025	< LD	0,107 ± 0,009
coelho	32,5	P 26	620	0,178 ± 0,010	2,72 ± 0,03	0,115 ± 0,016	0,161 ± 0,011	< LD	0,007 ± 0,002
coelho	34,5	P 26	770	0,310 ± 0,038	2,02 ± 0,16	0,108 ± 0,005	0,182 ± 0,010	< LD	< LD
olho de cão	38,5	PNA 2	1110	0,133 ± 0,003	1,80 ± 0,05	0,126 ± 0,031	0,167 ± 0,003	< LD	< LD
olho de cão	37	PNA 2	980	0,140 ± 0,020	2,09 ± 0,06	< LD	0,173 ± 0,021	< LD	0,025 ± 0,003
xerelete	36	P 19	690	0,410 ± 0,096	2,67 ± 0,29	< LD	0,248 ± 0,062	< LD	0,011 ± 0,001
xerelete	37,5	P 26	590	0,680 ± 0,019	2,64 ± 0,49	< LD	0,161 ± 0,012	< LD	0,030 ± 0,002
padrão de controle	-	NRCC	-	26,1 ± 1,3	85,1 ± 0,0	0,122 ± 0,005	0,430 ± 0,006	16,5 ± 0,5	1,77 ± 0,11
valor certificado	-	NRCC	-	25,8 ± 1,1	85,8 ± 2,5	0,22 ± 0,02	0,370 ± 0,080	20,8 ± 0,5	1,99 ± 0,10
Limite de Detecção LD (µg/g)				0,043	0,010	0,078	0,087	0,016	0,005

Obs: 1) Material Referência Certificado para Análises Ambientais do National Research Council Canada - NRCC
2) Intervalo de Confiança calculado para 95% de confiabilidade dos dados
3) Amostragem do Material para análise segundo metodologia recomendada pela EPA-US.
4) Limite de Detecção calculado a partir de 3 Desvio Padrão da Leitura do Branco
5) Todas as amostras foram abertas em triplicatas, sendo assim o resultado a média de tres aberturas independentes
6) Todos os metais, exceto Hg, analisados por Absorção Atômica em Chama, em aparelho Perkin Elmer Analyst 300
7) Análise de Hg feita por Geração de Vapor de Mercúrio em aparelho Perkin Elmer Analyst 300 acoplado com Fias 400

A análise dos peixes capturados para a determinação das concentrações de metais pesados foi realizada no Laboratório de Oceanografia Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, utilizando-se metodologia da Agência de Proteção Ambiental americana (EPA), equipamentos de última geração e padrões de certificação canadenses (NRCC).

Os resultados da tabela anterior indicam a presença dos metais chumbo, cromo e cádmio em concentrações relativamente homogêneas nas diversas espécies de peixes estudadas, destacando-se os baixos valores de cádmio (<LD) em todas as amostras e concentrações ligeiramente mais elevadas de cromo em um exemplar de xerelete ($0,248 \mu\text{g.g}^{-1}$) e de agulha ($0,232 \mu\text{g.g}^{-1}$).

As concentrações de cobre situaram-se em níveis mais elevados nos exemplares de xerelete e atum, tendo variado entre $0,133 \mu\text{g.g}^{-1}$ (olho de cão) e $0,680 \mu\text{g.g}^{-1}$ (xerelete); no caso do zinco, os valores encontraram-se em níveis semelhantes (entre $1,78$ e $2,72 \mu\text{g.g}^{-1}$) nos peixes, exceto para o agulha, que apresentou máximos de $8,57$ e $10,1 \mu\text{g.g}^{-1}$.

O mercúrio, considerado o metal mais perigoso, devido à sua alta toxicidade e facilidade de metilação, apresentou concentrações variando de <LD a $0,107 \mu\text{g.g}^{-1}$, com esse máximo ocorrendo no pargo.

A Tabela 3.1.4-2 abaixo discrimina as concentrações máximas dos metais estudados permitidas pelo Ministério da Saúde para alimentos em geral e pescado, nesse último caso fazendo referência apenas ao mercúrio. Verifica-se, portanto, que os valores determinados nos peixes capturados na área de influência das plataformas P38 e P40 encontram-se abaixo dos limites estipulados, confrontando-se o limite superior de $0,5 \mu\text{g.g}^{-1}$ para o mercúrio no pescado, com exceção para o cromo, que se apresentou ligeiramente acima dos limites para alimentos em geral em todas as amostras analisadas.

Deve-se destacar que os peixes capturados possuem um nicho ecológico bastante amplo, não habitando exclusivamente a área de influência do empreendimento ao longo de seu ciclo de vida, tornando-os, assim, sujeitos às influências de outras regiões por onde transitam.

Tabela 3.1.4-2: Limites máximos de concentração de metais pesados em alimentos.

Metais	Limite máximo de concentração em alimentos em geral	Limite máximo de concentração em pescado
	$\mu\text{g.g}^{-1}$ (peso seco)	$\mu\text{g.g}^{-1}$ (peso úmido)
COBRE	30,0	-
ZINCO	50,0	-
CHUMBO	0,8	-
CROMO	0,1	-
CÁDMIO	1,0	-
MERCÚRIO	0,1	0,5

Fonte: Portaria 34/1984, DINAL, Ministério da Saúde

Carbono Orgânico Total (COT)

Os dados referentes à distribuição de carbono orgânico total nas águas da área de influência do empreendimento são inexistentes, contudo, os resultados obtidos no Monitoramento Ambiental realizado na região das Plataformas de Pargo e Pampo no Campo de Marlim (PETROBRAS, 1998), referentes a COT nos sedimentos locais, indicam teores variando entre $0,07$ e $1,89 \%$ de COT, valores típicos de sedimentos naturais de plataforma continental, com a presença de teores mais elevados em locais com sedimentos de granulometria mais fina, como silte/argila.

Tais resultados permitem deduzir que não há fontes significativas de carbono orgânico nas águas da região, que caso apresentasse concentrações elevadas teria reflexo direto nos sedimentos, destino final de parcela significativa do COT presente na coluna d'água.

Adicionalmente, o estudo referenciado monitorou na água do mar as concentrações de substâncias orgânicas e inorgânicas presentes nos efluentes das plataformas, fonte potencial de introdução de carbono orgânico, não tendo sido observada nenhuma presença significativa das mesmas nas amostras estudadas, o que reforça a afirmativa anterior.

Fenóis

As fontes antropogênicas de fenóis para o ambiente marinho são tão variadas quanto as substâncias abrangidas por este grupo. Fenóis podem ser produzidos no processo de craqueamento térmico, podendo ser introduzidos, todavia, através de aditivos como agentes desemulsificantes (CDTN, 1990). É comum ainda a presença de compostos fenólicos em rejeitos de refinarias de petróleo.

Azevedo (1993), estudando as concentrações de fenóis presentes em águas superficiais e de fundo na região costeira de Cabiúnas, Bacia de Campos, entre as latitudes 22°00'S e 22°30'S e as longitudes 42°00' W e 41°30'W (Figura 3.1.4-1), encontrou uma pequena variação entre os valores obtidos (Tabela 3.1.4-3), levando em conta a escala de concentração na qual esse parâmetro é analisado (na faixa de 0,001 mg.L⁻¹).

Por se tratar de uma região próxima à costa, onde os processos de estratificação são mais difíceis de ocorrer, devido as pequenas profundidades, não observou-se tendência de acumulação desses compostos em maiores ou menores profundidades.

As amostras de superfície ("S") foram coletadas a 1,0 metro de profundidade, enquanto as amostras identificadas como de fundo ("F") foram coletadas a cerca de 1,0 metro acima do assoalho marinho, neste último caso sob uma coluna d'água variável de acordo com a profundidade local de cada estação de amostragem (as estações mais afastadas da costa apresentaram profundidades máximas de cerca de 15 metros).

Os valores registrados na superfície (média dos valores = 0,00304 mg.L⁻¹; desvio padrão de 0,00054 mg.L⁻¹) apresentaram maior homogeneidade em relação aos obtidos nas estações de fundo (média dos valores = 0,00297 mg.L⁻¹; desvio padrão de 0,00082 mg.L⁻¹). Evidencia-se que todos os valores encontrados, com exceção da estação 7F, estão acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA 020/86 (0,001 mg.L⁻¹), para águas salinas de classe 5, águas costeiras.

ETBC-1 (1998), estudando a região no entorno da plataforma de produção de Pampo e Pargo observou, nos 46 pontos amostrados, valores de fenóis inferiores a 0,010 mg.L⁻¹. As amostras, nesse caso, foram obtidas em profundidades variando de 1,0 a cerca de 99,0 metros.

A EPA não estabelece critérios para fenóis em água do mar (CDTN, 1990) e na legislação brasileira (CONAMA 020/86) também não são estabelecidos limites para o teor de fenóis para as águas salinas de classe 6.

CDTN (1990), em estudo realizado próximo ao emissário da ETE de Cabiúnas admitiu um limite inferior a 0,03 mg.L⁻¹ como tolerável em campo afastado a descarga no mar, sem que fossem prejudicadas as características do corpo receptor. Todas as amostras de água do mar analisadas apresentaram concentração inferior a 0,01 mg.L⁻¹, ou seja, no mínimo 3 vezes menor que o admitido pela literatura, não evidenciando alguma contaminação e/ou alteração do corpo receptor.

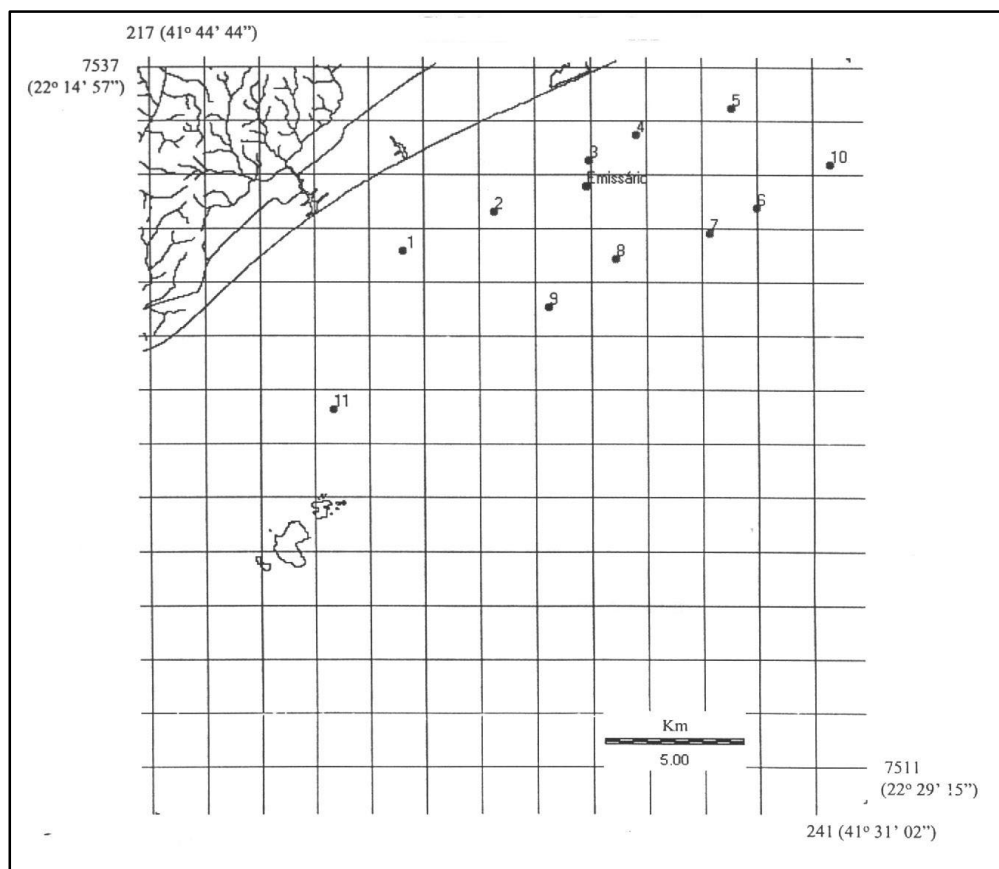


Figura 3.1.4-1 – Área de estudo do “Projeto Cabiúnas, RJ” exibindo a linha de costa, os paralelos e meridianos e as estações de coleta (Fonte: Projeto Cabiúnas, 1993).

Tabela 3.1.4-3: Concentrações de fenóis na água do mar.

Estação	Fenol (mg.L ⁻¹)	Estação	Fenol (mg.L ⁻¹)
1S	0,004	6S	0,003
1F	0,003	6F	0,003
2S	0,003	7S	0,002
2F	0,004	7F	<0,001
3S	0,003	8S	0,004
3F	0,003	8F	0,003
4S	0,004	9S	0,004
4F	0,003	9F	0,004
5S	0,003	10S	0,003
5F	0,003	10F	0,003

Fonte: Azevedo, 1993

Alcanos

Não há dados secundários referentes à concentração de alcanos em águas marinhas na Bacia de Campos, o que se deve às dificuldades técnicas para amostragem de grandes quantidades de água, 30 a 50 litros por ponto de amostragem de forma a permitir a extração de quantidade suficiente de hidrocarbonetos parafínicos (alcanos) para sua quantificação. Os equipamentos utilizados devem ser compostos exclusivamente de teflon e/ou aço inoxidável para evitar contaminações e as operações de extração por solvente ou pré-concentração em sílica devem ser realizadas a bordo, visto a impossibilidade de estocar enormes volumes de água em condições ideais até a chegada em laboratórios em terra.

Os resultados apresentados a seguir para hidrocarbonetos totais permitem uma avaliação relativa da distribuição de alcanos na água do mar da região estudada, visto as concentrações desses últimos serem originariamente correlacionadas às de hidrocarbonetos totais, em função de sua presença como fração componente do petróleo. Mesmo considerando as especificidades de cada espécie química de hidrocarboneto em termos de sua reatividade e degradabilidade, pode-se afirmar que as ordens de grandeza dos alcanos nas águas locais são proporcionalmente relacionadas às verificadas para os hidrocarbonetos totais, denotando um região sem contaminação expressiva por esses compostos.

Os levantamentos realizados pela GEOMAP/FUNDESPA (1984) na Bacia de Campos apresentam dados de alcanos (hidrocarbonetos alifáticos ou parafínicos) para os sedimentos locais, como verifica-se nas Tabelas 3.1.4-4 e 3.1.4-5, cujos resultados indicam concentrações típicas de sedimentos de plataforma continental externa. A Figura 3.1.4-2, apresenta a área de estudo do levantamento citado, com a localização dos pontos de amostragem.

Tabela 3.1.4-4: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Inverno de 1991. Concentração em µg/g de sedimento seco (Weber 1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994).

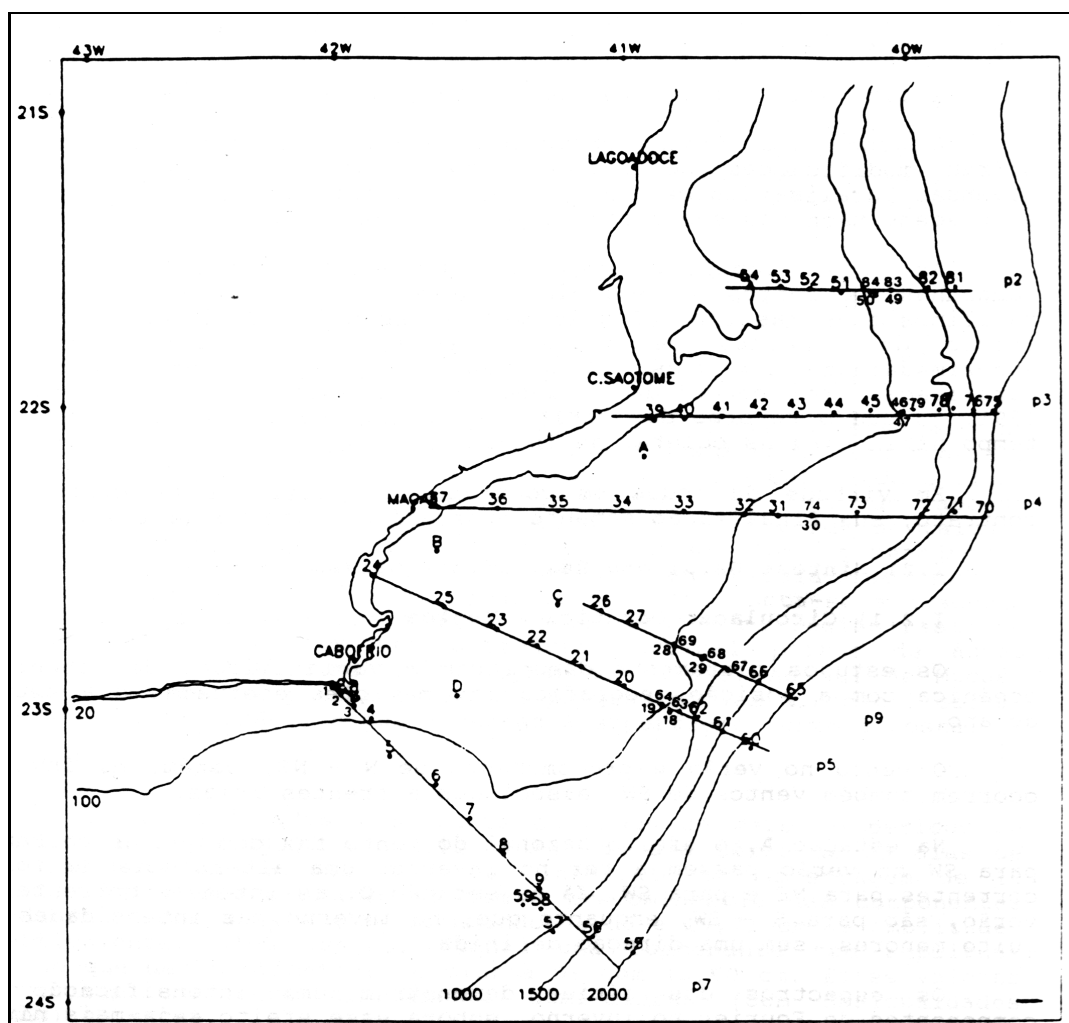
ESTAÇÃO	HC ALIFÁTICOS TOTAIS	ESTAÇÃO	HC ALIFÁTICOS TOTAIS
01	0,03	02	n.d.*
03	0,37	04	n.d.*
05	1,18	06	2,08
07	0,96	08	n.d.*
09	n.d.*	10	0,14
11	0,26	12	0,12
13	0,86	14	0,98
15	0,02	16	0,03
17	0,22	18	0,10
19	0,06	20	0,17
21	n.d.*	22	0,38
23	0,12	24	0,66
25	0,16	26	n.d.*
27	0,04	28	0,79
29	0,29	30	n.d.*
31	0,14	32	0,30
33	0,11	34	0,08
35	0,12	36	0,54
37	0,25	38	n.d.*
39	0,21	40	0,59
41	0,51	42	0,81
43	0,29	44	0,21
45	0,56	46	1,07
47	0,66	48	1,35
49	0,21	50	n.d.*
51	n.d.*	52	0,04
53	0,17	54	0,63
55	n.d.*	56	0,03

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-5: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Verão de 1992. Concentração em µg/g de sedimento seco (Weber 1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994).

ESTAÇÃO	HC ALIFÁTICOS TOTAIS	ESTAÇÃO	HC ALIFÁTICOS TOTAIS
01	0,03	02	0,25
03	0,89	04	0,37
05	0,82	06	1,26
07	5,49	08	n.d.*
09	0,22	10	n.d.*
11	n.d.*	12	n.d.*
13	n.d.*	14	0,76
15	0,46	16	1,29
17	0,54	18	0,78
19	n.d.*	20	n.d.*
21	n.d.*	22	0,45
23	0,81	24	0,23
25	0,37	26	0,23
27	n.d.*	28	0,44
29	1,03	30	n.d.*
31	n.d.*	32	0,35
33	1,40	34	0,55
35	0,35	36	0,56
37	n.d.*	38	n.d.*
39	0,24	40	0,75
41	1,98	42	1,70
43	0,65	44	0,24
45	1,53	46	3,82
47	1,99	48	2,04
49	0,22	50	0,41
51	n.d.*	52	n.d.*
53	0,44	54	1,75
55	0,23	56	0,52
57	0,80		

*n.d.= abaixo do limite de detecção



Fonte: GEOMAP-FUNDESPA (1994) exibindo a linha de costa, as isobatismétricas, os perfis e as estações de coleta.

Figura 3.1.4-2: Área de estudo do “Programa de Monitoramento Ambiental Oceânico da Bacia de Campos, RJ”

Níveis de Hidrocarbonetos na Água do Mar

A distribuição de hidrocarbonetos e elementos traço nos sedimentos e águas marinhas brasileiras ainda é pouco conhecida, pois grande parte dos trabalhos realizados se restringe a áreas estuarinas e lagunares devido principalmente às dificuldades de coleta, manipulação e análise em águas marinhas.

Weber (1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) estudou os níveis de concentração de hidrocarbonetos totais na coluna d'água da região da Bacia de Campos durante três campanhas, inverno de 1991 e verão e inverno de 1992, pelo método espectrofluorimétrico. As estações de amostragem foram distribuídas ao longo de seis (6) linhas perpendiculares à costa (Perfis 2, 3, 4, 5, 7 e 9), compreendendo a Plataforma Continental e o Talude Continental desde a região frontal a Cabo Frio até o norte do Cabo de São Tomé (Figura 3.1.4-2, apresentada anteriormente).

As amostras de superfície foram coletadas a 1,0 metro da interface água/ar, para evitar a contaminação pelo filme superficial presente nessa interface; as amostras de "meio" foram coletadas em profundidades equivalentes à metade da coluna d'água de cada estação de amostragem; as amostras de fundo foram obtidas a cerca de 1,0 metro do assoalho marinho; as amostras referenciadas pela termoclina foram coletadas poucos metros acima e abaixo dessa interface onde ocorre uma variação mais expressiva da temperatura da água, diferenciando assim duas massas d'água características, cujas profundidades exatas variaram entre 50 e 120 metros, dependendo de cada estação de coleta e apenas nas estações onde a termoclina fez-se presente, visto seu caráter sazonal e dependente do padrão de mistura vertical das águas locais.

Na campanha de inverno de 1991 (Tabela 3.1.4-6), os níveis de hidrocarbonetos na única radial amostrada, a partir de Cabo Frio até o ponto localizado a 23° 40' S e 41° 23' 24'' W, variaram entre o mínimo de 0,30 µg/l e o máximo de 1,88 µg/l.

Já a campanha do verão de 1992 (Tabela 3.1.4-7), compreendendo 265 amostras coletadas ao longo dos 6 perfis, teve como resultado 121 amostras com valores de concentração acima de 2,0 µg/l, sendo 23 destas acima de 10µg/l.

Tabela 3.1.4-6: Hidrocarbonetos dispersos e/ou dissolvidos na água do mar. Bacia de Campos. Inverno de 1991. Concentração em µg/l de equivalente em óleo.

Estação	Superfície	Meio	Acima da termoclina	Abaixo da termoclina	Fundo
1	0,4	1,8	-	-	n.d.*
2	1,2	0,3	-	-	0,6
3	1,0	1,0	-	-	n.d.*
4	1,5	1,0	-	-	1,9
5	0,6	0,8	-	-	0,6
6	0,8	0,6	-	-	1,7
7	1,5	1,5	-	-	0,4
8	1,2	-	0,8	1,67	0,42
9	1,0	-	0,42	1,25	0,4
10	1,25	-	n.d.*	1,5	0,6

Fonte: Weber 1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-7: Hidrocarbonetos dispersos e/ou dissolvidos na água do mar. Bacia de Campos.
 Verão de 1992. Concentração em µg/l de equivalente em óleo.

Estação	Superfície	Meio	Acima da termoclina	Abaixo da termoclina	Fundo
PERFIL 7					
1	6,7	2,5	-	-	1,1
2	3,4	0,9	-	-	0,1
3	18,7	1,4	-	-	0,1
4	3,1	0,8	-	-	0,9
5	2,0	-	1,0	0,8	1,8
6	0,7	-	0,5	0,5	0,3
7	2,4	-	2,1	0,7	0,8
8	7,3	-	12,6	1,9	14,8
9	0,4	-	3,1	0,4	3,5
10	1,9	-	1,3	2,1	2,7
11	0,5	-	3,2	1,6	2,3
12	3,5	-	1,6	4,2	n.d.
13	8,7	-	6,5	8,8	9,8
PERFIL 5					
14	10,8	-	5,2	5,3	n.d.
18	9,6	-	4,1	3,8	5,7
19	2,7	-	2,04	3,7	3,0
20	5,2	-	2,2	2,3	3,8
21	27,1	8,6	-	-	2,3
22	8,8	7,6	-	-	6,5
23	10,7	5,4	-	-	9,2
24	2,0	2,4	-	-	1,0
25	1,9	2,0	-	-	1,0
PERFIL 9					
26	6,5	0,8	-	-	1,1
27	28,3	6,7	-	-	1,0
28	26,3	7,0	-	-	0,5
29	0,4	-	0,8	4,0	31,2
PERFIL 4					
30	2,4	-	1,7	0,8	1,8
31	0,8	-	1,8	3,3	2,1
32	1,1	-	15,8	21,7	12,5
33	13,3	1,8	-	-	1,6
34	0,3	2,2	-	-	2,5
35	0,9	8,9	-	-	10,2
36	16,9	1,4	-	-	0,7
37	3,9	1,8	-	-	1,0
PERFIL 3					
38	2,6	7,7	-	-	4,2
39	2,3	13,6	-	-	6,3
40	1,9	2,5	-	-	5,9
41	3,5	5,2	-	-	1,1
42	0,7	7,7	-	-	1,9
43	2,6	0,8	-	-	3,7
44	1,9	0,5	-	-	1,4
45	1,6	-	0,6	2,3	1,1
46	1,0	-	4,3	0,3	12,3
47	2,8	-	-	1,9	-
48	2,6	-	13,9	0,6	7,3

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-7: Hidrocarbonetos dispersos e/ou dissolvidos na água do mar. Bacia de Campos. Verão de 1992. Concentração em $\mu\text{g/l}$ de equivalente em óleo. Continuação.

Estação	Superfície	Meio	Acima da termoclina	Abaixo da termoclina	Fundo
PERFIL 2					
49	3,8	-	1,4	2,8	0,9
50	3,6	-	2,0	2,6	31,0
51	4,6	-	1,1	1,5	1,7
52	3,5	2,8	-	-	7,2
53	1,6	1,8	-	-	1,3
54	2,3	1,4	-	-	4,1
PERFIL 7 – ÁGUAS PROFUNDAS					
55	1,2	1,3	-	-	11,8
56	1,8	0,4	-	-	6,2
57	2,7	0,2	-	-	0,7
58	3,6	2,3	-	-	2,4
59	0,3	2,1	-	-	0,8
PERFIL 5 – ÁGUAS PROFUNDAS					
60	0,7	1,1	-	-	0,5
61	0,4	0,3	-	-	0,4
62	3,4	3,9	-	-	2,5
63	1,4	1,3	-	-	1,6
64	8,4	1,1	-	-	0,4
PERFIL 9 – ÁGUAS PROFUNDAS					
65	1,0	0,8	-	-	3,7
66	0,3	0,1	-	-	0,3
67	11,1	0,5	-	-	3,2
68	12,8	0,6	-	-	3,2
69	0,5	1,1	-	-	3,23
PERFIL 4 – ÁGUAS PROFUNDAS					
70	1,5	1,1	-	-	3,9
71	0,2	0,23	-	-	2,0
72	0,2	0,5	-	-	0,3
73	0,2	0,3	0,6	-	0,3
74	0,7	0,4	1,4	-	0,1
PERFIL 3 – ÁGUAS PROFUNDAS					
75	2,8	10,5	-	-	3,9
76	0,6	2,4	-	-	18,9
77	1,0	0,8	-	-	1,5
78	5,7	2,9	-	-	24,2
79	7,6	0,5	-	-	0,5
PERFIL 2 – ÁGUAS PROFUNDAS					
80	0,4	0,6	-	-	0,3
81	0,3	1,0	-	-	0,9
82	0,3	0,8	-	-	1,2
83	0,7	0,3	-	-	0,9
84	1,0	1,1	-	-	0,3

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Segundo Law (1981), concentrações de água do mar acima de $2 \mu\text{g/l}$ de equivalentes de óleo pelo método da espectrofluorimetria, são típicas de ambientes marinhos com contribuição antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo, portanto estes 121 pontos do verão de 1992 ficaram caracterizados como sendo típicos de regiões marinhas levemente afetadas pela introdução de óleo, e os 23 pontos com níveis acima de $10 \mu\text{g/l}$ como efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo.

Considerando-se que apenas 23 amostras das 265 do verão de 1992 apresentaram valor acima de 10 µg/l, pode-se considerar, a área como um todo, pouco impactada por hidrocarbonetos de petróleo (Tabela 3.1.4-9).

A campanha de inverno de 1992 compreendeu um total de 222 amostras, tendo em sua maior parte teores abaixo de 2,0 µg/l. Vinte e nove destas amostras estiveram acima deste valor, sendo que 26 estão entre 2 e 10 µg/l e apenas 3 acima de 10 µg/l (Tabela 3.1.4-8).

Tabela 3.1.4-8: Hidrocarbonetos dispersos e/ou dissolvidos na água do mar. Bacia de Campos. Inverno de 1992. Concentração em µg/l de equivalente em óleo.

Estação	Superfície	Meio	Acima da termoclina	Abaixo da termoclina	Fundo
PERFIL 7					
1	2,9	7,0			1,0
2	1,7	1,0			2,0
3	1,0	0,6			0,3
4	0,7	0,8			3,0
5	1,4	1,3			9,4
6	0,6	20,			1,3
7	3,4	1,1			5,7
8	1,2	3,0			1,6
9	1,2	0,6			0,8
PERFIL 5					
18	0,8		0,6	0,6	0,6
19	0,3		1,4	1,7	1,9
20	0,4		0,5	1,1	2,0
21	0,6	25,4			0,4
22	0,7	0,5			0,8
23	0,9	0,6			0,8
24	2,8	3,1			3,2
25	n.d.	n.d.			1,1
PERFIL 9					
29	9,1	1,0			0,7
28	5,3	1,3			0,8
27	3,4	3,3			2,2
26	0,2	0,3			1,2
PERFIL 4					
37	0,6	0,4			0,7
36	1,6	0,2			0,4
35	5,0	0,6			0,5
34	1,4	1,1			1,5
33	0,3	n.d.			12,8
32	0,4	1,7			0,9
31	0,6	0,5			0,6
30	0,3	0,7			0,5
PERFIL 3					
48	0,2		1,3	0,2	2,0
46	0,5		0,5	0,2	2,0
45	0,3		0,6	0,3	0,5
44	0,2	0,9			n.d.*
43	0,4	0,3			0,2
42	0,9	0,3			0,4
41	0,7	4,7			0,6
40	n.d.*	0,5			1,3
39	2,0	1,2			1,5

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-8: Hidrocarbonetos dispersos e/ou dissolvidos na água do mar. Bacia de Campos. Inverno de 1992. Concentração em µg/l de equivalente em óleo. Continuação.

Estação	Superfície	Meio	Acima da termoclina	Abaixo da termoclina	Fundo
PERFIL 4 – ÁGUAS PROFUNDAS					
70	5,6	0,3			1,1
71	0,7	n.d.*			1,0
72	1,1	0,4			0,3
73	0,4	0,3			0,3
74	n.d.*	0,5			0,3
PERFIL 3 – ÁGUAS PROFUNDAS					
75	2,9	2,2			0,2
76	1,7	1,2			0,3
77	0,6	1,0			1,2
78	1,0	0,5			2,7
79	0,5	0,7			n.d.*
PERFIL 2 – ÁGUAS PROFUNDAS					
49	0,3	1,6			0,4
50	0,3	0,4			0,4
51	0,5	0,3			n.d.*
52	16,2	0,3			0,5
53	0,6	n.d.*			0,4
54	4,8	0,9			5,8
PERFIL 7 – ÁGUAS PROFUNDAS					
59	1,9	1,3			1,0
58	1,7	2,8			0,9
57	0,9	0,4			0,9
56	1,1	0,5			7,2
PERFIL 5 – ÁGUAS PROFUNDAS					
64	0,4	0,7			1,0
63	5,3	2,6			0,5
62	0,6	1,6			1,3
61	1,3	0,5			0,6
60	0,5	0,5			0,4
PERFIL 9 – ÁGUAS PROFUNDAS					
65	0,5	0,2			0,1
66	0,2	0,2			0,2
67	0,4	0,3			0,5
68	1,7	0,9			0,9
69	0,6	0,5			n.d.*
PERFIL 2 – ÁGUAS PROFUNDAS					
80	0,7	1,7			1,2
81	0,5	2,6			0,7
82	0,5	0,9			0,6
83	0,7	0,5			0,5
84	n.d.*	2,1			0,2

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-9: Síntese e evidências dos resultados de hidrocarbonetos.

CAMPANHA	Nº DE AMOSTRAS	EVIDÊNCIAS
Inverno 91	33 de água 56 de sedimentos	0,16 – 1,88 µg/l; típicas de águas não contaminadas 55 amostras <2 µg/g; 1 com 2,08µg/g
Verão 92	265 de água 57 de sedimento	121 amostras > 2µg/l; 23 >10µg/l 2 amostras >2 µg/g
Inverno 92	222 de água	193 amostras < 2 µg/l 26 amostras > 2 µg/l e 3 amostras > 10 µg/l

Fonte: Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

Resultados de Hidrocarbonetos totais acima de 10µg/l são relativos a ambientes efetivamente afetados por introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo (GEOMAP/ FUNDESPA, 1994).

De um modo geral, os dados de hidrocarbonetos das três campanhas, apresentados resumidamente na Tabela 3.1.4-9, mostraram que a água da região estudada apresenta características compatíveis com as de áreas naturais, portanto, não estando impactadas significativamente por óleo.

Hidrocarbonetos Poliaromáticos

Os resultados obtidos para HPAs no monitoramento realizado em 1998 (PETROBRÁS) na área de influência das plataformas de Pampo e Pargo, sob as mesmas condições oceanográficas e meteorológicas das plataformas P38 e P40, indicaram valores entre 0,06 e 2,20 µg/l, resultados esses que podem ser extrapolados para as águas oceânicas da área de estudo e representam concentrações típicas de áreas de exploração e produção de petróleo off-shore.

Metais Pesados

As concentrações de metais pesados determinados pelo estudo do CDTN (1990), que coletou amostras na mesma região do estudo do Projeto Cabiúnas (Figura 3.1.4-1, apresentada anteriormente), apontaram apontam a lagoa de Cabiúnas e o rio Macaé como as principais fontes de contaminação das águas costeiras adjacentes ao município do Macaé, porém apenas o ferro apresentou concentrações superiores ao limite para águas de Classe 5 da Resolução CONAMA nº 020/86.

O monitoramento realizado nas águas do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo, Campo de Marlim (ETBC-1, 1998), foram coletadas amostras de água do mar em estações localizadas a 250 metros (Estação 5) e 500 metros (Estação 4) de distância das plataformas, no sentido das correntes marinhas. Nestes pontos, foram coletadas amostras nas profundidades de 1 metro (S), 50 metros (M) e 99 metros (F), onde foram realizadas determinações das concentrações de bário e vanádio dissolvidos na água e de cobre, ferro, níquel, cromo, zinco, cádmio e chumbo associados ao material particulado em suspensão na coluna d'água através da técnica de ICP-MS (espectrometria de massa por plasma acoplado induzido).

Devido a dificuldades com a pesagem dos filtros utilizados para a análise da fração particulada, não foi possível uma comparação dos teores encontrados no material particulado diretamente com a massa das partículas, tendo sido feita uma normalização com relação ao Alumínio presente nas amostras, elemento que possibilita uma correlação aproximada com a massa de material terrígeno.

As concentrações dos elementos analisados no material particulado aparecem na Tabela 3.1.4-10 abaixo, onde os resultados encontram-se descritos em duas colunas por ponto amostrado, a primeira referente à concentração do metal em $\mu\text{g.L}^{-1}$ (referente ao volume filtrado de água do mar) e a segunda relativa ao teor do metal em relação à concentração do alumínio na fração particulada. As amostras estão identificadas pela plataforma (PAR de Pargo e PAM de Pampo), pela campanha (CI=campanha de inverno) e pela estação (4 e 5) e profundidade (Superfície, Meiro e Fundo).

Tabela 3.1.4-10: Metais associados ao material particulado, Pampo e Pargo, dados em mg.L^{-1} .

Elemento	PAR-CI-4A-S	Razão Al	PAR-CI-4A-M	Razão Al	PAR-CI-4A-F	Razão Al
Cr	0.117	4.98E-01	0.05	3.34E-02	0.057	1.23E-02
Fe	1.03E+00	4.39E-01	1.05E+00	1.12E+00	3.155	6.83E-01
Ni	9.00E-03	3.83E-03	0.02	2.13E-02	0.13	2.82E-03
Cu	0.031	1.32E-02	0.043	4.59E-02	0.316	6.84E-02
Zn	<0.05		<0.05		0.137	2.97E-02
Cd	0.001	4.26E-04	0.0008	8.54E-04	<0.0002	
Pb	<0.008		<0.008		0.017	3.68E-03
Elemento	PAR-CI-5-S	Razão Al	PAR-CI-5-M	Razão Al	PAR-CI-5-F	Razão Al
Cr	0.038	8.32E-03	<0.025		<0.025	
Fe	1.363	2.99E-01	0.7	3.74E-01	1.188	3.02E-01
Ni	0.048	1.05E-02	0.031	1.66E-02	0.025	1.06E-02
Cu	0.183	4.01E-02	0.096	3.13E-02	0.139	3.87E-02
Zn	0.13	2.85E-02	<0.05		<0.05	
Cd	0.0003	6.57E-05	0.002	1.07E-03	0.0002	
Pb	0.013	2.85E-03	0.025	1.34E-02	0.011	4.65E-03
Elemento	PAM-CI-4A-S	Razão Al	PAM-CI-4A-M	Razão Al	PAM-CI-4A-F	Razão Al
Cr	0.09	2.03E-01	0.04	1.35E-01	0.17	1.04E-01
Fe	1.315	2.96E+00	0.983	3.32E+00	2.595	1.59E+00
Ni	0.063	1.42E-01	0.095	3.21E-01	0.083	3.09E-02
Cu	0.042	9.46E-02	0.025	8.45E-02	0.037	2.27E-02
Zn	<0.05		<0.05		0.075	4.60E-02
Cd	0.001	2.25E-03	0.002	6.76E-03	0.004	2.45E-03
Pb	<0.008		<0.008		0.011	6.74E-03
Elemento	PAR-CI-4B-S	Razão Al	PAM-CI-4B-M	Razão Al	PAM-CI-4B-F	Razão Al
Cr	0.162	7.16E-02	<0.025		1.35	1.10E+00
Fe	1.178	6.31E-01	1.453	1.40E+01	6.197	3.05E+00
Ni	0.052	3.50E-03	0.063	6.06E-01	0.736	6.00E-01
Cu	0.076	1.90E-02	0.077	7.40E-01	0.046	3.75E-02
Zn	<0.05		<0.05		<0.05	
Cd	0.001	6.12E-04	0.001	9.62E-03	0.0003	2.45E-04
Pb	0.008		<0.008		<0.008	

Fonte: Pré-monitoramento ambiental da Bacia de Campos, Relatório Restrito/PETROBRAS/SEGEN, 1998.

Tabela 3.1.4-10: Metais associados ao material particulado, Pampo e Pargo, dados em mg.L⁻¹. Continuação

Elemento	PAM-CI-4C-S	Razão Al	PAR-CI-4C-M	Razão Al	PAR-CI-4C-F	Razão Al
Cr	0.075	7.46E-02	0.1	2.79E-01	0.114	2.77E-01
Fe	0.536	3.33E-01	0.5	1.40E+00	0.86	2.09E+00
Ni	0.03	2.99E-02	0.025	6.98E-02	0.05	1.22E-01
Cu	0.185	1.84E-01	0.036	1.01E-01	0.038	9.25E-02
Zn	<0.05		<0.05		<0.05	
Cd	0.001	9.95E-04	0.003	8.38E-04	0.009	2.19E-02
Pb	<0.008		<0.008		0.008	
Elemento	PAM-CI-4D-S	Razão Al	PAM-CI-4D-M	Razão Al	PAM-CI-4D-F	Razão Al
Cr	0.114	1.49E-01	0.048	1.11E-01	0.175	2.84E-01
Fe	2.354	3.08E+00	0.735	1.69E+00	0.089	1.44E-01
Ni	0.07	9.16E-02	0.072	1.66E-01	0.062	1.00E-01
Cu	0.034	4.45E-02	0.024	3.53E-02	0.03	4.86E-02
Zn	<0.05		<0.05		<0.05	
Cd	<0.0002		<0.0002		0.0003	4.86E-04
Pb	0.01	1.31E-02	<0.008		<0.008	
Elemento	PAR-CI-5-S	Razão Al	PAR-CI-5-M	Razão Al	PAM-CI-5-F	Razão Al
Cr	0.083	1.77E-01	0.05	3.30E-02	0.055	5.53E-02
Fe	0.611	1.31E+00	0.303	3.21E-01	0.842	8.47E-01
Ni	0.03	6.41E-02	0.022	2.33E-02	0.038	3.82E-02
Cu	0.022	4.70E-02	0.02	2.12E-02	0.017	1.71E-02
Zn	<0.05		<0.05		<0.05	
Cd	0.0004	8.55E-04	0.0004	4.24E-04	0.002	2.01E-03
Pb	<0.008		0.008		<0.008	

Fonte: Pré-monitoramento ambiental da Bacia de Campos, Relatório Restrito/ PETROBRAS/SEGEN, 1998.

Tomando-se por base os valores normalizados em relação ao Alumínio, observa-se variações pouco expressivas das concentrações dos metais ao longo das estações e das profundidades, o que indica um padrão de distribuição relativamente homogêneo para as águas locais.

Com respeito a média das concentrações de bário dissolvido no entorno das plataformas de Pampo e Pargo, essas encontraram-se dentro da faixa de concentração de bário em água do mar: 5-10 ugL⁻¹. Deve-se ainda ressaltar que, além de serem valores compatíveis com o esperado, os valores observados são inferiores à 1% daqueles existentes na Resolução CONAMA 020.

Como o bário pode ser considerado como um bom indicador da influência dos metais dissolvidos na água de produção, o vanádio pode ser para aqueles associados ao descarte de óleos e graxas. Vanádio é encontrado na água do mar em concentrações na faixa de 1-2ugL⁻¹, tendo sido verificados valores médios no entorno de ambas as plataformas na faixa de 2.6 +/- 0.5 ugL⁻¹.

Tais resultados indicam que não há indícios de contaminação por metais pesados nas águas estudadas, resultados esses que podem ser extendidos a toda a região do Campo de Marlim devido às características comuns da massa d'água local.

Nutrientes

Para a caracterização da distribuição dos nutrientes foram utilizados principalmente os trabalhos de Moser (1997) em águas costeiras da região enfocada e Giancesa-Galvão (1994) em águas costeiras e oceânicas.

De acordo com Moser (1997), no verão as porções sul e central, assim como a região profunda da Bacia de Campos, podem ser caracterizadas por altos valores de nutrientes dissolvidos, enquanto as áreas ao norte e distantes da costa apresentam concentrações mais baixas.

As concentrações de nutrientes na água do mar são apresentadas em micro molar (μM), devido a essa notação ser adotada internacionalmente por recomendação da Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO (COI), o que permite suas comparações diretas em estudos de diferentes regiões. As concentrações em micro molar podem ser convertidas diretamente para micrograma através da multiplicação pela massa molecular da espécie química em questão.

As concentrações de nitrato variaram de 0 a $8,57 \mu\text{M}$, com valores crescentes em direção ao fundo, nos perfis 7, 9, 3 e 2 (Figura 3.1.4-2, apresentada anteriormente). Os teores máximos de nitrato foram observados na porção sul da Bacia de Campos, com concentrações superiores a $7,0 \mu\text{M}$ junto ao fundo em Cabo Frio. Baixos valores de nitratos ($<2,0 \mu\text{M}$) dominaram o perfil 9, 3 e 2 e um máximo de $4,0 \mu\text{M}$ foi observado entre 10 e 20m no perfil 4.

As concentrações de nitrito atingiram máximos de $2,66 \mu\text{M}$ situados geralmente entre 20 e 80 m nos perfis 7, 5 e 4, e mínimas, raramente superiores a $0,1 \mu\text{M}$, nos perfis 9, 3 e 2.

As concentrações de fosfato variaram de $0,03$ a $0,92 \mu\text{M}$ e sua distribuição deu-se semelhante a do nitrato, apresentando um gradiente crescente em direção ao fundo nos perfis 7, 3 e 2. Os demais perfis apresentaram valores máximos à meia água. Concentrações superiores a $0,50 \mu\text{M}$ ocorreram entre 20 e 60m próximo à costa, entre 80 e 100m e junto ao fundo. Os perfis 9 e 4 apresentaram valores máximos à meia água, com concentrações de $0,45 \mu\text{M}$ a 50m e $0,80 \mu\text{M}$ entre 15 e 20m, respectivamente.

Para o período do inverno, as concentrações de nitrato apresentaram valores crescentes em direção ao fundo e à costa, variando de 0 a $8,54 \mu\text{M}$. Concentrações superiores a $4 \mu\text{M}$ foram encontradas nos perfis 7 e 5 a 80m e no perfil 2 junto ao fundo. Nos perfis 9 e 4 as concentrações de nitrato raramente foram superiores a $2,5 \mu\text{M}$, enquanto que valores inferiores a $1,0 \mu\text{M}$ foram encontrados ao longo de todo o perfil 3.

As concentrações de nitrito apresentaram máximos nos perfis 7, 5, 9, 4 e 3 entre 10 e 80m, com um valor máximo de $0,75 \mu\text{M}$ na estação 39.

As concentrações de fosfato variaram de 0 a $0,95 \mu\text{M}$ e sua distribuição foi semelhante a do nitrato. Concentrações superiores a $0,5 \mu\text{M}$ e um gradiente crescente em direção ao fundo ocorreu nos perfis 3 e 2.

As concentrações mais elevadas dos nutrientes dissolvidos estiveram associadas à ACAS.

Segundo Giancesa-Galvão (1994), as concentrações máximas de nitrato e fosfato foram bastante semelhantes no verão e no inverno (Tabela 3.1.4-11). Seu comportamento, no entanto, foi bem distinto nas duas épocas, em função das massas d'água presentes.

Tabela 3.1.4-11: Concentrações mínimas e máximas das variáveis analisadas durante as campanhas de verão e inverno na Baía de Campos.

Período	Nutrientes ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)		
	NO ₃	NO ₂	PO ₄
Verão/92	0.00 - 8.57* 7.09**	0.00 - 2.26* 0.50**	0.03 - 0.92* 0.74**
Inverno/92	0.00 - 6.09* 8.54**	1. - 0.75* 0.24**	0.0 - 0.95* 0.69**

* excluída a radial 7 (Cabo Frio). ** Valores máximos para a radial 7 (Gianesela-Galvão, 1994).

No inverno, um evento de ressurgência bastante intenso foi observado em frente a região de Cabo Frio. Diversos indícios sugerem que o mesmo se encontrava em sua fase inicial (tais como altos valores de nitrato observados dentro da zona eufótica e a biomassa fitoplancônica ainda extremamente baixa).

No verão, as concentrações mais elevadas de nitratos e fosfatos também estiveram associadas à ACAS. As concentrações mais elevadas destes nutrientes em algumas estações da radial 2, sugerem uma pequena ressurgência sobre a região da quebra da plataforma.

As concentrações dos nutrientes encontraram-se dentro dos padrões da Resolução CONAMA 020/86 para águas de classe 5 e 6.

Óleos & Graxas

A determinação de teores de óleos & graxas em amostras de água, através de técnicas de extração por solvente ou adsorção em sílica, seguida pela quantificação gravimétrica (pesagem), é recomendada para águas interiores e costeiras, onde as concentrações de compostos graxos e oleosos (minerais e orgânicos) é passível de quantificação pelo método gravimétrico.

No caso de águas oceânicas brasileiras, não há registros de dados sobre óleos & graxas, visto não serem esperadas concentrações suficientes para a determinação quantitativa dos teores desses materiais, além dessas determinações não permitirem a discriminação dos compostos oleosos presentes na água. Para tanto, emprega-se a análise de concentração de hidrocarbonetos totais através de técnicas cromatográficas e de espectrometria de massa, que permitem a quantificação e discriminação das frações de hidrocarbonetos presentes, ou mesmo a determinação das concentrações de hidrocarbonetos totais em equivalente de óleo (método espectrofluorimétrico).

Parâmetros Físico-Químicos: Oxigênio Dissolvido e pH

Neste trabalho foram utilizadas informações oriundas dos trabalhos de Ito, R.G.(1994 *in* GEOMAP-FUNDESPA, 1994) para águas profundas e de Heitor, S.R.(1996) para águas costeiras (Figura 3.1.4-2, apresentada anteriormente).

Segundo Heitor (1996), no inverno, os valores de oxigênio dissolvido na água de fundo variaram entre 3,77ml/l (estações 32 e 39) e 5,20ml/l (estação 56), com mínimas porcentagens de saturação de 71,80% e 102,80%, respectivamente, sendo que as estações 28 e 33 apresentaram supersaturação de oxigênio. Já os valores de pH variaram de 8,174 (estação 23) a 8,309 (estação 39).

No verão, o valor mínimo de oxigênio dissolvido foi de 1,78ml/l (estação 30) e máximo de 5,10ml/l (estação 39), com porcentagens de saturação de 32,10% e 104,4%, respectivamente. As estações 23, 24 e 30,

realizadas em profundidades menores que 36m, apresentaram valores de oxigênio dissolvido abaixo de 4ml/l. Já as estações 31, 38 e 39 apresentaram supersaturação de oxigênio (Ito, 1994). Os valores de pH variaram de 7,903 (estação 30) a 8,229 (estação 39). Os valores de OD variaram de 4,06ml/l (estação 42) a 4,97ml/l (estação 43).

Os teores de oxigênio dissolvido e porcentagem de saturação mostraram dependência direta com as variações sazonais, apresentando maiores valores no inverno do que no verão. De forma geral, os valores de pH variaram juntamente com os de oxigênio dissolvido tanto no inverno quanto no verão.

De acordo com Ito (1994), nas estações realizadas próximas à área de interesse (Tabela 3.1.4-12), as concentrações de OD na superfície durante o verão estiveram próximas do equilíbrio em relação à atmosfera. De modo geral, as estações intermediárias e de fundo indicaram uma demanda de OD (59,7 a 97,6% da saturação) independente da massa d'água, devido à fatores como consumo biológico *in situ* ou não, mistura de massas d'água e circulação. No inverno, a ocorrência de centros de mínimo para OD e pH encontrou-se associada a águas com salinidades maiores que 35,5 e temperaturas entre 20 e 25°C, evidenciando a influência de águas de origem tropical.

Tabela 3.1.4-12: Concentração de oxigênio dissolvido, % de saturação de OD e pH das estações de águas profundas na Bacia de campos, RJ, Campanha de verão.

Estação	Profundidade (m)	OD (ml/l)	% Saturação OD	PH (NBS)
70	0	4.58	100.9	8.173
	994	4.55	62.1	8.216
	1980	3.11	89.6	8.032
71	0	4.52	89.7	8.174
	245	4.64	82.1	7.860
	1461	4.50	61.5	7.935
72	0	4.64	101.9	8.154
	507	4.05	62.5	7.972
	950	4.67	63.6	7.917
73	0	4.68	102.8	8.150
	60	4.57	97.6	8.163
	253	4.16	69.8	8.052
	446	4.81	74.5	8.011
74	0	4.72	102.3	8.160
	65	4.67	101.2	8.146
	96	4.46	83.0	8.141
	209	4.10	39.3	8.055

Fonte: Ito, R.G. in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

Nas estações de águas profundas (Tabela 3.1.4-13) o oxigênio dissolvido apresentou-se na superfície, supersaturado ou saturado em relação a atmosfera, com poucas exceções. Para as estações intermediárias e de fundo, o percentual de saturação de OD variou de 65,9% (estação 70) a 95,1%(estação 74).

Tabela 3.1.4-13: Concentração de oxigênio dissolvido, % de saturação de OD e pH das estações de águas profundas na Bacia de campos, RJ, Campanha de inverno.

Estação	Profundidade (m)	OD (ml/l)	% Saturação OD	pH (NBS)
70	0	3.01	103.4	8.151
	975	4.53	62.9	8.035
	1950	3.39	74.0	7.797
71	0	4.97	102.8	8.134
	749	4.59	63.4	8.009
	1460	4.54	61.7	7.949
72	0	4.97	102.8	8.126
	535	4.43	68.0	7.967
	990	4.90	66.7	7.941
73	0	4.62	97.5	8.134
	270	4.74	82.7	8.045
	497	4.86	74.8	7.978
74	0	4.87	103.4	8.122
	100	4.73	93.1	8.129
	209	4.44	82.8	8.067

Fonte: Ito, R.G. in GEOMAP-FUNDESPA, 1994

No inverno a distribuição de pH apresentou pouca variação e a estratificação ocorreu mais a nível horizontal do que vertical.

Os valores de pH variaram entre 7,797 a 8,151, sendo assim considerados dentro da faixa normal para águas oceânicas ($8,0 \pm 0,2$), devido à ação tamponante do sistema carbonato.

Tanto o pH como a concentração de OD são propriedades não conservativas do sistema, portanto estes parâmetros são determinados mais pelo balanço variável de fatores dinâmicos do que por um estado de equilíbrio termodinâmico. Esta situação é atribuída, por um lado, pela limitação cinética de alcance de equilíbrio dentro de um sistema dinâmico aberto e, por outro, pelas perturbações, localizadas ou não, produzidas por processos químicos e biológicos *in situ*. Deste modo, a distribuição destes parâmetros na área estudada apresentou variações localizadas e sazonais.

De um modo geral, a concentração de OD, o percentual de saturação do oxigênio dissolvido e o pH apresentaram valores maiores no inverno do que no verão. No entanto, os resultados obtidos para esses parâmetros nas campanhas de ambas as estações, encontram-se dentro da faixa normal esperada para águas oceânicas.

Sulfeto

As concentrações de sulfetos na água do mar foram determinadas para a área no entorno das plataformas de Pampo e Pargo (Bacia de Campos- RJ) durante o estudo da ETBC-01 (1998).

Todas as amostras coletadas (n=45) se encontraram em concentração inferior a $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$ com exceção de uma coletada à 250m da plataforma de Pampo, no sentido preferencial da corrente, cuja concentração encontrada foi de $0,004 \text{ mg.L}^{-1}$.

A área de estudo trata-se de uma água salina de classe 6, segundo a Resolução CONAMA 020/86, nesta classe não é estabelecido o limite para o teor de sulfetos.

Devido a não disponibilidade de dados para comparar com os obtidos para aquela região, comparou-se com a Resolução CONAMA 020/86, para águas salinas de classe 5, onde o limite para sulfetos é de $0,002 \text{ mg.L}^{-1}$,

da espécie não dissociada, ou seja H_2S . Através de cálculos verificou-se que todas as amostras não apresentaram contaminação por H_2S pois as concentrações mantiveram-se dentro dos padrões estipulados para classe 5 (águas costeiras).

Estudos realizados por Projeto Cabiúnas (1993) apresentaram dados de sulfetos totais (Tabela 3.1.4-14) na região costeira de Cabiúnas (Figura 3.1.4-1 apresentada anteriormente) com valores variando de 0,00113 a 0,00126 $mg.L^{-1}$. Observa-se que os valores encontrados estão abaixo do máximo permitido pela Resolução CONAMA 020/86 (0,002 $mg.L^{-1}$), para águas marinhas costeiras.

Tabela 3.1.4-14: Concentrações de sulfetos na água do mar (Projeto Cabiúnas, 1993).

Estação	Sulf. Total ($mg.L^{-1}$)	Estação	Sulf. Total ($mg.L^{-1}$)
1S	0,00116	6S	0,00118
1F	0,00116	6F	0,00120
2S	0,00118	7S	0,00120
2F	0,00126	7F	0,00118
3S	0,00124	8S	0,00121
3F	0,00120	8F	0,00113
4S	0,00115	9S	0,00120
4F	0,00116	9F	0,00115
5S	0,00118	10S	0,00120
5F	0,00115	10F	0,00115

SEDIMENTOS

Weber (*in* GEOMAP-FUNDE SPA, 1994) realizou estudos dos níveis de concentração de hidrocarbonetos nos sedimentos da Bacia de Campos nas campanhas de inverno/1991 e verão de 1992 em estações localizadas nas mesmas radiais do monitoramento da água do mar (Figura 3.1.4-2, apresentada anteriormente). São relatados somente os valores de hidrocarbonetos da fração saturada obtidos através da cromatografia gasosa de alta resolução (Tabelas 3.1.4-15 e 3.1.4-16).

A maior parte das amostras analisadas consistia em areia média ou grossa e até calcários coralinos. Sedimentos com esta granulometria acumulam baixíssimos níveis de hidrocarbonetos, sejam esses biogênicos ou de petróleo.

Segundo Volkman *et al.* (1992) sedimentos marinhos com teores de hidrocarbonetos alifáticos de até 2,0 $\mu g/g$ no sedimento seco são típicos de ambientes marinhos não contaminados por hidrocarbonetos de petróleo.

No inverno de 1991 os sedimentos coletados apresentaram valores (Tabela 3.1.4-15) desde a faixa de não detectado ($< 0,02 \mu g/g$ para parafinas individuais), até o máximo de 2,08 $\mu g/g$. Com exceção da amostra de sedimento da estação 6, contendo 2,08 $\mu g/g$, todas as outras 55 amostras apresentaram valores abaixo de 2 $\mu g/g$ de parafinas totais.

Na campanha do verão de 1992 (Tabela 3.1.4-16), somente 2 amostras apresentaram teores totais acima de 2 $\mu g/g$.

A estação 46, constituída de mistura de lama e detritos apresentou um teor de 3,82 $\mu g/g$. Os sedimentos das estações 16, 42, 45 e 56 também apresentaram, apesar de menor grau, alguma contribuição antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo associada a seus hidrocarbonetos biogênicos.

Das 113 amostras analisadas, apenas seis apresentaram evidências de contaminação por óleo cru, sendo que apenas três amostras (amostra 6, do inverno de 1991, e 7 e 6, ambas do verão de 1992), estavam acima do limite de 2 µg/g proposto por Volkman e colaboradores (1992).

Em síntese, os dados relativos as concentrações de hidrocarbonetos presentes nos sedimentos não evidenciaram contribuições antropogênicas significativas para a região de estudo.

Um estudo mais recente foi realizado por Gabardo e colaboradores (1998) nos sedimentos próximos ao emissário da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Cabiúnas. Foram amostradas onze estações, coincidentes com as utilizadas no Projeto Cabiúnas (Figura 3.1.4-1, apresentada anteriormente), e realizadas análises de hidrocarbonetos e sedimentológicas.

Os resultados de umidade e HPAs totais em equivalentes de criseno, em peso seco, estão apresentados na Tabela 3.1.4-17. As concentração de HPAs encontradas nos sedimentos estudados, indicam a presença de valores mais elevados nos sedimentos de granulometria mais fina (estações 5, 7, 8, 9, 10, 11), uma tendência natural, decorrente da maior adsorção dos hidrocarbonetos em partículas sólidas de maior dimensão e com teor orgânico mais elevado, como é o caso da fração lamosa.

As estações 5 e 7 apresentaram as maiores concentrações de hidrocarbonetos, enquanto que os menores valores foram observados nas estações 4 e 6. Assim, podemos afirmar que a granulometria dos sedimentos locais é um fator condicionante básico da distribuição de hidrocarbonetos, sendo pouco relevante a distribuição geográfica das estações na malha estudada.

Tabela 3.1.4-15: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Inverno de 1991. Concentração em µg/g de sedimento seco.

Estação	Hidrocarbonetos totais	Estação	Hidrocarbonetos totais
01	0,03	02	n.d.*
03	0,37	04	n.d.*
05	1,18	06	2,08
07	0,96	08	n.d.*
09	n.d.*	10	0,14
11	0,26	12	0,12
13	0,86	14	0,98
15	0,02	16	0,03
17	0,22	18	0,10
19	0,06	20	0,17
21	n.d.*	22	0,38
23	0,12	24	0,66
25	0,16	26	n.d.*
27	0,04	28	0,79
29	0,29	30	n.d.*
31	0,14	32	0,30
33	0,11	34	0,08
35	0,12	36	0,54
37	0,25	38	n.d.*
39	0,21	40	0,59
41	0,51	42	0,81
43	0,29	44	0,21
45	0,56	46	1,07
47	0,66	48	1,35
49	0,21	50	n.d.*
51	n.d.*	52	0,04
53	0,17	54	0,63
55	n.d.*	56	0,03

Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994.

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-16: Hidrocarbonetos alifáticos totais nos sedimentos. Bacia de Campos. Verão de 1992. Concentração em µg/g de sedimento seco.

Estação	Hidrocarbonetos totais	Estação	Hidrocarbonetos totais
01	0,03	02	0,25
03	0,89	04	0,37
05	0,82	06	1,26
07	5,49	08	n.d.*
09	0,22	10	n.d.*
11	n.d.*	12	n.d.*
13	n.d.*	14	0,76
15	0,46	16	1,29
17	0,54	18	0,78
19	n.d.*	20	n.d.*
21	n.d.*	22	0,45
23	0,81	24	0,23
25	0,37	26	0,23
27	n.d.*	28	0,44
29	1,03	30	n.d.*
31	n.d.*	32	0,35
33	1,40	34	0,55
35	0,35	36	0,56
37	n.d.*	38	n.d.*
39	0,24	40	0,75
41	1,98	42	1,70
43	0,65	44	0,24
45	1,53	46	3,82
47	1,99	48	2,04
49	0,22	50	0,41
51	n.d.*	52	n.d.*
53	0,44	54	1,75
55	0,23	56	0,52
57	0,80		

Weber 1994 in GEOMAP-FUNDESPA, 1994.

*n.d.= abaixo do limite de detecção

Tabela 3.1.4-17: Resultados das análises de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e umidade, em sedimentos superficiais costeiros da região de Cabiúnas, Norte Fluminense (Gabardo et al., 1998).

Estação	Granulometria	C _E	C _{E-B}	Massa (g) sedimento	CA (µg/g) PU*	Umidade	CA (µg/g) PS**
01	areia grossa superior e areia média superior/inferior	2,8	1,3	5,1448	0,505	18,0	0,616
02	areia grossa inferior e areia média	3,0	1,5	5,0807	0,590	18,2	0,722
03	areia grossa superior/ muito grossa inferior e areia fina superior	2,4	0,9	5,0167	0,359	19,7	0,447
04	areia lamosa	2,0	0,5	5,0699	0,197	19,8	0,246
05	flocos de lama	6,3	4,8	5,1594	1,861	54,2	4,063
06	areia muito grossa superior e areia grossa inferior	2,2	0,7	5,1239	0,273	14,6	0,320
07	lama	7,4	5,9	5,1291	2,301	45,9	4,253
08	lama	4,3	2,8	5,1945	1,078	65,8	3,152
09	lama	3,5	2,0	5,1762	0,773	65,0	2,207
10	lama	4,3	2,8	5,1271	1,092	31,7	2,852
11	lama	3,2	1,7	5,1350	0,662	64,6	1,870

C_E : Concentração de HPAs no extrato do sedimento (em equivalentes de criseno)

C_{E-B} : Concentração no extrato subtraído o valor do branco do processo

*PU: Peso úmido

**PS: Peso seco

Observa-se a ocorrência de um incremento das concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos nos sedimentos, quando comparados aos encontrados no estudo anteriormente realizado na mesma região (Projeto Cabiúnas, 1993). No entanto, comparando com alguns dados encontrados na literatura para teor total de hidrocarbonetos (Tabela 3.1.4-18), constata-se que as concentrações do recente trabalho se encontram dentro de uma faixa similar à de outras regiões da costa brasileira, e característica de ambientes costeiros não impactados.

Tabela 3.1.4-18: Dados sobre a concentração total de hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de áreas marinhas no Brasil (Gabardo et al., 1998)

Local	Sedimento (µg/g)	Referência
Estuário de Santos	0,8 – 5,1	BICEGO, 1988
Canal de S. Sebastião (SP)	0 – 4,8	BICEGO, 1988
Plataforma Continental Paulista	0 – 4,4	BICEGO, 1988
Águas Oceânicas do Atlântico Sul	0,6 – 1,5	WEBER, 1981
Ilha Grande	(0,7 – 90) *	MELGES, et al., 1992
Bacia de Campos (RJ)	<0,16 – 5,5	GEOMAP/FUNDESPA, 1994

* Sedimentos de praias e manguezais

Segundo Volkman e colaboradores (1992) e UNEP (1991), as concentrações de HPAs nos sedimentos costeiros podem variar de 5 a 10 µg/g, sem que necessariamente essa concentração represente uma contaminação.

Em estudo mais recente (PETROBRAS, 1998), os resultados obtidos para n-alcanos, mistura complexa não resolvida (UCM) e hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) nos sedimentos do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo (Campo de Marlim), apresentaram valores típicos de áreas offshore com pequena influência de atividades de exploração de óleo e gás (Tabela 3.1.4-19).

Tabela 3.1.4-19: Resultados de concentração de hidrocarbonetos nos sedimentos do entorno das Plataformas de Pargo e Pampo, Campo de Marlim, Bacia de Campos, em µg/g de sedimento seco (PETROBRAS, 1998).

PLATAFORMA	N-ALCANOS	UCM	HPAS
PARGO	0,906-2,241	10,5-60,7	0,006-2,095
PAMPO	0,847-2,366	9,6-72,2	0,061-0,207

3.1.5 - MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DA PREVISÃO DE DILUIÇÃO VERSUS DISTÂNCIA PARA O DESCARTE DE ÁGUA DE PRODUÇÃO

O descarte da água de produção a ser gerada pelo sistema de produção dar-se-á através de um sistema projetado para descarte do efluente com teor de óleos e graxas inferior a 20 ppm, em cumprimento à Resolução CONAMA 020/1986.

Em atendimento ao ELPN/IBAMA, conforme solicitado em seu parecer técnico 145/00, são apresentados os resultados da simulação matemática tridimensional, desenvolvida para previsão das características da pluma de dispersão dos efluentes que serão descartados no mar pela plataforma PETROBRAS 40 (P-40). Observa-se que esta simulação da pluma de dispersão foi executada pela PETROBRAS / CENPES e encontra-se apresentada em sua totalidade no Anexo 5.

Após a entrada em operação, a P-40 terá aumento progressivo de vazão da água produzida variando de zero a cerca de 2.000 m³/d, no final de 2005. A vazão de descarte máxima de água produzida prevista para a P40, a ser alcançada em 2022, é de 13.850 m³/d.

A pluma de dispersão dos efluentes para a P-40 foi simulada utilizando-se o modelo CORMIX (CORNELL MIXING ZONE EXPERT SYSTEM) da Cornell University (New York).

DADOS BÁSICOS PARA SIMULAÇÃO DA PLUMA DE DISPERSÃO

A plataforma P-40 é uma plataforma do tipo semi-submersível para produção de petróleo. Operará na Bacia de Campos no Campo de Marlim Sul, nas coordenadas UTM 7506345 N e 390097 E, em uma lâmina d'água de 1080 metros.

Para a simulação da dispersão da pluma dos efluentes da P40, utilizou-se a vazão de 14.000 m³/dia, correspondente à vazão máxima a ser obtida em 2022.

Os dados do perfil de densidade, correspondem aos da Região Intermediária Central da Bacia de Campos (PETROBRAS, 1999).

Para a simulação utilizou-se o valor de 56 psu (56.000 mg/L) para a salinidade do efluente e temperatura de descarte de 40^o C, o que proporciona uma densidade de 1033,6 kg/m³. Este valor de salinidade corresponde à salinidade média da água de formação no Campo de Marlim, reservatório que tem características similares a Marlim Sul e vem sendo utilizado como referência pois, ainda não se dispõe de caracterização da água de formação a ser produzida pela P40 (PETROBRAS, 2000a).

A velocidade média das correntes marinhas adotada foi de 0,55 m/s. Esse valor corresponde à velocidade que ocorre com maior frequência na região.

Para avaliação da diluição de um poluente ao longo da dispersão da pluma, utilizou-se um poluente solúvel fictício com concentração inicial de 100 ppm. A simulação foi realizada para um poluente conservativo, ou seja, aquele que não se degrada ou interage quimicamente com o meio ambiente, sendo o decaimento de sua concentração inicial decorrente apenas da diluição proporcionada pela dispersão da pluma na coluna d'água.

Foi utilizado, por limitações do programa CORMIX, um perfil de densidade linear, correspondendo às profundidades de 0 a 326 m, suficiente para o caso, pois a pluma, conforme demonstra o programa se manteve dentro destes limites. Este perfil é considerado conservativo, para o efeito de penetração da pluma de efluentes na lâmina d'água, pois apresenta, na maior parte da mesma, uma densidade menor que a real (Figura 3.1.5-1).

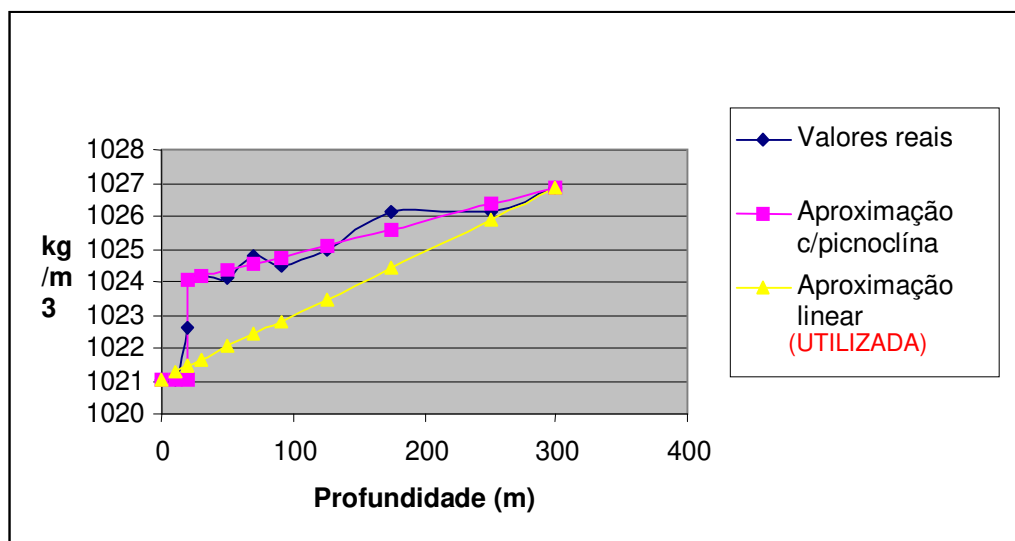


Figura 3.1.5-1: Perfis de densidade da água do mar em função da profundidade.

O descarte da água produzida na P40 será feito por uma tubulação de 10 polegadas de diâmetro, situada a um metro acima da superfície da água (PETROBRAS, 2000b). Todavia, por limitações do CORMIX, a simulação foi conduzida considerando-se o lançamento dos efluentes na superfície da água do mar. Este também é um fator da simulação que contribui de forma conservativa na penetração (afundamento) da pluma, pois, na realidade, ocorrerá um espalhamento do jato quando do seu impacto com a superfície da água, reduzindo o ‘efeito de jato’ e assim, diminuindo a profundidade de penetração da pluma, quando comparado com o resultado da simulação.

RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Os resultados da simulação são ilustrados pelas Figuras de 3.1.5-2 a 3.1.5-4 a seguir, geradas a partir dos dados de saída da simulação realizada com o CORMIX.

As Figuras 3.1.5-2a e 3.1.5-2b mostram a propagação da pluma ao longo da distância da plataforma. A Figura 2a (com zoom) mostra em detalhe, no campo próximo à plataforma, a profundidade de penetração da pluma e seu padrão de dispersão.

Como o efluente da P40 é mais denso que a água do mar e é descartado na superfície da água a uma vazão de $0.162 \text{ m}^3/\text{s}$ na forma de jato, ele penetra na massa d’água e afunda mas, não ultrapassa a profundidade de cerca de 20 metros a uma distância de 125 metros da plataforma (borda inferior da pluma).

Através da Figura 3.1.5-2b, observa-se que a pluma, após um rápido afundamento, se mantém estável, a uma profundidade fixa, mesmo a uma distância da plataforma da ordem de 30 Km. Destaca-se que, na verdade, já em distâncias inferiores a essa, a pluma dos efluentes está quase que totalmente dispersa na coluna d’água, conforme pode-se ver nos dados de saída apresentados no anexo.

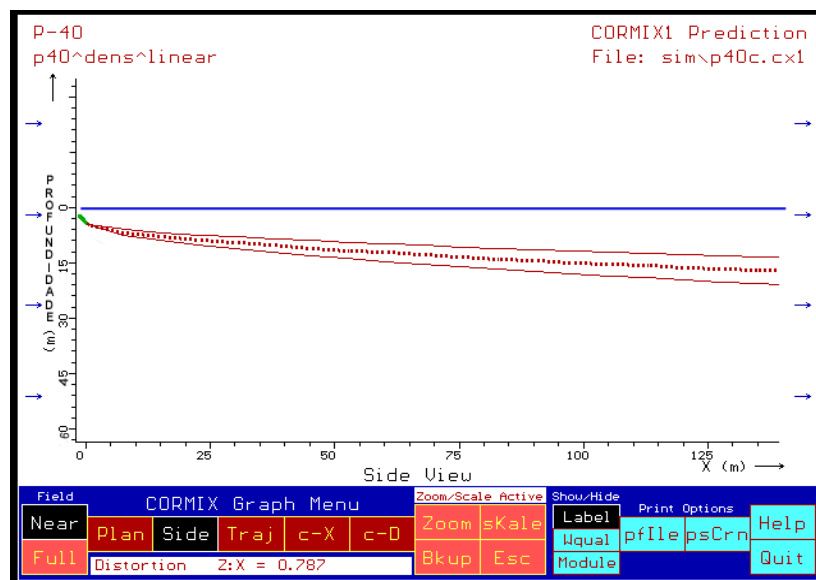


Figura 3.1.5-2a: Propagação da pluma no campo próximo e profundidade de penetração/afundamento.

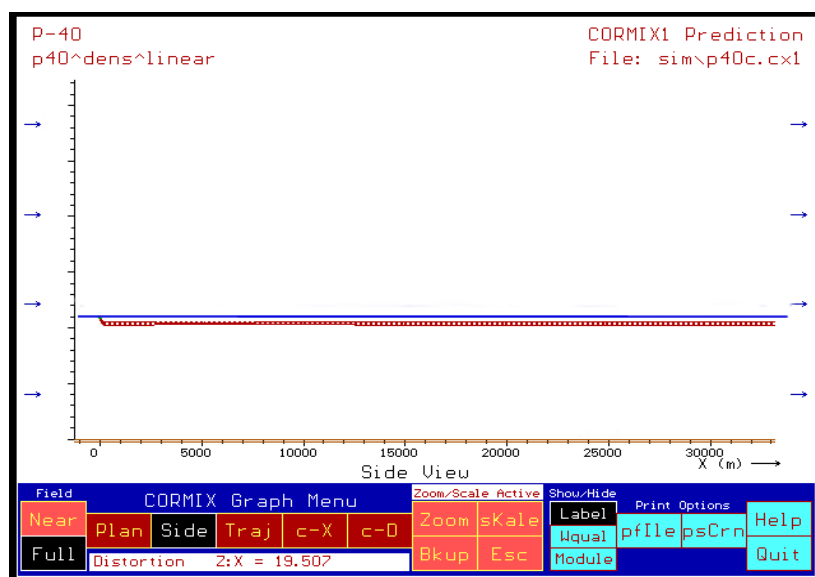


Figura 3.1.5-2b: Propagação da pluma no campo afastado.

A Figura 3.1.5-3, ilustra, no campo próximo de dispersão, a distribuição horizontal (vista superior) apresentada pela pluma ao longo de sua trajetória. Destaca-se que os limites das bordas da pluma, a partir de seu centro, têm uma amplitude relativamente modesta, cerca de seis metros de afastamento entre as bordas da pluma a uns 120 m de distância do lançamento. Esta vista sugere que a pluma amplia-se horizontalmente com a distância mas, deve ficar claro que a concentração de um poluente decresce proporcionalmente com o aumento da distância da plataforma. Conforme pode ser visto nos dados de saída da simulação apresentados no anexo, um poluente sofre uma diluição da sua concentração inicial (no efluente) da ordem de 8.000 vezes a 5.000 metros de distância da plataforma.

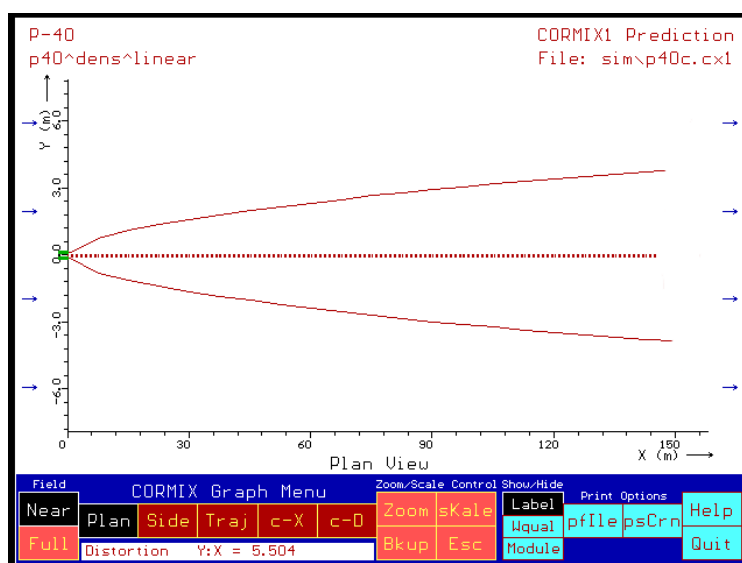


Figura 3.1.5-3: Vista superior, no campo próximo, da pluma de dispersão dos efluentes da P40.

A Figura 3.1.5-4 ilustra a diluição, no campo próximo, de um poluente solúvel na água. Após o descarte, conforme a figura, considerando-se uma concentração inicial prevista de 20 ppm no efluente (a figura apresenta uma concentração inicial de 100 ppm para fins de modelagem), a concentração do poluente na água do mar, já na faixa dos 200 metros distantes da plataforma, é praticamente nula comprovando o fato de que o poluente é rápida e intensamente disperso ou diluído na água nas proximidades da plataforma. Destaca-se que este grau de diluição será semelhante para todos os componentes solúveis no efluente.

Deve-se ressaltar, ainda, que os resultados apresentados referem-se a um poluente conservativo, o que não é o caso dos componentes oleosos do futuro efluente da P40, que apresentam um decaimento natural devido aos processos de foto-oxidação química e biodegradação que se somarão aos efeitos da diluição física, ampliando assim a capacidade de diluição final das concentrações de compostos oleosos presentes na pluma do efluente.

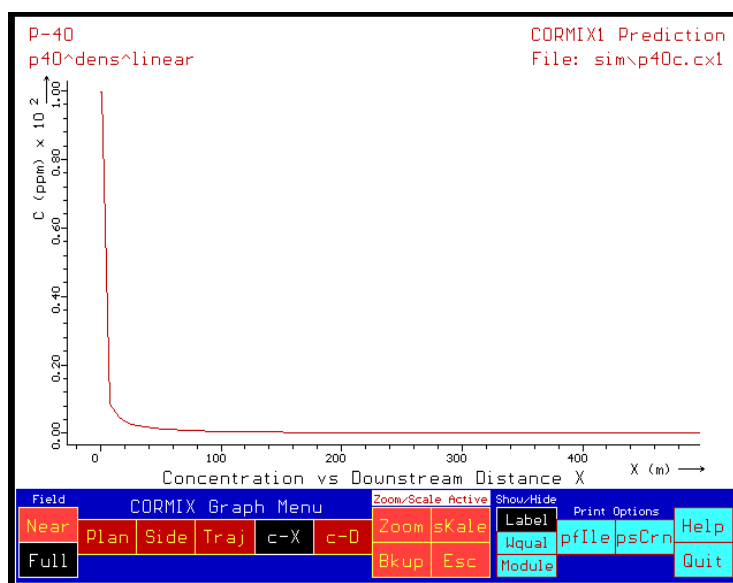


Figura 3.1.5-4: Variação da concentração de um poluente solúvel no campo próximo.

3.1.6 - MODELAGEM DO ESPALHAMENTO DE ÓLEO DERRAMADO

O comportamento de eventuais manchas de óleo derramado na área de influência das Plataformas P-40 e P-38 pode ser verificado na simulação apresentada no item 2.3 - Modelagem de Derrame de Óleo, do Volume II - Análise e Gerenciamento de Risco do presente relatório, que desenvolveu uma modelagem probabilística para derrame de óleo na área de estudo.