

## II.5.1.2 - Oceanografia

### *Oceanografia Física*

São apresentados, a seguir, os principais aspectos oceanográficos da Bacia de Campos, com destaque na área onde será implantado o Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo no Bloco BC-20, englobando as massas d'água, parâmetros físicos e químicos da água (especialmente temperatura e salinidade), correntes, batimetria, marés e ondas.

Neste diagnóstico são apresentados dados oceanográficos adquiridos em diversos trabalhos (programas de monitoramento, programas de caracterização ambiental e pesquisas científicas) realizados na Bacia de Campos, como um todo, e na área onde está prevista o Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural e Petróleo do Bloco BC-20.

Também foram utilizados dados de temperatura referentes à Bacia de Santos. Esses dados se fazem necessários, pois o Bloco BC-20 está localizado próximo ao limite entre as duas Bacias, Campos e Santos, e a caracterização precisou extrapolar a Bacia de Campos para cobrir a área potencialmente atingida por um derramamento de óleo.

Levitus (1994) consiste em bases de dados climatológicas também conhecido como Atlas Internacional de Dados Oceanográficos do *National Oceanographic Data Center* (NODC). Foram estudadas as distribuições de propriedades de diversos parâmetros ao longo da coluna d'água, tais como temperatura, salinidade, densidade, nutriente e oxigênio. O trabalho foi realizado com as médias de inúmeras estações e diferentes equipamentos de coleta dentro de um quadrado de Marsden (QMD376/SQMD20).

O Quadro II.5.1.2-1 mostra a fonte, os parâmetros, às coordenadas das estações de coleta e o período de amostragem para os principais dados oceanográficos analisados no relatório. No Mapa II.5.1.2-1, aparecem georreferenciadas as estações de coleta dos principais dados oceanográficos com suas respectivas fontes, com exceção de Levitus, NODC e BNDO.

**Quadro II.5.1.2-1 - Métodos de amostragem dos parâmetros oceanográficos analisados.**

FONTES	PARÂMETRO	COORDENADAS	PERIODO
BNDO (área)	Ondas	*	1958 a 2002
IEAPM, 2006	Ondas	23°01'S e 42°03'W	1998 a 2004
Levitus, 1994	Temperatura e Salinidade	-	-
Lima, 1997	Correntes (Correntômetro Aanderaa RCM-7)	**	05/1994 a 05/1995
	Temperatura e Salinidade (CTD)	22°10'S e 39°39,1'W	05/1994 a 05/1995
PETROBRAS/CENPES, 2002	Salinidade e Temperatura (CTD)	7.464.276 N e 317.008 E	05/1994 a 05/1995
PETROBRAS/Habtec, 2010	Salinidade e Temperatura (CTD)	**	1926 a 1991 (BNDO) 1991 a 1991 (NODC)
	Correntes (Bóias de deriva)	**	1991 a 2008
	Maré	22° 6' S e 40° 1' W 22° 2' S e 39° 52' W	01/1994 à 05/1995
Pinho, 2003; Seixas, 1997 e Violante-Carvalho, 1998	Ondas (Bóias "pitch and roll")	22° 31' S e 39° 58' W	03/1991 à 03/1993
		22° 38' S e 40° 12' W	01/1994 à 06/1995
Salles, 2000	Maré	22°54'S e 40°47'W	01/1994 à 05/1995
tbone.biol.sc.edu	Maré	23°S e 42,05°W	03/07/2002 à 29/07/2002

\* A área exata não é conhecida devido ao grande número de dados e/ou dados obtidos a partir de fontes de coleta móveis.

\*\* Figura com localização das estações é apresentada no item c) *Correntes* do presente diagnóstico.



**Mapa II.5.1.2-1 - Mapa de estações de coleta de dados georreferenciadas. (A3)**

---

**Mapa II.5.1.2-1 - Mapa de estações de coleta de dados georreferenciadas. (A3)**

## Caracterização Geral

### a) Temperatura, Salinidade e Densidade da Água do Mar

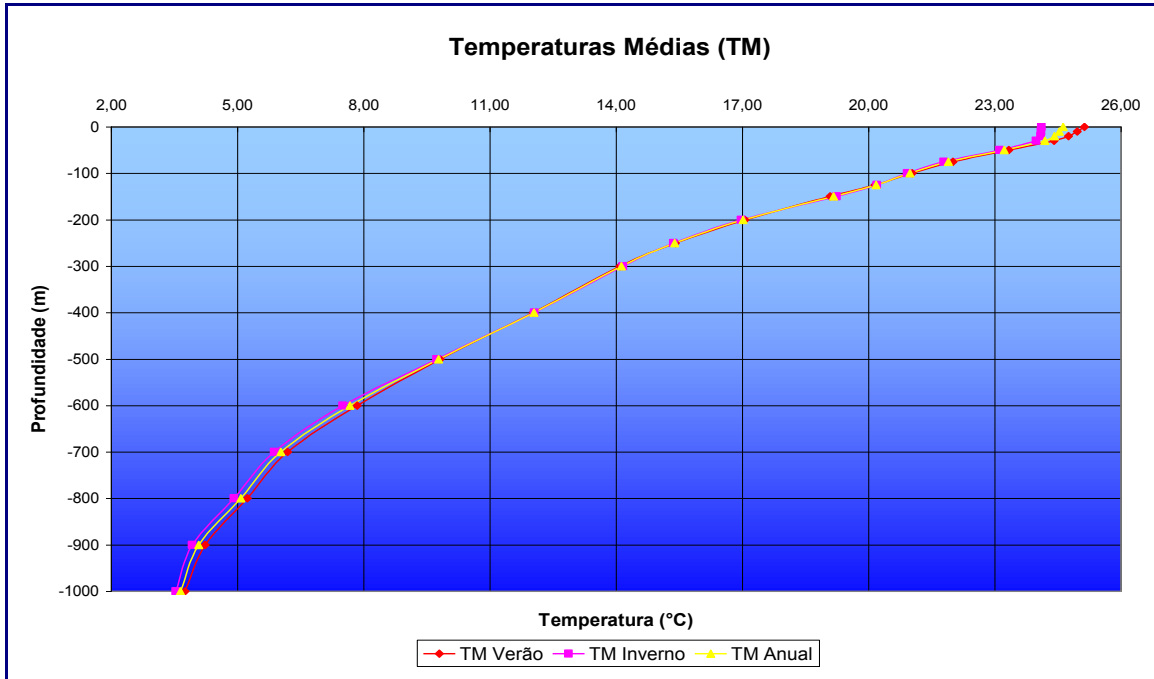
Os campos de temperatura e salinidade da água do mar na Bacia de Campos, região de localização do Bloco BC-20, são característicos da região de quebra de plataforma continental na costa sudeste brasileira. Estes campos possuem perfis característicos da mistura de águas de plataforma continental (homogeneizadas por ação de ventos e de marés) e de águas oceânicas.

- *Temperatura*

A variabilidade da temperatura na região do empreendimento é condicionada por uma série de fatores, particularmente pelo ciclo sazonal, a ação de fenômenos transientes como meandros, vórtices e ondas planetárias e, junto à costa até a plataforma continental média, pela ressurgência de águas subsuperficiais mais frias em função da divergência costeira condicionada pelos ventos predominantes de nordeste. Destes fenômenos, o ciclo sazonal é a componente mais energética da variabilidade superficial, e, portanto uma primeira visão do campo de temperatura na Bacia de Campos é apresentada aqui em termos de dados climatológicos mensais (LEVITUS 1994) (Figura II.5.1.2-1 à Figura II.5.1.2-4). Como poderia ser esperado, a maior variabilidade deste parâmetro na coluna de água é observada junto à superfície, em função de sua exposição à atmosfera e à radiação solar. Abaixo dos 150 m, a variação sazonal do perfil de temperatura torna-se significativamente menos evidente. Uma termoclina permanente é observada entre de 150 a 600 metros, evidenciando as duas profundidades que definem os pontos de interação entre três das massas d'água, especificamente da Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA), existentes na região (LIMA, 1997).

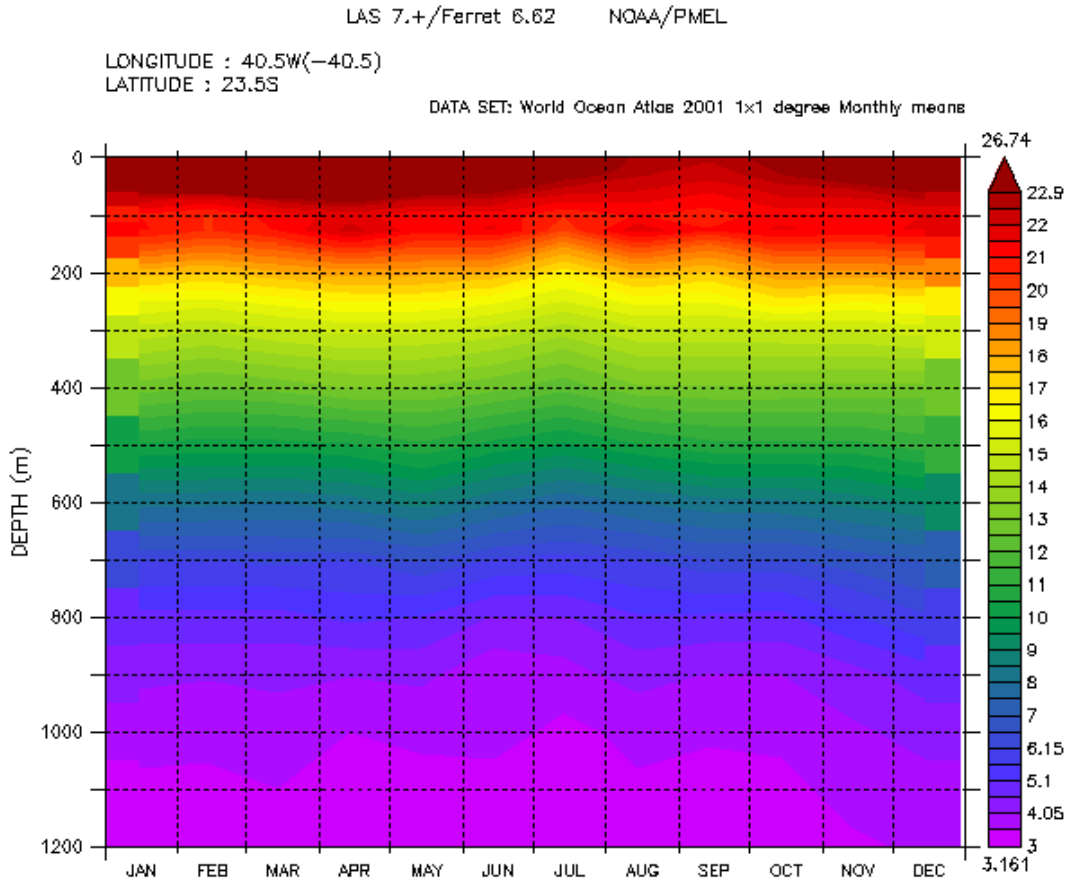
Para uma primeira visão do campo de temperatura na Bacia de Campos são considerados dados climatológicos de Levitus (1994) referentes às profundidades de até 1000 metros, não contemplando então a profundidade limite entre AIA e

APAN (Figura II.5.1.2-1A à Figura II.5.1.2-4A). Dados locais, nas coordenadas próximas à região do Bloco BC-20 são apresentados nas Figuras II.5.1.2-1B a II.5.1.2-4B (NOAA/NESDIS/NODC, 1994).



**Figura II.5.1.2-1A - Temperaturas médias anuais, de inverno e de verão na região da Bacia de Campos.**

Fonte: Levitus (1994).

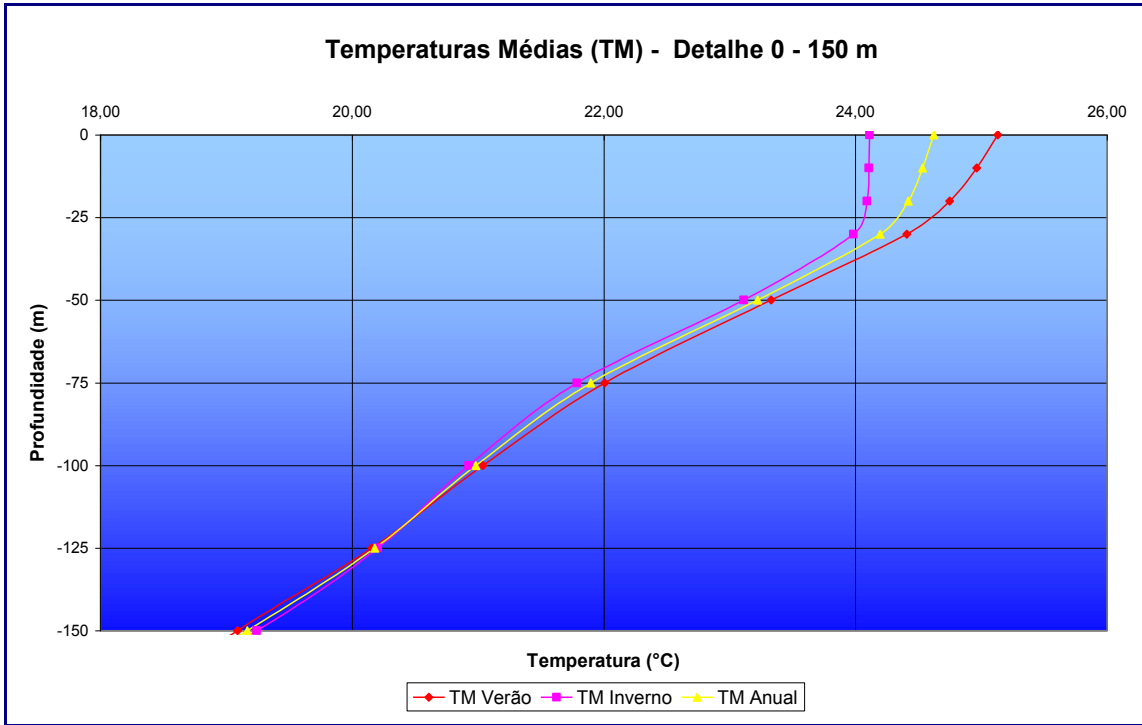


temperature (analyzed) (deg C)

**Figura II.5.1.2-1B- Temperaturas médias anuais, de inverno e de verão na região do Bloco BC-20, latitude 23° 30' 00" S e 40° 30' 00" W.**

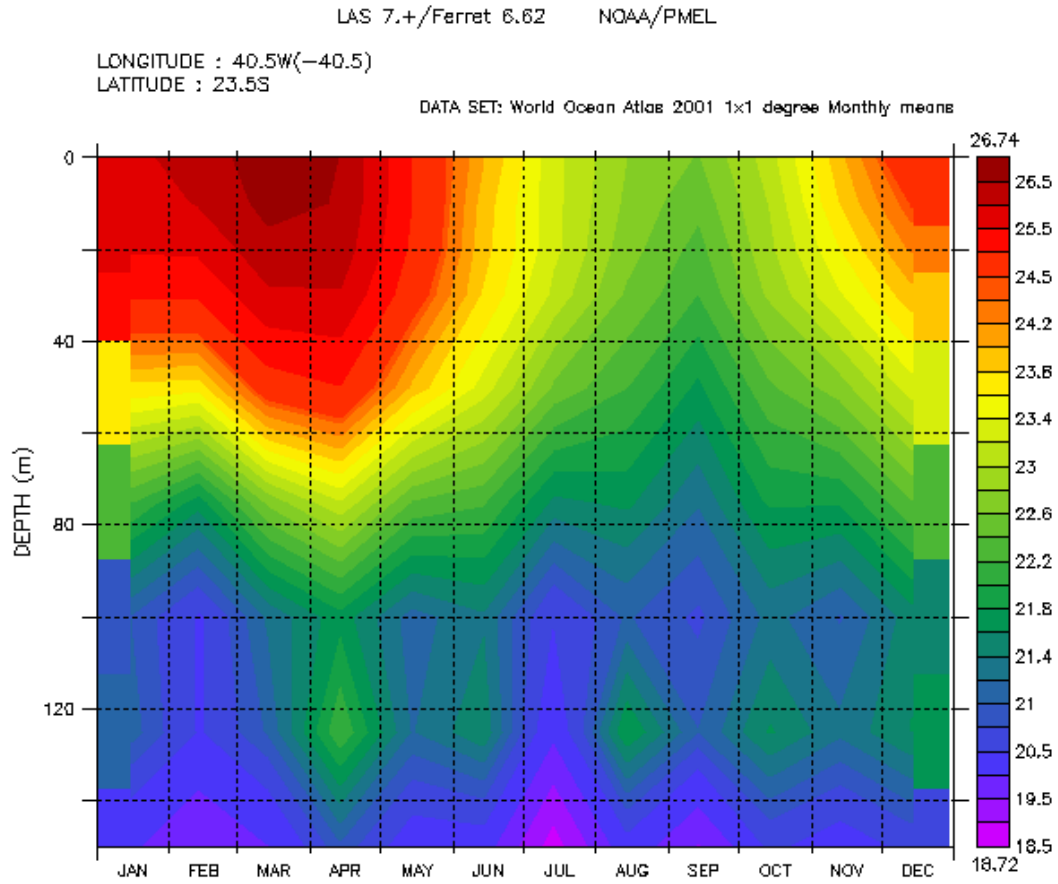
Fonte: NOAA/NESDIS/NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (1994).  
<http://www.nodc.noaa.gov>



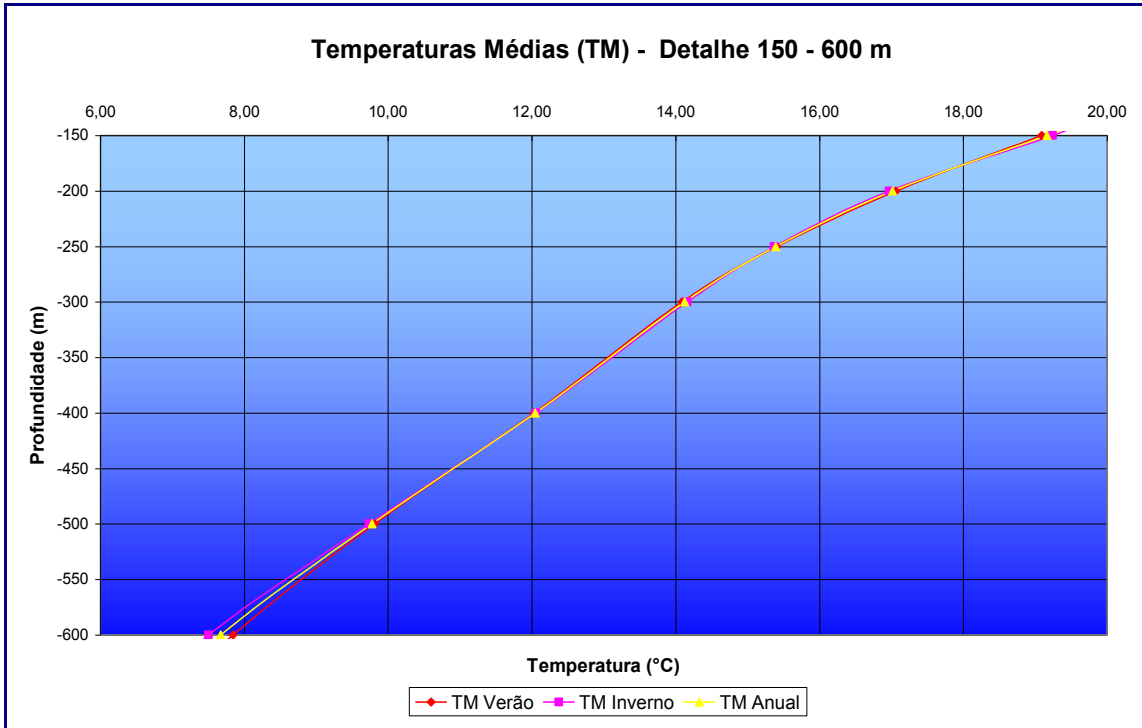


**Figura II.5.1.2-2A** - Detalhe de 0 a 150 m na região da Bacia de Campos.

Fonte: Levitus (1994)

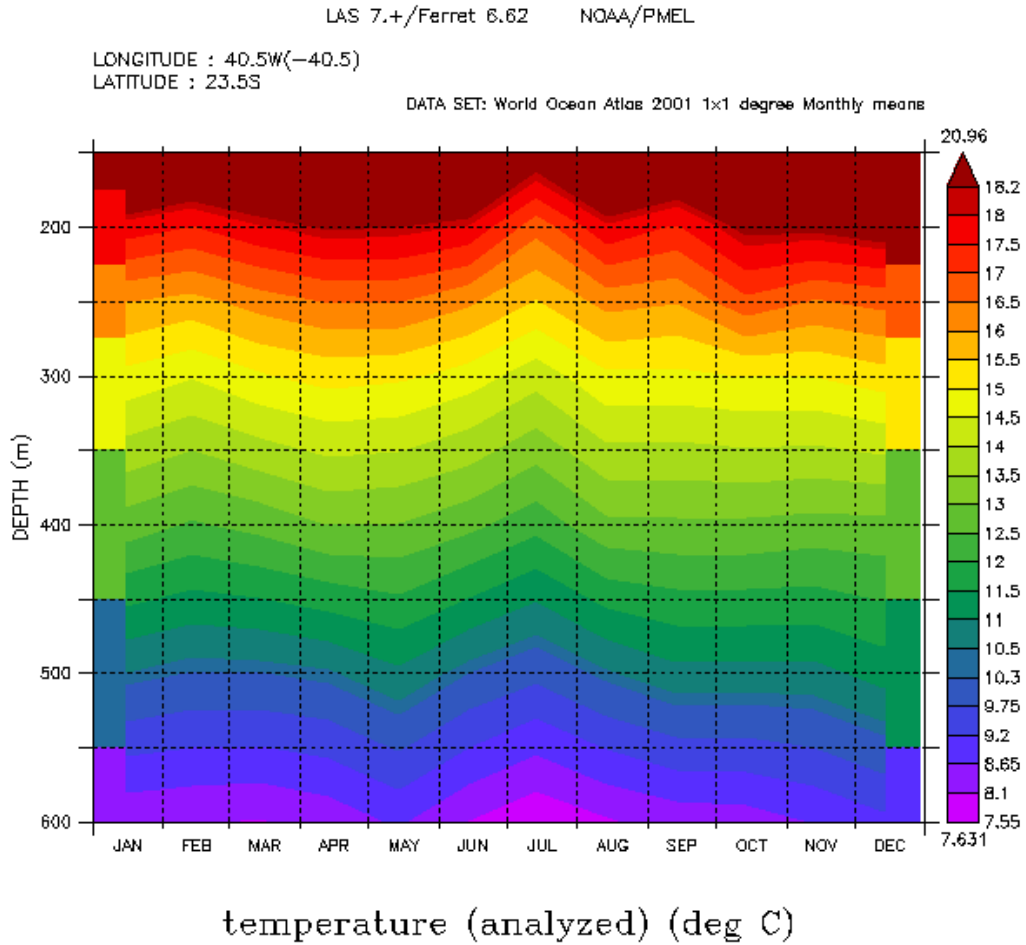


**Figura II.5.1.2-2B - Detalhe de 0 a 150 m na região do Bloco BC-20, latitude 23° 30' 00"S e 40° 30' 00" W.**  
 Fonte: NOAA/NESDIS/NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (1994).  
<http://www.nodc.noaa.gov>



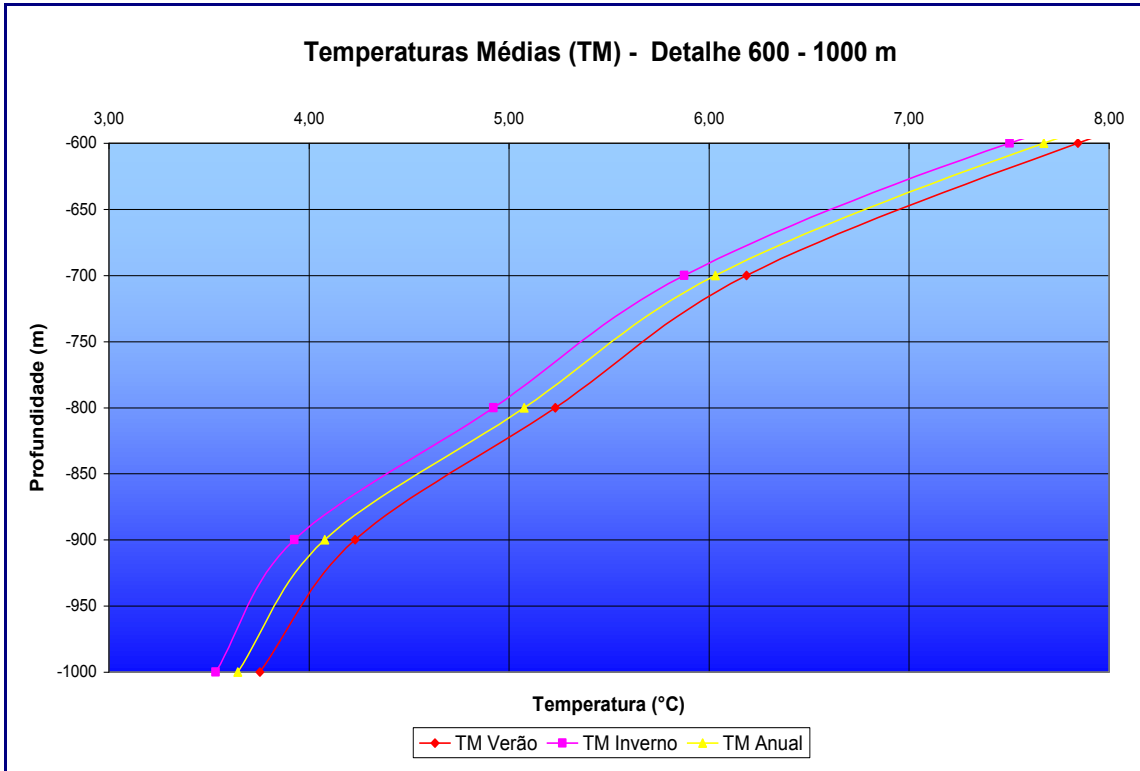
**Figura II.5.1.2-3A** - Detalhe de 150 a 600 m na região da Bacia de Campos.

Fonte: Levitus (1994)



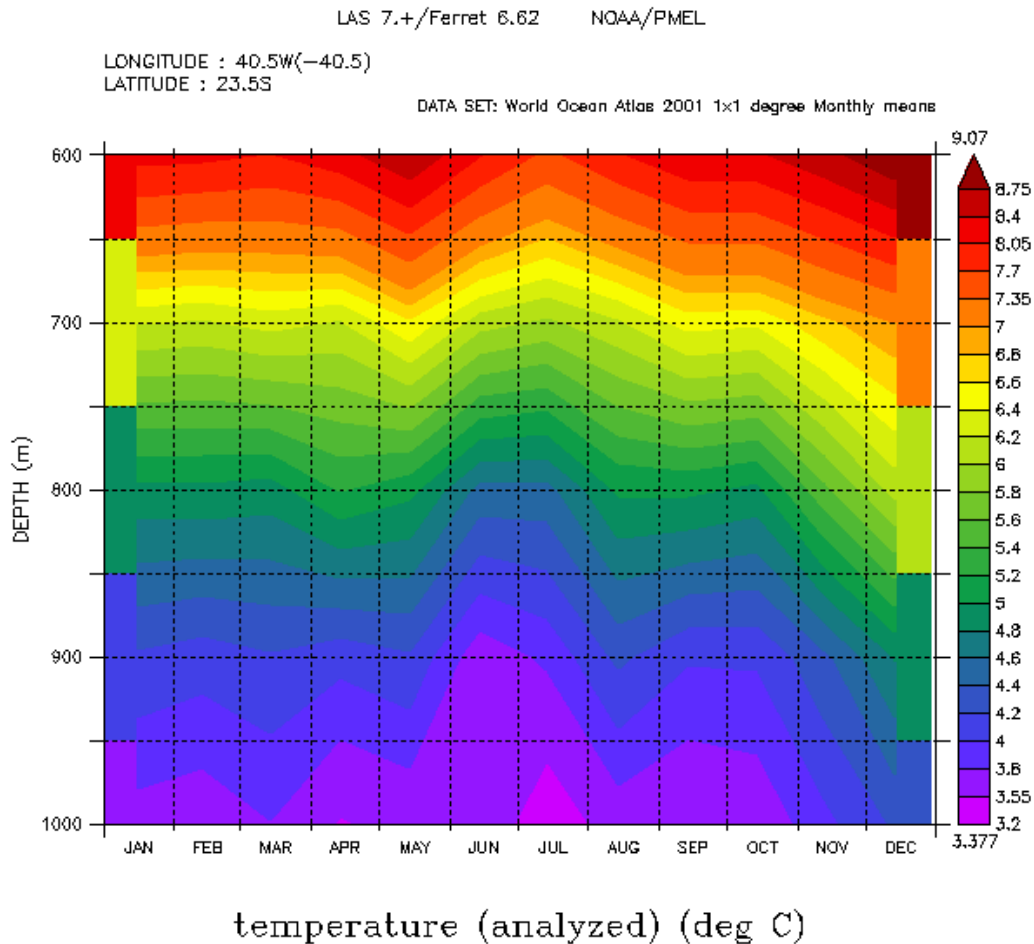
**Figura II.5.1.2-3B** - Detalhe de 150 a 600 m na região do Bloco BC-20, latitude 23° 30' 00"S e 40° 30' 00" W.

Fonte: NOAA/NESDIS/NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (1994).  
<http://www.nodc.noaa.gov>



**Figura II.5.1.2-4A** - Detalhe de 600 a 1000 m na região da Bacia de Campos.

Fonte: Levitus (1994)



**Figura II.5.1.2-3B** - Detalhe de 600 a 1000 m na região do Bloco BC-20,  
latitude 23° 30' 00" S e 40° 30' 00" W.

Fonte: NOAA/NESDIS/NATIONAL OCEANOGRAPHIC DATA CENTER (1994).  
<http://www.nodc.noaa.gov>

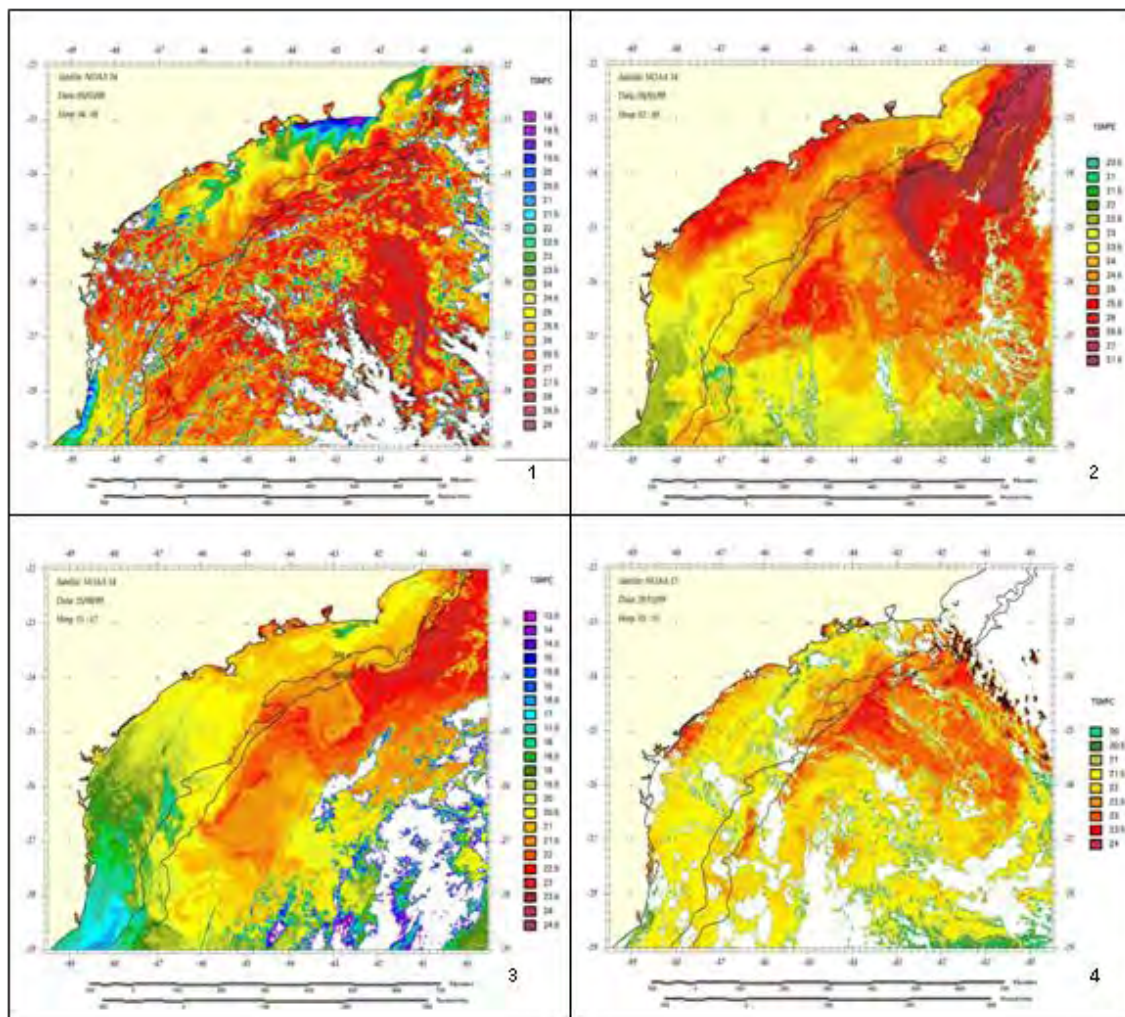
Os valores médios de temperatura variam anualmente de 26,89°C a 22,82°C na superfície; de 8,34°C a 6,69°C, a 600 metros; e de 4,02°C a 3,35°C, a 1000 m (LEVITUS, 1994). Vale ressaltar que todos os perfis climatológicos apresentados aqui estão localizados na latitude 23° 30' 00" S no meridiano 40° 30' 00" W. As diferenças mais significativas de valores obtidos no verão para os de inverno são observadas entre a superfície e os 125 metros de profundidade, seguidas por variações comparativamente pequenas abaixo deste nível, de até 0,3°C. A camada intermediária de 150 a 600 metros, referente à termoclina permanente, marca a posição e da espessura da ACAS. No verão, a maior variabilidade é observada nos primeiros 40 metros, com o início da termoclina na faixa dos 50 metros de profundidade. O limite superior da AIA na coluna de água pode ser

situado na faixa de profundidade entre 580 e 600 metros. No inverno, a variabilidade superficial atinge os 40 metros, com o início da termoclina na faixa dos 50 metros apresentando um comportamento parecido com o verão, entretanto com valores menores. O mês de agosto apresenta as menores temperaturas superficiais do ano. Registros do início da AIA são encontrados na faixa de profundidade entre 560 e 580 metros.

No verão, as maiores variações encontram-se junto à superfície, com o resto do perfil apresentando uma baixa variabilidade. Isto já não é característico no inverno, onde a tendência de manutenção das condições de verão é enfraquecida pelas passagens de frentes frias, que interrompem os processos de ressurgência da ACAS, acima da plataforma.

Com base nos índices termohalinos, de forma conclusiva, a faixa de maior variação de valores situa-se nos primeiros 50 metros, com a interface entre a AT e a ACAS ocorrendo de 150 a 200 metros, e a interface desta última com a AIA, na faixa de 550 a 650 metros.

Em um levantamento realizado em outubro de 2002 na parte leste da Bacia de Santos foram obtidos 20 perfis de temperatura no período de um dia. Os valores de temperatura obtidos foram próximos dos limites térmicos descritos por Levitus (1994), com a temperatura variando de 23,38 a 24,26°C, na superfície; de 8,12 a 9,44°C a 600 metros e de 3,69 a 4,06°C, na profundidade de 1000 metros (PETROBRAS/HABTEC, 2004).



**Figura II.5.1.2-5- Mapas de Temperatura Superficial do Mar (TSM) gerados a partir de imagens de satélites na Bacia de Santos, mostrando a TSM para as quatro estações do ano: Verão (1), Outono (2), Inverno (3) e Primavera (4).**

Fonte: Habtec, 2000.

Mapas de temperatura da superfície do mar (TSM) (HABTEC, 2000) gerados a partir de imagens de satélite (Figura II.5.1.2-5) mostram claramente a variação sazonal deste parâmetro na região do empreendimento. A ressurgência da ACAS junto à costa é também prontamente observada, particularmente no painel 1, que exemplifica uma condição emblemática de verão, quando os ventos de nordeste são predominantes. O fluxo ao largo da plataforma continental é dominado pela Corrente do Brasil (CB), uma corrente de contorno oeste que flui predominantemente para sudeste na região considerada, transportando em superfície as águas quentes e salinas da AT. A CB apresenta uma intensa

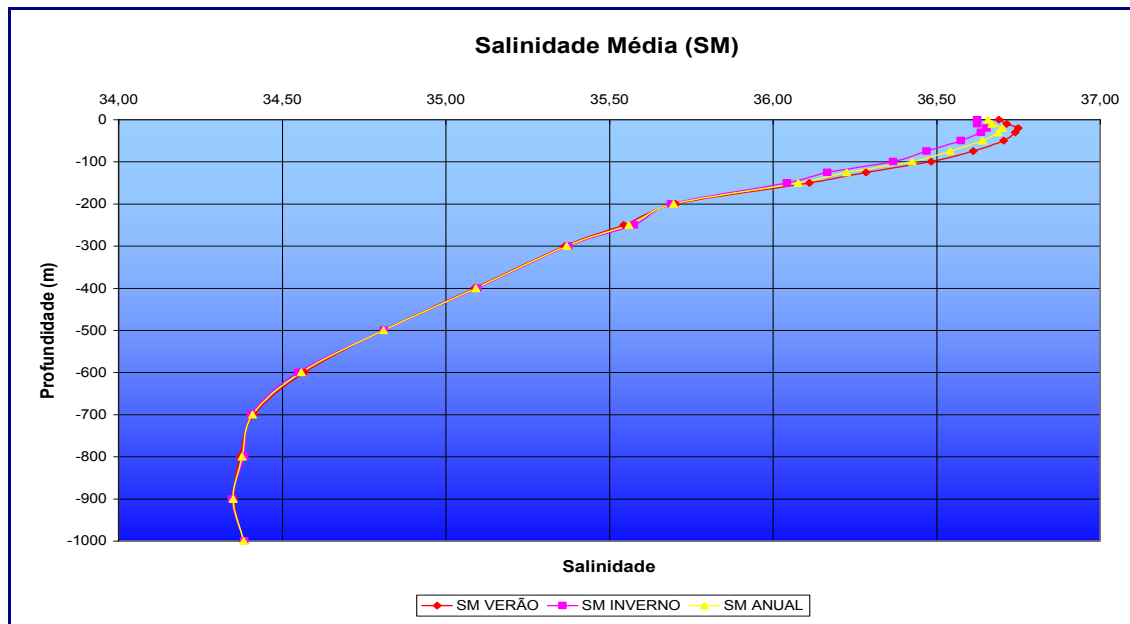


atividade de mesoescala, que inclui meandros, vórtices e dipolos vorticiais associados ao seu escoamento (CALADO, 2006). Nas imagens de TSM consideradas, o aumento do gradiente termal entre a CB e as águas sobre a plataforma e as referentes ao interior giro subtropical no decorrer do ano permite vislumbrar o meandramento desta corrente e até mesmo a formação de vórtices ciclônicos e anticiclônicos em lados opostos de seu eixo principal.

De acordo com Castro *et al.* (2006), as características termohalinas durante o verão e o inverno apresentam condições bem distintas, com grande homogeneidade ao longo do verão, enquanto no inverno ocorre uma maior estratificação da coluna d'água.

- *Salinidade*

Os dados de salinidade comprovam os valores limites esperados segundo a distribuição de massas de água nesta região (LEVITUS, 1994). O perfil apresenta valores superficiais de quase 37, compatíveis com a salinidade característica da AT, que por sua vez é a massa de água transportada em superfície pela Corrente do Brasil.



**Figura II.5.1.2-6 - Salinidades médias anuais, de inverno e de verão na região da bacia de Campos.**

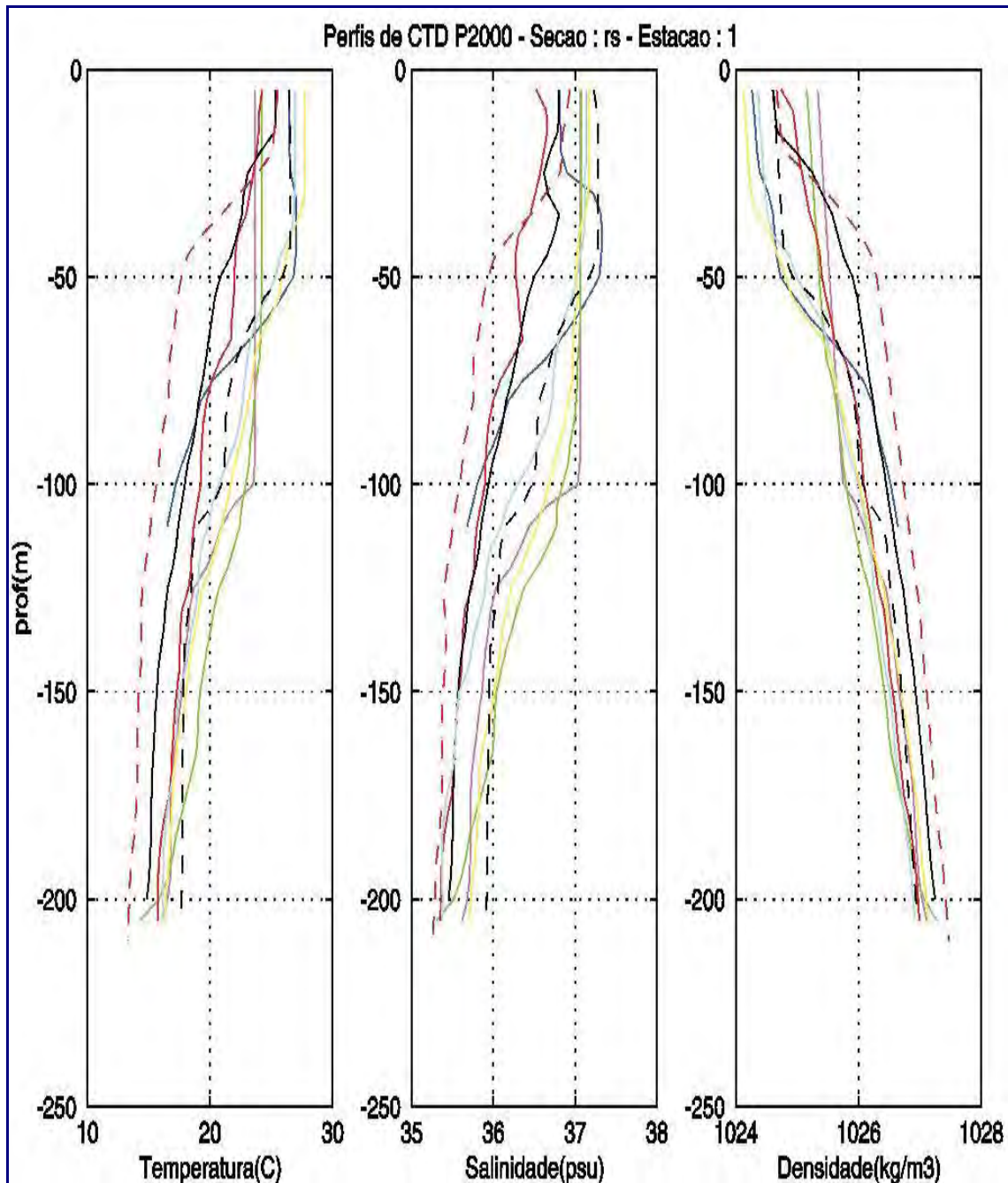
Fonte: Levitus (1994).

Uma maior influência da variabilidade sazonal ao longo da coluna d'água é observada até a profundidade de 200 metros, onde, como dito anteriormente, é um nível que pode ser atribuído à profundidade de interação da AT com a ACAS. O registro da ACAS estende-se até cerca de 600 metros. Abaixo desta profundidade observa-se uma baixa variabilidade entre os perfis de salinidade média anual, de verão e de inverno, encontrados na faixa de 600 a 1000 m. Esta região fica sob o domínio da AIA, que teve seu núcleo localizado na profundidade de 900 metros.

- *Densidade*

A Figura II.5.1.2-7 ilustra perfis de temperatura, salinidade e densidade, medidos em cruzeiros oceanográficos realizados em intervalos regulares de dois meses entre maio de 1994 e maio de 1995 em um local com coluna d'água de 206 metros e coordenadas UTM de 7.464.276 N e 317.008 E.

Como observado nos perfis de temperatura, existe uma camada homogênea próxima à superfície denominada “Camada de Mistura”, que se estende até aproximadamente 50 metros de profundidade e que possui temperaturas típicas em torno de 22°C até 27°C. As temperaturas na profundidade de 200 metros estão na faixa de 12°C até 18°C.



**Figura II.5.1.2-7 -** Perfis medidos de temperatura, salinidade e densidade da água do mar em uma coluna d'água de 206 metros na Bacia de Campos.  
Fonte: PETROBRAS/CENPES (2002a).

Os perfis de salinidade apresentam valores na superfície na faixa de 36,5 até 37,2. Pode-se observar claramente a camada de mistura até aproximadamente 50 metros, e logo abaixo um decréscimo na salinidade com o aumento da profundidade. Os perfis de densidade apresentam comportamento similar, pois a

densidade da água do mar é calculada em função de suas propriedades de temperatura, salinidade e pressão.

Os valores demonstram uma maior variação dos parâmetros do que os valores observados nos perfis médios climatológicos para a região oceânica (profundidades de até 1000 m), em função das alternâncias das massas de água sobre a plataforma, mais diretamente ligada às ocorrências de penetrações da ACAS sobre esta região costeira.

Outra característica da dinâmica regional pode ser evidenciada a partir da variação sazonal dos perfis de temperatura e salinidade. No inverno, aparece uma camada superficial mais homogênea e profunda, estendendo-se até níveis entre os 70 a 120 metros, como representado no perfil de cor verde da Figura II.5.1.2-7.

Na primavera, o aumento da insolação e a constância dos ventos de NE/E causam um aquecimento na camada superficial, originando um gradiente de temperatura mais próximo à superfície, chamada de termoclina sazonal.

No verão, com a maior insolação e ocorrência de chuvas, a temperatura superficial aumenta, associada a um decréscimo de salinidade, originando uma intensificação da termoclina ao longo da estação. A queda brusca na temperatura de aproximadamente 5°C entre a camada de mistura e a termoclina é claramente expressa na redução da espessura (profundidade) da primeira e o aumento da espessura da zona de maior gradiente (perfil representado pela linha vermelha pontilhada da Figura II.5.1.2-7).

Com o advento do outono, a alteração nas características das condições meteorológicas, com as passagens mais frequentes de frentes frias, favorece o processo de mistura superficial induzindo o aprofundamento da camada de mistura. Associada à redução do aquecimento da insolação, a diferença de temperatura entre a camada mais superficial e as adjacentes diminui, originando um perfil mais homogêneo até uma profundidade maior que aquela onde se encontrava a feição transitória de verão (perfil representado pela linha azul contínua da Figura II.5.1.2-7). A partir daí, a baixa variação das condições dinâmicas retornam ao perfil característico mais constante de inverno.

## *b) Massas D'água*

O Oceano Atlântico Sul recebe águas do Atlântico Norte, do Pacífico, do Mar de Weddell e, em menor volume, águas do Índico (por meio da extensão da Corrente das Agulhas). Estas massas d'água apresentam diferentes densidades, características de temperatura e salinidade, distribuição e níveis de circulação, cada uma delas contribuindo distintamente no desenvolvimento da circulação termohalina do Atlântico Sul. A análise do comportamento das estruturas térmica e salinas verticais das águas oceânicas adjacentes à plataforma continental é um instrumento de grande utilidade no estudo da circulação oceânica.

As descrições das massas d'água contidas neste item foram obtidas por meio da análise conjunta de temperatura e salinidade, baseando-se nas características já conhecidas das massas na região (FUNDESPA, 1994). A análise das seções realizadas em cruzeiros oceanográficos do Programa de Monitoramento Oceânico da Bacia de Campos apresenta a ocorrência de estruturas termohalinas típicas identificadas essencialmente pela estratificação vertical em camadas de massas de água com diferentes origens.

De acordo com Tomczak (1999), massa d'água é um corpo de água, que se formou em uma determinada região do oceano, que apresenta características físico-químicas com forte relação à área em que foi formada.

Diversos autores estudaram a distribuição das massas d'água no Atlântico Sul ao largo da costa sudeste brasileira, tais como Lima (1997); Siedler et al. (1996); Schmid et al. (1995); FUNDESPA (1994) e Reid (1989) e seus trabalhos colaboram para descrever as características das massas d'água da Bacia de Campos. Conforme o agrupamento das informações dos estudos citados acima, as águas presentes no talude e na região oceânica da bacia de Campos são caracterizadas principalmente pela distribuição horizontal e vertical de quatro tipos de água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Segundo seus índices termohalinos elas podem ser classificadas de forma a representar esquematicamente suas distribuições espaciais, sendo elas:

- ★ **Água Tropical (AT)** – Formada em baixas latitudes, onde a taxa de evaporação é maior que a taxa de precipitação, caracterizada principalmente pelos altos valores de salinidade e temperatura, essa massa é transportada para sul pela corrente do Brasil. A AT penetra na plataforma continental externa, onde forma uma frente na superfície com a Água Costeira (água de plataforma com salinidade inferior à AT devido à contribuição do Rio Paraíba do Sul). A AT situa-se acima da Água Central do Atlântico Sul, e por ter como limite superior a superfície do oceano, apresenta relação entre as variações de seus parâmetros termohalinos e as condições climáticas da região onde se encontra. A AT pode ser caracterizada pelos seguintes valores:
  - ↪ Posicionamento (média): 0 a 170 m de profundidade
  - ↪ Salinidade: > 36,0
  - ↪ Temperatura: > 18°C
  
- ★ **Água Central do Atlântico Sul (ACAS)** – Esta massa se forma por afundamento das águas na região de Convergência Subtropical e normalmente ocupa a termoclina principal da região oceânica adjacente à plataforma continental. Águas centrais são assinaladas por uma distribuição quase linear no diagrama T-S (SILVA, 2006). O fluxo principal da ACAS é na direção Norte, no entanto a ACAS circula com as correntes do Atlântico Sul e Benguela e atinge a costa da América do Sul transportada pela corrente Sul Equatorial, onde se bifurca, parte flui rumo ao Equador enquanto a outra porção toma o rumo Sul. Este padrão de circulação é confirmado por autores como Tsuchya (1986), Reid (1989) e Stramma & England (1999) que mostram o movimento da ACAS na direção Sul em latitudes abaixo de 20°S ao largo da costa do sudeste brasileiro (SILVEIRA *et al.*, 2000). A ACAS situa-se abaixo da Água Tropical e acima da Água Intermediária Antártica (SILVA, 2006).
  - ↪ Limite Superior: Posicionamento (média): 170 m de profundidade  
Salinidade: 36,0  
Temperatura: 18°C
  - ↪ Limite Inferior: Posicionamento (média): 580 m de profundidade

Salinidade: 34,6

Temperatura: 8°C

★ **Água Intermediária Antártica (AIA)** – Formada pela subsidência de água na região da Convergência Antártica, flui em direção ao norte na região de estudo e é caracterizada por apresentar um núcleo de mínima salinidade no diagrama TS. Seu valor de salinidade máxima corresponde às profundidades limite da AIA entre a ACAS (superior) e a APAN (inferior).

↳ Limite Superior: Posicionamento (média): 580 m

Salinidade (média): 34,6

Temperatura: 8°C

↳ Limite Inferior: Posicionamento (média): 1100 m

Salinidade (média): 34,35

Temperatura: 3,5 °C

★ **Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)** – Massa d'água hipersalina e rica em oxigênio, embora pobre em nutrientes é originária da região entre o Mar de Labrador, Noruega e o Mar da Groenlândia, sendo este último considerado como sua principal fonte e responsável por mais de 80% do seu volume total. Esta massa é formada a partir do resfriamento das águas de superfície, com conseqüente afundamento, e flui em direção ao sul através do Equador (REID, 1989). Foram assumidas como APAN águas com as seguintes características:

↳ Posicionamento (média): profundidades maiores que 1100 m

↳ Salinidade: > 34,6

↳ Temperatura: < 3,7°C

Em meio aos eventos locais de maior importância observados, pode-se mencionar o fenômeno da ressurgência costeira. Como será descrito em maiores detalhes no tópico a seguir, este fenômeno é resultado da orientação predominantemente sudeste-nordeste da linha de costa ao sul do Cabo de São Tomé em conjunto com os ventos predominantemente de nordeste que sopram

na região. O transporte de água induzido pelo vento (transporte de Ekman) se dá 90° à esquerda do sentido predominante do vento no hemisfério sul, o que na região induz uma divergência horizontal junto à costa, induzindo o movimento vertical e conseqüentemente a subida de águas subsuperficiais de modo a manter a continuidade. A ressurgência costeira na região é caracterizada pela elevação das águas mais frias e ricas em nutrientes da ACAS. Esta massa de água é típica de regiões oceânicas adjacentes à plataforma continental, porém a divergência costeira induzida pelo vento pode fazer com que águas da ACAS ganhe a plataforma, se deslocando junto ao fundo até aflorar na superfície na região costeira. Como a ressurgência é dependente de ventos de nordeste, este fenômeno é mais frequente durante o verão. No inverno, a sua expressão é reduzida devido à maior frequência e intensidade de sistemas frontais, por estarem associados a ventos de sul-sudoeste. De acordo com Miranda (1982), a ressurgência costeira da ACAS ocorre mais frequentemente na região entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio.

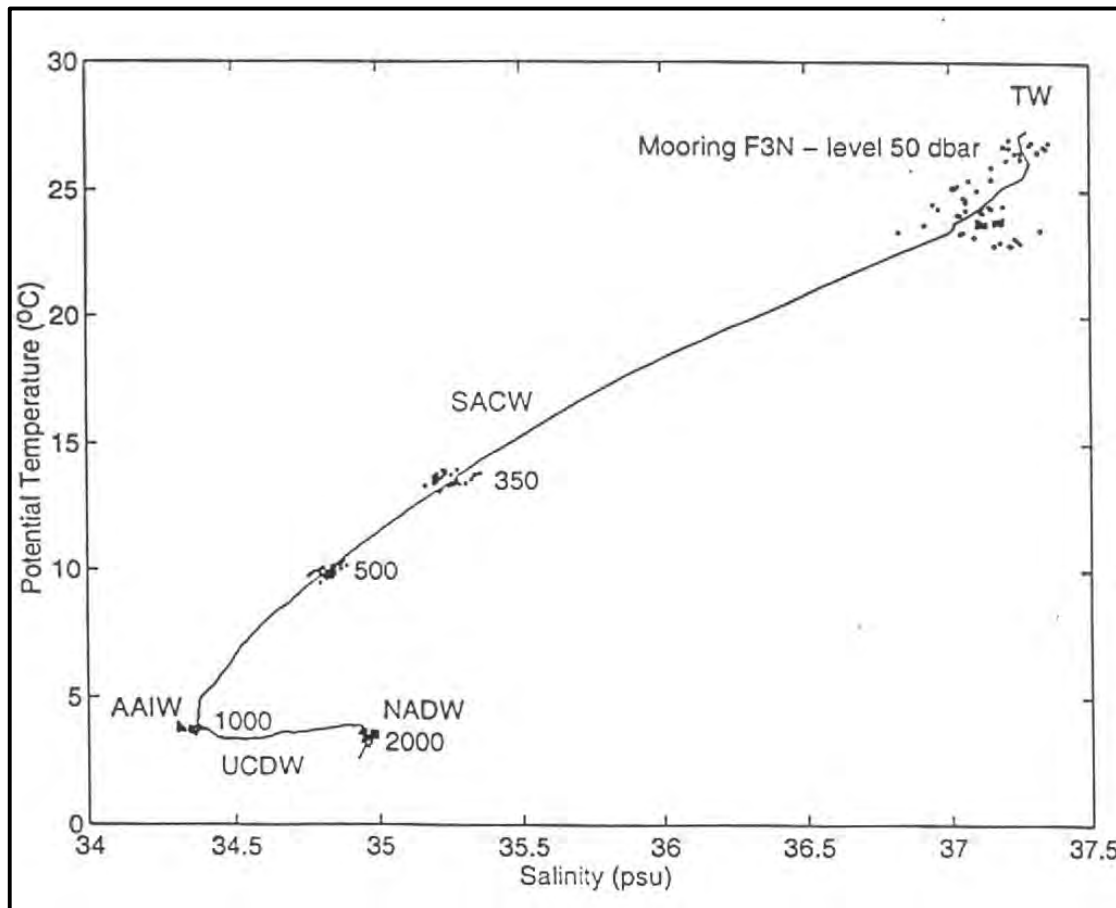
Ao longo dos meses de verão quando a ressurgência é mais freqüente, a ACAS alcança muitas vezes a parte mais interna da plataforma continental enquanto que no inverno a ACAS se desloca para a região de quebra da plataforma (CASTRO *et al.*, 1987; MIRANDA, 1982). Nesta época do ano, a ACAS pode ser observada em profundidades de até 95 m na região do talude médio (em lâminas d'água de 1000 m) e 70 m na região de quebra da plataforma (em lâminas d'água de 200 m), durante o verão. Em certos eventos de ressurgência mais intensos e duradouros, águas frias podem aflorar até mesmo na ilha de São Sebastião, no estado de São Paulo. O afloramento da ACAS na costa de Cabo Frio influencia o clima na região devido à ampliação do gradiente térmico entre o continente, o oceano e a atmosfera (WAINER & TASCHETTO, 2006).

O diagrama TS é uma ferramenta que possibilita uma melhor compreensão dos processos de formação, propagação e mistura das diferentes massas de água, mostrando a variação da combinação dos parâmetros, salinidade e temperatura, na coluna de água.

A seguir é apresentada a Figura II. 5.1.2-8, que mostra o diagrama TS para os dados coletados por Lima (1997) em perfilagens de CTD em pontos ao norte e



ao sul da bacia de Campos, sobre as isóbatas de 200 metros, 1000 metros e 2000 metros. Na mesma figura estão relacionadas às massas d'água descritas anteriormente neste diagnóstico (TW – Água Tropical [AT], SACW – Água Central do Atlântico Sul [ACAS], AAIW – Água Intermediária Antártica [AIA] e NADW – Água Profunda do Atlântico Norte [APAN]).

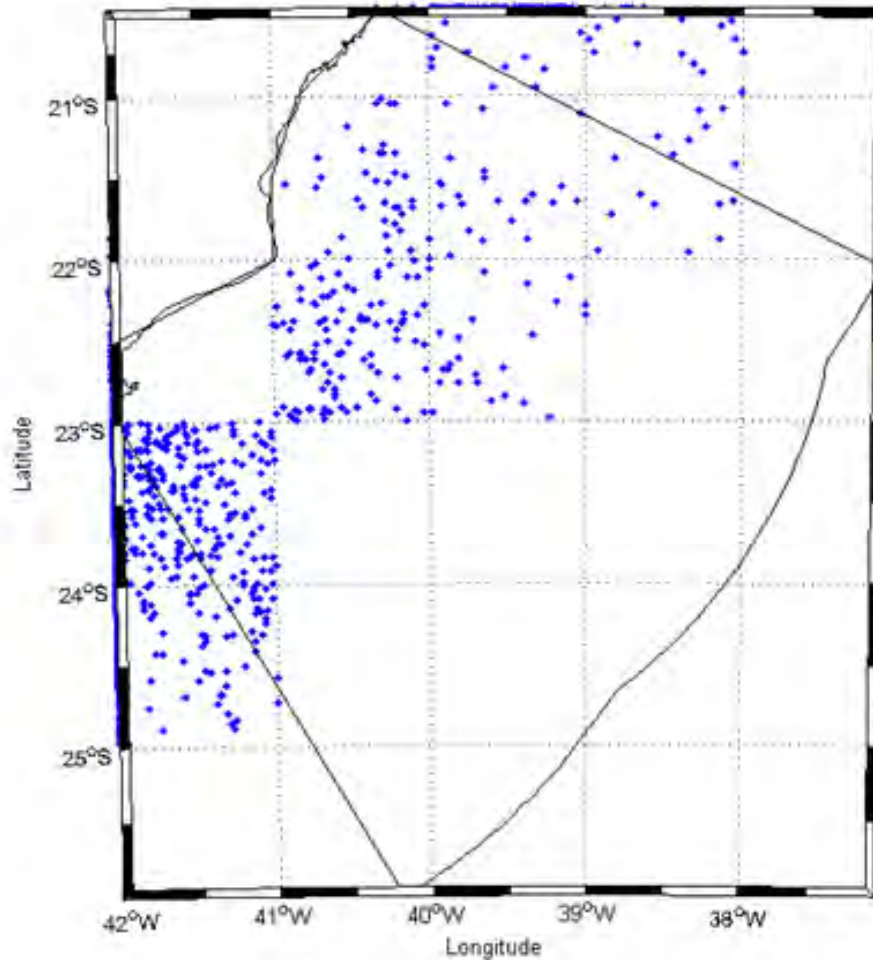


**Figura II.5.1.2-8 - Diagrama T e S nas mesmas profundidades dos equipamentos utilizados no fundeio - F3N, localizado na Latitude 22°10.0'S e Longitude 39°39,1W.**

Fonte: Lima, 1997.

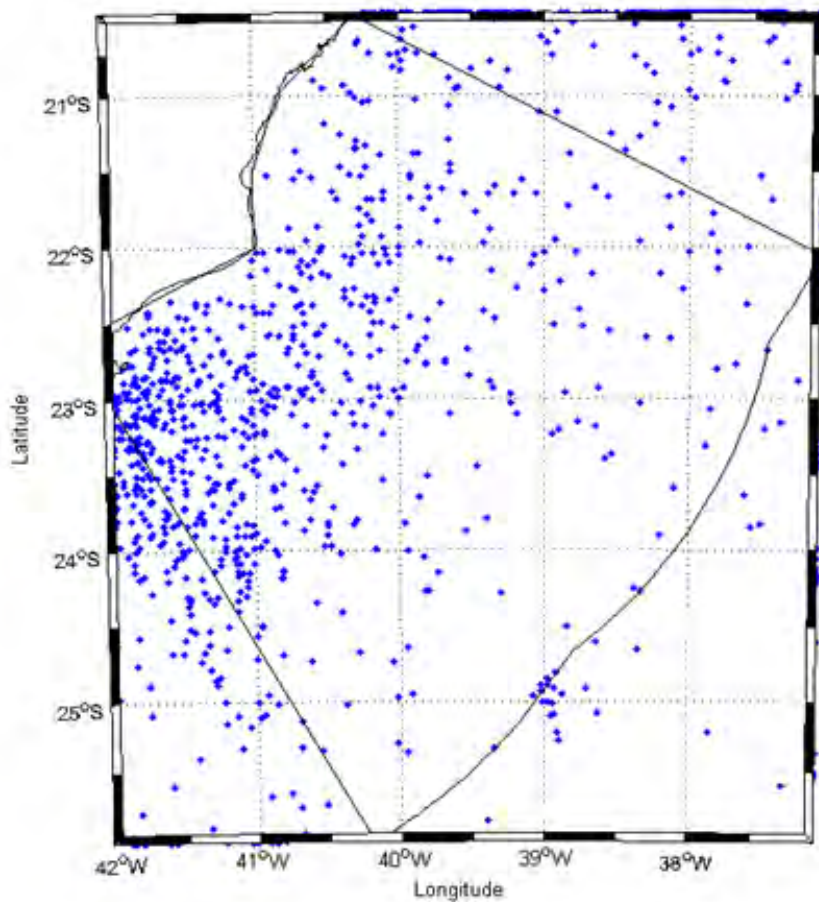
Para definição das interfaces entre as massas d'água foram utilizados os limites termohalinos apresentados por Silveira (2007) e os dados de temperatura e salinidade do BNDO e do NODC (PETROBRAS/HABTEC, 2010). As Figura II.5.1.2-9 e II.5.1.2-10 apresenta a localização das estações de coleta dos dados de temperatura e salinidade obtidos no BNDO e no NODC.

As Figuras II.5.1.2-11 a II.5.1.2-14 apresentam as profundidades das interfaces entre as massas d'água da região, ao longo das estações do ano.



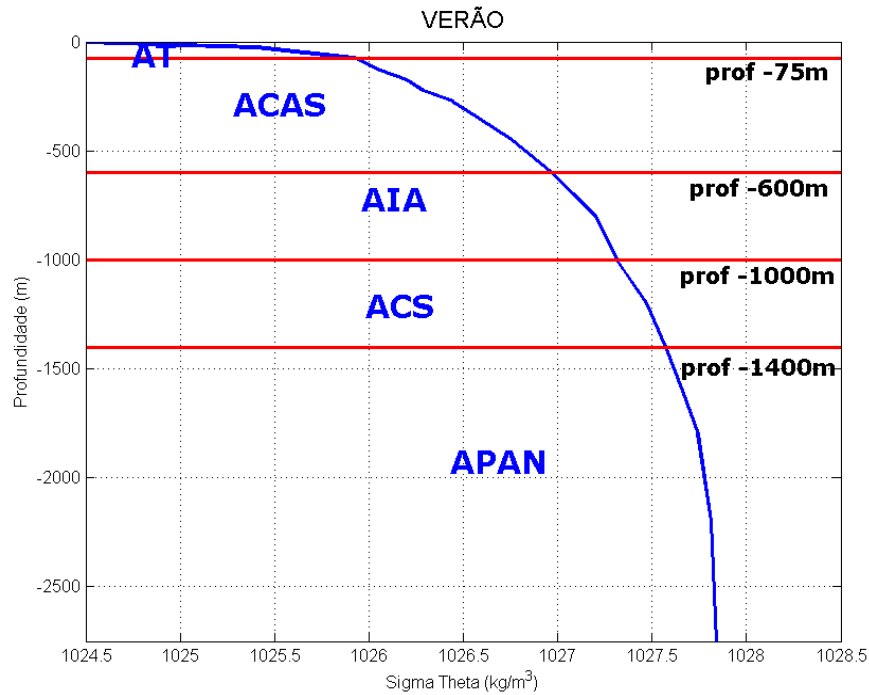
**Figura II.5.1.2-9 - Localização dos perfis de temperatura e salinidade obtidos no BNDO. Período de 1926 a 1991.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



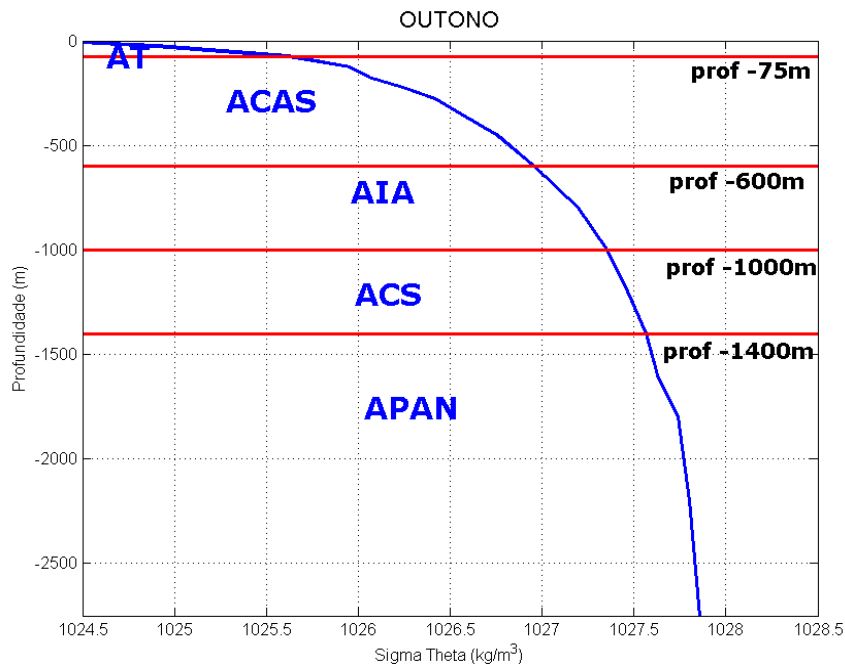
**Figura II.5.1.2-10** - Localização dos perfis de temperatura e salinidade, obtidos no NODC. Período de 1911 e 1991.

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



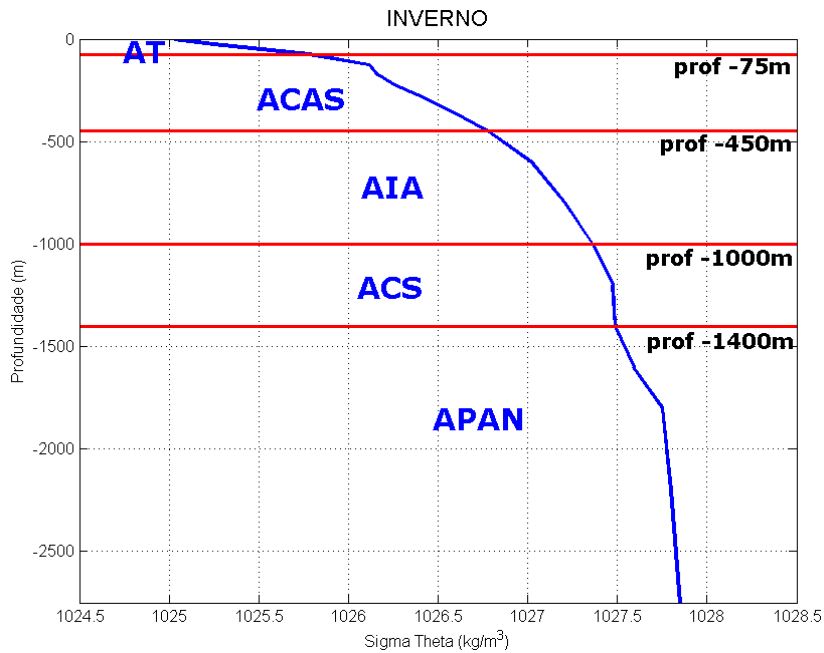
**Figura II.5.1.2-11 - Diagrama esquemático mostrando as profundidades de interface entre as massas d'água para o período de verão.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



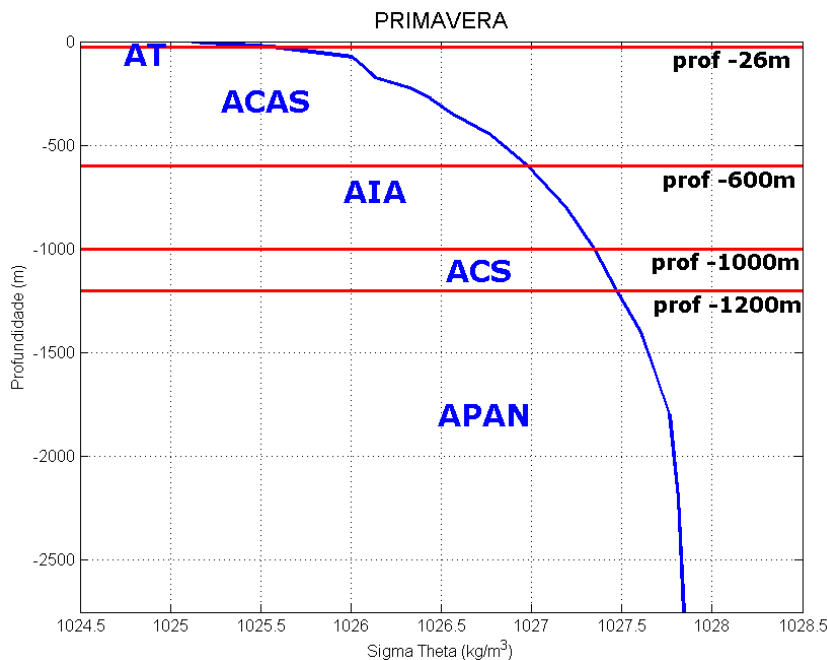
**Figura II.5.1.2-12 - Diagrama esquemático mostrando as profundidades de interface entre as massas d'água para o período de outono.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



**Figura II.5.1.2-13** - Diagrama esquemático mostrando as profundidades de interface entre as massas d'água para o período de inverno.

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



**Figura II.5.1.2-14** - Diagrama esquemático mostrando as profundidades de interface entre as massas d'água para o período de primavera.

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.

No Quadro II.5.1.2-2 é apresentado o resumo das profundidades de interface identificadas ao longo das estações do ano.

**Quadro II.5.1.2-2 - Profundidades das interfaces das massas d'água na Bacia de Campos ao longo das estações do ano.**

ESTAÇÃO	AT-ACAS	ACAS-AIA	AIA-ACS	ACS-APAN
Verão	75 m	600 m	1000 m	1400 m
Outono	75 m	600 m	1000 m	1400 m
Inverno	75 m	450 m	1000 m	1400 m
Primavera	26 m	600 m	1000 m	1200 m

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.

Dentro das variabilidades apresentadas, destaca-se a presença da ACAS em profundidades mais rasas (26 m), no período de primavera, e da AIA (450 m), no período de inverno. Também foi possível observar a presença da APAN em profundidades mais rasas no período de primavera (1200 m).

- *Ressurgência*

O termo ressurgência é utilizado para designar o movimento ascendente de águas das camadas inferiores, capaz de carrear nutrientes para a zona eufótica e assim propiciar uma aceleração da cadeia trófica marinha. Sua dinâmica é capaz de gerar mudanças drásticas nas regiões onde ocorrem, alterando a biota marinha e o clima local (TORRES JR., 1995). As águas ressurgidas, provenientes de profundidades de poucas centenas de metros, são mais frias e, desta forma, as regiões de ocorrência de ressurgência apresentam temperaturas de superfície do mar anômalas em relação à média para suas respectivas latitudes (ODA, 1997).

Na região de estudo, a ressurgência se faz presente na região do Cabo Frio. Torres Jr. (1995) conduziu uma revisão dos trabalhos realizados a respeito da ressurgência de Cabo Frio que, desde o trabalho pioneiro de Allard (1955) *apud* Torres Jr. (1995), vem sendo estudada, tornando-se o fenômeno oceanográfico mais investigado no Brasil. Segundo este autor, o mecanismo gerador da

ressurgência de Cabo Frio está associado ao transporte de Ekman, que cria uma divergência horizontal unilateral na superfície do oceano próxima à costa devido aos efeitos combinados da rotação da Terra e da fricção do vento. Essa divergência requer, por continuidade, um transporte de ajuste, resolvido pelo movimento vertical ascendente das águas subsuperficiais, garantindo-se assim a conservação de massa.

A região de Cabo Frio apresenta algumas características geomorfológicas, meteorológicas e oceanográficas que permitem a ocorrência da ressurgência. A região fica sobre o domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com predominância de ventos de Nordeste. A partir de Cabo Frio ocorre a inflexão da orientação da linha de costa de Norte-Sul para Leste-Oeste. A conjunção desses dois fatores é favorável à ocorrência da ressurgência, uma vez que o transporte de Ekman no hemisfério sul se dá 90° à esquerda do sentido do vento, movendo água para longe da costa e, por continuidade, forçando a subida de águas subsuperficiais (ODA, 1997).

No caso de Cabo Frio, a água ressurgida é a ACAS, mais fria e menos salina que a AT, que em geral ocupa a porção mais superficial da coluna de água (TORRES JR., 1995). A característica termohalina das águas ressurgidas nessa região é de temperaturas entre 12 e 18° C e salinidade variando entre 34,5 e 36. Segundo Rossi-Wongtschowski & Madureira (2006), a ressurgência de Cabo Frio apresenta menores temperaturas superficiais médias na primavera, quando os sistemas frontais associados à ventos de sul-sudeste são menos frequentes, permitindo uma maior constância dos ventos predominantes de nordeste, que sustentam a ressurgência na região segundo os mecanismos já citados.

A ressurgência afeta as interações oceano/atmosfera na região, como o efeito na circulação de brisa marítima/terrestre que, por sua vez, também intensifica a ressurgência, resultando então num processo de retroalimentação entre as circulações oceânica e atmosférica na região (RODRIGUES, 1997; ODA, 1997).

### c) *Correntes*

A dinâmica da circulação ao largo da costa SE brasileira é determinada pelo fluxo das massas d'água (AT, ACAS, AIA e APAN) encontradas na região e é

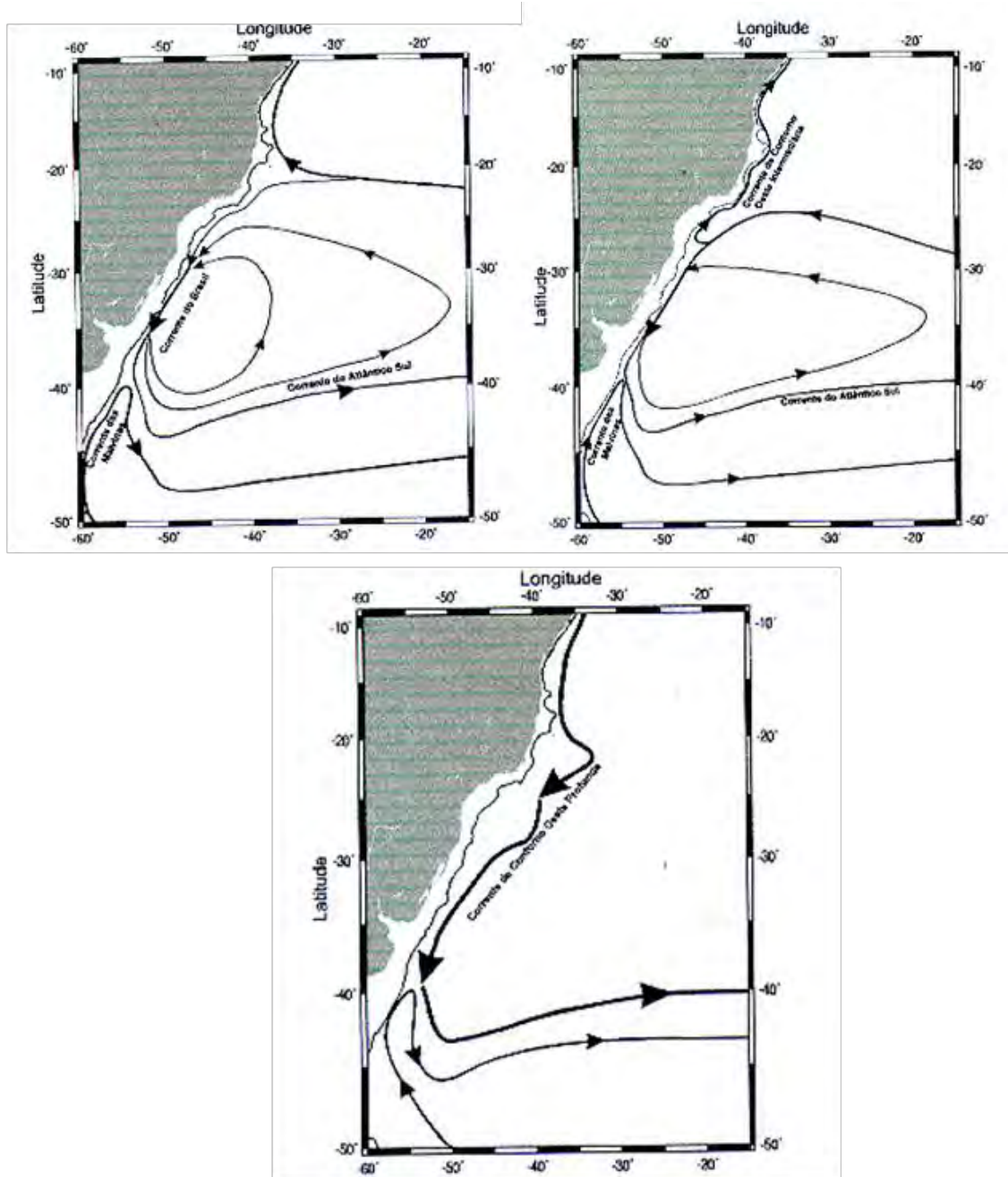
igualmente influenciada pela batimetria local. A Corrente do Brasil (CB) é a principal corrente que caracteriza a circulação superficial e sub-superficial da costa SE brasileira e o seu comportamento tem grande influência na dinâmica da região.

Antes de chegar à Bacia de Campos, parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um destes ramos flui afastado da costa, além da isóbata de 3000 m Stramma *et al.*, (1990 *apud* Lima, 1997), enquanto o outro flui seguindo a linha de quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a plataforma externa, que algumas vezes localiza-se abaixo da isóbata de 100 m (SIGNORINI, 1978), apresentando um estreitamento no seu lado oriental (em decorrência de um cisalhamento ciclônico) durante a maioria dos meses (SIGNORINI, 1976).

O núcleo da CB possui grande variabilidade sazonal, afastando-se para o largo durante o inverno (PAVIGLIONE ; MIRANDA, 1985) e estando mais junto à costa durante o verão (Moreira, 1997), apesar de acompanhar o contorno da costa durante praticamente o ano todo (LIMA, 1997). A CB possui espessura de 400-700 m ao largo do Sudeste-Sul brasileiro (CALADO, 2001) e sua largura média é de aproximadamente 90 km (MOREIRA, 1997).

Em larga escala a direção e a intensidade das correntes na Bacia de Campos são explicadas pelo padrão de circulação no oceano Atlântico sudoeste em diferentes profundidades na coluna d'água, conforme mostra a Figura II.5.1.2-15 a seguir.





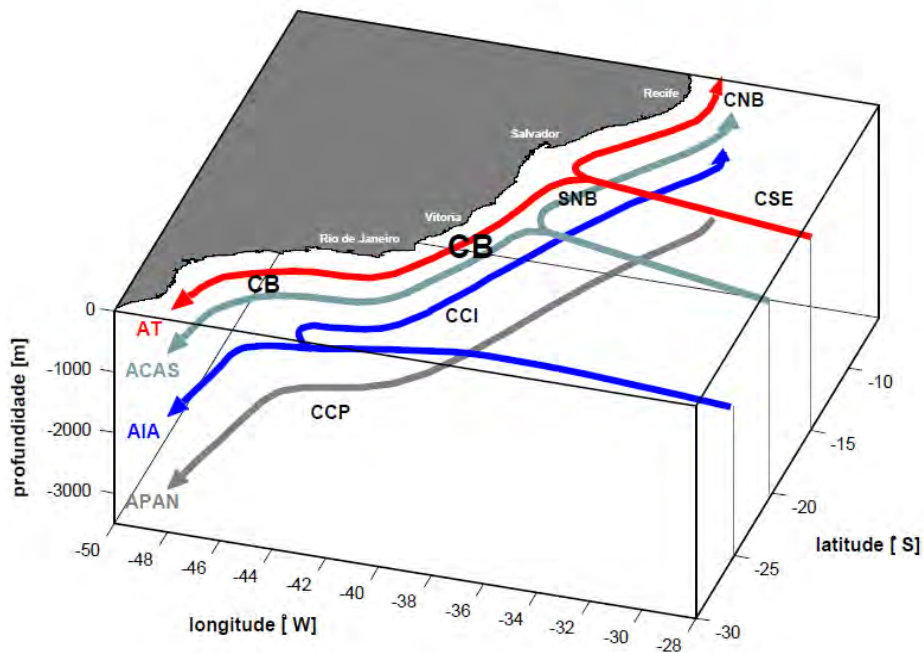
**Figura II.5.1.2-15 - Representação esquemática da circulação no Oceano Atlântico Sudoeste ao nível de 250, 800 e 2000 metros.**  
Fonte: Silveira et al., 2000.

Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a CB flui para sul na Bacia de Campos, isto após ter tido origem na bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE) em torno de 12°S. Na Figura II.5.1.2-9 nota-se que a partir do Cabo de São Tomé (22°S) a ACAS flui para sul ao largo da costa brasileira, considerando-se então a CB sendo formada por AT e ACAS na costa sudeste brasileira (CALADO, 2001).

Na Figura II.5.1.2-15, na profundidade de 800 metros, observa-se uma bifurcação no fluxo da AIA aproximadamente na latitude de 25°S, que a partir deste ponto flui para norte acompanhando a quebra da plataforma continental chegando à Bacia de Campos como uma Corrente de Contorno Oeste Intermediária (CCI) (CALADO, 2001). Ainda na Figura II.5.1.2-15 nota-se uma Corrente de Contorno Oeste Profunda na profundidade de 2000 metros, definida na APAN que se apresenta como um fluxo organizado fluindo para sul.

Soutelino (2008) sintetizou a formação da CB, a partir da divisão da CSEs ao chegar à costa brasileira (Figura II.5.1.2-16), com base em Stramma & England (1999). Segundo estes dois últimos estudos, a bifurcação da CSEs (BiCSE) para geração da CB se dá em diferentes latitudes, dependendo da profundidade. Em superfície, a BiCSE ocorre entre 10° e 15°S. No nível da ACAS esta divisão ocorreria um pouco mais ao sul, entre 12,5° e 20°S. Finalmente, em 800m, domínio da AIA, esta divisão ocorre na latitude de 25°S.

Na Bacia de Campos apenas as primeiras camadas fluem para sul, correspondentes aos domínios da AT e da ACAS. Junto ao talude desta bacia encontramos a CCI, fluindo para norte à aproximadamente 800m de profundidade. Esta corrente é gerada pela bifurcação mais ao sul da CSEs, como já visto, e transporta principalmente a AIA. Correntes mais profundas, como a Corrente de Contorno Profunda, fluem para sul ao largo da Bacia de Campos, porém encontram-se fora da área de interesse deste estudo.



**Figura II.5.1.2-16 - Síntese, de acordo com Stramma & England (1999), da geração da CB e da SNB a partir da divisão da CSEs. Retirado de Soutelino (2008).**

A CB é então a corrente mais influente na Bacia de Campos e nos empreendimentos da Petrobras localizados nesta bacia. A seguir serão apresentadas algumas estimativas de valores de transporte e de velocidade da Corrente do Brasil, de acordo com a literatura.

Evans *et al.* (1983) observaram a Corrente do Brasil fluindo através dos bancos mais próximos à costa, a partir de uma pesquisa batitermográfica (XBT) e um estudo hidrográfico realizado entre as latitudes de 19°S e 25°S, que permitiram localizar a corrente tanto ao norte quanto ao sul da cadeia Vitória-Trindade (20°30'S).

Nesse estudo, transportes geostróficos foram estimados para uma seção hidrográfica, assumindo-se níveis de 500 e 1000 m. Valores de aproximadamente 3,8 Sv e 6,8 Sv ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) foram registrados para o transporte através do canal nos bancos na altura da latitude 20°28'S, relativos a 500 m e 1.000 m, respectivamente, sendo a velocidade superficial observada igual a 0,52 m/s.

Foram também calculados transportes para seções de XBT, resultando em uma estimativa de 4,4 Sv para a latitude de 21° 40' S. A velocidade da corrente registrada nesta latitude foi de 0,61 m/s.

Lima (1997) calculou o transporte para sul da Corrente do Brasil como sendo de  $5,5 \pm 2,6$  Sv na latitude de  $22^\circ$  S, estando de acordo com as estimativas do transporte geostrofico realizadas anteriormente para a região por Peterson & Stramma (1991).

Visando obter informações sobre a variação espacial da estrutura térmica e localizar a Corrente do Brasil ao norte e ao sul dos bancos submarinos da Cadeia Vitória-Trindade ( $20^\circ 30'$  S), Signorini *et al.* (1978) efetuaram, em abril de 1973, um levantamento oceanográfico na região.

A estrutura da corrente e o transporte de volume relativos a 500 m de profundidade foram obtidos usando-se dados hidrográficos e também medidas com XBT. O balanço do transporte de volume, através de todas as seções entre  $19^\circ$  S e  $22^\circ$  S, indicou que a Corrente do Brasil flui através da passagem entre os bancos localizados mais próximos da costa. O transporte de volume resultante obtido foi de 2,9 Sv.

O Quadro II.5.1.2-3 apresenta um resumo dos transportes de volume e velocidades máximas encontradas no levantamento bibliográfico realizado por Silveira (2007) entre as latitudes de  $21^\circ$  S e  $24^\circ$  S. Os valores negativos denotam fluxos com direção S/SW.

**Quadro II.5.1.2-3 - Valores de velocidade e transporte da Corrente do Brasil obtidos da literatura.**

LATITUDE	PROF. DE REFERÊNCIA (m)	TRANSPORTE (Sv)	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)	REFERÊNCIA
$21^\circ$ S	600	-9,4	-	Schimid et al. (1995)
$21^\circ$ S	Numérico	-6,7	-0,83	Silveira et al. (2005)
$21^\circ$ S	Numérico	-7,9	-0,60	Silveira et al. (2005)
$21^\circ 40'$ S	500	-4,4	-0,61	Evans et al. (1983)
$22^\circ$ S	600	-5,2	-0,55	Signorini (1978)
$22^\circ$ S	Por fundeio	$-5,5 \pm 2,6$	-	Lima (1997)
$22^\circ$ S	Numérico	-7,1	< -0,55	Lima (1997)

(continua)

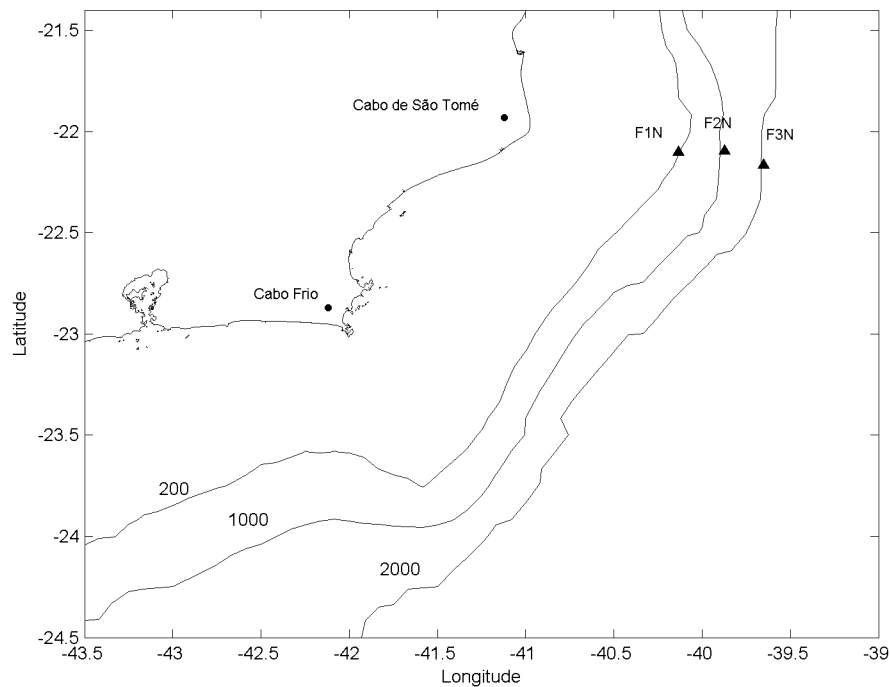
Quadro II.5.1.2-3 - (conclusão)

LATITUDE	PROF. DE REFERÊNCIA (m)	TRANSPORTE (Sv)	VELOCIDADE MÁXIMA (m/s)	REFERÊNCIA
23° S	600	-6,0	-0,70	Signorini (1978)
23° S	550	-2,2/-2,7	-0,49	Miranda & Castro Filho (1979)
23° S	Pegasus	-11,0	-0,50	Evans & Signorini (1985)
23° S	Pegasus	-6,0	-0,70	Garfield (1990)
23° S	600/1300	-10,1/10,9	-	Stramma (1989)
23° S	Por fundeio	-1,3	-0,28	Müller et al. (1998)
23° 30' S	600	-9,4	-0,55	Signorini (1978)
24° S	1300	-7,5	-0,25	Fisher (1964)
24° S	600	-7,5	-0,57	Signorini (1978)
24° S	500/1000	-4,1/-7,8	-0,31	Evans et al. (1983)
24° S	600/1300	-9,4/-10,1	-	Stramma (1989)
24° S	750/900	-7,3/-8,8	-	Campos et al. (1995)

Fonte: Silveira (2007).

Observa-se que na maioria dos trabalhos realizados a partir de cálculo geostrófico, foram utilizados níveis de referência entre 500 e 600 m. Dentro da área de estudo esta profundidade corresponde à isopicnal de 26,9 kg/m<sup>3</sup>, que marca a interface entre a ACAS e a AIA (SILVEIRA, 2007).

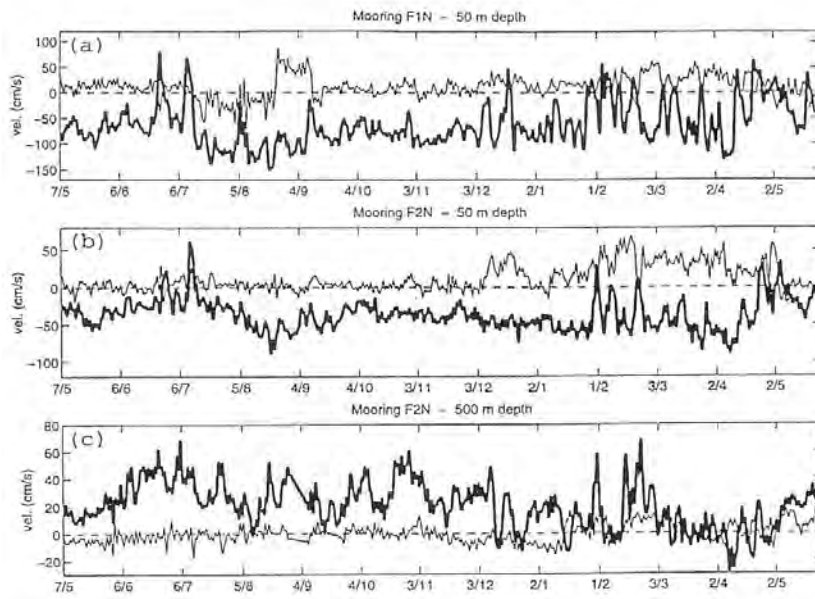
Lima (1997) analisou dados medidos por correntômetros instalados em 3 linhas fundeadas na Bacia de Campos (Figura II.5.1.2-17). Foram observados dados em várias profundidades, desde 50 m até 1.000 m, no ponto de medição mais profundo. O período compreendido foi maio de 1994 a maio de 1995.



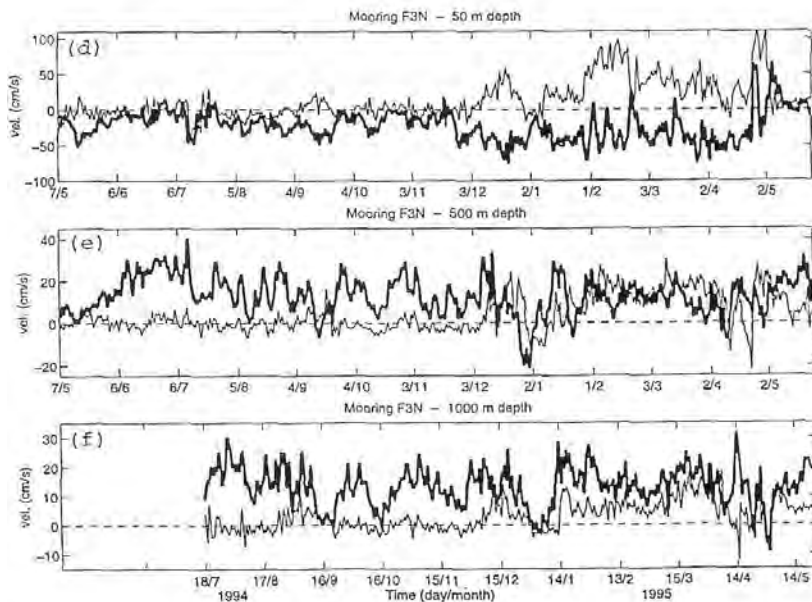
**Figura II.5.1.2-17 - Localização dos fundeios da Bacia de Campos, cujos dados foram analisados por Lima (1997).**

Fonte: Fragoso (2004)

Nas Figuras II.5.1.2-18 e II.5.1.2-19 são apresentadas as séries temporais das componentes meridional e zonal da corrente durante 1 ano de medição dos correntômetros localizados nos fundeios F1N, F2N e F3N, desde 50 m de profundidade até o fundo.



**Figura II.5.1.2-18 - Séries temporais das componentes de velocidade zonal (linha fina) e meridional (linha grossa) dos fundeios F1N, a 50 m (a), e F2N, a 50 m (b) e 500 m (c).**  
Retirado de Lima (1997)



**Figura II.5.1.2-19 - Séries temporais das componentes de velocidade zonal (linha fina) e meridional (linha grossa) dos fundeios F3N a 50m (a), 500 m (b) e 1000 m (c).**  
Retirado de Lima (1997)

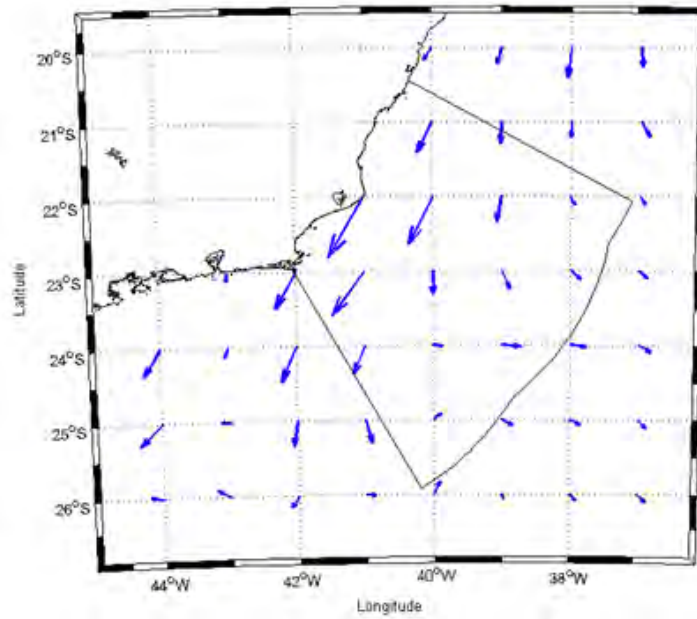
A componente meridional da corrente apresenta valores entre -0,5 e -1 m/s, ocorrendo inversões de sentido esporádicas e de curta duração. Esses dados indicam um fluxo preferencial para sul, associado à Corrente do Brasil (FRAGOSO, 2004).

Já para as correntes entre as profundidades de 500 e 1000 m, a componente meridional indica correntes com direção Norte. Estima-se que estas correntes estejam associadas ao fluxo da AIA. Nessas profundidades, pode-se verificar a ocorrência de componentes meridionais maiores do que as zonais, com velocidades em torno de 0,2 a 0,6 m/s, assim como a ocorrência de inversões de curta duração (FRAGOSO, 2004).

Para avaliação das correntes em superfície na região da Bacia de Campos, foram usados dados de climatologia mensal de velocidade das correntes para o período de 1991 a 2008, provenientes de bóias de deriva do *Global Drifter Program*, do NOAA/AOML.

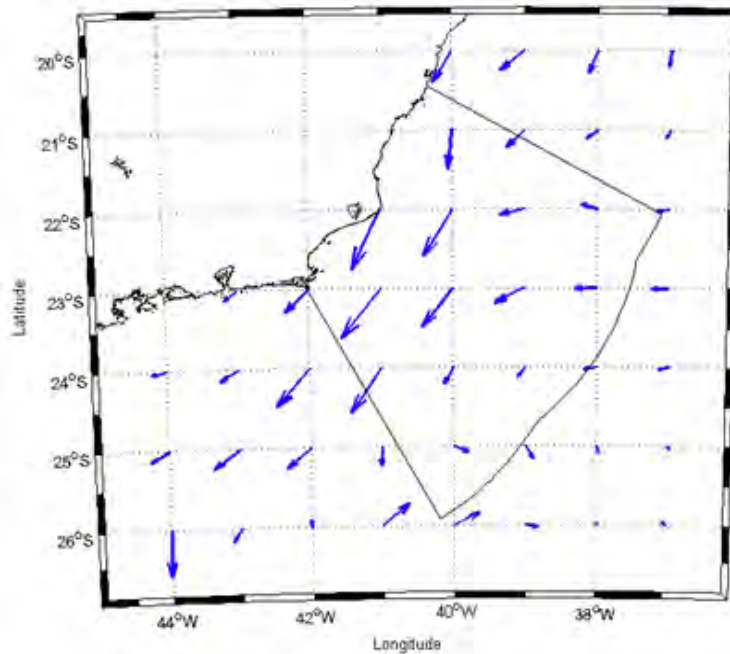
Os campos climatológicos médios de correntes superficiais de verão e inverno na Bacia de Campos para o período em referência são apresentados nas Figuras II.5.1.2-20 e II.5.1.2-21, respectivamente, onde a análise das figuras não indica diferenças significativas entre os períodos de verão e inverno.





**Figura II.5.1.2-20 - Campo médio de correntes para o período de verão na Bacia de Campos.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.



**Figura II.5.1.2-21 - Campo médio de correntes para o período de inverno na Bacia de Campos.**

Fonte: PETROBRAS/Habtec, 2010.

Com base nestes dados, pode-se observar que na região da Bacia de Campos o fluxo preferencial é para SW. O valor máximo da intensidade média no período de verão é de 0,83 m/s e no inverno de 0,61 m/s. Estima-se que ocorrência de menores valores médios no período de inverno seja o resultado de uma maior ocorrência de sistemas frontais, que podem provocar uma inversão do fluxo em superfície, tendenciando a média para menores valores (CALIL ELIAS *et al.* 2008).

Os dados de correntes mostram que a região é influenciada, principalmente, pela Corrente do Brasil, assim como está sujeita à variabilidade espaço-temporal dos vórtices associados. Até aproximadamente 600 m de profundidade, o fluxo tem direção preferencial para SW. A partir dessa profundidade há uma inversão no sentido das correntes devido ao transporte da AIA em direção ao Equador.

Os fenômenos transientes da Corrente do Brasil (vórtices e meandros) são fatores bastante relevantes de sua dinâmica, tendo sido primeiramente observados no final da década de 1950 (DHN, 1969, *apud* FRAGOSO, 2004). Apesar da Corrente do Brasil apresentar transporte inferior ao de outras correntes de contorno oeste, como, por exemplo, a Corrente do Golfo, a mesma possui muitos vórtices e meandros (CALADO *et al.*, 2000). Essas feições oceanográficas representam um desafio à previsão oceânica, uma vez que sua variabilidade espaço-temporal irá acrescentar um alto grau de variabilidade na circulação local, contribuindo para uma menor precisão das previsões de curto e médio prazo.

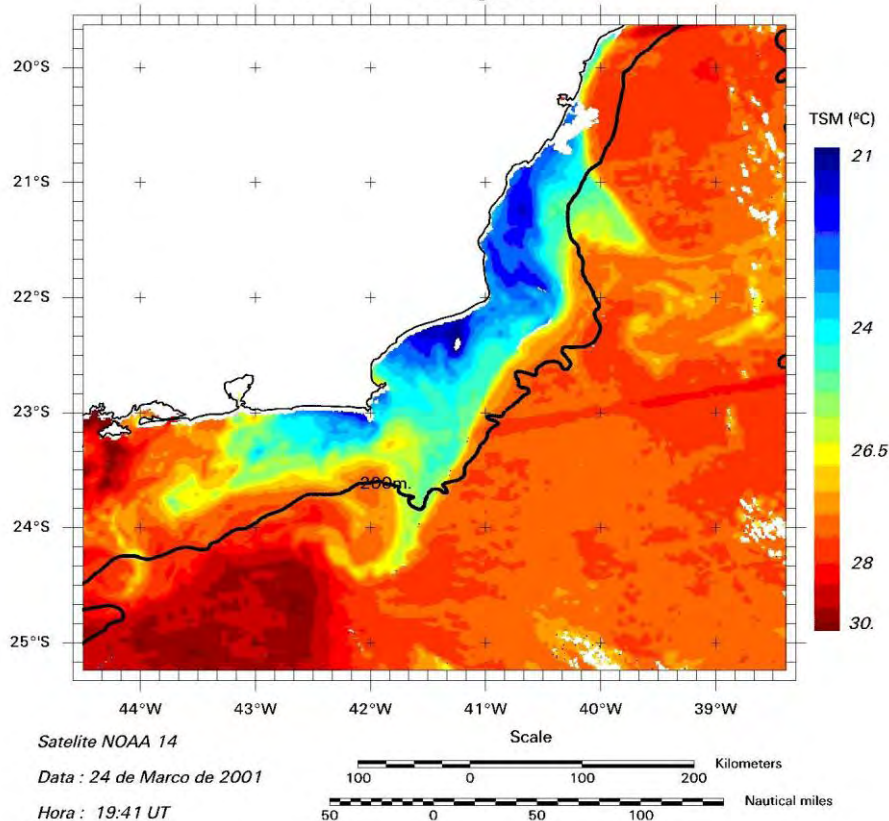
Segundo Silveira *et al.* (2000), uma das primeiras descrições de meandros e vórtices da Corrente do Brasil foi realizada por Mascarenhas *et al.* (1971), que descreveram a presença de vórtices e meandros ciclônicos e anticiclônicos ao largo de Cabo Frio, utilizando mapas de topografia dinâmica. Tais autores especulam que as feições topográficas da região favoreceriam a geração destes vórtices e meandros. Signorini (1978) *apud* Silveira *et al.* (2000), com base em análise dinâmica em dados hidrográficos, observou, em região de águas profundas (>1000m) ao norte de Cabo Frio, um vórtice com cerca de 100 km de raio e extensão vertical de 500 m.

Campos (1995) *apud* Silveira *et al.* (2000) atribui a ocorrência destes fenômenos transientes à mudança de orientação da costa a partir de Cabo Frio,

assim como ao gradiente de batimetria existente, já que a plataforma ao norte de Cabo Frio é estreita, se tornando mais larga e suave em direção à região da Bacia de Santos. Assim, a CB que flui ao longo da quebra da plataforma, por inércia, dirigir-se-ia em direção às águas mais profundas na latitude de Cabo Frio. Adicionalmente, utilizando o princípio de conservação de vorticidade potencial, o autor mostra que a CB iria meandrar ciclonicamente.

Evidências de meandros e vórtices ciclônicos e anticiclônicos foram também detectadas em imagens de satélite (NOAA 14 – INPE), sugerindo que o início da atividade ciclogênica pode ocorrer ao largo do Cabo de São Tomé (22°S). Um exemplo de meandramentos e vórtices obtidos a partir de imagens de satélite é observado na Figura II.5.1.2-22.

### *Temperatura da Superfície do Mar - TSM Carta - Imagem*

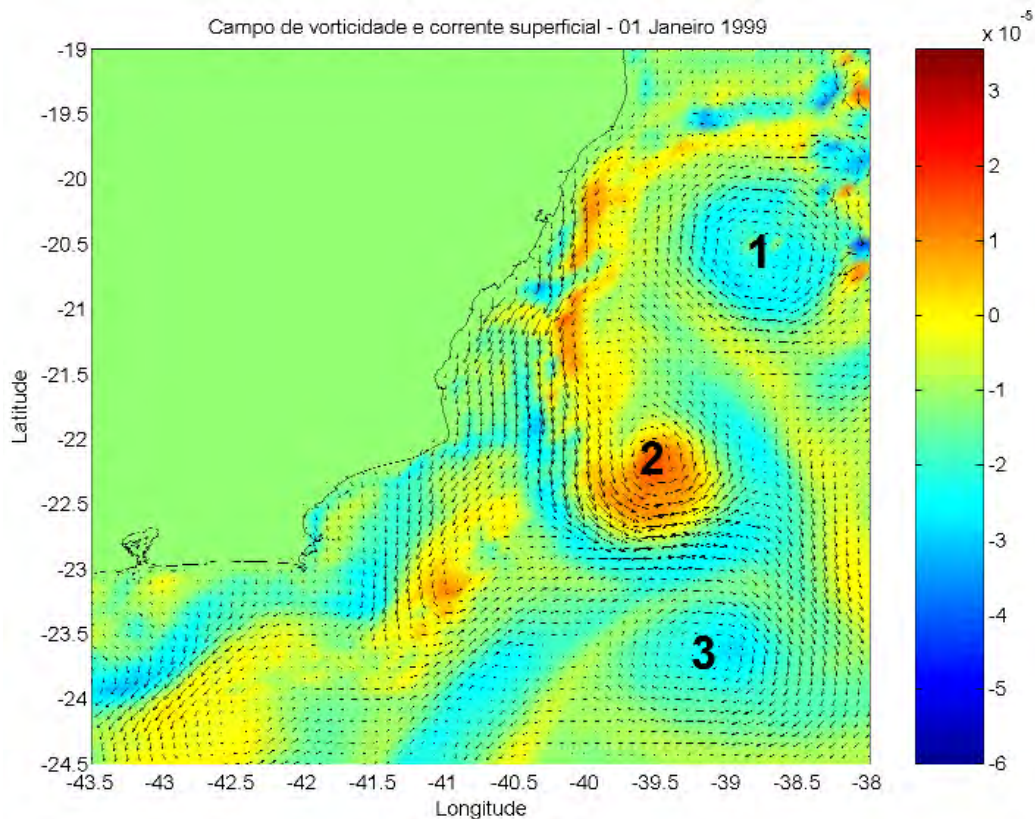


**Figura II.5.1.2-22 - Carta-imagem da temperatura da superfície do mar processada pelo INPE do dia 24 de março de 2001, mostrando as feições vorticais próximas ao Cabo de São Tomé e Cabo Frio.**

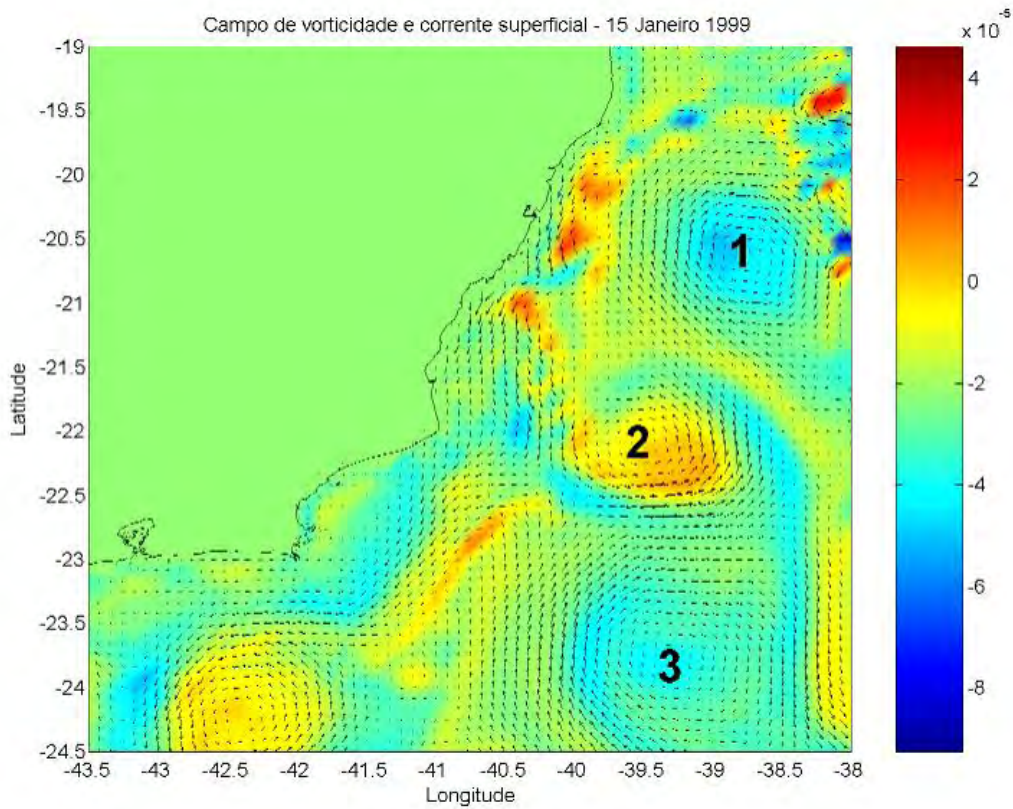
Fonte: Fragoso (2004)

Fragoso (2004) realizou uma análise mais detalhada dessas feições, a partir de resultados obtidos por modelagem numérica. Nesses resultados foram encontrados, ao longo de 1 ano, vários vórtices com meia vida da ordem de alguns dias na Bacia de Campos. Alguns apresentaram deslocamentos de até dezenas de quilômetros.

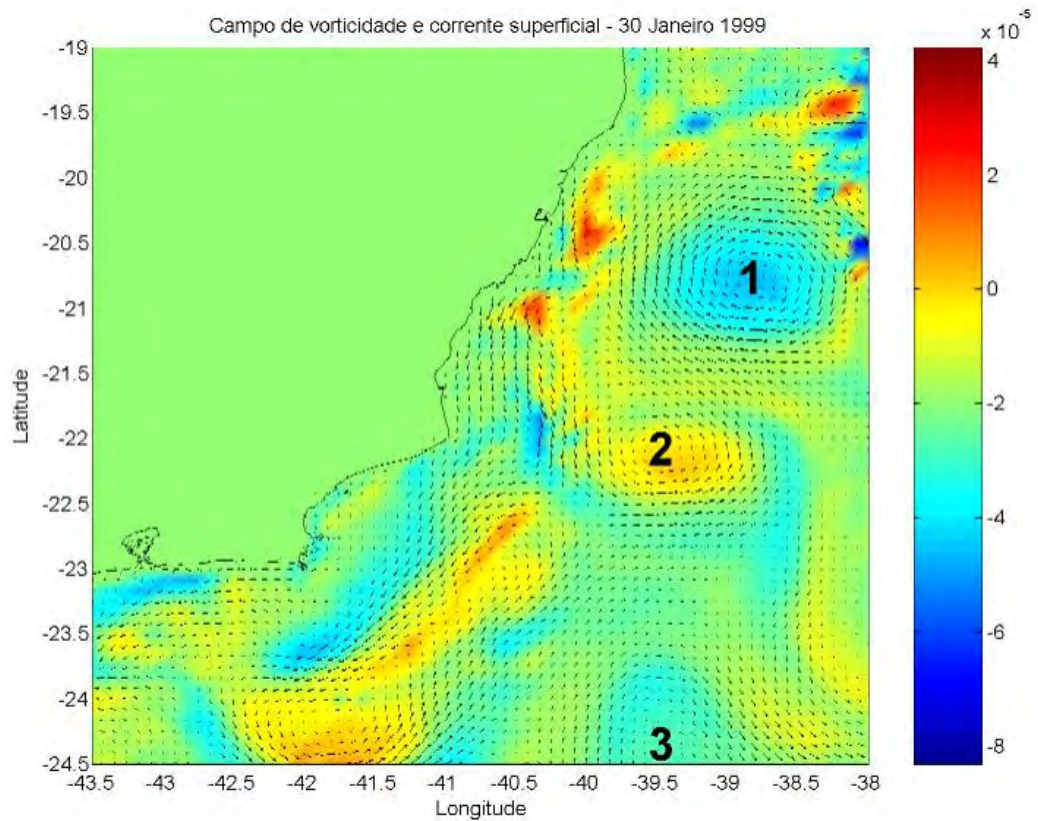
Um exemplo do comportamento dessas feições é apresentado nas Figuras II.5.1.2-23 a II.5.1.2-26, a seguir.



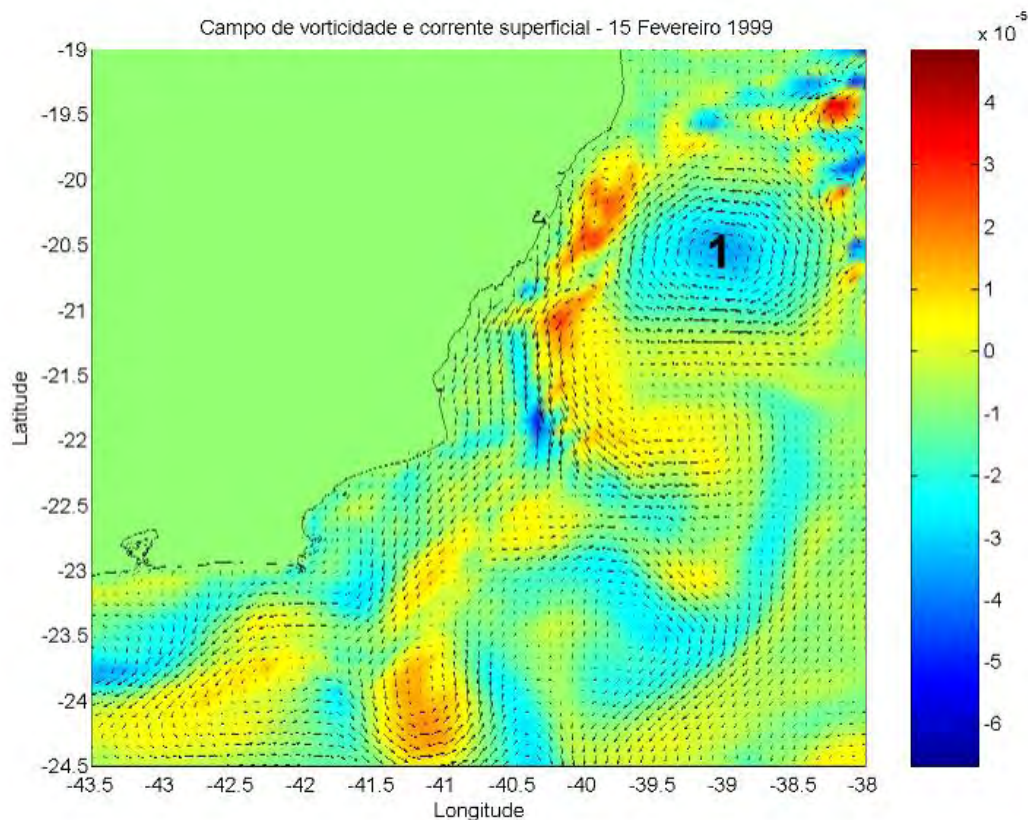
**Figura II.5.1.2-23** - Campo de vorticidade relativa ( $s^{-1}$ ) e velocidade em superfície para 1º de janeiro de 1999, resultante do modelo número de Fragoso (2004).



**Figura II.5.1.2-24** - Campo de vorticidade relativa ( $s^{-1}$ ) e velocidade em superfície para 15 de janeiro de 1999, resultante do modelo número de Fragoso (2004).



**Figura II.5.1.2-25** - Campo de vorticidade relativa ( $s^{-1}$ ) e velocidade em superfície para 30 de janeiro de 1999, resultante do modelo número de Frago (2004).



**Figura II.5.1.2-26** - Campo de vorticidade relativa ( $s^{-1}$ ) e velocidade em superfície para 15 de fevereiro de 1999, resultante do modelo número de Frago (2004).

A sequência de 1º de janeiro a 15 de fevereiro de 1999 (Figuras II.5.1.2-23 a II.5.1.2-26) mostra a evolução de três vórtices, marcados nas figuras como 1, 2 e 3.

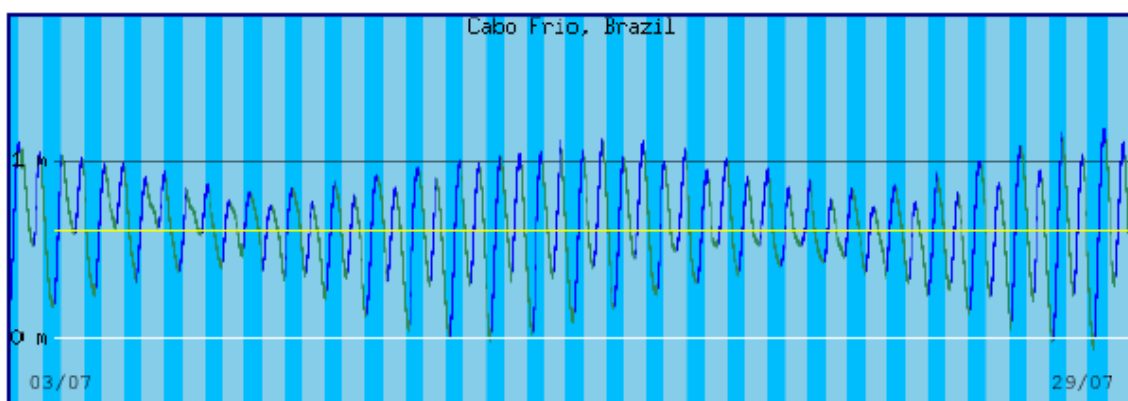
O vórtice 1, ciclônico, não apresenta variação significativa de posição, estando presente ao longo de todo o período. Esse é um vórtice de duração longa, o Vórtice de Vitória.

O vórtice identificado com o número 2, anticiclônico, não apresenta deslocamento significativo, mas sua intensidade gradualmente diminui, até que no dia 15 de fevereiro ele não mais é observado.

O vórtice 3, ciclônico, ao mesmo tempo que se desloca para Sul, aumenta de tamanho, mas vai se enfraquecendo gradualmente, até se dissipar, ainda no dia 30 de janeiro.

#### d) Marés

Conforme pode ser observado na Figura II.5.1.2-27, a maré na região é predominantemente semidiurna, com pequena contribuição diurna. É notado também o nítido comportamento das marés de quadratura (menores amplitudes) e sizígia (maiores amplitudes). A maré apresenta os seguintes parâmetros de acordo com o mês de análise:



**Figura II.5.1.2-27 - Maregrama previsto para região de Cabo Frio no período de 03/07 até 29/07/2002.**

Fonte: <http://tbone.biol.sc.edu/tide/tideshow.cgi>

* Nível Médio do Mar	0,61 m
* Média de Baixamar	0,30 m
* Média de Preamar	0,95 m
* Média de Baixamar de Sizígia	0,30 m
* Média de Preamar de Sizígia	1,02 m
* Variação Média da Maré	0,65 m
* Variação Média de Sizígia	0,72 m
* Maré Astronômica Mínima	-0,04 m
* Maré Astronômica Máxima	1,16 m
* Maré (Astronômica + Meteorológica) Mínima	-0,44 m
* Maré (Astronômica + Meteorológica) Máxima	1,56 m
* Variação Máxima	1,13 m



Os estudos de Lima (1997) avaliaram as contribuições das componentes das marés nas correntes de fundo na região da Bacia de Campos, próxima ao Bloco BC-20. Em todos os levantamentos, foi facilmente detectado o pico espectral associado à maré semidiurna, sendo este de uma ordem de magnitude superior ao pico diurno para a área. As contribuições da maré nas correntes são mais significativas sobre a componente perpendicular à costa do que na componente longitudinal. Para a elipse de maré da componente M2, os ângulos de fase gradualmente aumentam de NW para SE, aumentando a contribuição nos dois sentidos da corrente.

Para referenciar a análise de marés em um local oceânico mais próximo da Bacia de Campos é mais adequado utilizar os dados de marés coletados em um fundeio oceanográfico na isóbata de 200 m, região de quebra de plataforma, e analisados por Salles *et al.* (2000) em seu Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. O Quadro II.5.1.2-4 apresenta os resultados da estação Fundeio 1 Sul Oceânica, medida em 22° 54' S e 40° 47' W.

Observando os resultados da tabela, verifica-se que as componentes mais significativas são as semidiurnas, com amplitude de 31,5 cm para M2 e 14,8 cm para S2, confirmando as avaliações anteriores.

**Quadro II.5.1.2-4 - Dados de maré medidos em região de 200 metros de profundidade na Bacia de Campos.**

FEMAR-FUNDAÇÃO DE ESTUDOS DO MAR <i>Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras</i>					
<b>Nome da Estação :</b>		<b>FUNDEIO 1 SUL – OCEÂNICA</b>			
<b>Localização :</b>		Bacia Petrolífera de Campos - RJ			
<b>Organ. Responsável :</b>		PETROBRÁS / CENPES			
<b>Latitude :</b>		22° 54,0' S	<b>Longitude :</b>		40° 47,0' W
<b>Período Analisado :</b>		—		<b>Nº de Componentes :</b> 17	
<b>Análise Harmônica :</b>		Metodo do Almirante Santos Franco			
<b>Classificação :</b>		Maré de Desigualdades Diurnas			
<b>Estabelecimento do Porto: (HWF&amp;C)</b>		— H — min	<b>Nível Médio (Zo):</b>		— cm acima do NR.
<b>Médias das Preamares de Sizígia (MHWS) :</b>		— cm acima do NR.	<b>Média das Preamares de Quadratura (MHWN) :</b>		— cm acima do NR.
<b>Média das Baixa-mares de Sizígia (MLWS) :</b>		— cm acima do NR.	<b>Média das Baixa-mares de Quadratura (MLWN) :</b>		— cm acima do NR.
CONSTANTES HARMÔNICAS SELECIONADAS					
Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) Graus (°)	Componentes	Semi-amplitude (H) cm	Fase (g) graus (°)
Sa	-	-	MU <sub>2</sub>	-	-
Ssa	-	-	N <sub>2</sub>	4,9	109
Mm	-	-	NU <sub>2</sub>	-	-
Mf	-	-	M <sub>2</sub>	31,5	090
MTM	-	-	L <sub>2</sub>	-	-
Msf	-	-	T <sub>2</sub>	0,9	090
Q <sub>1</sub>	2,7	077	S <sub>2</sub>	14,8	082
O <sub>1</sub>	8,7	103	K <sub>2</sub>	5,8	069
M <sub>1</sub>	1,5	150	MO <sub>3</sub>	0,4	022
P <sub>1</sub>	2,2	117	M <sub>3</sub>	-	-
K <sub>1</sub>	4,9	142	MK <sub>3</sub>	-	-
J <sub>1</sub>	-	-	MN <sub>4</sub>	0,6	019
OO <sub>1</sub>	-	-	M <sub>4</sub>	0,9	041
MNS <sub>2</sub>	-	-	SN <sub>4</sub>	-	-
2N <sub>2</sub>	-	-	MS <sub>4</sub>	-	-
<b>Referências de Nível:</b> Não foram colocadas					
<b>Obs:</b> Maré oceânica observada de plataforma de petróleo com sensor de pressão, em lâmina d'água de 200 m, no período de janeiro/94 a maio/95. Não disponíveis outras informações					
Código BNDO: NC					

Fonte: <http://www.femar.com.br/biblioteca/emb/tabelas/173.html>

Para a caracterização da maré na região da Bacia de Campos foram utilizadas as constantes harmônicas obtidas em duas estações maregráficas da PETROBRAS na Bacia de Campos, localizadas em 22° 6' S e 40° 1' W (Norte 1) e em 22° 2' S e 39° 52' W (Norte 2). As medições foram realizadas entre os meses de janeiro de 1994 e maio de 1995. As constantes harmônicas encontram-se no Quadro II.5.1.2-5.

**Quadro II.5.1.2-5 - Valores de amplitude e fase das principais componentes harmônicas, calculadas para as estações maregráficas utilizadas.**

COMPONENTE	NORTE 1		NORTE 2	
	Amplitude	Fase	Amplitude	Fase
Q1	2,2	57	2,7	77
O1	7,5	90	10,9	116
K1	3,8	166	6,5	177
N2	7	97	6,2	104
M2	37,8	90	42	98
S2	17	95	19	111
K2	4,5	90	4,6	84

Fonte: FEMAR, acessado em 2008.

Para a região de interesse, temos:

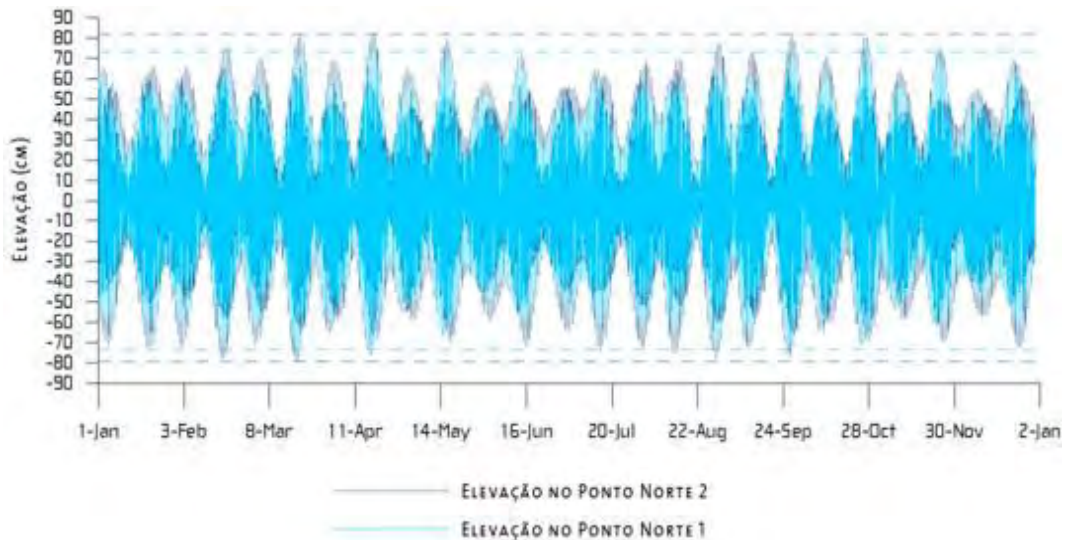
- ★  $F1 = (3,8+7,5) / (37,8+17) = 0,206$  – maré semidiurna
- ★  $F2 = (6,5+10,9) / (42+19) = 0,285$  – maré mista predominantemente semidiurna.
- ★ Podemos calcular, também, segundo a formulação de Pond & Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia que, nesse caso, será:
- ★  $2(M2+S2) = 109,6$  cm para a estação Norte 1 e;
- ★  $2(M2+S2) = 122$  cm para a estação Norte 2.

Com base nestes dados, podemos classificar a maré da área da Bacia de Campos como sendo semi-diurna sem desigualdade e com amplitudes médias de maré de sizígia variando entre 109 a 122 cm.

Para exemplificar a variação da maré na região é apresentado na Figura II.5.1.2-28 um gráfico com a elevação da superfície do mar calculada com

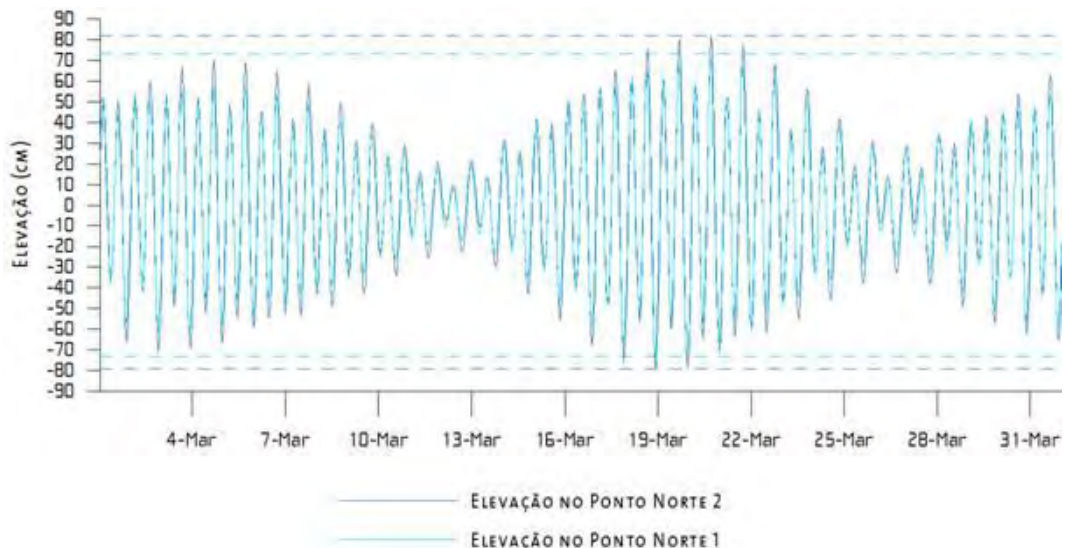
as constantes harmônicas obtidas das duas estações, para o ano de 2003, com os valores máximos e os mínimos para cada série, identificados pelas linhas tracejadas.

Observa-se na Figura II.5.1.2-29 que as amplitudes médias de maré de quadratura ficam entre 70 e 80 cm.



**Figura II.5.1.2-28 - Elevação da superfície do mar (cm) para o período de 2003.**

Fonte: FEMAR, acessado em 2008.



**Figura II.5.1.2-29 - Elevação da superfície do mar (cm) para o período de março de 2003.**

Fonte: FEMAR, acessado em 2008.

Observa-se que, naquele ano, as máximas ocorreram nos meses de março e setembro, para ambas as séries, sendo que os valores calculados para a estação Norte 2 se mostraram ligeiramente superiores. Na Figura II.5.1.2-29 é apresentada a série de elevação para o mês de março de 2003.

Como pode ser observado na Figura II.5.1.2-29, não há defasagem entre as séries ao longo do período analisado. A elevação máxima calculada com os dados da estação Norte 2 foi de 82 cm, enquanto que para a estação Norte 1 foi de 73 cm.

Segundo Dias *et al.* (2009), diversos estudos sobre mudanças climáticas no litoral brasileiro ocorridas durante o holoceno (período atual da história geológica), demonstram o avanço do mar em diversas regiões costeiras, entretanto, a maior parte destes estudos indica um ápice da elevação do nível do mar por volta de 5100 anos atrás. Tais autores, contudo, em estudo sobre a variação do nível do mar na costa do Rio de Janeiro, indicaram que devido a alterações antrópicas e outras variáveis, como por exemplo, tectono eustasia e glacio eustasia, há uma impossibilidade de avaliação de tendências lineares de transgressão ou regressão marítima.

#### e) *Regime de Ondas*

Para a análise da agitação da superfície do mar na região de estudo foram utilizadas as caracterizações do clima de ondas elaboradas para a Bacia de Campos por Pinho (2003), Violante-Carvalho (1998) e Seixas (1997); dados da área disponíveis no BNDO para o período de 1926 a 1991; dados do IEAPM, no período de 1998 a 2004 e dados do Projeto ATLASUL ([www.atlasul.ufrj.br](http://www.atlasul.ufrj.br)).

Os dados utilizados pelos autores, acima referidos, foram obtidos através do fundeio de uma bóia meteo-oceanográfica do tipo „heave-pitch-roll”, da PETROBRAS, posicionada na Bacia de Campos em dois locais e períodos distintos - o primeiro fundeio entre março de 1991 e março de 1993 no Campo de Marlim (22° 31' S e 39° 58' W), em coluna d'água de 1.250 m, e o segundo entre janeiro de 1994 e junho de 1995 no Campo de Barracuda (22° 38' S e 40° 12' W), em coluna d'água de 1.050 m.

De acordo com as forçantes meteorológicas atuantes, foram identificadas quatro situações distintas em termos de regime de ondas na Bacia de Campos, separadas em dois grandes grupos, segundo Violante-Carvalho (1998):

- 1) Domínio da Alta Subtropical do Atlântico Sul – ASAS (Situações de Bom Tempo):
  - ★ Mar em desenvolvimento de N/NNE, com swell S/SE;
  - ★ Mar em desenvolvimento NE/ENE/E, com swell de S/SE.
  
- 2) Domínio de Sistemas Frontais (Baixa Pressão) na região (Situações de Mau Tempo):
  - ★ Mar gerado pela evolução de sistema frontal com ondulações geradas a grandes distâncias da Bacia;
  - ★ Condição de mar durante o inverno.

As direções das ondas e do vento são relacionadas ao norte verdadeiro e são centradas em: N (360°), NNE (22,5°), NE (45°), ENE (67,5°), E (90°), SE (135°), S (180°), SSW (202,5°) e SW (225°).

Na descrição a seguir serão utilizados alguns termos como vaga, marulho ou swell, mar local e mar quasi-local. Entende-se por vaga aquelas ondas que ainda estão sofrendo influência do vento que as gerou, ou seja, que ainda estão em sua área de geração. Os marulhos ou swell são as ondas que não mais estão sobre a influência do vento que as gerou, isto é, que estão fora da área de sua geração. Um mar local é caracterizado por ondas que estão sendo geradas pelo vento local. Finalmente, entende-se por mar quasi-local aquele mar gerado entre a área de geração principal e a área de interesse.

A caracterização dos estados de mar é feita em função de três parâmetros: altura significativa (Hs), direção e frequência de pico (Tp). A altura significativa é uma medida estatística obtida separando-se o registro de onda em três partes iguais e fazendo-se uma média da parte do registro onde estejam as maiores alturas. A direção de onda é o rumo seguido pela onda e a frequência de pico é a frequência na qual a maior quantidade de energia da ondulação está concentrada.

A seguir serão descritas as situações anteriormente mencionadas.

1) Situações Regidas Pelo Domínio do ASAS (Bom Tempo):

- ★ Mar em desenvolvimento de N/NNE, com swell de S/SE (A1)

Essa situação representa um mar em desenvolvimento de Norte/Norte-Nordeste, com a presença de swell de Sul/Sudeste, sendo o estado de mar mais comum na região. É considerado típico de verão por ocorrer com maior frequência nesta estação do ano. Os valores característicos deste estado de mar são apresentados no Quadro II.5.1.2-6, abaixo.

**Quadro II.5.1.2-6 - Valores característicos para situação de mar A1.**

DESCRIÇÃO	DIREÇÃO (°)	HS (m)	Tp (s)
Mar Local (> 10%)	N/NNE	0,25 a 1,25	3 a 5
Mar Quasi-Local (> 10%)	NNE/NE	1 a 1,5	5 a 7
	NNE/NE	0,5 a 1,5	9 a 11
Swell	S/SE	0,75 a 1,5	11 a 13
	S/SE	1,5	15 (3%)

Fonte: Violante-Carvalho (1998).

- Mar em desenvolvimento de NE/ENE/E, com swell de S/SE (A2)

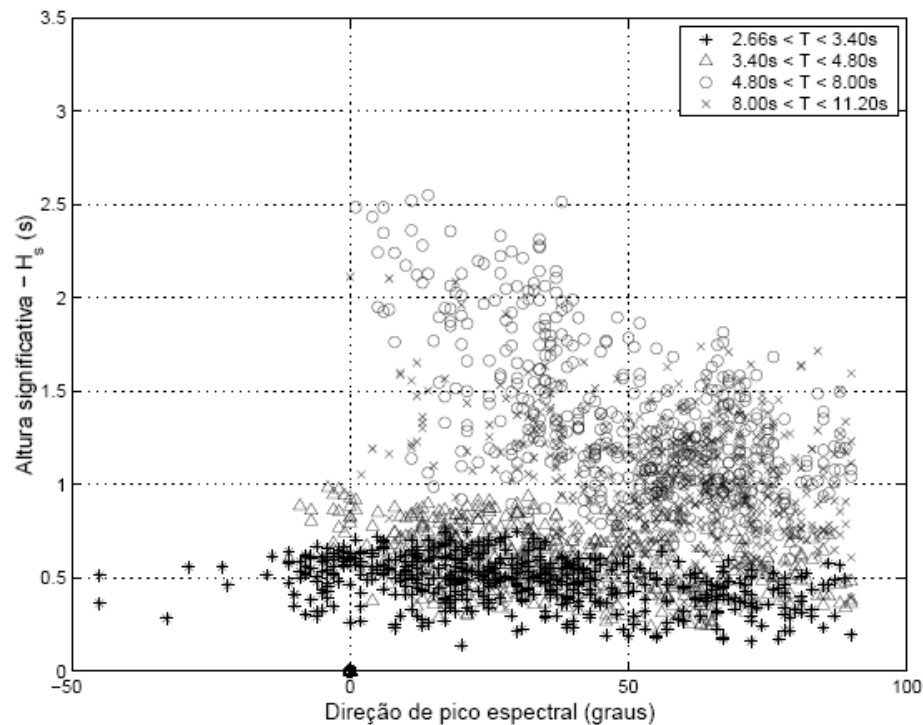
Situações de mar em desenvolvimento de Nordeste/Leste-Nordeste/Leste com swell de Sul/Sudeste são bastante frequentes na região, ocorrendo em todas as estações do ano, porém com predominância na primavera e no verão. No Quadro II.5.1.2-7, a seguir, são apresentados os valores característicos para esta situação.

**Quadro II.5.1.2-7 - Valores característicos para situação de mar A2.**

DESCRIÇÃO	DIREÇÃO (°)	HS (m)	Tp (s)
Mar Local (> 10%)	N/ENE/E	0,25 a 1,25	3 a 5
Mar Quasi-Local (> 10%)	ENE/E/ESE	1 a 1,5	5,5 a 6,5
	ENE/E/ESE	1	8
	ENE/E/ESE	1	10
Swell	S/SE	0,5 a 2	11,5 a 12,5
	S/SE	0,5 a 1,5	14,5 a 15,5 (3%)

Fonte: Violante-Carvalho (1998).

Na Figura II.5.1.2-30 é apresentado um diagrama de dispersão de  $H_s$  e direção de pico espectral, obtido para Bacia de Campos (PINHO, 2003). Observa-se que a maior concentração de ocorrências é de alturas entre 0,5 a 1 m, vindas de N/NE, com períodos de até 8 s.



**Figura II.5.1.2-30 - Diagrama de dispersão de  $H_s$  e direção de período, para situações de bom tempo na Bacia de Campos.**

Fonte: Pinho (2003)

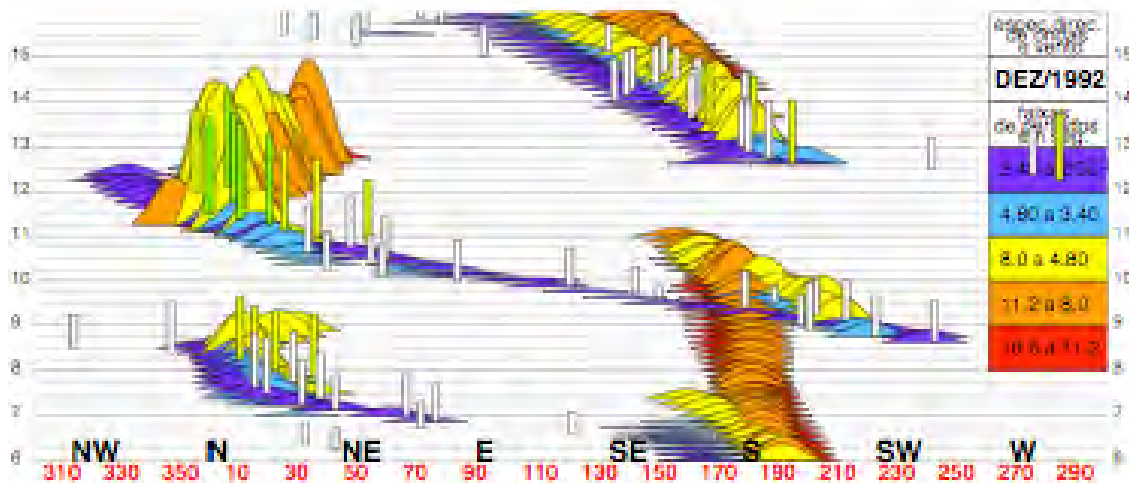
- Condições Extremas de Bom Tempo

Segundo Pinho (2003), frequentemente ocorrem intensificações dos ventos de NE, principalmente antes da passagem de frentes frias, que não necessariamente resultam em um aumento da altura significativa das ondas geradas. No entanto, situações mais severas em termos de ondas na condição de bom tempo ocorrem quando a ASAS está deslocada para latitudes menores (mais ao norte) em relação à Bacia de Campos. Neste caso, pistas maiores são formadas com eixo principal correspondendo à direção N-S. Um exemplo dessas situações extremas encontra-se ilustrado na Figura II.5.1.2-31



(forma de apresentação gráfica da técnica DAAT desenvolvida por Parente, 1999) onde são observadas ondas de N/NE, com períodos superiores a 10 s, entre os dias 12 e 14 de dezembro de 1992 (eixo das ordenadas).

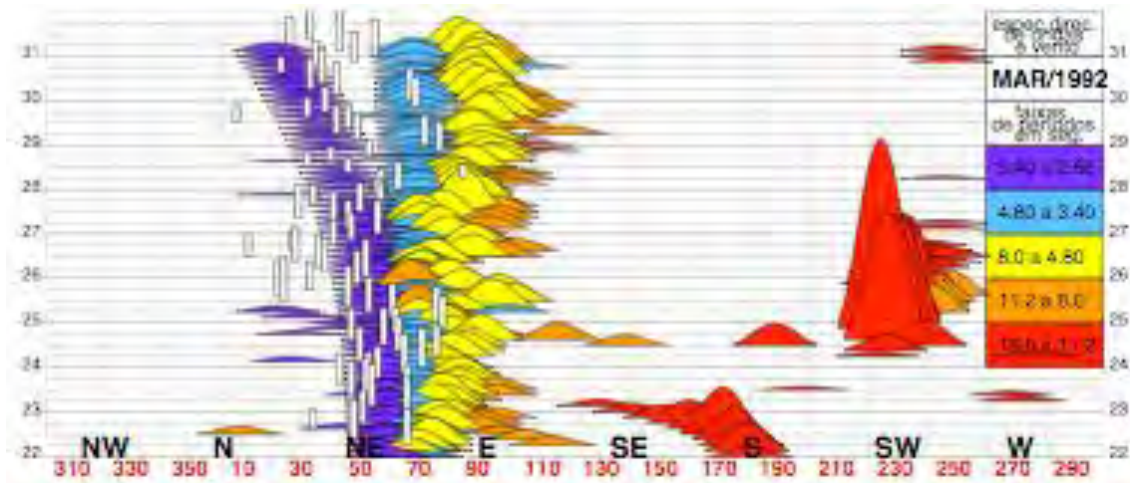
Nesse tipo de gráfico, cada linha horizontal representa um registro, ou seja, no eixo das ordenadas está representado o tempo em dias (dia do mês mostrado no eixo vertical, com 8 registros-linha por dia, um a cada 3h). O eixo das abscissas corresponde à direção verdadeira (em graus) da propagação das ondas, que tem o valor mínimo na direção aproximada de NW, ou  $300^\circ$ , e valor máximo no mesmo valor ( $300^\circ$ ), mostrando todas as direções possíveis ( $360^\circ$ ). As barras verticais são a representação da intensidade do vento, sendo que 1 cm corresponde a aproximadamente 10 m/s (PINHO, 2003).



**Figura II.5.1.2-31** - Situação de mar severo, de bom tempo, na região. Mar de N/NE.

Fonte: Pinho (2003)

Outro tipo de condição extrema de bom tempo na região da Bacia de Campos está associada à presença de marulhos de SW. Ainda segundo Pinho (2003), essa situação é bastante frequente na região, atingindo 34% de ocorrência. Um exemplo dessa situação pode ser observado na Figura II.5.1.2-32, que ilustra a chegada à região, nos dias 24, 25 e 26 de março de 1992, de um swell de grandes períodos com direção SW.

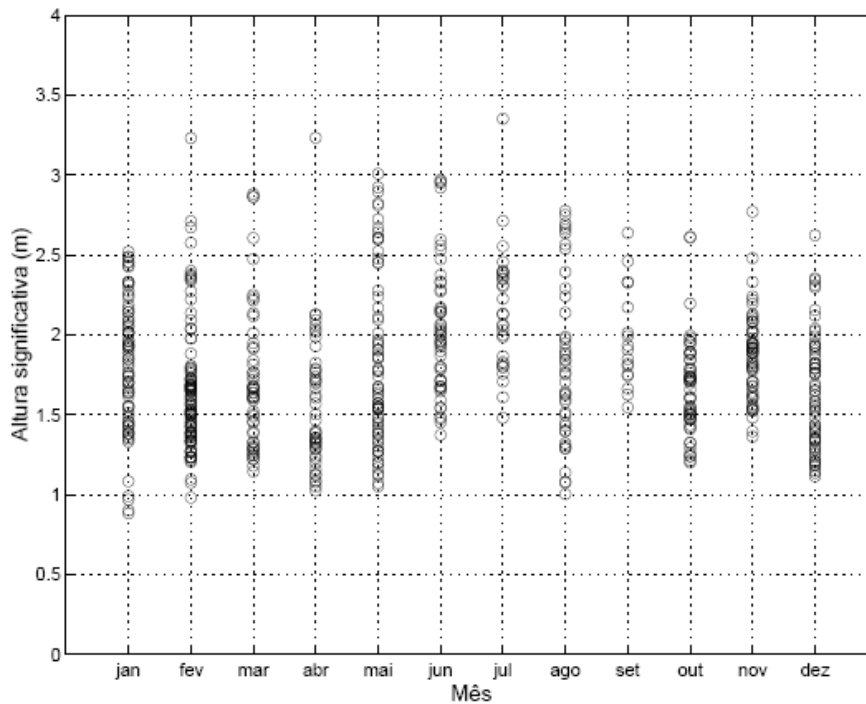


**Figura II.5.1.2-32 - Situação de mar severo, de bom tempo, na região. Mar de N/NE, com swell de direção SW.**

Fonte: Pinho (2003)

O pico de maior energia do marulho durou cerca de 24 horas (dia 24), dissipando-se logo em seguida. Em geral, as ondas geradas pelos ventos de NE, atingem períodos máximos de 8 segundos, podendo o mar quasi-local chegar até 10 a 12 segundos. Os marulhos que chegam à região, nessa condição, apresentam períodos frequentemente maiores que 12 segundos.

Na Figura II.5.1.2-33 é apresentada uma distribuição dos valores de altura significativa de onda, por mês, ao longo do período de dados analisado pelo autor (primeiro conjunto entre os anos de 1991 e 1993; segundo conjunto entre os anos de 1994 e 1995), característicos das situações de bom tempo com presença de swell, onde podem ser observados valores extremos de alturas de onda atingindo valores superiores a 3 m.



**Figura II.5.1.2-33 - Distribuição das alturas significativas de ondas, por mês, em situações de bom tempo com presença de swell.**

Fonte: Pinho (2003)

2) Situações Regidas pelo Domínio de Sistemas Frontais (Mau Tempo):

- ★ Mar gerado pela evolução de sistema frontal, com presença de ondulações geradas a grandes distâncias da Bacia de Campos (B1)

Esse é o segundo mais frequente estado de mar na região, com ocorrência inferior apenas à situação A1, sendo considerada uma situação típica de outono e inverno, porém, ocorrendo também nas demais estações do ano. Os valores característicos para essa situação são apresentados no Quadro II.5.1.2-8.

**Quadro II.5.1.2-8 - Valores Característicos para situação de mar B1.**

DESCRIÇÃO	DIREÇÃO (°)	HS (m)	Tp (s)
Mar Local (> 10%)	SW a NE	0,25 a 1,25	3 a 5
Mar Quasi-Local (> 10%)	SW a NE	1 a 2	5 a 9
Swell	SW a NE*	1 a 2	10
	SW a NE*	1 a 2,5	12
	S/SE	1,5	15

Fonte: Violante-Carvalho (1998).

\* Dependendo da evolução direcional do mar, esta situação pode ser considerada como mar quasi-local.

★ Condição de mar durante o inverno (B2)

Nessa situação, ocorre uma evolução do centro de baixa pressão do ciclone extratropical de oeste para leste, podendo ou não haver a presença de ondulações geradas a grandes distâncias da costa.

No Quadro II.5.1.2-9 são apresentados os valores característicos para essa situação.

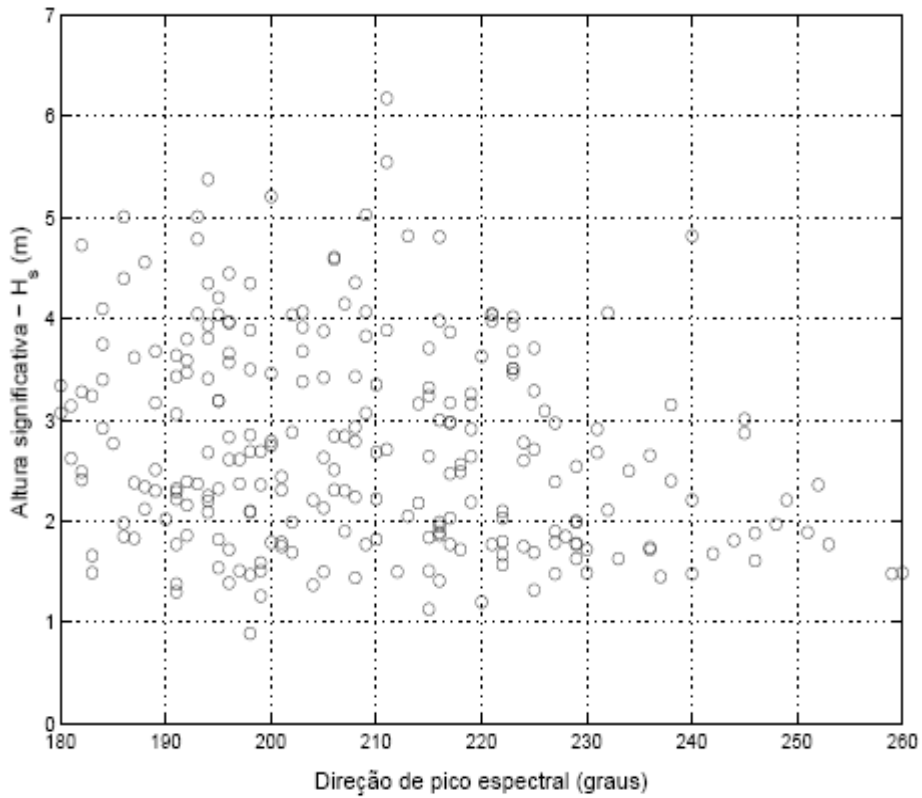
**Quadro II.5.1.2-9 - Valores Característicos para situação de mar B2.**

DESCRIÇÃO	DIREÇÃO (°)	HS (m)	Tp (s)
Mar Local (> 10%)	SW a NE	0,25 a 1	3 a 5,5
Mar Quasi-Local (> 10%)	SW a NE	1	5,5 a 6,5
	SW a NE ou S*	1,5	8
	SW a NE ou S*	1 a 2	9,5 a 10,5
	SW a NE ou S*	0,75 a 1,75	11,5 a 12,5
Swell (1%)	S/SE	1	15

Fonte: Violante-Carvalho (1998).

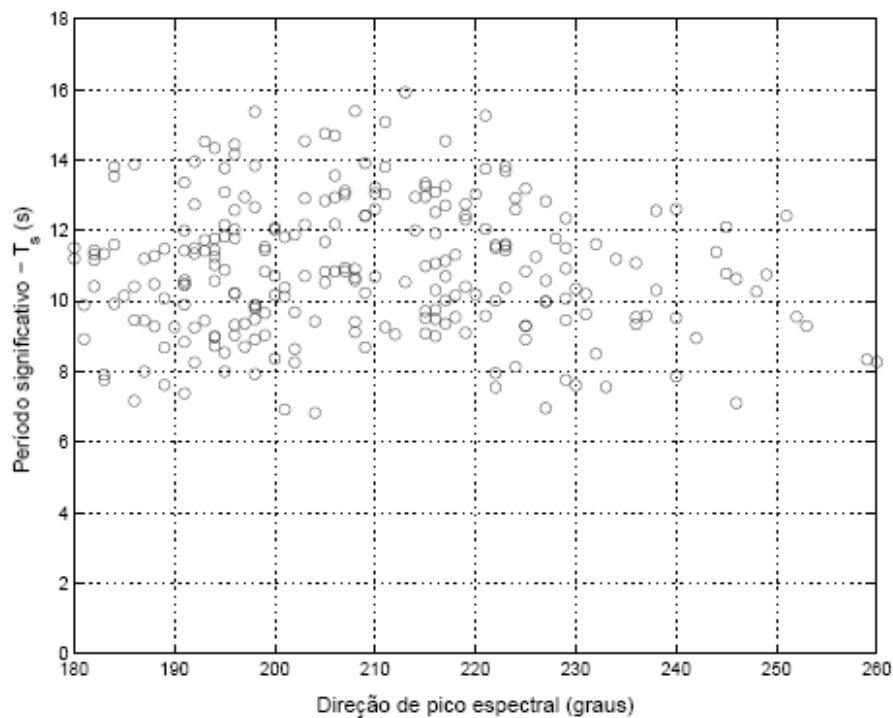
\* Dependendo da evolução direcional do mar, esta situação pode ser considerada como swell.

Nas Figuras II.5.1.2-34 e II.5.1.2-35 são apresentadas, respectivamente, as relações entre a direção de pico espectral e altura significativa (Hs) e pico espectral e período significativo, para situações de mau tempo. Observa-se que, nesses casos, as maiores alturas, assim como os períodos mais longos estão associados à ondulação de S/SW (180-260°), com máximos de altura associados a SW (215°).



**Figura II.5.1.2-34 - Relação entre direção do pico espectral e H<sub>s</sub> para situações de mau tempo na Bacia de Campos.**

Fonte: Pinho (2003)

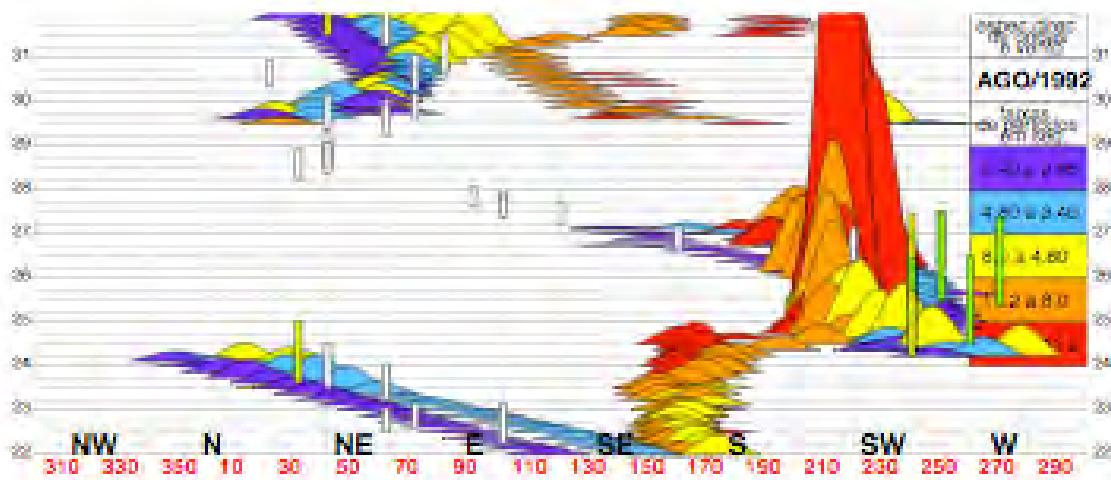


**Figura II.5.1.2-35 - Relação entre direção do pico espectral e período significativo para situações de mau tempo na Bacia de Campos.**

Fonte: Pinho (2003)

#### ★ Condições Extremas de Mau Tempo

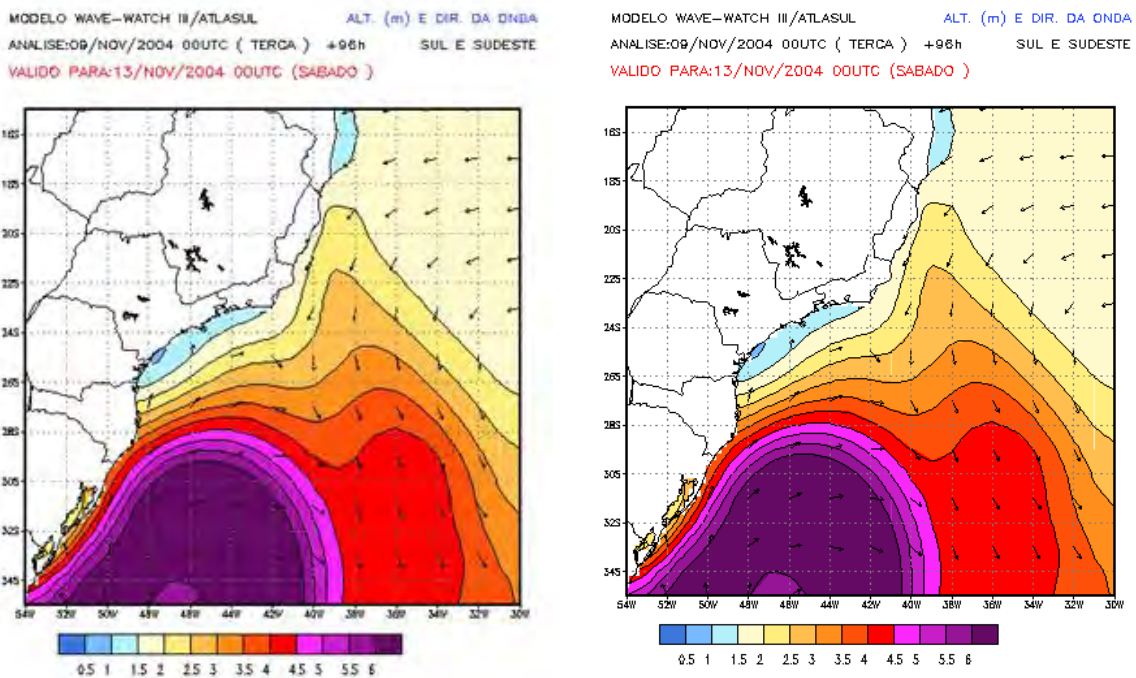
Os fortes ventos de sudoeste, causados pelos ciclones extratropicais, são responsáveis pela situação de mar mais severa observada na Bacia de Campos. Há alguns registros de ventos de SW com velocidades superiores a 25 m/s, sendo que os maiores valores de altura significativa destes mares chegam a ser o dobro das maiores alturas observadas na condição extrema de bom tempo. As ondas nesta situação apresentam direção principal correspondente à direção do vento, ou seja, com a entrada da frente chegam as ondas de SW (swell), algumas vezes até surgindo poucas horas antes da entrada do vento SW (PINHO, 2003). Um exemplo típico dessa situação é apresentado na Figura II.5.1.2-36, onde o swell que atinge a região entre os dias 25 e 28 de agosto de 1992 vem trazendo uma grande quantidade de energia nas ondas, com períodos superiores a 12 s (contornos vermelhos).



**Figura II.5.1.2-36 -** Evolução de mar com passagem de um ciclone extratropical sobre a Bacia de Campos.

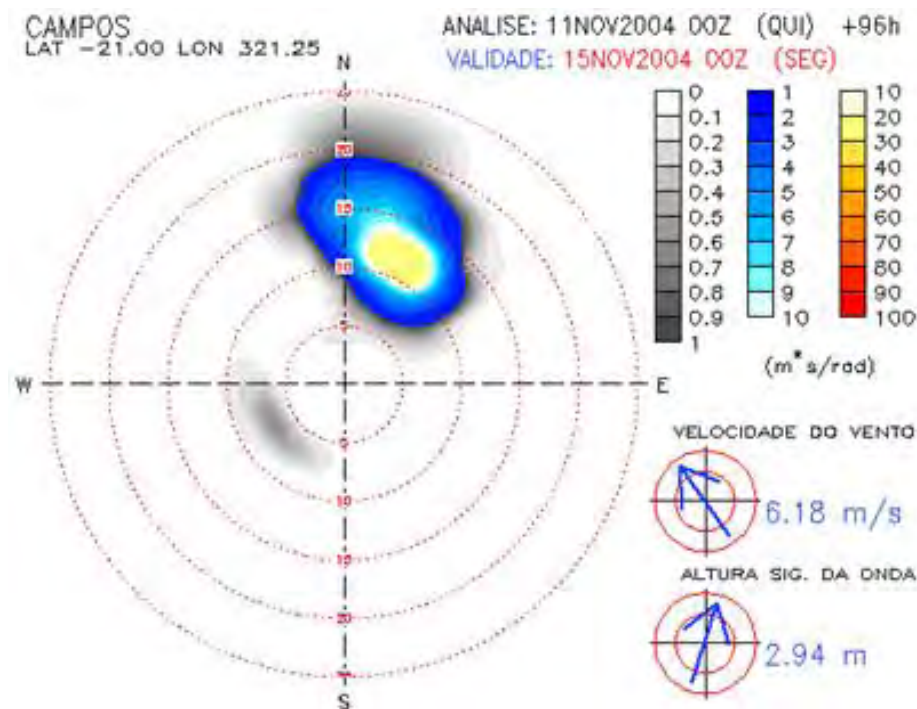
Fonte: Pinho (2003)

Uma visão espacial da propagação desse tipo de ondulação em direção à Bacia de Campos pode ser observada na Figura II.5.1.2-37, abaixo.



**Figura II.5.1.2-37 -** Evolução espacial de um swell de S/SW se aproximando da Bacia de Campos. Projeto ATLASUL. Fonte: (www.atlasul.ufrj.br).

Na Figura II.5.1.2-38, pode ser observado o espectro direcional de ondas para um ponto na Bacia de Campos (latitude 21°S; longitude 038,75°W) sob a influência dessa ondulação. Nota-se a grande concentração de energia trazida pelas ondas de longos períodos, acima de 10 s.

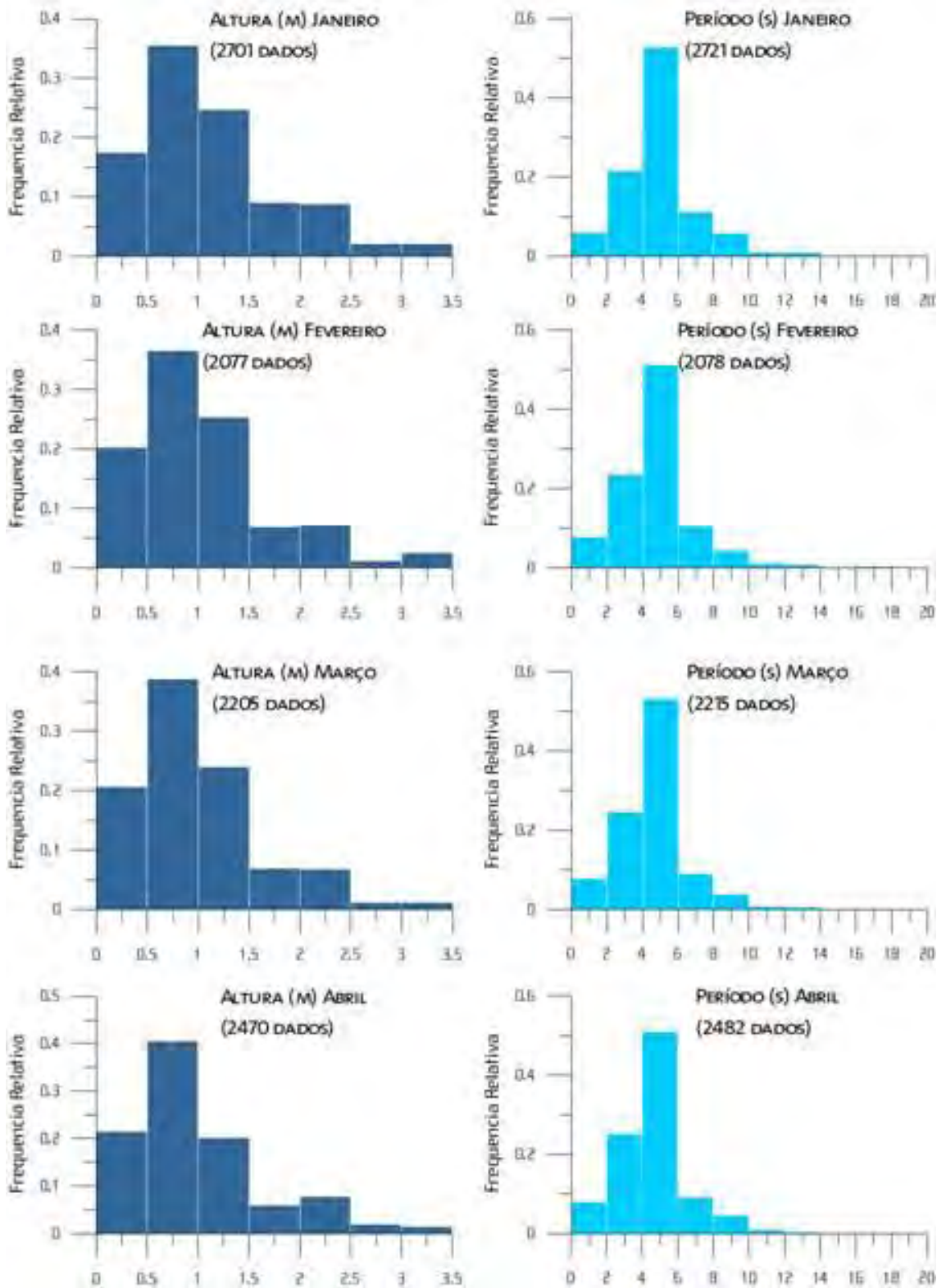


**Figura II.5.1.2-38** - Espectro direcional de ondas para um ponto na Bacia de Campos, ilustrando a presença de um forte swell de SW na região.

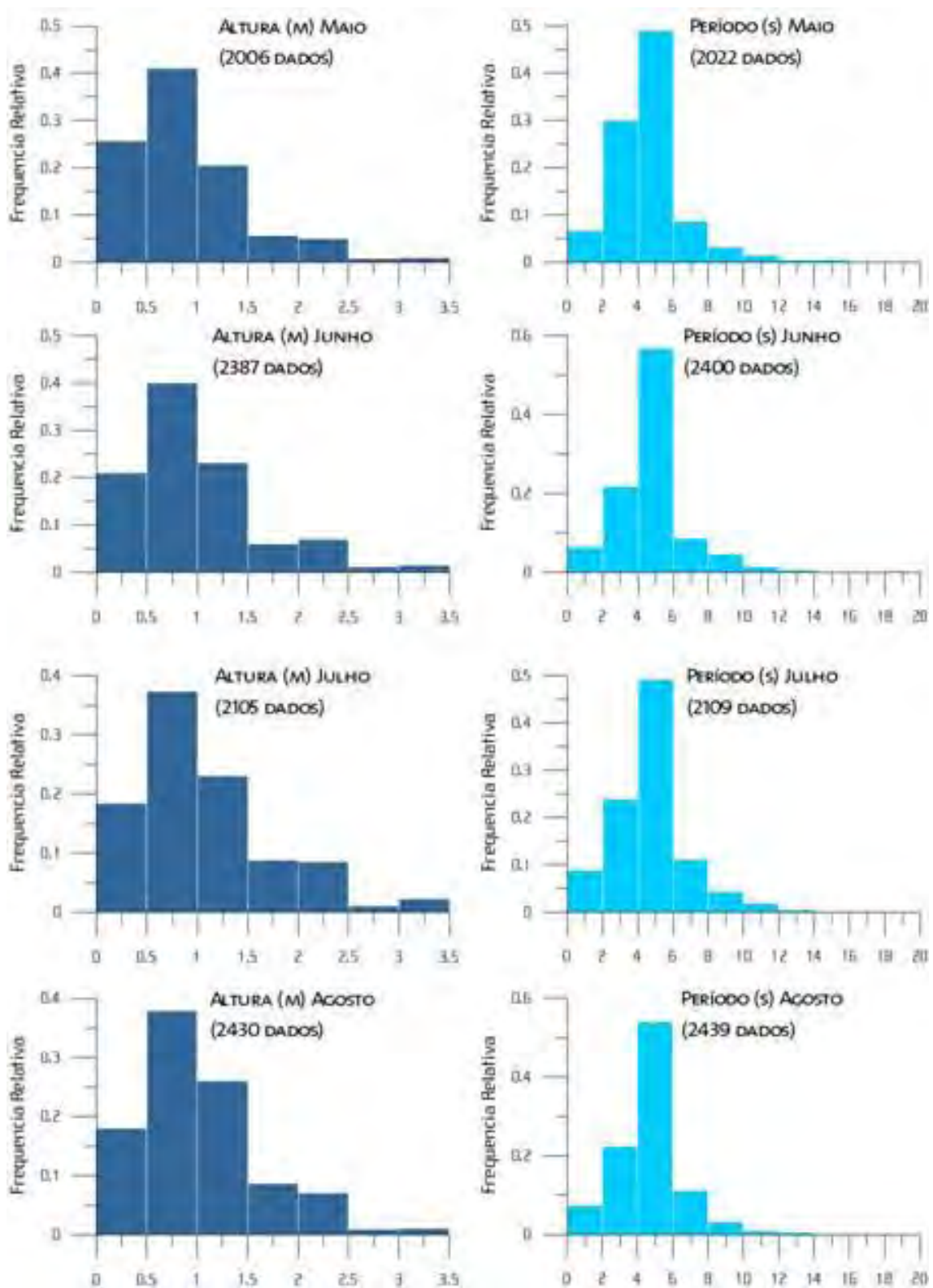
Fonte: Projeto ATLASUL, [www.atlasul.ufrj.br](http://www.atlasul.ufrj.br)

A seguir, nas Figuras II.5.1.2-39, II.5.1.2-40 e II.5.1.2-41 são apresentados os histogramas de altura e período de ondas elaborados com os dados do BNDO, entre os anos de 1926 e 1991, na Bacia de Campos. Em cada figura é também apresentado o número de dados amostrados em cada mês.



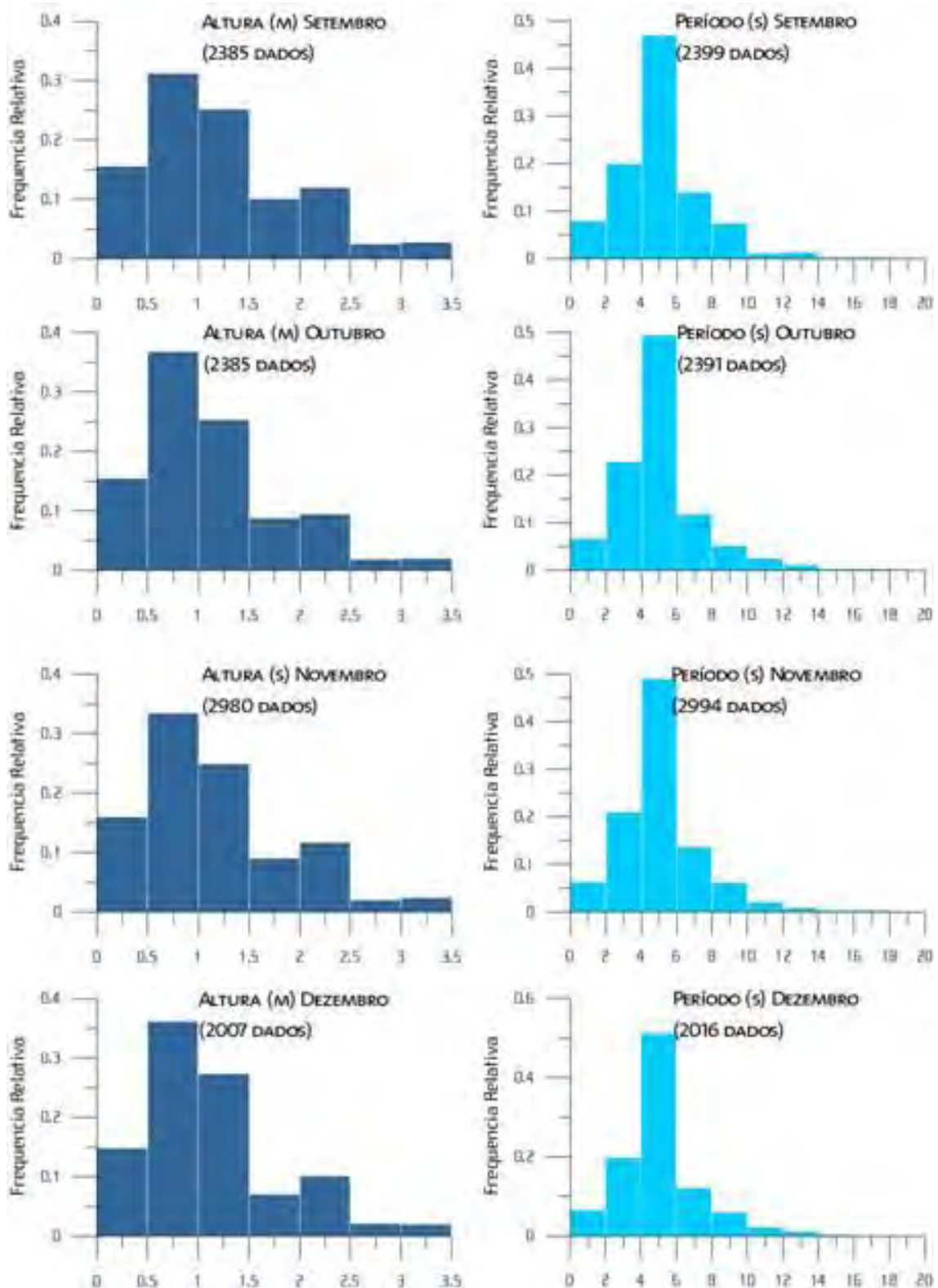


**Figura II.5.1.2-39 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de janeiro a abril, elaborados com os dados do BNDO entre os anos de 1926 e 1991.**



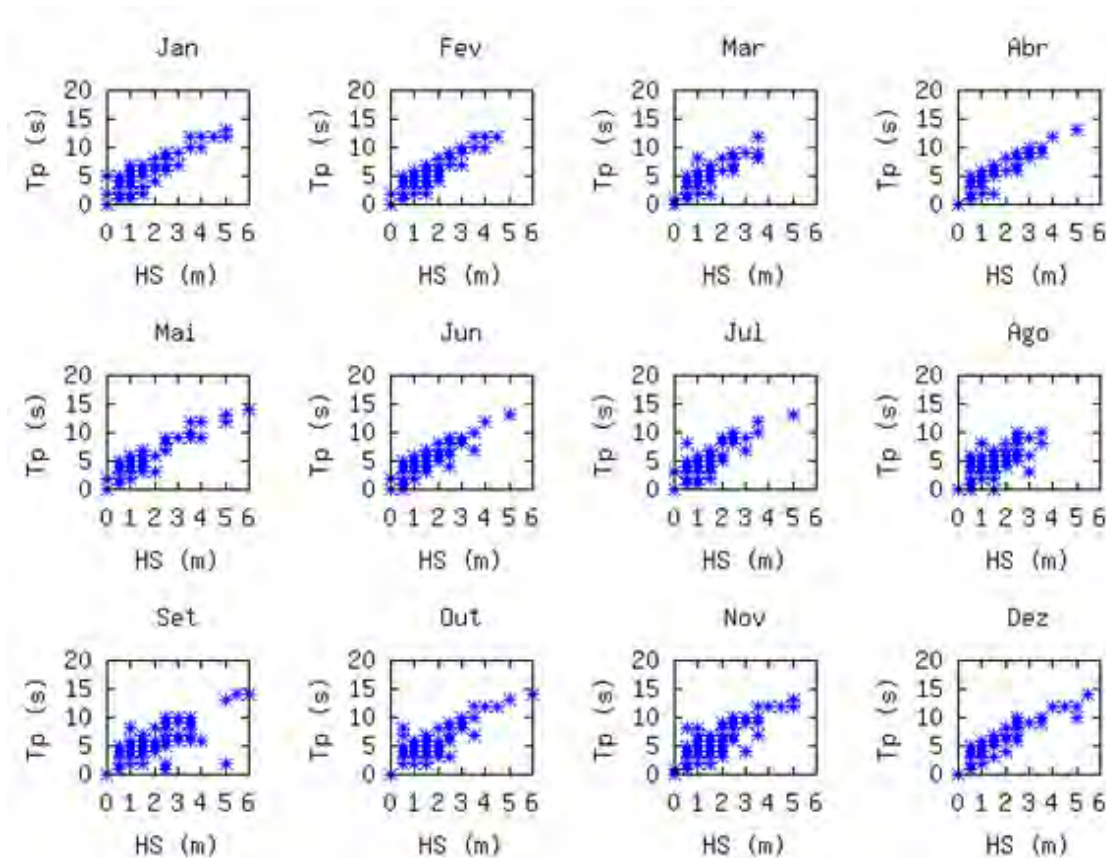
**Figura II.5.1.2-40 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de maio a agosto, elaborados com os dados do BNDO entre os anos de 1926 e 1991.**

Observa-se que a classe de altura mais frequente observada ao longo do período analisado é a de 0,5 a 1 m, enquanto que a de período é a de 4 a 6 s. Nota-se, no entanto, a presença de ondulações maiores, havendo ocorrências de 3,5 m de altura e 16 s de período. Estima-se que essas ondas estejam associadas a situações de swell de mau tempo. Esses resultados condizem com os valores obtidos por Pinho (2003), apresentados na Figura II.5.1.2-41.



**Figura II.5.1.2-41 - Histogramas de altura e período de ondas, para os meses de setembro a dezembro, elaborados com os dados do BNDO entre os anos de 1926 e 1991.**

Na Figura II.5.1.2-42 é apresentado um diagrama de dispersão, elaborado com os dados de altura significativa ( $H_s$ ) e período de pico ( $T_p$ ) do BNDO.

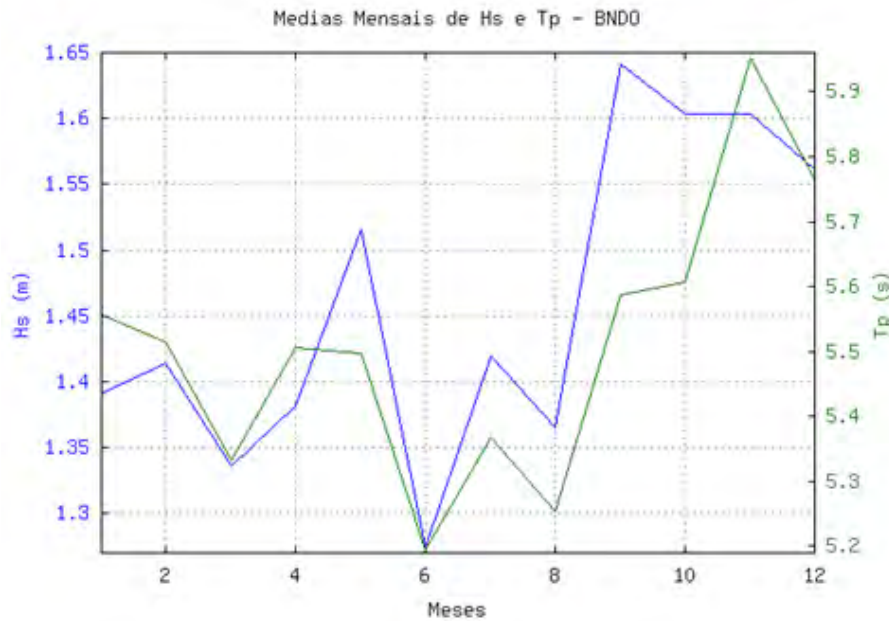


**Figura II.5.1.2-42 - Diagrama de dispersão  $H_s \times T_p$  elaborado com os dados do BNDO.**

Pode-se observar que embora os histogramas mostrem que as classes de altura com maiores frequências de ocorrência sejam de 3,5 m. Ocorrem também eventos extremos, com alturas significativas de 6 m e períodos associados de aproximadamente 15 s. Essas situações estão associadas a eventos extremos de mau tempo na região, ocorrendo, mais notadamente, nos meses de maio, setembro e outubro.

Na Figura II.5.1.2-43 são apresentadas as médias mensais de altura e período, obtidas com os dados do BNDO entre 1926 e 1991. Nota-se que os meses de maio, setembro, outubro e novembro apresentam as maiores médias

de altura, conforme esperado após as análises dos dados elaboradas por Pinho (2003).



**Figura II.5.1.2-43 - Médias mensais de Hs e Tp, obtidas dos dados do BNDO.**

Dados obtidos pelo ondógrafo direcional Datawell MK-II do IEAPM, coletados no período entre 1998 e 2004, deram origem ao Diagrama de Dispersão observado no Quadro II.5.1.2-10.

O ondógrafo ficou fundeado na plataforma continental ao largo de Arraial do Cabo – RJ (latitude 23° 01' S e longitude 042° 03' W), entre os anos de 1998 e 1999.

**Quadro II.5.1.2-10 - Diagrama de Dispersão Hs x Tp, elaborado com os dados do IEAPM.**

Hs (m)	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tp (s)	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	%
2 - 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
3 - 4	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01
4 - 5	0	0,17	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28
5 - 6	0,01	0,93	1,48	0,41	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,86

(continua)

Quadro II.5.1.2-10 - (conclusão)

Hs (m)	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tp (s)	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	%
6 - 7	0,03	1,21	2,18	0,95	0,22	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	4,61
7 - 8	0,14	3,07	5,04	2,99	1,33	0,26	0,04	0,02	0	0	0	0	0	0	12,89
8 - 9	0,02	1,78	4,23	2,23	0,94	0,35	0,1	0,04	0	0	0	0	0	0	9,69
9 - 10	0,02	1,31	2,98	1,97	1,09	0,73	0,22	0,06	0,01	0	0	0	0	0	8,39
10 - 11	0,1	2,03	5,69	5,13	3,27	1,97	0,78	0,21	0,09	0,02	0	0	0	0	19,29
11 - 12	0,11	1,98	4,63	5,24	4,05	1,99	0,93	0,35	0,09	0,04	0,01	0,01	0	0	19,43
12 - 13	0,09	0,72	2,02	2,47	1,81	0,98	0,46	0,14	0,03	0,01	0	0	0	0	8,73
13 - 14	0,06	0,59	1,2	1,76	1,35	0,94	0,5	0,11	0,05	0,03	0	0	0,01	0	6,60
14 - 15	0,04	0,39	0,86	0,99	0,8	0,6	0,29	0,06	0,02	0,04	0,03	0,01	0	0	4,13
15 - 16	0,03	0,24	0,53	0,38	0,34	0,25	0,11	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02	0	0	1,98
16 - 17	0,03	0,14	0,21	0,2	0,11	0,09	0,04	0,01	0	0	0	0	0	0	0,83
17 - 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
18 - 19	0	0,06	0,07	0,04	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0,23
19 - 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
20 - 21	0	0,02	0	0,01	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04
21 - 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
%	0,69	14,64	31,23	24,77	15,37	8,22	3,47	1,01	0,32	0,17	0,05	0,04	0,01	0,00	100,0

Fonte: Relatório IEAPM elaborado para a PROOCEANO em 2006.

Estes dados indicam uma maior recorrência de ondas entre 1,25 e 1,75 m de altura significativa (31,23 %) e período de pico mais recorrentes entre 11 e 12 s (19,43 %), associados à situação de mar de bom tempo com a presença de swell, descrita anteriormente.

#### f) Condições Extremas do Regime Hidrodinâmico

O tempo na região é alterado por perturbações transientes, tanto de origem tropical como extratropical. Alguns dos sistemas meteorológicos violentos, como os tornados e ciclones encontrados nos trópicos e subtropicais, não ocorrem na região do Estado do Rio de Janeiro e no oceano próximo (SCHWARZKOPF, 1982; FUJITA, 1973).

Na região sudeste do Brasil, a passagem de sistemas frontais é expressa em alterações substanciais no regime hidrodinâmico, seja em função de efeitos locais

ou de fenômenos sinóticos, tais como a chegada de grandes ondulações geradas, por exemplo, em altas latitudes. Conforme Pinho (2003), a passagem dos sistemas frontais é antecipada pela ocorrência de fortes ventos do quadrante N-NE, que geralmente direcionam-se no sentido anticiclônico para as direções W e SW, quando ocorre a instalação do sistema frontal.

Os eventos transientes de tempo mais comuns na região (passagens de frentes frias), possuem uma frequência, em média, de três frentes frias a cada mês no Estado do Rio de Janeiro. A maior ocorrência se dá no período de outono e inverno, sendo esta época do ano a mais propícia ao acontecimento de eventos extremos na região da Bacia de Campos.

Outro fenômeno que perturba o tempo por vários dias seguidos na Região Sudeste do Brasil, e afeta o Estado do Rio de Janeiro, é considerado pela sigla SACZ (Zona de Convergência do Atlântico Sul). É uma faixa alongada de alta atividade convectiva que começa na região amazônica e se alonga na direção sudeste sobre o Oceano Atlântico (FERREIRA *et al.*, 2004). A SACZ é um fenômeno característico do verão e mais raro durante o inverno. A região de atividade convectiva sobre o continente diminui gradualmente e recua para norte com a aproximação do inverno austral. Na primavera, a atividade convectiva retorna, começando pelo noroeste da Bacia Amazônica.

O Quadro II.5.1.2-11 apresenta as condições extremas dos parâmetros ondas, correntes, ventos e marés para a região, visando resumir as condições de tempestade do regime hidrodinâmico local.

**Quadro II.5.1.2-11 - Resumo das condições extremas dos parâmetros ondas, correntes e vento para a área de estudo.**

PARÂMETRO	CONDIÇÃO EXTREMA
Ondas	Altura Significativa ( $H_s$ ) = 8,58 m (Direção Norte / Nordeste) Período de Pico = 25 s
Correntes	Corrente do Brasil superficial = 0,83 $ms^{-1}$ (Direção Sudoeste) Transporte = 9,4 Sv
Ventos	17,45 $ms^{-1}$ (Direção Sudoeste)
Marés	Maré astronômica máxima + maré meteorológica máxima: 1,56 m

Fonte: IEAPM, SILVEIRA *et al.*, 2007, Schmidt *et al.* (1995), Sistema de NCEP apud –Petrobras/Ecologus (2009ome), <http://tbone.biol.sc.edu/tide/tideshow.cgi>