

ÍNDICE

II.5.1.3 -	Oceanografia	1/52
II.5.1.3.1 -	Introdução	1/52
II.5.1.3.2 -	Aspectos Metodológicos	1/52
II.5.1.3.3 -	Temperatura e Salinidade	3/52
II.5.1.3.4 -	Massas d' Água	19/52
II.5.1.3.5 -	Regime de Correntes.....	22/52
II.5.1.3.6 -	Regime de Ondas	31/52
II.5.1.3.7 -	Regime de Marés	45/52
II.5.1.3.8 -	Síntese Conclusiva.....	49/52
II.5.1.3.9 -	Referências Bibliográficas.....	50/52

II.5.1.3 - Oceanografia

II.5.1.3.1 - Introdução

O presente item apresenta uma análise dos aspectos oceanográficos mais relevantes da Bacia do Espírito Santo, mais precisamente, nas proximidades dos blocos BM-ES-37 a 41. Para tanto, foram pesquisadas informações secundárias de bases regionais, assim como dados coletados *in situ* e analisados através de procedimentos estatísticos, de forma a atender às exigências do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA).

Os parâmetros abordados a seguir são: temperatura, salinidade e densidade da água do mar, clima de ondas (direção, período e altura significativa), marés e hidrodinâmica local.

II.5.1.3.2 - Aspectos Metodológicos

A caracterização oceanográfica apresentada neste diagnóstico foi conduzida com o objetivo de abranger a região da Bacia do Espírito Santo e, sempre que possível, apresentar informações relativas às proximidades dos blocos BM-ES-37 a 41.

Para elaboração do trabalho foram utilizados dados de variadas fontes, obtidos a partir de publicações e relatórios técnicos produzidos por diferentes instituições, que realizaram levantamentos primários na área de interesse deste diagnóstico. As principais fontes utilizadas são citadas a seguir:

- Dados existentes no Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), da Marinha do Brasil;
- Dados de temperatura e salinidade disponíveis no *National Oceanographic Data Center* (NODC);
- Dados do modelo global de marés FES-95;
- Dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do ODYSSEA disponibilizados pelo IFREMER/CERSAT;
- Dados de onda do Projeto ERA-40 (ECMWF Re-Analysis 40) do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts);

- Bóias de deriva do *Global Drifter Program* do NOAA/AOML; e
- Referências bibliográficas sobre a oceanografia local.

Estudo sobre a Circulação de Meso-Escala da Bacia do Espírito Santo elaborado pela PROOCEANO com o intuito de caracterizar as principais questões hidrodinâmicas inerentes a esta Bacia nesta escala (principalmente sobre a variação espaço-temporal do Vórtice de Vitória) visando um Programa de Monitoramento da Circulação de Meso-escala mais eficiente e objetivo. Para tanto foram utilizados dados de corrente previamente coletados (medições com ADCP de casco, realizadas durante o levantamento sísmico implementado na região do empreendimento da PERENCO), levantamento bibliográfico e experimentos de modelagem numérica desenvolvidos especialmente para este caso. Tal estudo é apresentado, na íntegra, no **Anexo II.5.1.3-1**.

No **Quadro II.5.1.3-1** observa-se um resumo com as fontes de dados utilizadas no estudo e as suas respectivas localizações.

Quadro II.5.1.3-1 - Localização das fontes de dados utilizadas.

Fontes	Coordenadas		Parâmetros
	Latitude	Longitude	
NODC (área)	18° 46' 45" S – 20° 50' 5" S	37° 34' 02" W - 39° 31' 44" W	T e S
BNDO (área)	18° 46' 45" S - 20° 50' 5" S	37° 34' 02" W - 39° 31' 44" W	T e S
ODYSSEA (área)	18° S – 22° S	35° W – 41 ° W	TSM
ERA-40	20°S	37,5°	Ondas
FES-95	20,5° S	39,5° W	Maré
NOAA/AOML	19° S - 22,5°S	36°S - 41°S	Corrente

Legenda: T = Temperatura; S = Salinidade.

Nos itens a seguir são apresentadas as análises dos parâmetros oceanográficos de maior interesse para essa caracterização, a saber:

- Temperatura e Salinidade;
- Massas d'água;
- Regime de Correntes;
- Regime de Ondas;
- Regime de Marés;

II.5.1.3.3 - Temperatura e Salinidade

O estudo da temperatura e salinidade nos oceanos é de extrema importância para o conhecimento das estruturas verticais de massas d'água, bem como para o entendimento do papel dos oceanos como reservatório de sal, gases e calor (Ferrero & Wainer, 2008).

Para avaliar a variação vertical de temperatura e salinidade, na região próxima aos Blocos BM-ES-37 a 41, foram utilizados os dados dos perfis de temperatura e salinidade disponíveis no BNDO e no NODC, coletados entre os anos de 1980 a 1995. Na Figura II.5.1.3-1 é apresentada a localização dos blocos BM-ES-37 a 41 e dos perfis utilizados. Estes dados passaram por tratamento, onde observações com valores inferiores ou superiores a três vezes o desvio médio para cada profundidade foram descartadas.

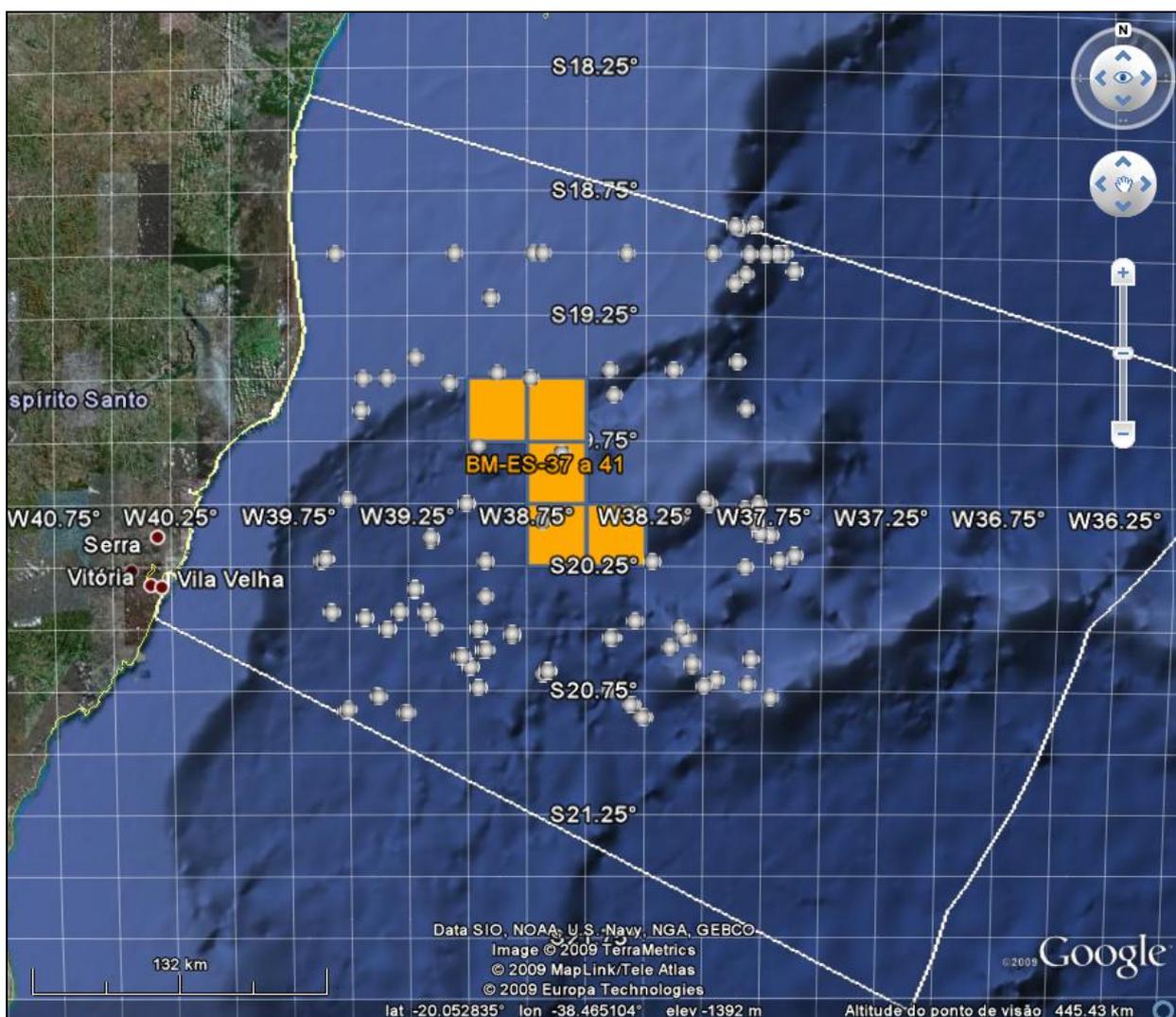
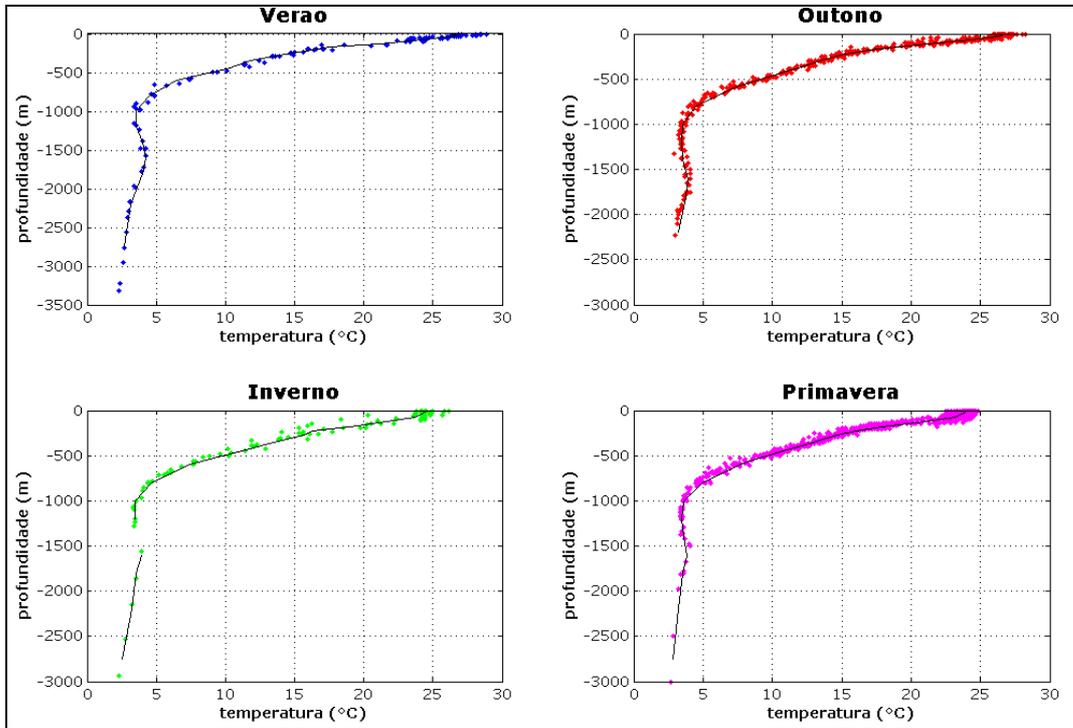


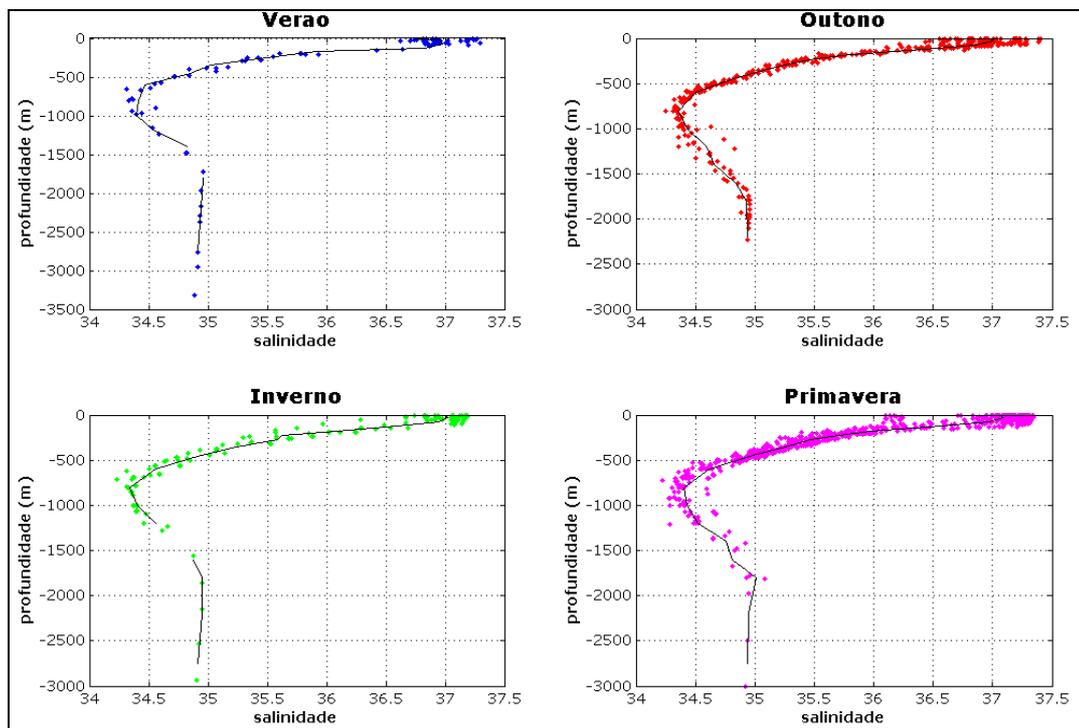
Figura II.5.1.3-1 - Localização dos perfis de temperatura e salinidade disponíveis no NODC e no BNDO.

Na Figura II.5.1.3-2 e na Figura II.5.1.3-3 são apresentados os perfis verticais de temperatura e salinidade, bem como suas médias, para os períodos de verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e primavera (setembro a novembro).



Fonte: BNDO e NODC.

Figura II.5.1.3-2 - Perfis de temperatura para as quatro estações do ano.



Fonte: BNDO e NODC.

Figura II.5.1.3-3 - Perfis de salinidade para as quatro estações do ano.

Os dados de temperatura (Figura II.5.1.3-2) demonstram a presença de uma termoclina permanente na região, que em média se estende de ~100 a 800 m de profundidade. Em profundidade não são verificadas variações sazonais expressivas, porém a temperatura superficial apresentou maiores valores no período de verão e outono, e menores valores no período de inverno e primavera. Durante o verão, a temperatura superficial apresentou valores de até 29 °C, no outono, esta apresentou mínimo de 26 °C e máximo de 28 °C. No período de primavera ocorreram os menores valores de temperatura superficial, mínimo de 22,5°C e máximo de 25°C, já no inverno, os valores foram um pouco mais elevados, variando de 23,5°C a 26,5 °C. Em todas as estações do ano, a partir de 1000 m, observa-se pequena variação da temperatura, que se encontra próxima a 4°C.

A salinidade superficial (Figura II.5.1.3-3), em todas as estações do ano, apresentou média próxima a 37. A maior variação (36,5 a 37,5) pôde ser observada no período de outono. Em profundidade, assim como na temperatura, não são observadas variações sazonais. O mínimo de salinidade (em todo o ano) de aproximadamente 34,3 ocorre por volta de 800 m de profundidade, sendo relacionado ao núcleo da Água Intermediária Antártica (AIA).

A partir da climatologia do NODC é possível obter uma boa estimativa da temperatura e da salinidade climatológicas na região dos blocos BM-ES-37 a BM-ES-41. A seguir, da Figura

II.5.1.3-4 à Figura II.5.1.3-9, são apresentadas as temperaturas climatológicas nos níveis de 0, 100, 400, 1000, 1500 e 3000 m, na região da Bacia do Espírito Santo.

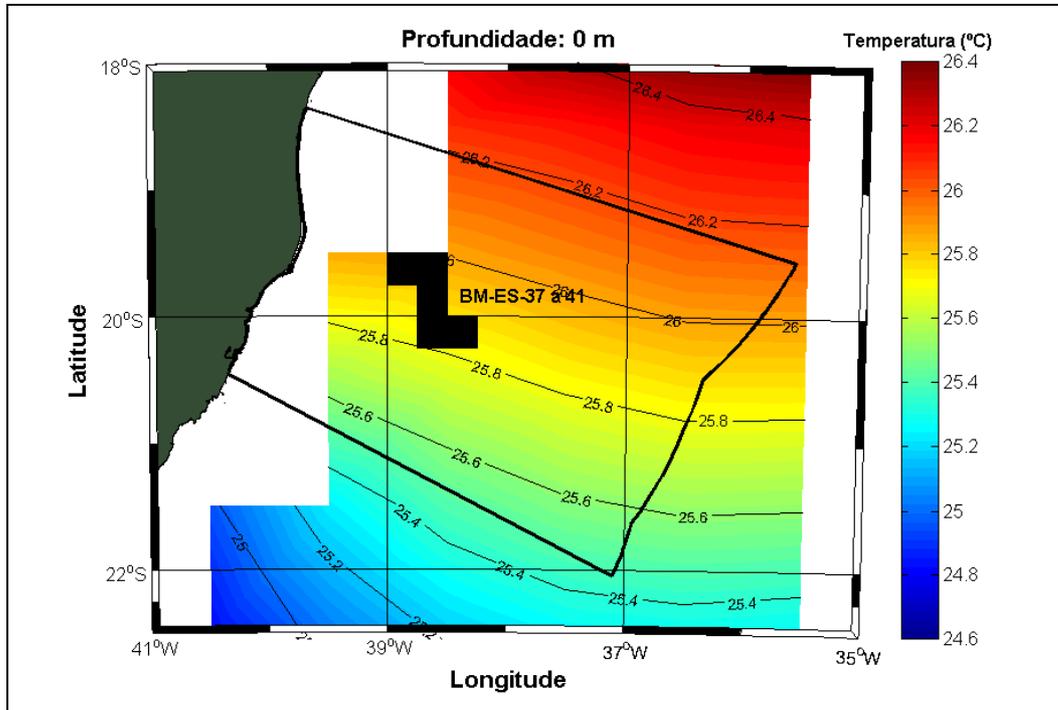
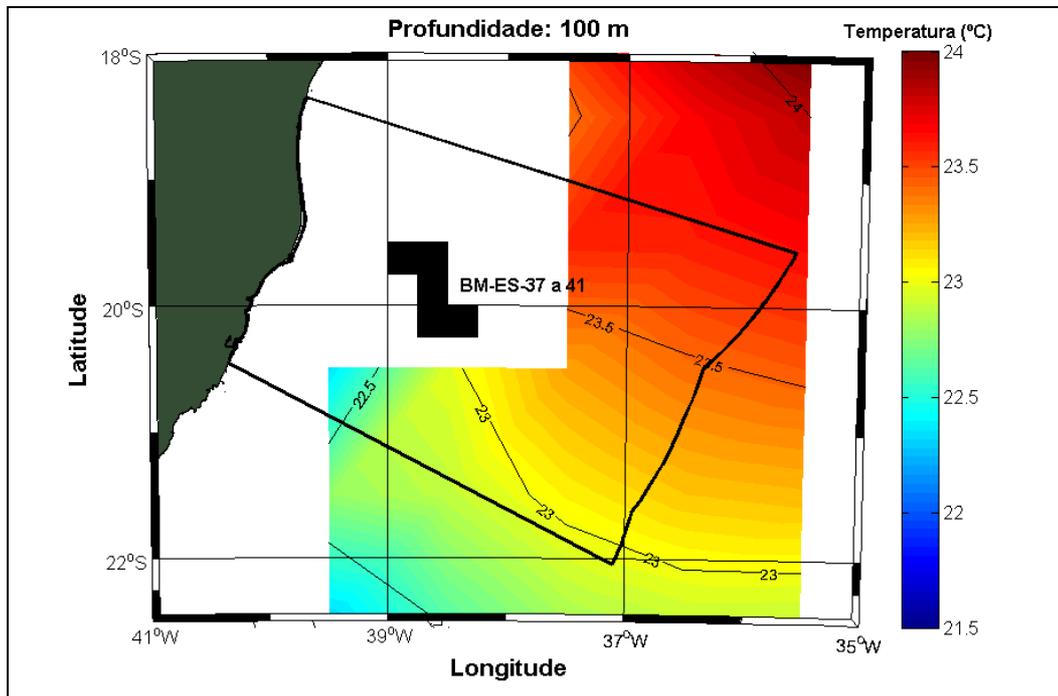
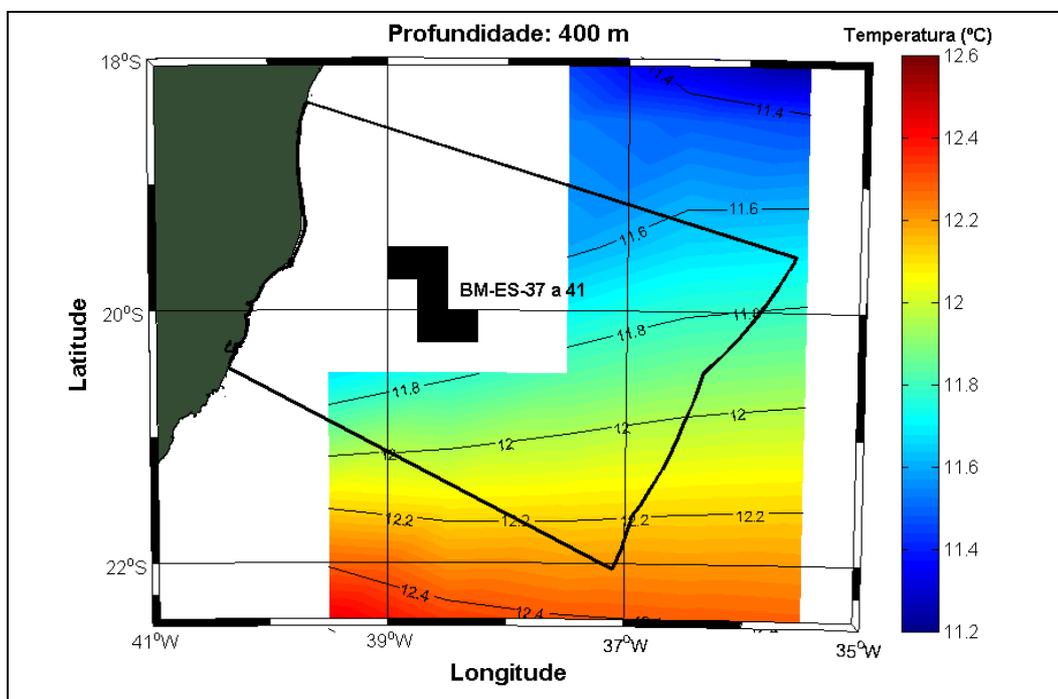


Figura II.5.1.3-4 - Temperatura climatológica superficial na região da Bacia do Espírito Santo.



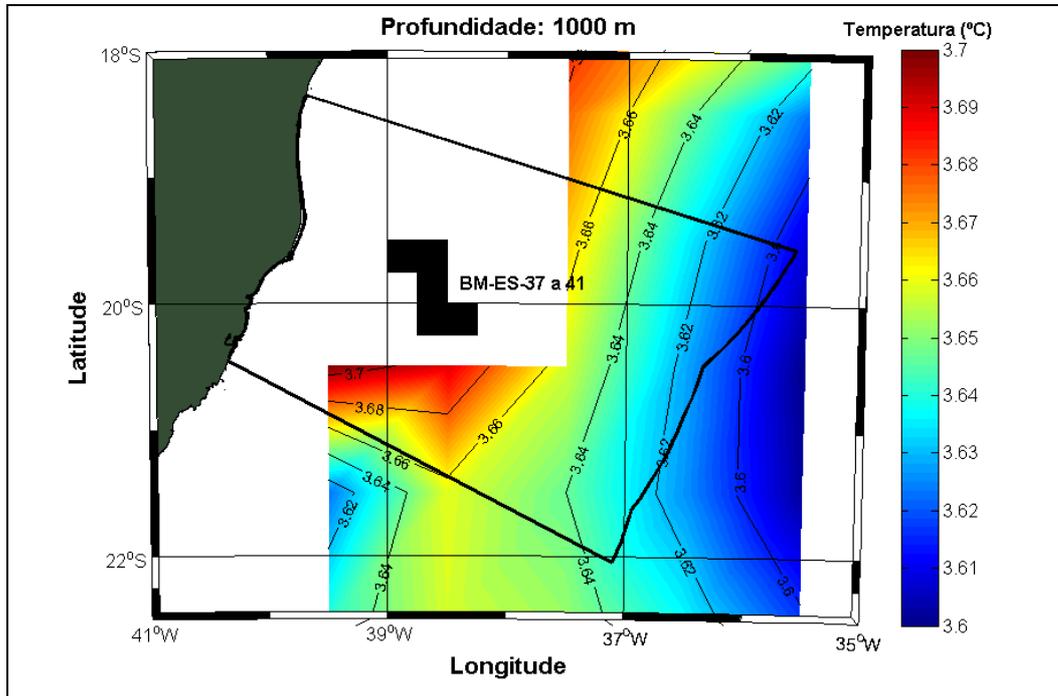
Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-5 - Temperatura climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



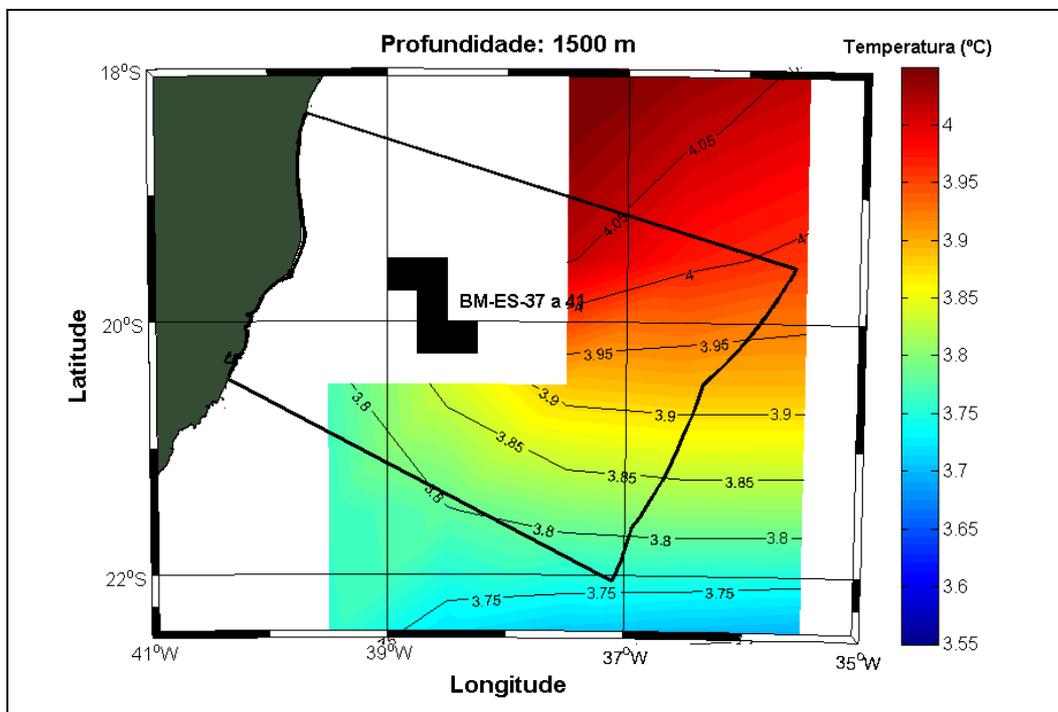
Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-6 - Temperatura climatológica a 400 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-7 - Temperatura climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-8 - Temperatura climatológica a 1500 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.

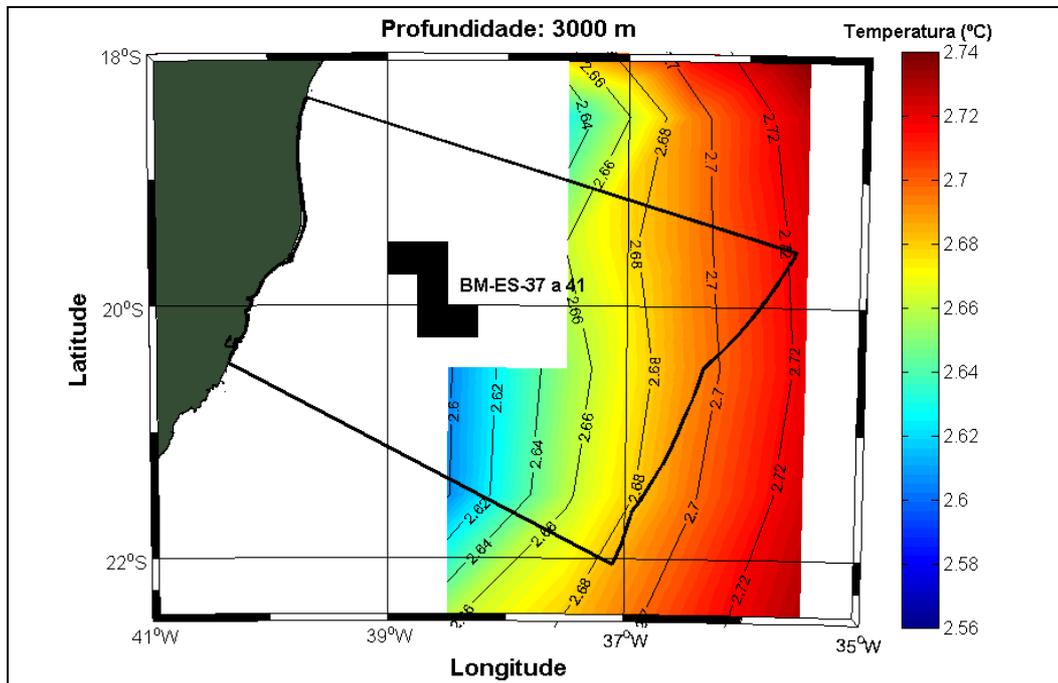


Figura II.5.1.3-9 - Temperatura climatológica a 3000 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.

Embora em profundidade não haja informações de temperatura na área dos Blocos BM ES 37 a 41, esses dados são úteis para caracterização de áreas adjacentes. Observa-se que a temperatura superficial climatológica nas proximidades dos blocos BM-ES-37 a 41 encontra-se entre 25,8°C e 26 °C (Figura II.5.1.3-4). Em termos mais gerais, observa-se que a temperatura diminui gradativamente em direção ao limite Sul da Bacia do Espírito Santo. No Quadro II.5.1.3-1 observa-se a variação apresentada em todos os níveis analisados.

Quadro II.5.1.3-2 - Variação da temperatura climatológica nos níveis de 0, 100, 400, 1000, 1500 e 3000 m de profundidade.

Profundidade	Mínima (°C)	Máxima (°C)
Superfície	24,60	26,40
100 m	21,50	24,00
400 m	11,20	12,60
1000 m	3,60	3,70
1500 m	3,55	4,05
3000 m	2,56	2,74

Fonte: NODC.

Da Figura II.5.1.3-10 à Figura II.5.1.3-15 são apresentadas as salinidades, nos mesmos níveis já citados.

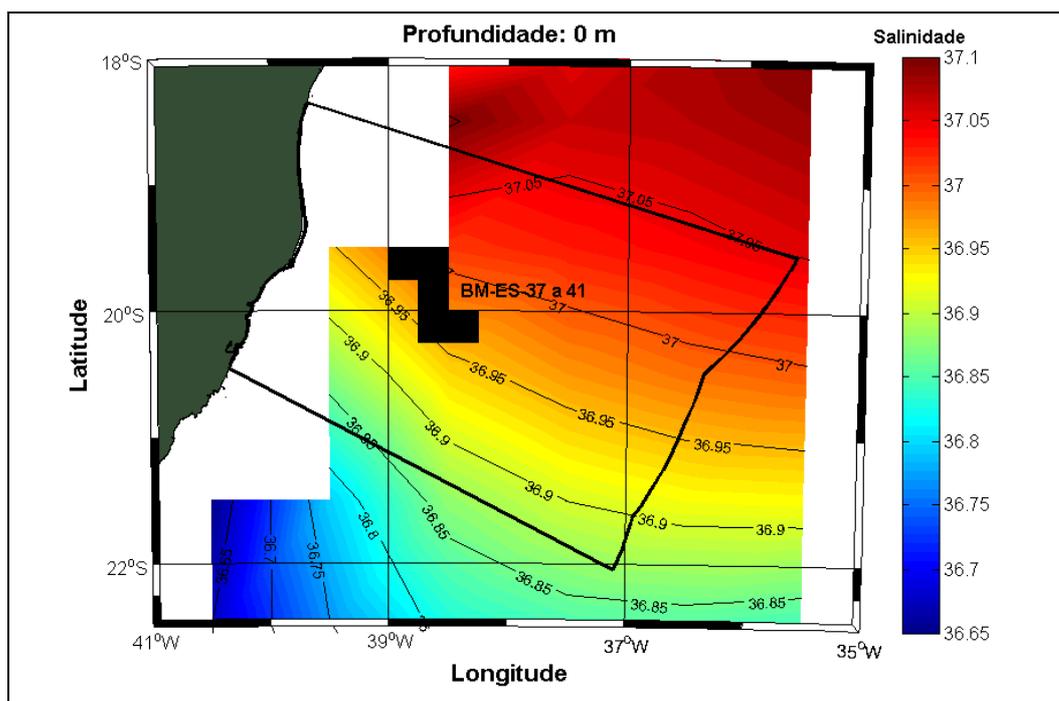
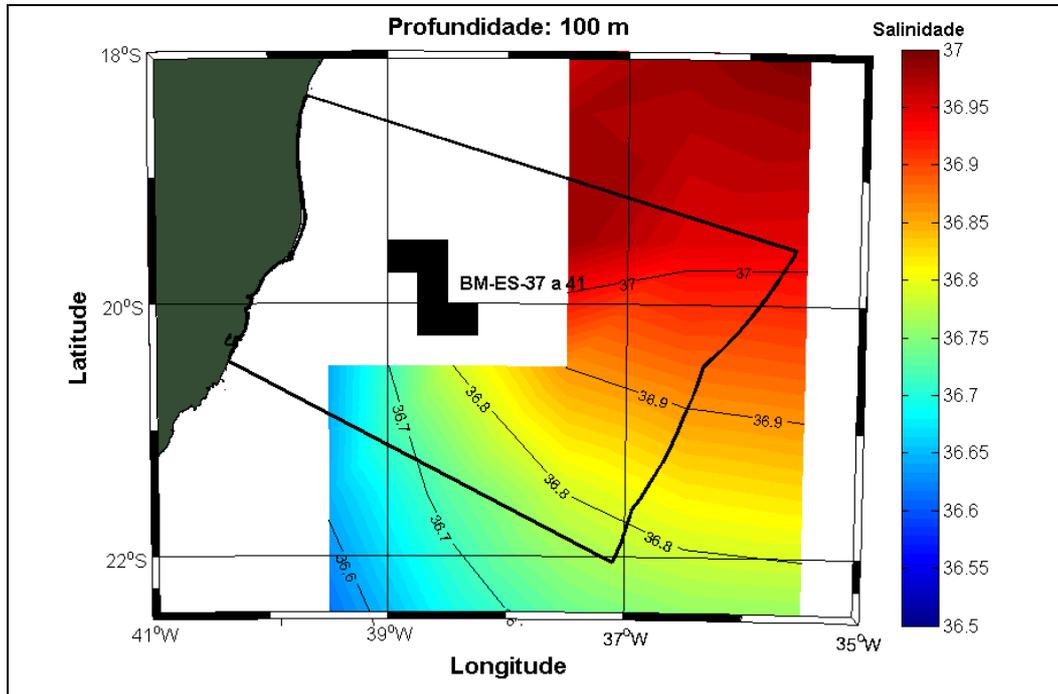
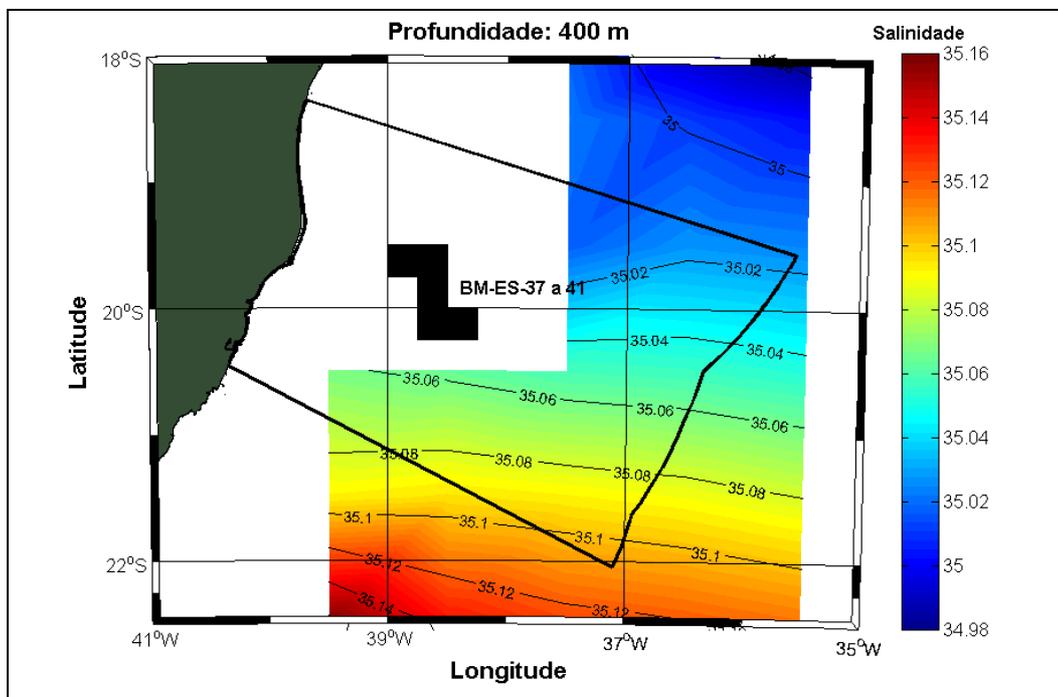


Figura II.5.1.3-10 - Salinidade climatológica superficial na região da Bacia do Espírito Santo.



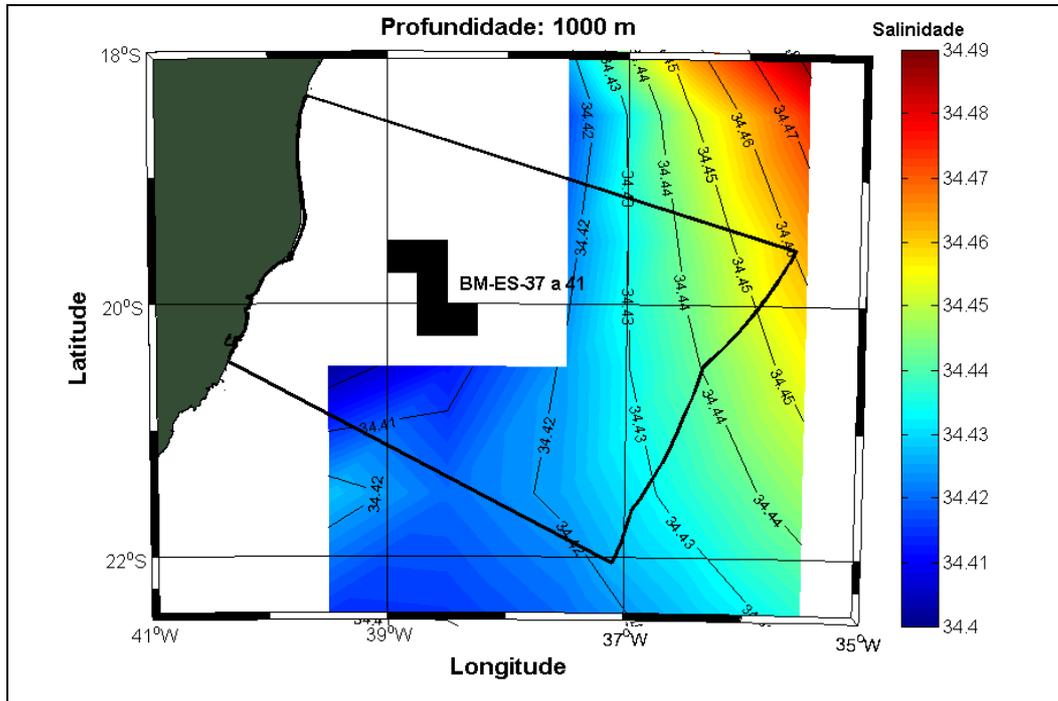
Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-11 - Salinidade climatológica a 100 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



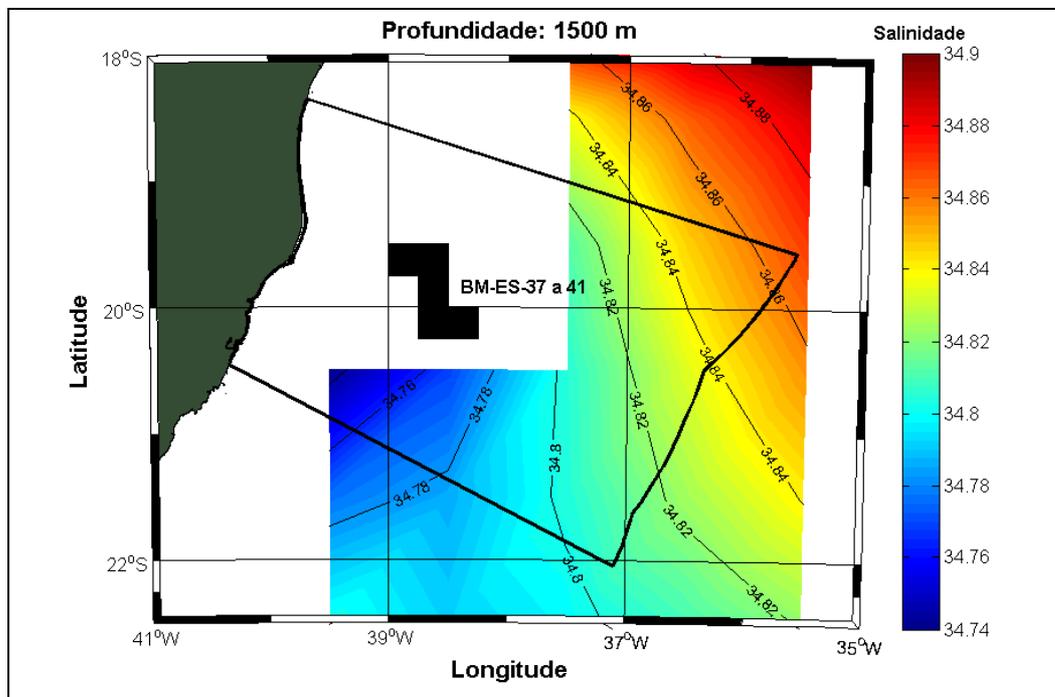
Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-12 - Salinidade climatológica a 400 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



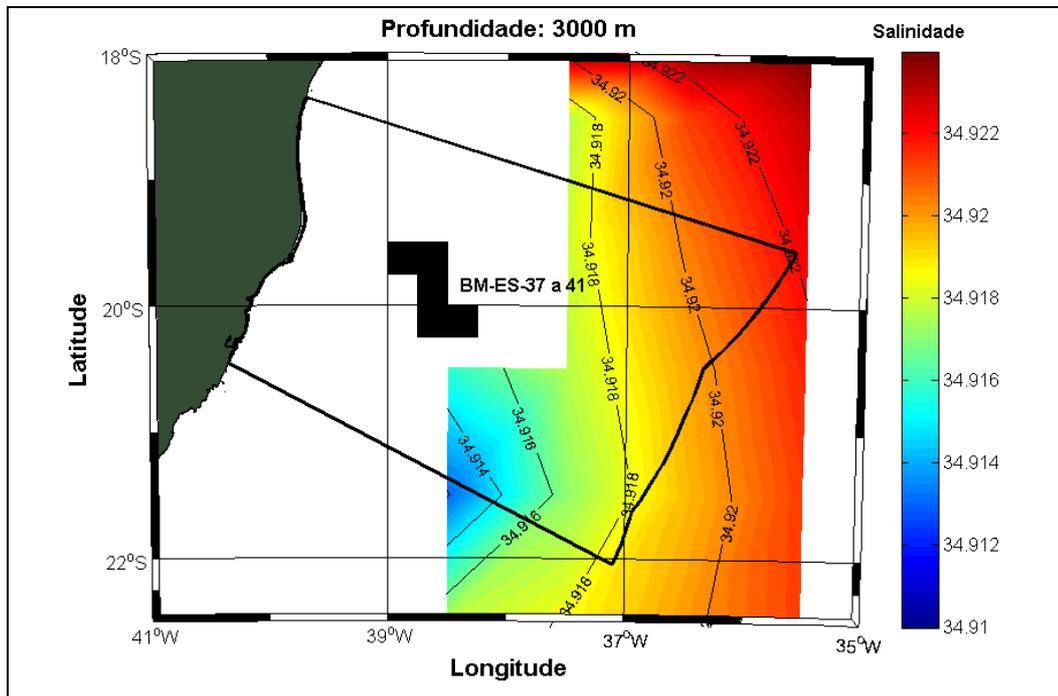
Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-13 - Salinidade climatológica a 1000 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-14 - Salinidade climatológica a 1500 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.



Fonte: NODC.

Figura II.5.1.3-15 - Salinidade climatológica a 3000 m de profundidade na região da Bacia do Espírito Santo.

A salinidade climatológica superficial na região dos blocos BM-ES-37 a 41 está na faixa entre 36,9 e 37,95. Observa-se também que as menores salinidades são encontradas ao sul da Bacia do Espírito Santo. No Quadro II.5.1.3-3 observa-se a variação da salinidade nos níveis analisados.

Quadro II.5.1.3-3 - Variação da salinidade climatológica nos níveis de 0, 100, 400, 1000, 1500 e 3000 m de profundidade.

Profundidade	Mínima	Máxima
Superfície	36,65	37,10
100 m	36,50	37,00
400 m	34,98	35,16
1000 m	34,40	34,49
1500 m	34,74	34,90
3000 m	34,91	34,92

Fonte: NODC.

Para o estudo da variabilidade sazonal da TSM foram utilizados dados satelitais disponibilizados pelo IFREMER/CERSAT (<http://www.ifremer.fr/cersat/en/welcome.htm>). O produto ODYSSEA (*Ocean Data analysis System for merSEA*) abrange todo o globo e possui alta resolução (~10 km). O produto é oferecido diariamente, sendo resultado da combinação de diversos sensores

infravermelhos e micro-ondas através de um processo de Análise Objetiva. A seguir, da **Figura II.5.1.3-16** à **Figura II.5.1.3-19**, são apresentadas as médias sazonais para o ano de 2008 na região da Bacia do Espírito Santo.

A grande vantagem da utilização do sensoriamento remoto para obtenção de dados de temperatura é que devido à elevada sensibilidade dos sensores que atualmente estão em operação, pequenas variações em áreas extensas podem ser capturadas, principalmente quando comparado a resultados obtidos a bordo de navios (SOUZA et al., 2005).

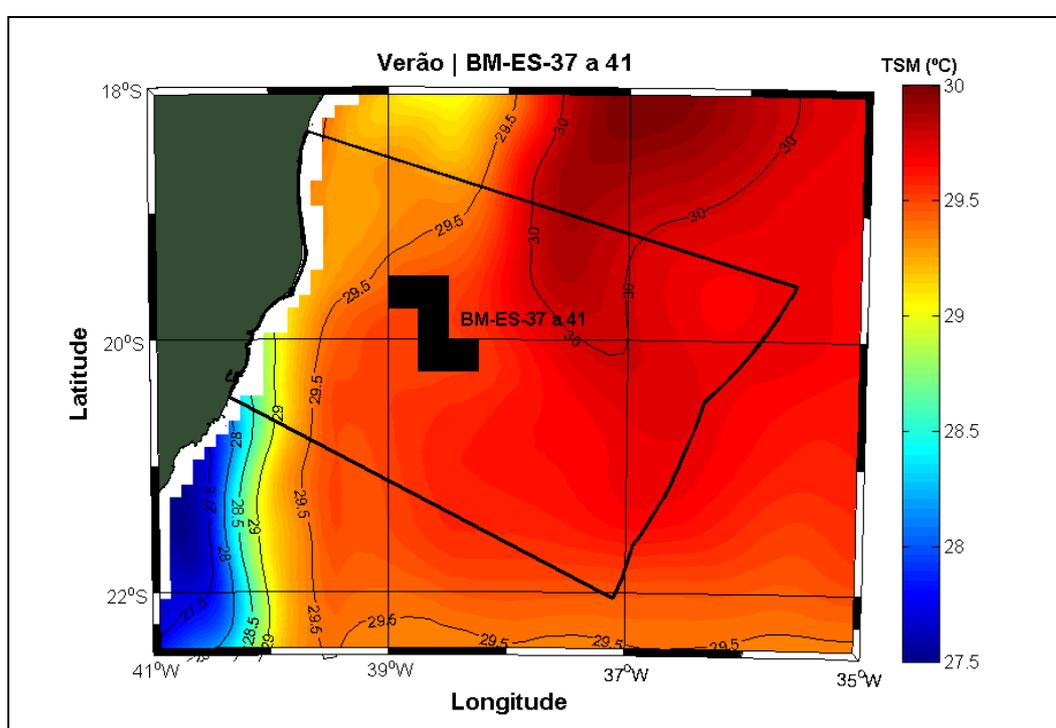
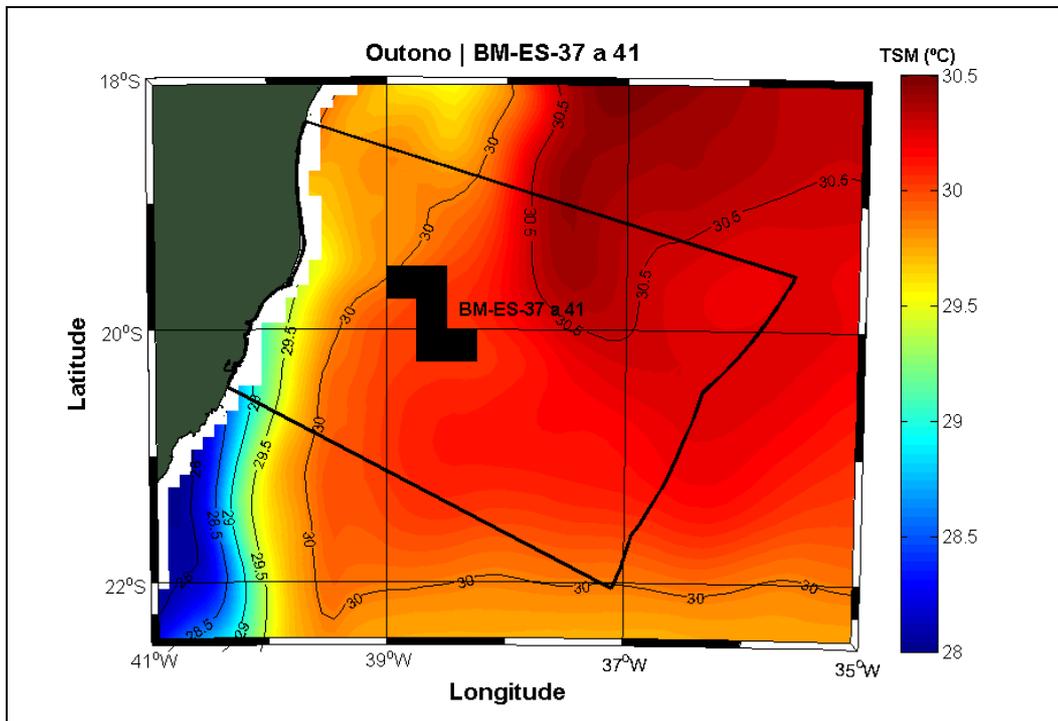
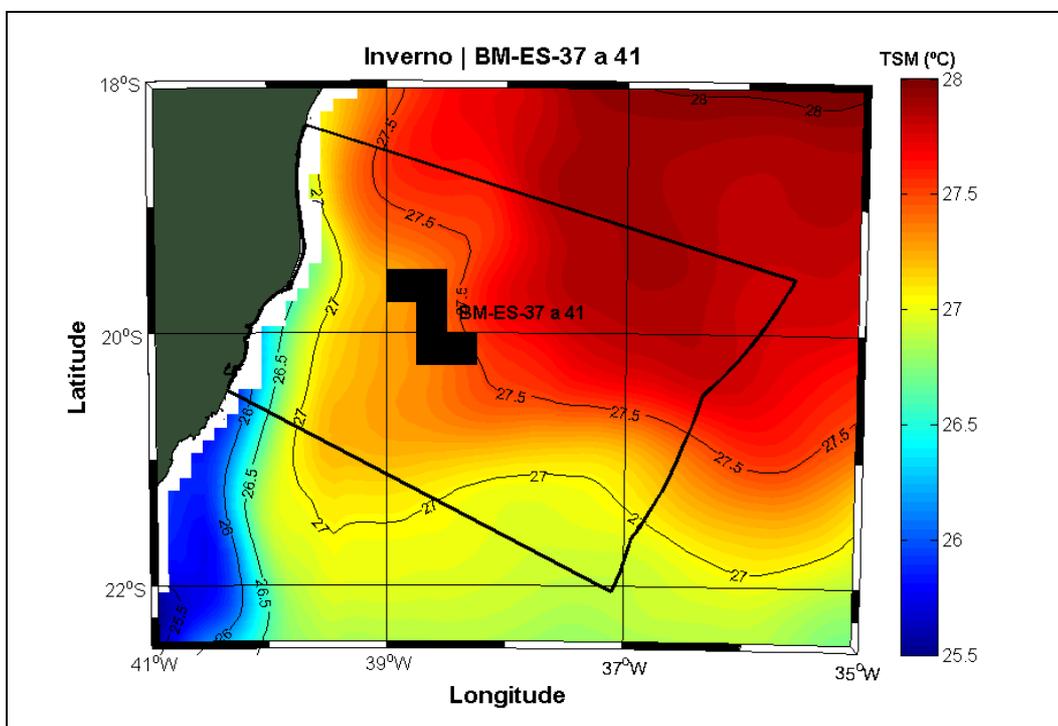


Figura II.5.1.3-16 - TSM na região da Bacia do Espírito Santo no período de verão.



Fonte: ODYSSEA.

Figura II.5.1.3-17 - TSM na região da Bacia do Espírito Santo no período de outono.



Fonte: ODYSSEA.

Figura II.5.1.3-18 - TSM na região da Bacia do Espírito Santo no período de inverno.

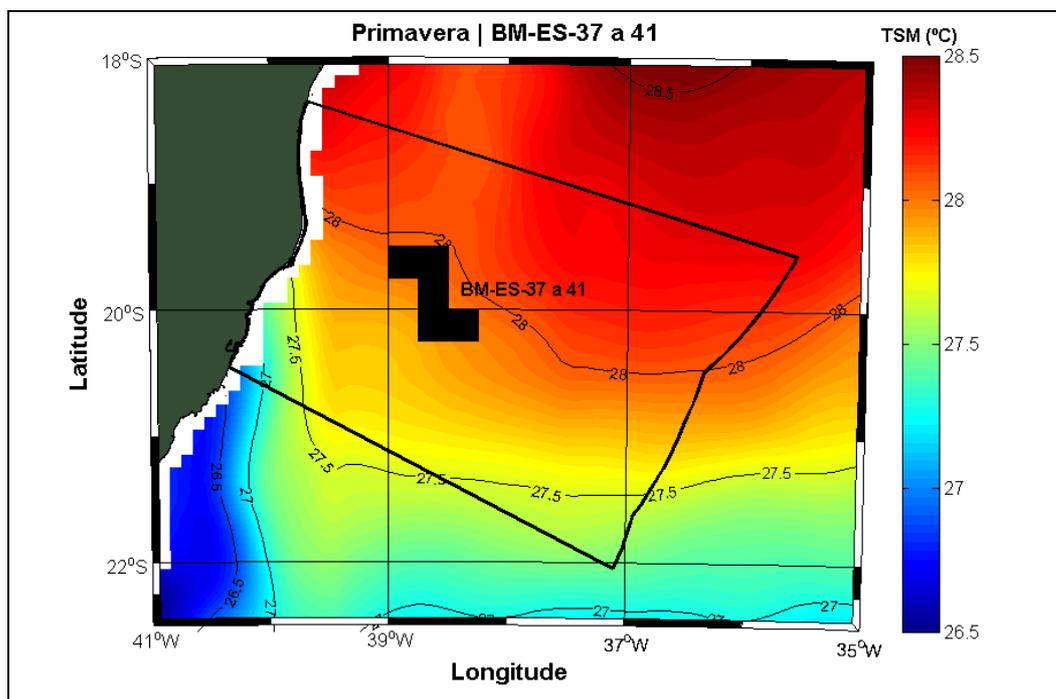
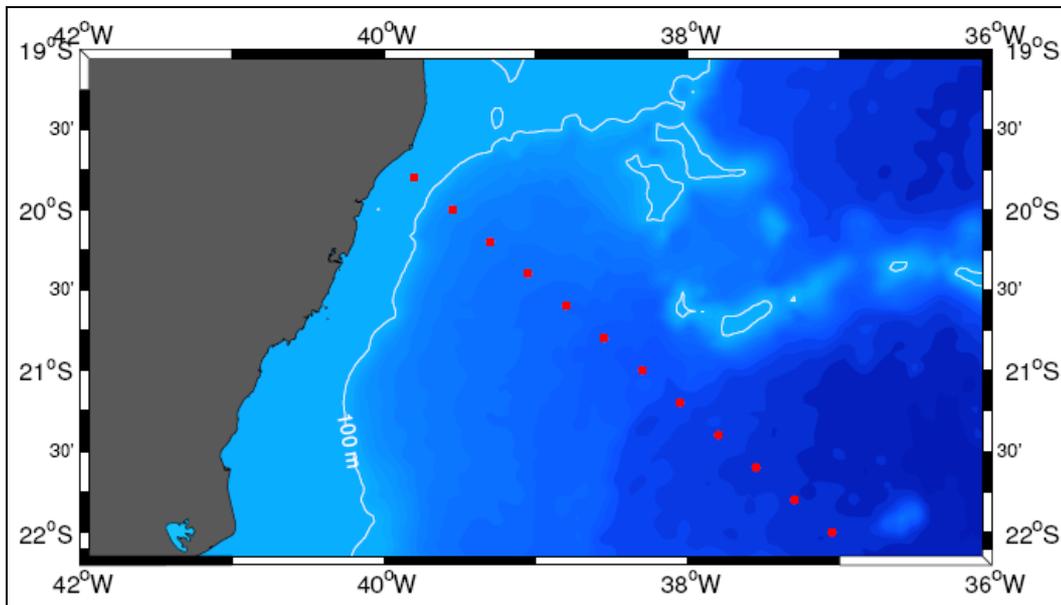


Figura II.5.1.3-19 - TSM na região da Baía do Espírito Santo no período de primavera.

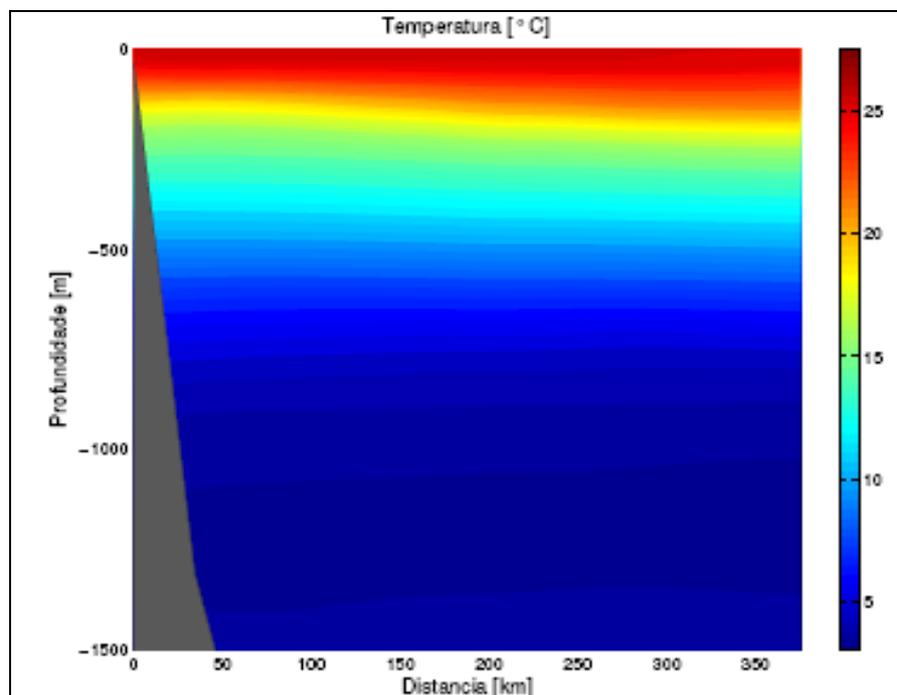
Na área próxima aos Blocos BM-ES-37 a 41, a média sazonal da TSM para o ano de 2008 variou de ~27°C no inverno, a próximo de 30,5°C, no outono. No verão, a mesma se encontrou entre 29,5°C e 30 °C, e entre 27,5°C e 28 °C na primavera.

Um exemplo da estrutura vertical dos campos de temperatura, salinidade e $\sigma\theta$ na Baía do Espírito Santo pode ser obtido em Costa (2007). As seções verticais de T, S e $\sigma\theta$ foram elaboradas para a radial representada na Figura II.5.1.3-20. A seguir, da Figura II.5.1.3-21 à Figura II.5.1.3-23 são apresentadas as climatologias anuais utilizadas por Costa (2007) para temperatura (T), salinidade (S) e anomalia de densidade potencial ($\sigma\theta$), respectivamente.



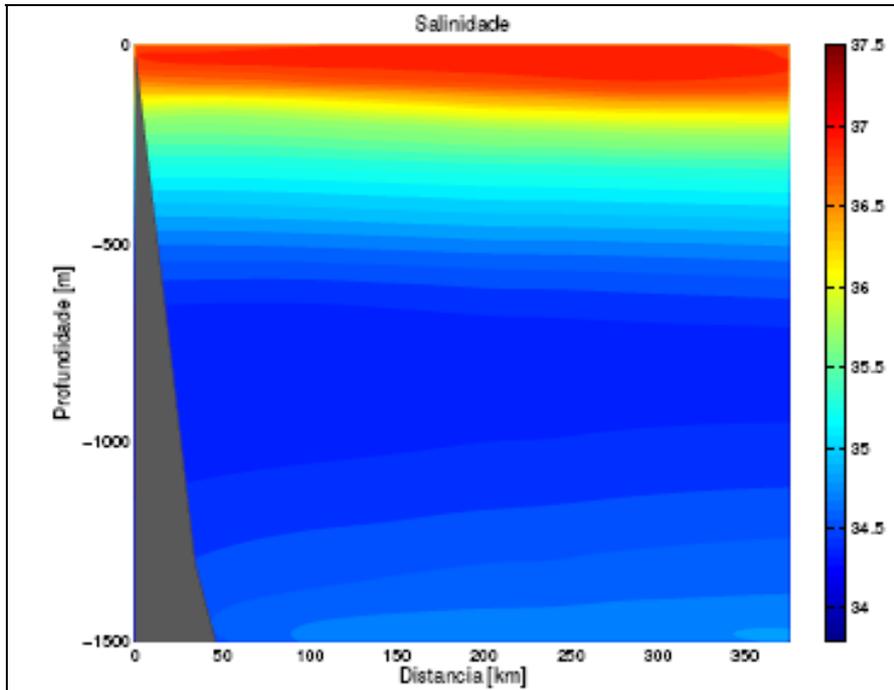
Fonte: Costa (2007).

Figura II.5.1.3-20 - Radial utilizada para elaboração das seções verticais de T, S e $\sigma\theta$, situada aproximadamente entre 20 e 22°S.



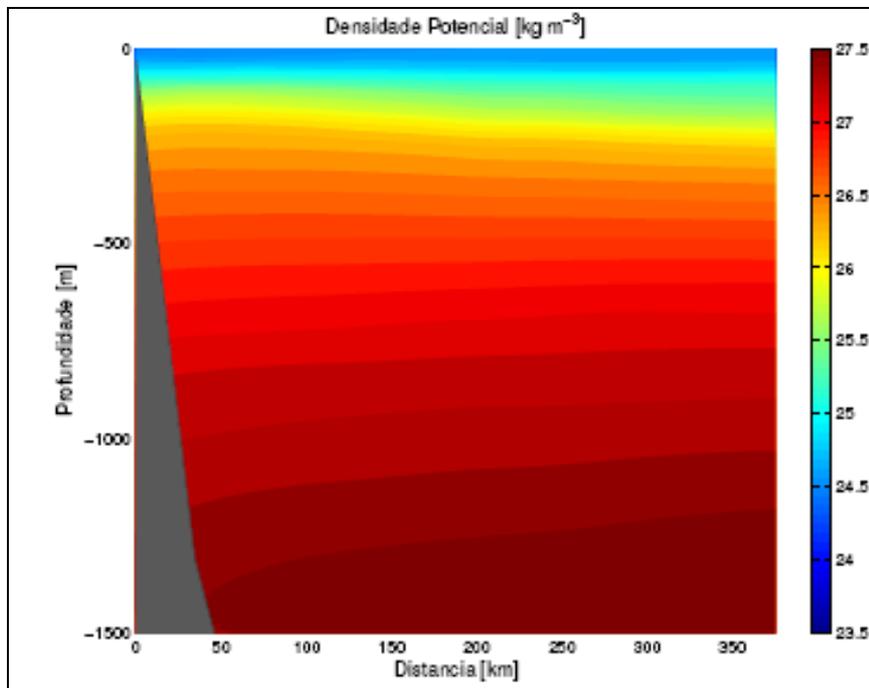
Fonte: Costa (2007).

Figura II.5.1.3-21 - Seção vertical climatológica anual de temperatura.



Fonte: Costa (2007).

Figura II.5.1.3-22 - Seção vertical climatológica anual de salinidade.



Fonte: Costa (2007).

Figura II.5.1.3-23 - Seção vertical climatológica anual de anomalia de densidade potencial.

Os dados demonstram uma camada de mistura mais espessa na região oceânica do que próximo à costa. Até aproximadamente 500 m de profundidade as isotermas e isohalinas apresentam o mesmo comportamento. O mínimo de salinidade associado à presença da AIA (Água Intermediária Antártica) se encontra aproximadamente entre 600 e 1200 m.

II.5.1.3.4 - Massas d' Água

As massas d'água são corpos de água com história comum de formação, definidos por suas características de temperatura e salinidade, que por sua vez definem sua densidade. Esta última determina a posição na coluna d'água que estes corpos irão ocupar (Miranda, 1991).

Normalmente, nesta região da costa brasileira são encontradas as seguintes massas d'água: AC - Água Costeira, AT - Água Tropical, AM - Água de Mistura (água proveniente da mistura entre a AT e AC), ACAS - Água Central do Atlântico Sul, AIA - Água Intermediária Antártica, APAN - Água Profunda do Atlântico Norte (Miranda, 1991).

Silva *et al.* (1982) desenvolveu um gabarito tentativo para as massas d'água da costa sudeste brasileira, com a seguinte classificação:

- Água Costeira (AC) - água de salinidade abaixo de 33 devido à influência de descarga fluvial.
- Água Tropical (AT) - definida por valores de salinidade maiores que 36 e de temperatura maiores que 18°C. Esta massa d'água é transportada para o sul pela Corrente do Brasil, ocupando a camada mais superficial.
- Água de Mistura (AM) - apresenta salinidade variando entre 33 e 36 e valores de temperatura acima de 18°C. Massa d'água proveniente da mistura entre AT e AC.
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS) - apresenta um mínimo de temperatura de 6°C e um máximo de 18°C; e salinidade oscilando entre 34,5 e 36. Massa d'água situada entre a Água Tropical e a Água Intermediária Antártica. É formada na Convergência Subtropical.
- Água Intermediária Antártica (AIA) - apresenta valores de temperatura entre 2,75°C e 5°C e de salinidade entre 34,1 e 34,5. É proveniente da Convergência Antártica e apresenta um mínimo de salinidade entre 700 e 1100 m de profundidade.
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) - apresenta valores de temperatura entre 2,0°C e 4°C e de salinidade entre 34,7 e 35,0. É formada no Hemisfério Norte na junção das Correntes da Groelândia e Labrador.

Na Figura II.5.1.3-24 é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados de temperatura e salinidade obtidos no BNDO e no NODC. As cores são referentes às profundidades dos dados.

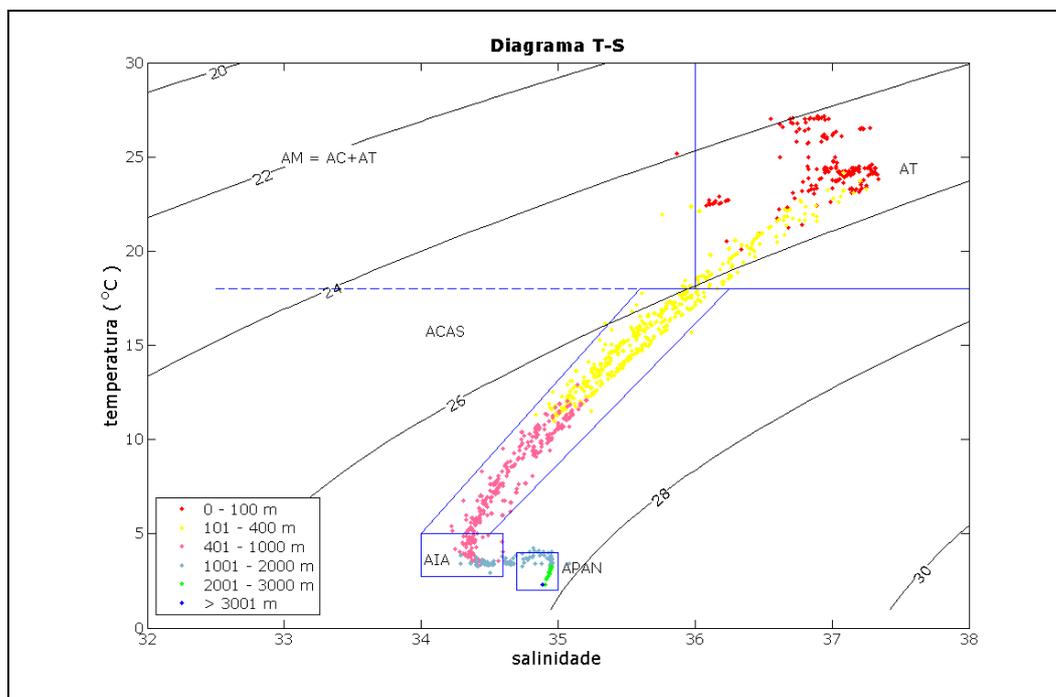
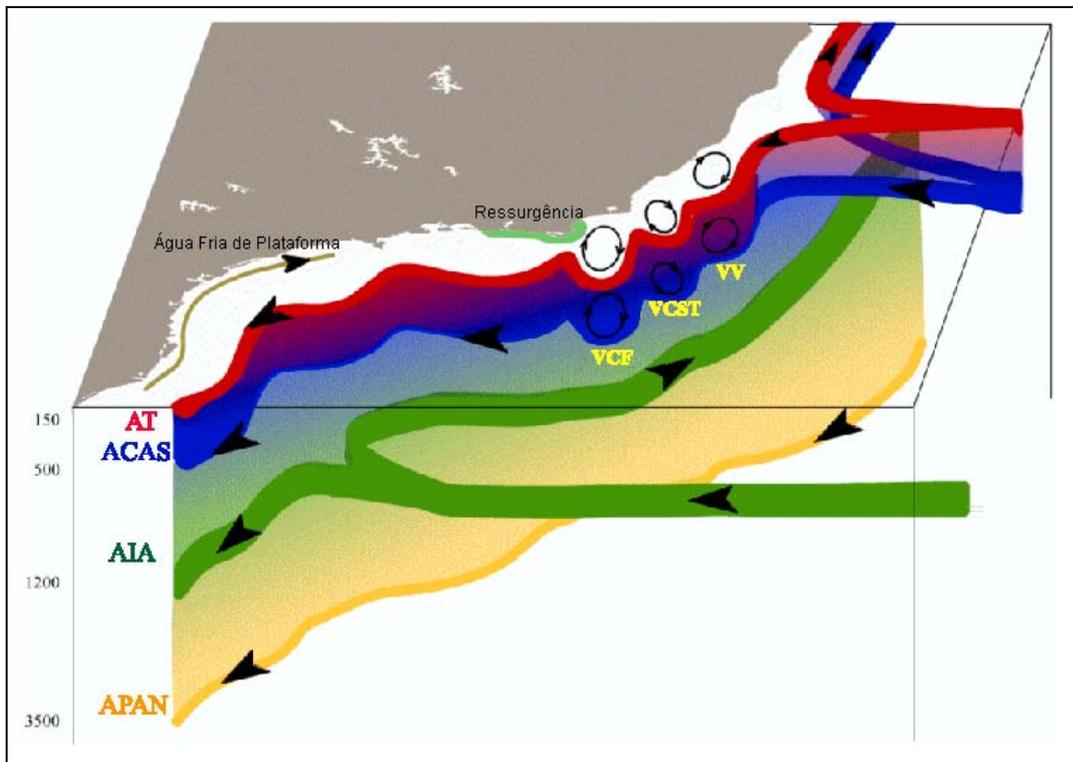


Figura II.5.1.3-24 - Diagrama TS espalhado para a região dos blocos BM-ES-37 a 41 elaborado com os dados do BNDO e do NODC. A linha em azul representa o gabarito elaborado por Silva *et al* (1982).

Observa-se a presença, nos dados analisados, de todas as massas d' água descritas por Silva *et al.* (1982), exceto a AM (apenas um ponto), devido a esta massa de água ocorrer em regiões mais costeiras, onde poucos dados foram coletados.

Estudos mais recentes incluem mais uma massa d' água ao Sistema Corrente do Brasil. Segundo Silveira (2007), entre a AIA e a APAN, encontra-se a Água Circumpolar Superior (ACS), que apresenta densidade semelhante a da APAN, sendo resultado da mistura entre a Água Circumpolar (AC) e a APAN na região da divergência antártica. Relativa à APAN, a ACS é menos salina, tem menor teor de oxigênio dissolvido e é mais rica em nutrientes. O autor indica que na região da Bacia de Campos, por exemplo, os limites termohalinos da ACS são marcados por temperaturas entre 3,31 e 3,46°C e salinidade entre 34,42 e 34,59.

De forma complementar, é apresentado na Figura II.5.1.3-25 uma representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil.



Fonte: Adaptado de Godoi (2005) - Laboratório de Dinâmica Oceânica (LADO).

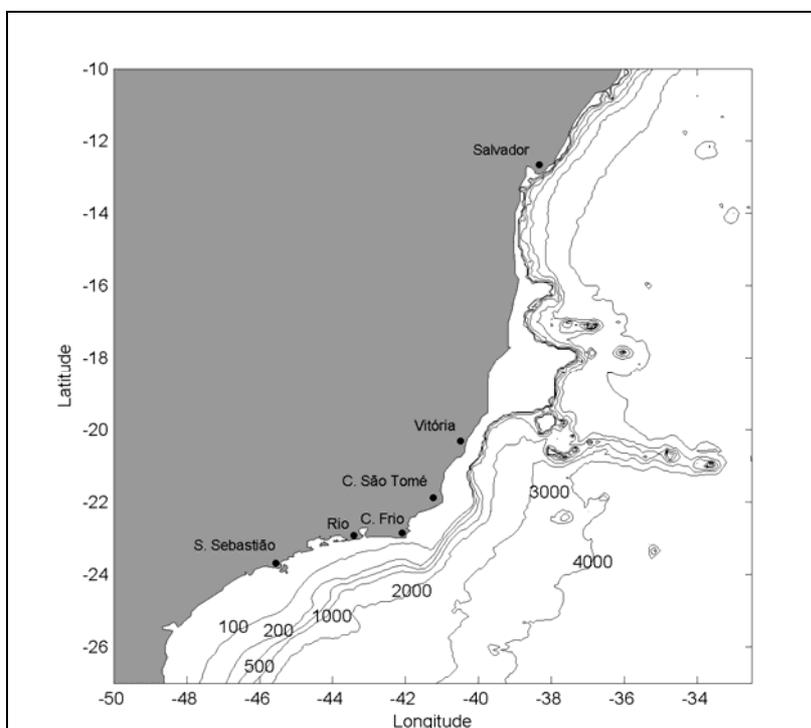
Figura II.5.1.3-25 - Representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil.

Observam-se as correntes de contorno, sua atividade de mesoescala e as massas d'água transportadas por elas. Em vermelho está a Água Tropical (AT), ocupando a camada mais superficial, indo até 150 m. Logo abaixo encontra-se a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), em azul, ocupando a lâmina d'água até aproximadamente 500 m. Em seguida encontra-se a Água Intermediária Antártica (AIA), em verde, até aproximadamente 1200 m. A Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), em amarelo é a massa d'água mais profunda, encontrada a 3500 m de profundidade. Também podem ser observados os vórtices ciclônicos e anticiclônicos que fazem parte dos Sistema: o Vórtice de Cabo Frio (VCF), o Vórtice Cabo de São Tomé (VCST) e o Vórtice Vitória (VV), respectivamente localizados ao largo de Cabo Frio - RJ, Cabo de São Tomé - RJ e Vitória - ES.

II.5.1.3.5 - Regime de Correntes

A circulação oceânica é influenciada por diversos aspectos, como a circulação atmosférica, características termohalinas, topografia de fundo e orientação da linha de costa. Esses fatores interagem para formar a dinâmica oceânica da região.

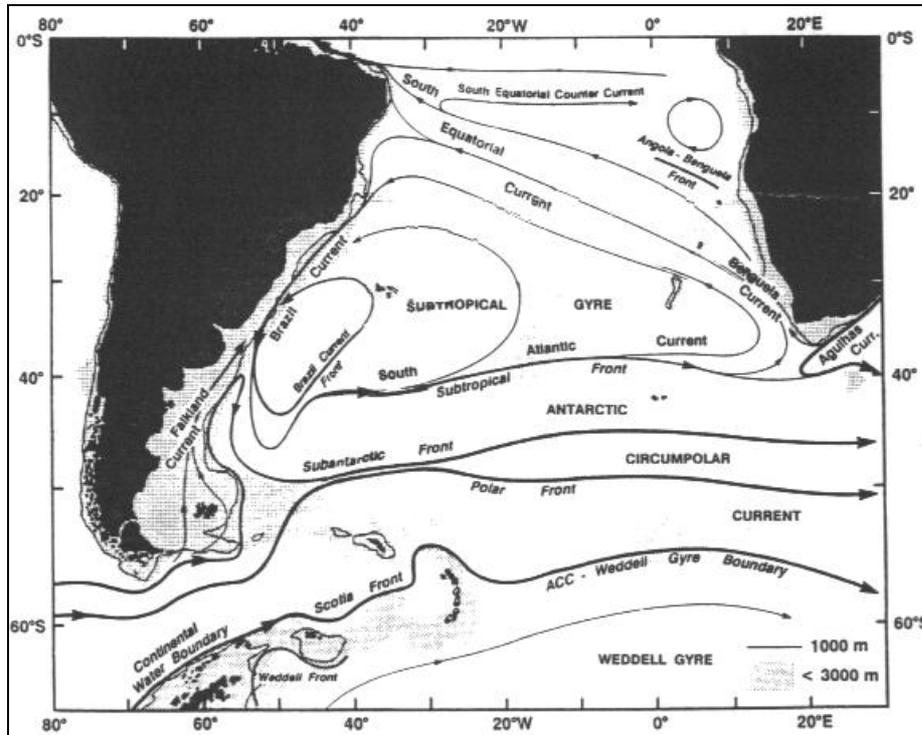
A região da Bacia do Espírito Santo apresenta feições peculiares em sua topografia oceânica (Figura II.5.1.3-26), influenciando decisivamente na sua circulação. Meandramentos e vórtices estão associados à presença da cordilheira submarina, aos bancos e aos alargamentos e estreitamentos da plataforma continental na região (Fragoso, 2004).



Fonte: Fragoso (2004).

Figura II.5.1.3-26 - Batimetria da região da cadeia Vitória-Trindade. Estão representadas as isóbatas de 100, 200, 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 m.

A circulação oceânica da região de estudo está sob a influência do giro subtropical do Atlântico Sul, que faz parte da circulação de larga escala que ocorre nas bacias dos oceanos mundiais (STRAMMA, 1991). Esta circulação é complexa e apresenta características e padrões que variam ao longo da coluna d'água.



Fonte: Peterson & Stramma (1991).

Figura II.5.1.3-27 - Ilustração esquemática do Giro Subtropical do Atlântico Sul.

Entre a superfície e 500 m, aproximadamente, a região da Bacia do Espírito Santo sofre a influência da Corrente do Brasil, uma corrente quente e salina que flui de norte para sul ao longo da costa brasileira, na borda oeste do giro subtropical do Atlântico Sul, podendo ser encontrada sobre a plataforma continental ou próxima ao talude continental (FUNDESPA/IOUSP/ PETROBRAS, 1994).

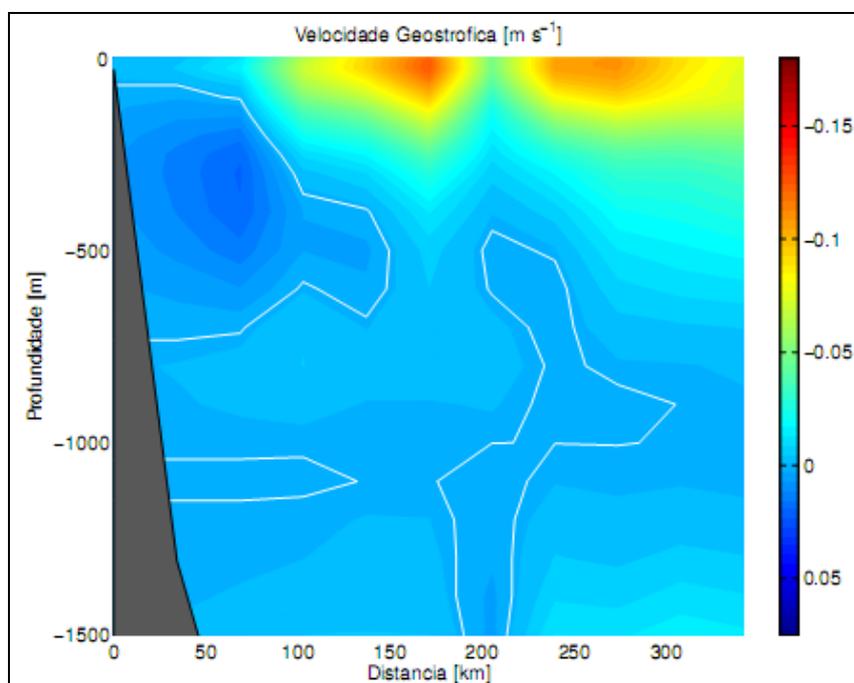
A seguir serão apresentadas algumas estimativas de valores de transporte e de velocidade da Corrente do Brasil de acordo com a literatura.

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 geostroficados foram estimados para uma seção hidrográfica assumindo-se níveis de 500 e 1000 m. Valores de aproximadamente 3,8 Sv e 6,8 Sv (1Sv = 106 m³s⁻¹) foram registrados para o transporte através do canal nos bancos, em 20° 28' S, relativos a 500 m e 1.000m, respectivamente, sendo a velocidade superficial observada igual a 0,52 m/s.

Utilizando-se relações T-S, também foram 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.

Para 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° 30' S), Signorini *et al.* (1978) realizou-se, em abril de 1973 um levantamento oceanográfico na região. A estrutura da corrente e o transporte de volume, relativos à 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° S e 22° 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.

Um exemplo da estrutura vertical das correntes na Bacia do Espírito Santo pode ser obtido em Costa (2007). As seções verticais de velocidade geostrófica calculadas pelo autor para a radial apresentada na Figura II.5.1.3-20, para as quatro estações do ano, são apresentadas na Figura II.5.1.3-28 a Figura II.5.1.3-31.



Fonte: Costa (2007).

Figura II.5.1.3-28 - Seção vertical climatológica sazonal de velocidade geostrófica relativa a 1000 dbar para o período de verão.

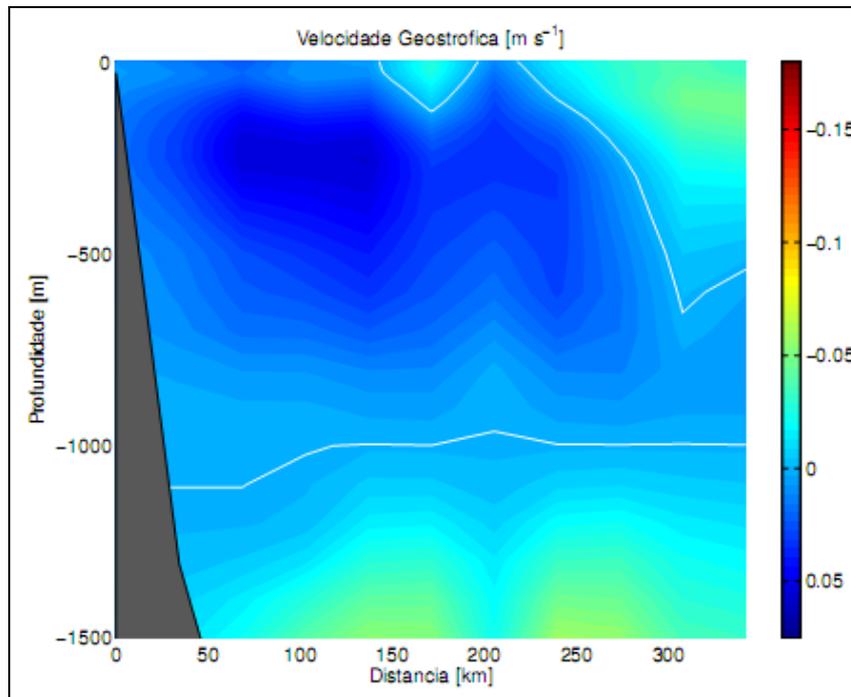


Figura II.5.1.3-29 - Seção vertical climatológica sazonal de velocidade geostrofica relativa a 1000 dbar para o período de outono.

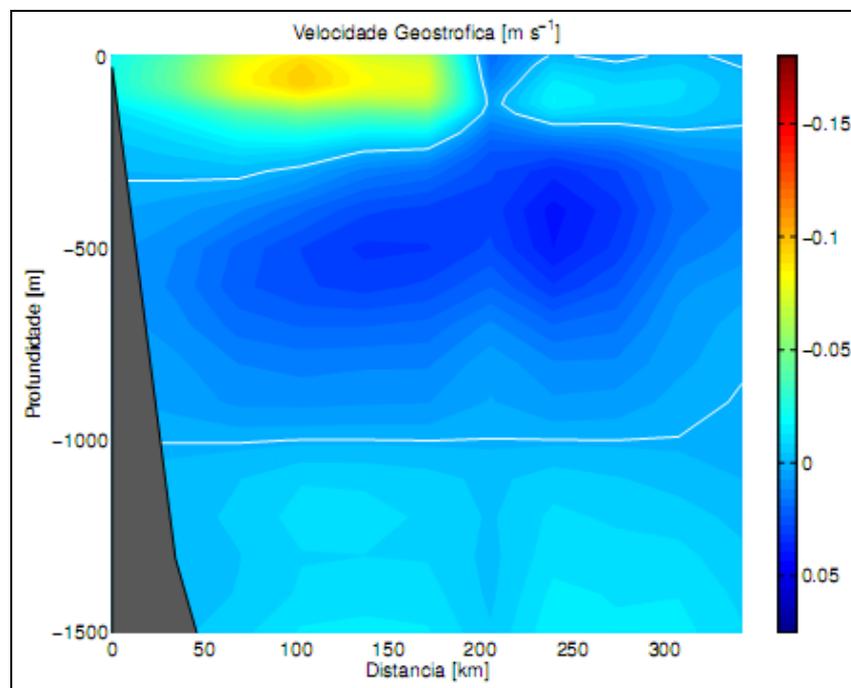


Figura II.5.1.3-30 - Seção vertical climatológica sazonal de velocidade geostrofica relativa a 1000 dbar para o período de inverno.

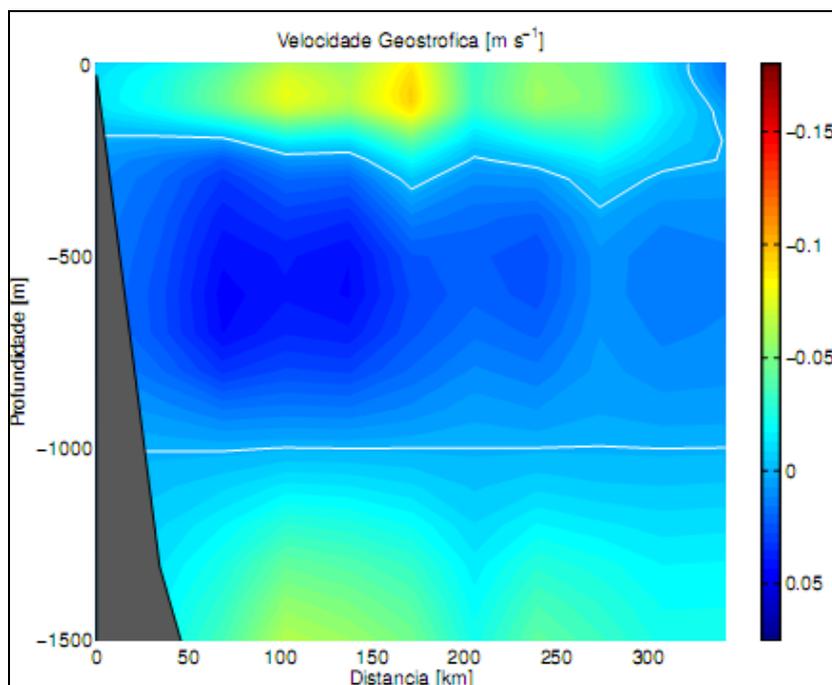
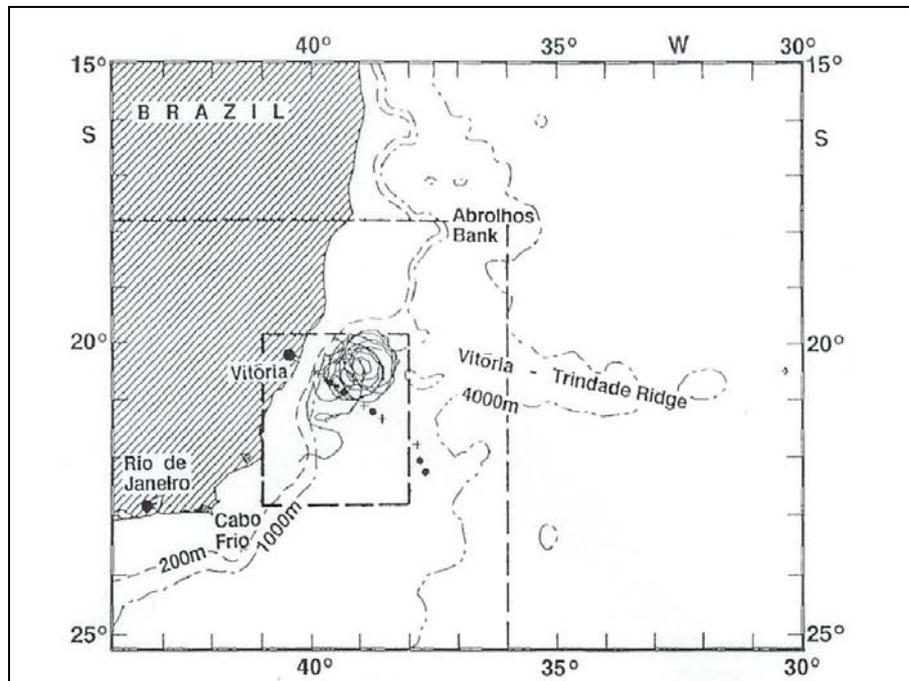


Figura II.5.1.3-31 - Seção vertical climatológica sazonal de velocidade geostrofica relativa a 1000 dbar para o período de primavera.

Os dados demonstram um escoamento da corrente do Brasil para sul, com velocidades máximas (climatológicas) da ordem de 15 cm/s, no período de verão. Em geral são observados dois núcleos da Corrente do Brasil, mostrando que essa se bifurca ao passar pela Cadeia Vitória-Trindade.

Os fenômenos transientes da Corrente do Brasil (vórtices e meandros) são fatores bastante relevantes de sua dinâmica, sendo primeiro 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, possui muitos vórtices e meandros (Calado, 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, o que contribui para uma menor precisão das previsões de curto e médio período.

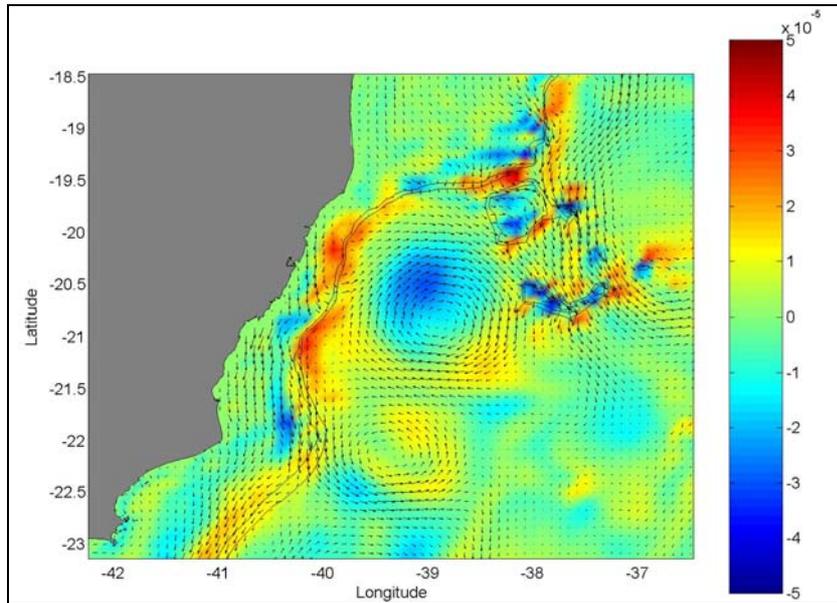
Na região da Baía do Espírito Santo, destaca-se a presença de um vórtice de longa duração. O Vórtice de Vitória é uma estrutura ciclônica localizada na região oceânica ao largo da cidade de Vitória, centralizado em 20,5° S e 39° W, aproximadamente (Figura II.5.1.3-32). Seu diâmetro médio é de cerca de 100 km, sendo detectado primeiramente por Schmid *et al.* (1995) durante o verão de 1991 e, posteriormente, por Gaeta *et al.* (1999), no outono de 1995. Porém, seu comportamento nas demais estações do ano ainda não foi investigado (Fragoso, 2004).



Fonte: Schmid *et al.* (1995).

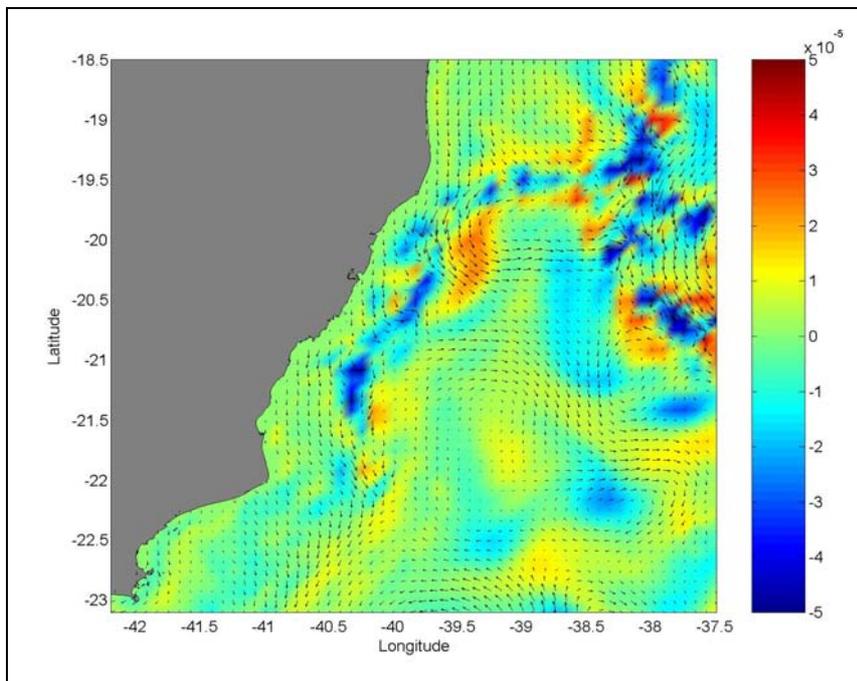
Figura II.5.1.3-32 - Localização do vórtice de Vitória.

Fragoso (2004) através de simulações hidrodinâmicas observou um vórtice com características idênticas ao Vórtice de Vitória, analisando o seu comportamento. O autor observou que esse vórtice apresenta atividade mais intensa no verão (Figura II.5.1.3-33), tornando-se menos intenso no período de inverno (Figura II.5.1.3-34), chegando a desaparecer. Na primavera, no entanto, sua presença volta a ser detectada (Figura II.5.1.3-35).



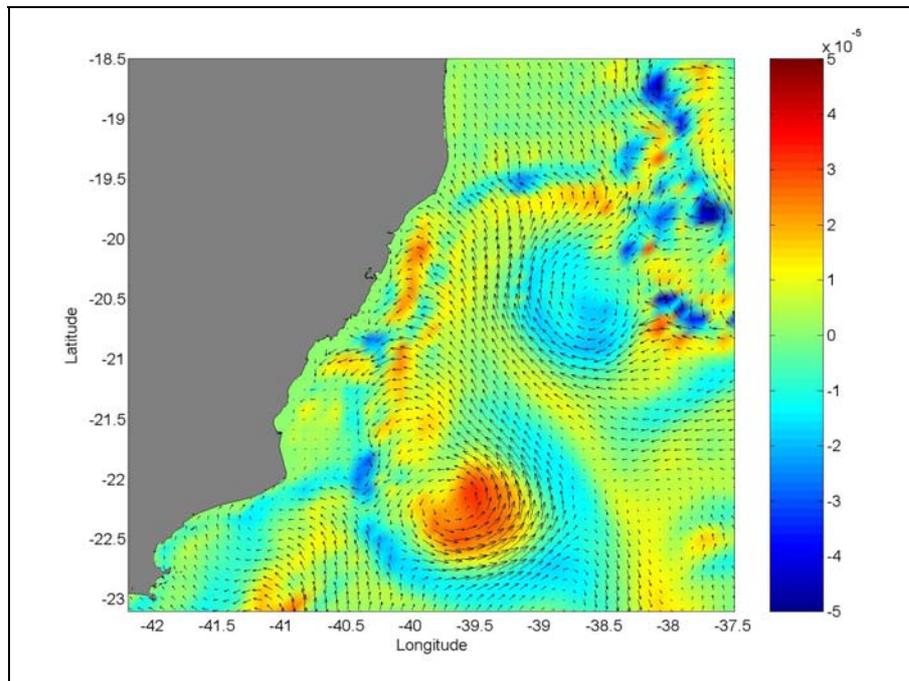
Fonte: Fragoso (2004).

Figura II.5.1.3-33 - Campo de vorticidade relativa (s^{-1}) e velocidade em superfície obtidos pelo modelo para fevereiro de 1999.



Fonte: Fragoso (2004).

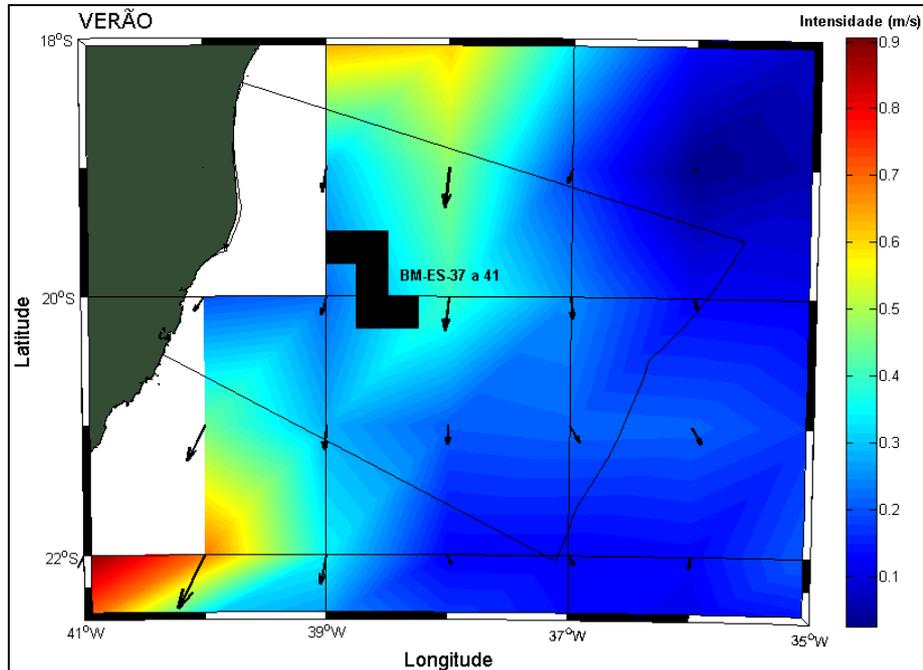
Figura II.5.1.3-34 - Campo de vorticidade relativa (s^{-1}) e velocidade em superfície obtidos pelo modelo para julho de 1999.



Fonte: Fragoso (2004).

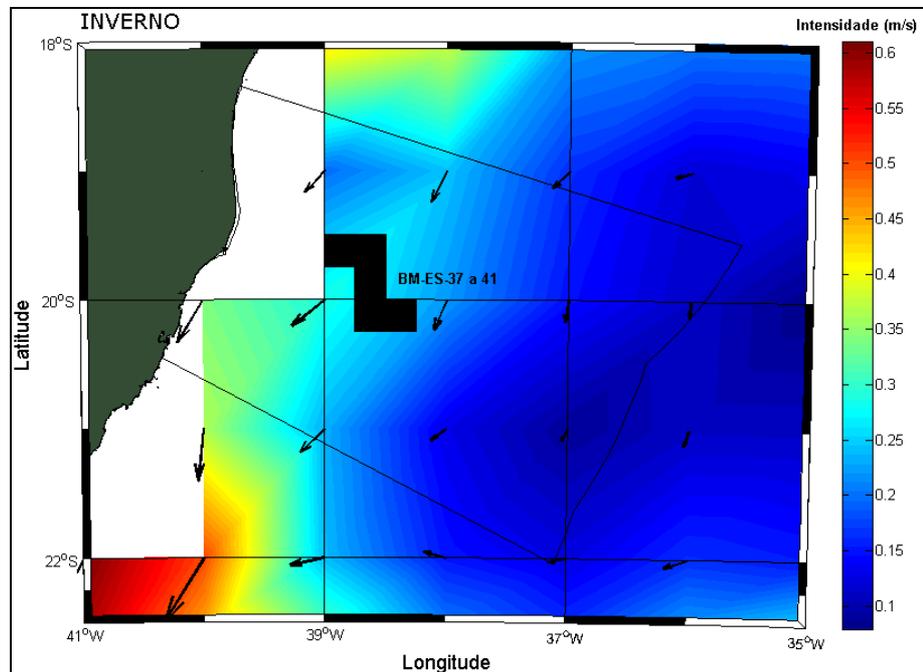
Figura II.5.1.3-35 - Campo de vorticidade relativa (s^{-1}) e velocidade em superfície obtidos pelo modelo para dezembro de 1999.

Para complementar a avaliação das correntes em superfície na região da Bacia do Espírito Santo foram usados dados de climatologia mensal da velocidade das correntes, provenientes de bóias de deriva do *Global Drifter Program* do NOAA/AOML. Os dados de velocidade das correntes arquivados no Centro de Dados de Bóias de deriva do *Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory* (AOML), da NOAA, passam por controle de qualidade e são interpolados em intervalos de 6 horas e resolução espacial de 1° (Hansen & Poulain, 1996). Os campos climatológicos médios de correntes superficiais de verão e inverno na região da Bacia do Espírito Santo são apresentados, respectivamente na **Figura II.5.1.3-36** e **Figura II.5.1.3-37**. A análise das figuras não indica diferenças significativas entre o período de verão e inverno. Pode-se observar que na região da Bacia do Espírito Santo o fluxo preferencial é de SW. O valor máximo da intensidade média no período de verão é de 0,29 m/s e, no inverno, de 0,24 m/s. O período de inverno apresenta menores valores médios provavelmente devido à maior ocorrência de sistemas frontais, que podem provocar uma inversão do fluxo em superfície, tendenciando a média para menores valores.



Fonte: Global Drifter Program (NOAA/AOML).

Figura II.5.1.3-36 - Campo médio de correntes para o período de verão na Bacia do Espírito Santo.



Fonte: Global Drifter Program (NOAA/AOML).

Figura II.5.1.3-37 - Campo médio de correntes para o período de inverno na Bacia do Espírito Santo.

II.5.1.3.6 - Regime de Ondas

A caracterização do clima de ondas de uma região depende da extensão do período de coleta de dados, que deve ser suficiente para abranger uma parcela significativa das condições meteorológicas locais e de possíveis áreas de geração de tempestades e ondulações externas. No Brasil, poucas são as campanhas de medição que se estendem por longos períodos, ficando as mesmas restritas à duração do motivo da medição, como no caso do desenvolvimento de obras de engenharia costeira. Além disso, a grande maioria das coletas se dá em pontos de pequena profundidade, o que pode alterar as características primárias das ondas, impedindo a extrapolação dos resultados para pontos próximos.

De forma geral, não estão disponíveis à comunidade científica medições de ondas de longa duração na costa brasileira, não sendo diferente para a região dos Blocos BM-ES-37 a 41. Neste contexto, a modelagem numérica torna-se essencial para caracterização do estado do mar ao longo do litoral e em áreas *offshore* do Brasil. Informações sobre o clima de ondas também podem ser deduzidas a partir de publicações de estatísticas de onda, do conhecimento dos mecanismos responsáveis pela geração de ondas no Oceano Atlântico e de dados de altura de ondas e velocidade dos ventos obtidos de forma indireta por sensores instalados em satélites, estes últimos colocados recentemente à disposição da comunidade.

Na descrição aqui apresentada serão utilizados alguns termos como vaga, marulho (*swell*) e mar local. Entende-se por vaga, a onda que ainda está sofrendo influência do vento que a gerou. Em outras palavras, ainda está em sua área de geração. Os marulhos ou *swell* são aquelas ondas que não mais estão sob a influência do vento que as gerou, ou seja, estão fora da área de geração. Um mar local é caracterizado pelas ondas que estão sendo geradas pelo vento local (vagas).

A caracterização dos estados de mar pode ser feita em função de três parâmetros: altura significativa (H_s), direção (D_p) e período de pico (T_p). A altura significativa é uma medida estatística, que pode ser obtida dividindo-se o registro de ondas em três partes iguais e fazendo-se uma média da parte onde estejam as maiores alturas. Corresponde, aproximadamente, à altura relatada por um observador experiente, no caso de um marulho. A direção é aquela seguida pela onda significativa e a frequência de pico (f_p) é aquela na qual a maior quantidade de energia da ondulação está concentrada. O período de pico é o inverso da frequência ($T_p=1/f_p$).

Outra forma de caracterização do mar é o espectro de potência. Nessa análise, realizada no domínio da frequência, determina-se a parcela de energia associada a cada período ou frequência componente do sinal de elevação da superfície do mar.

De acordo com Innocentini *et al.* (2000), os fenômenos meteorológicos responsáveis pela geração das ondas que atingem o litoral brasileiro são muito variáveis. Segundo os autores, a região que se estende de Natal (RN) a Vitória (ES), incluindo, assim, a região dos Blocos BM-ES-37 a 41, possui comportamento semelhante quanto ao regime de ondas incidente. Uma das características dessa região é ser atingida na maior parte do tempo por ondas geradas pelo flanco esquerdo do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), com direção principal de NE. Entretanto, essa região pode ser também atingida por enormes pistas de SE, associadas à passagem de frentes frias, ocasionando eventos extremos com alturas significativas de ondas que podem chegar a 2,5m.

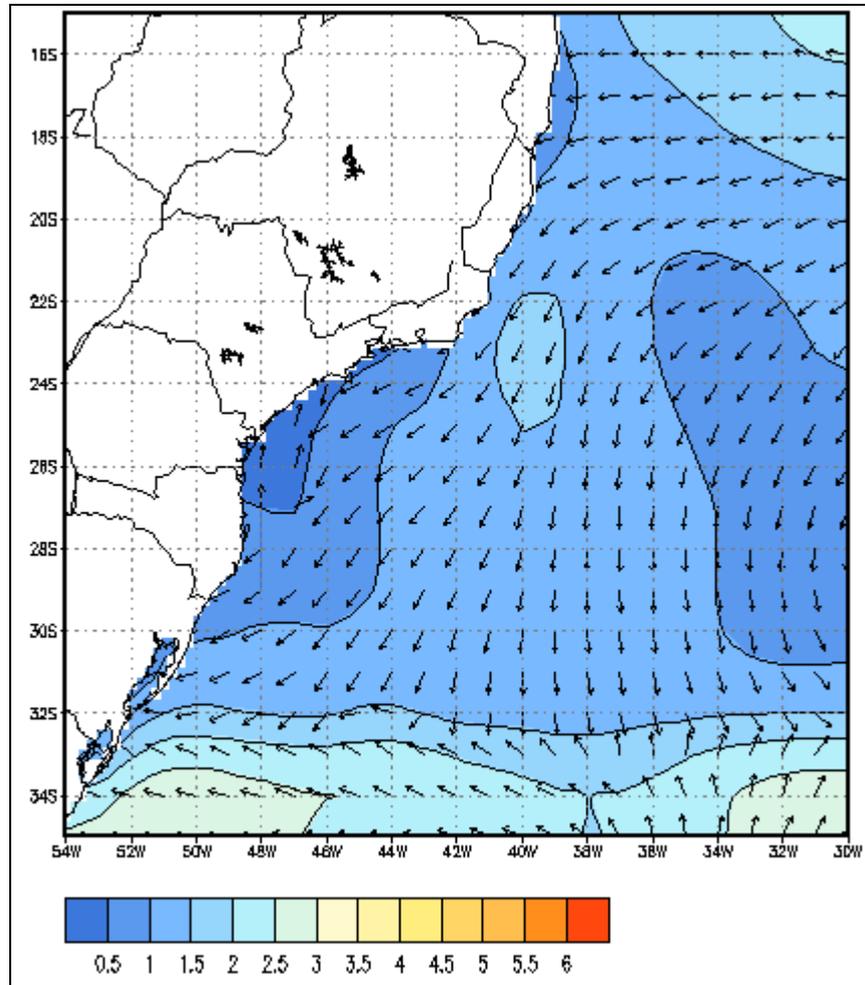
Existem duas zonas principais de geração de ondas no oceano Atlântico Sul: o cinturão dos Ventos de Oeste (*Westerlies*) em médias latitudes (47° - 56° S), área de geração e intensificação dos ciclones extratropicais que atingem o nosso litoral, e a região dos ventos alíseos (10° - 20° S), que fazem parte do anticiclone subtropical do Atlântico Sul. O cinturão dos Ventos de Oeste se apresenta como a mais clara e importante região de formação de ondas no oceano Atlântico Sul (Davis, 1972), responsável pela maioria dos marulhos que atingem o litoral brasileiro. Nessa região, é comum a ocorrência de ventos acima de 17 m/s. Como o vento gerador controla a direção de propagação do swell, existe uma dominância de marulhos de sudoeste no Atlântico Sul. Embora os ventos alíseos possuam uma intensidade menor, aproximadamente 10 m/s, a sua persistência e direção fazem com que as ondas geradas nesta região tenham uma influência muito maior sobre os processos costeiros na costa leste brasileira que os marulhos gerados ao sul.

Uma estatística de ondas realizada por Hogben & Lumb (1967, *apud* Dominguez *et al.*, 1992) indica uma relação direta entre a velocidade e a direção dos ventos alíseos, e a direção, altura e período das ondas que atingem a região. Essa estatística indica que na costa leste do Brasil, incluindo assim a região dos Blocos BM-ES-37 a 41, existe uma predominância ao longo de todo o ano de vagas de NE, com uma altura significativa média de 1,0 m e um período médio de 5 s.

Da **Figura II.5.1.3-38** à **Figura II.5.1.3-45** são apresentados esquemas representativos das principais condições vigentes do regime de ondas no sudeste brasileiro. Estas figuras foram obtidas de instantâneos da previsão de ondas que melhor exemplificaram as condições vigentes ao longo de todo o ano (domínio do ASAS), bem como das situações características de inverno e da passagem de sistemas frontais.

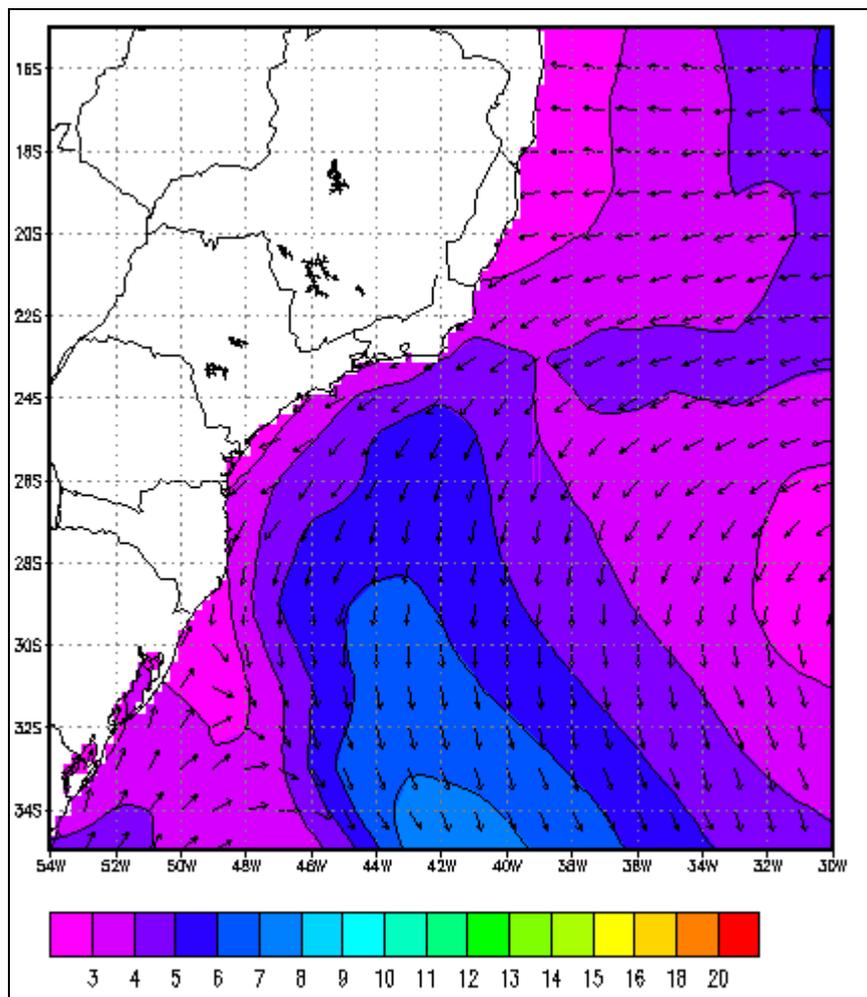
Na **Figura II.5.1.3-38** pode ser visto o campo de ondas na região sul/sudeste do Brasil, onde se constata a incidência de ondas com altura significativa entorno de 1,0 m e direção principal de NE na costa do Espírito Santo, exemplificando o que foi dito anteriormente. Na **Figura**

II.5.1.3-39 apresenta-se o período médio do mar local, com aproximadamente 3 s na costa do Espírito Santo.



Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

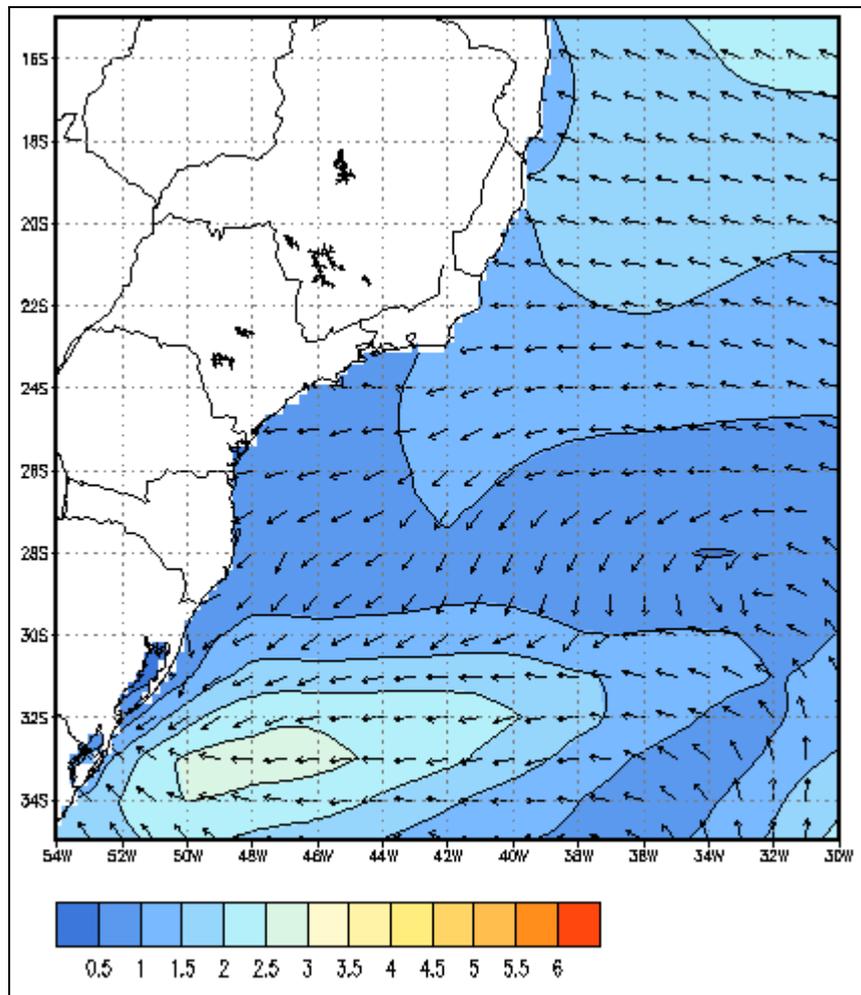
Figura II.5.1.3-38 - Altura significativa (m) e direção principal na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com altura significativa de 1,0m e direção de E na costa do Espírito Santo. Condição vigente ao longo de todo o ano.



Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

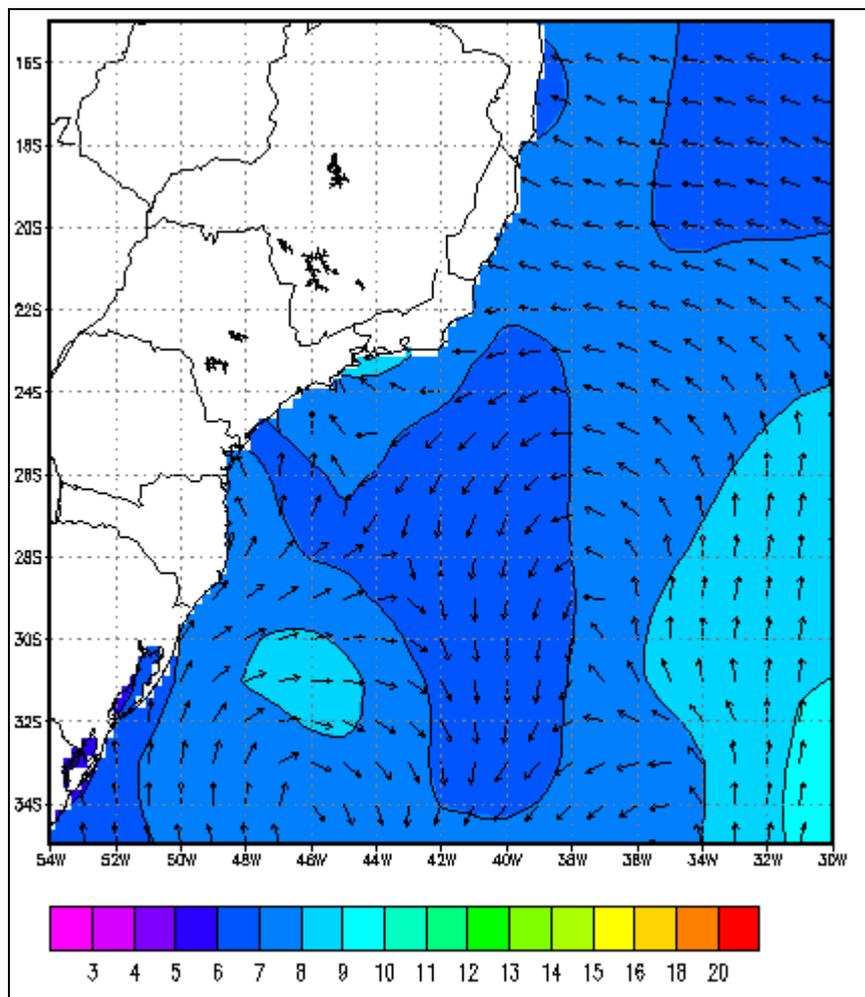
Figura II.5.1.3-39 - Período (s) e direção do mar local na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com período médio entorno de 3 s na costa do Espírito Santo. Condição vigente ao longo de todo o ano.

Embora haja a dominância de ondas de NE ao longo de todo o ano, no período de outono e inverno (abril a agosto), com a alteração do regime de ventos para E-SE, existe a presença significativa de ondas dessas direções (E-SE), com alturas significativas médias de 1,5 m e períodos médios variando entre 6 a 7 s (Figura II.5.1.3-40 e Figura II.5.1.3-41). No período de inverno existe uma maior ocorrência na passagem de sistemas frontais, deixando a área sujeita à ação de ondas de S-SW (Figura II.5.1.3-42 e Figura II.5.1.3-43), embora, na maioria das vezes, os marulhos gerados por esses sistemas atinjam o litoral desta região com direção SE (Figura II.5.1.3-44 e Figura II.5.1.3-45).



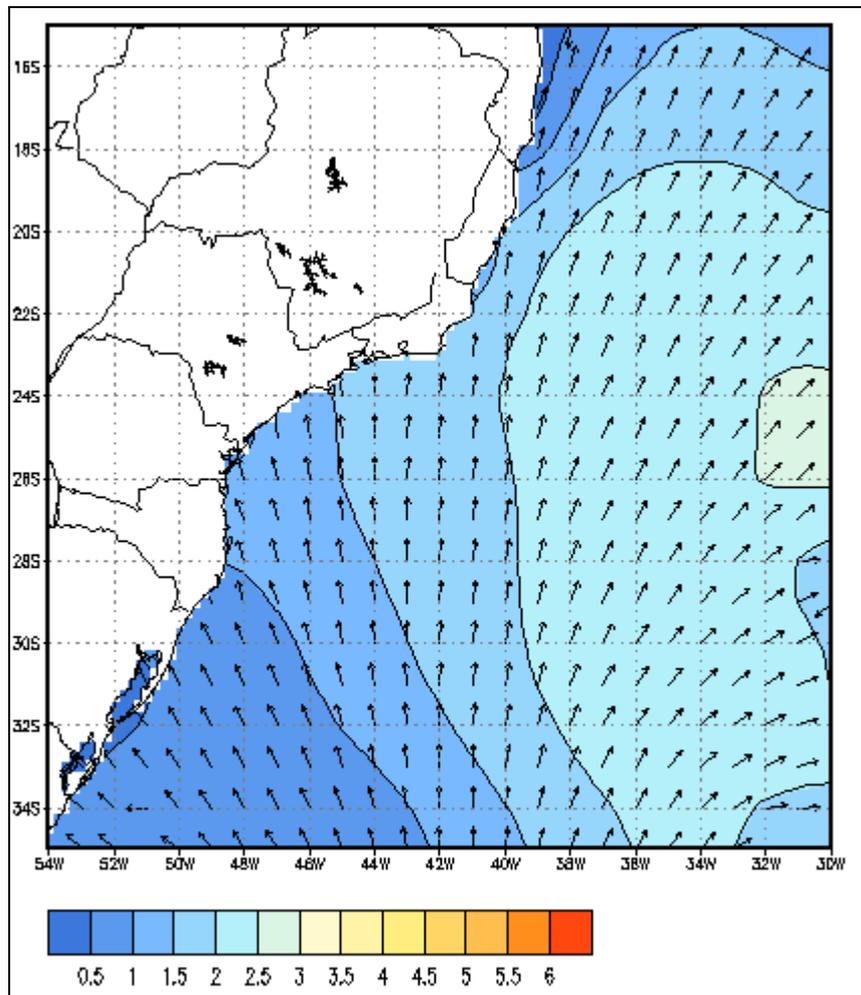
Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-40 - Altura significativa (m) e direção principal na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com altura significativa de 1,0 - 1,5m e direção de E-SE na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno.



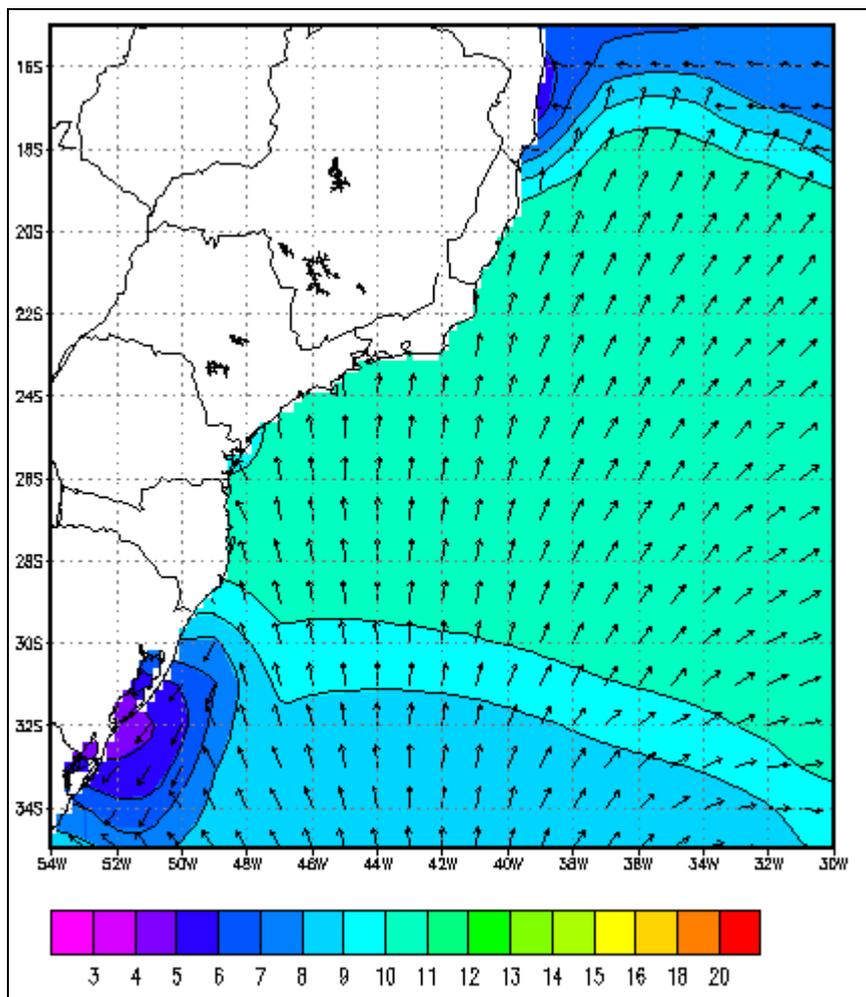
Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-41 - Período (s) e direção do mar local na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com período médio entorno de 7s na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno.



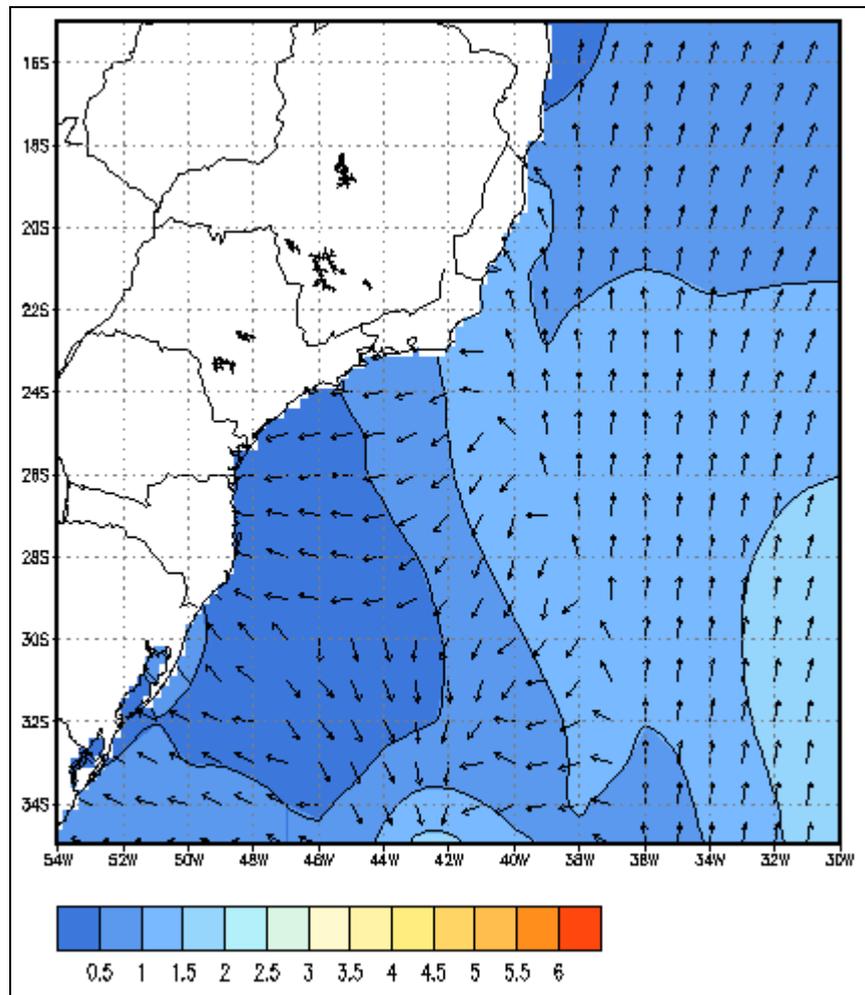
Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-42 - Altura significativa (m) e direção principal na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com altura significativa de 1,5 - 2,0m e direção de S-SW na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno, com passagem de sistema frontal.



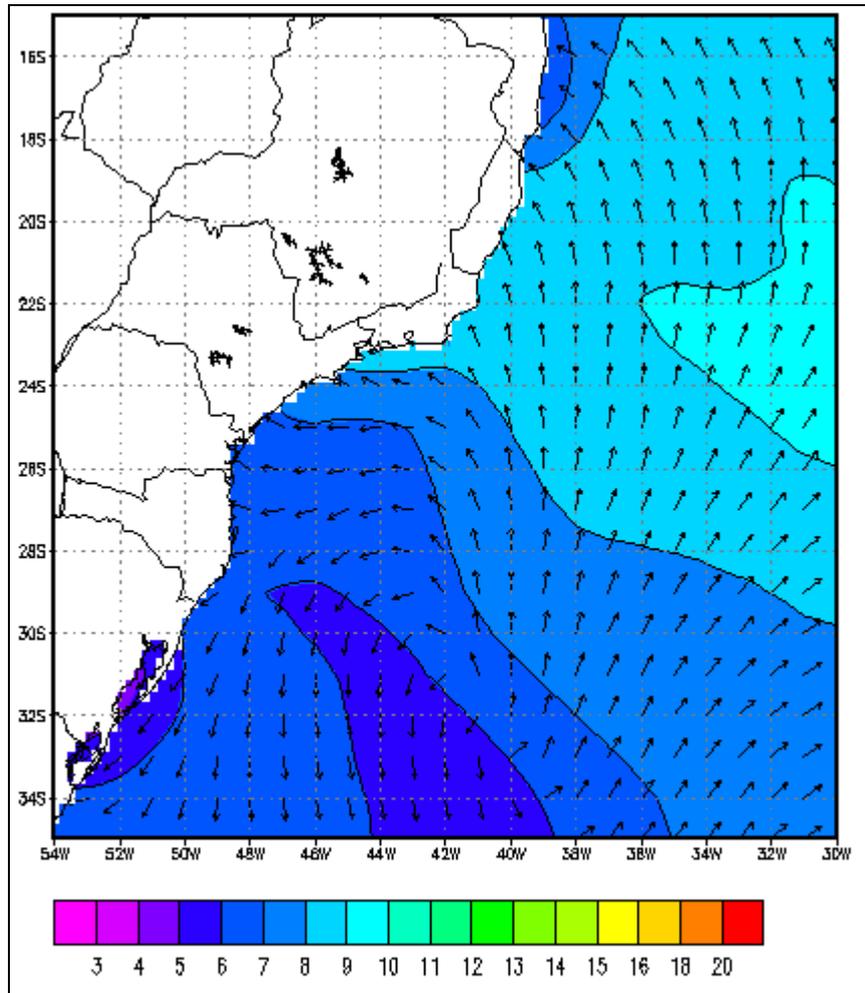
Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-43 - Período (s) e direção do mar local na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com período médio entorno de 11s na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno, com passagem de sistema frontal.



Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-44 - Altura significativa (m) direção principal na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com altura significativa de 1,0 - 1,5m e direção de SE na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno, com passagem de sistema frontal.



Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-45 - Período (s) e direção do mar local na costa sul/sudeste do Brasil, exemplificando a presença de ondas com período médio entorno de 9s na costa do Espírito Santo. Condição vigente no período de inverno, com passagem de sistema frontal.

O Projeto ATLASUL também disponibiliza os resultados espectrais para determinados pontos do modelo, o ponto mais próximo à região de estudo encontra-se nas coordenadas 28° 00'S e 046° 15'W (Figura II.5.1.3-46). Ressalta-se que, pela posição geográfica da área e a proximidade, a extrapolação dos resultados é válida em boa parte dos casos.

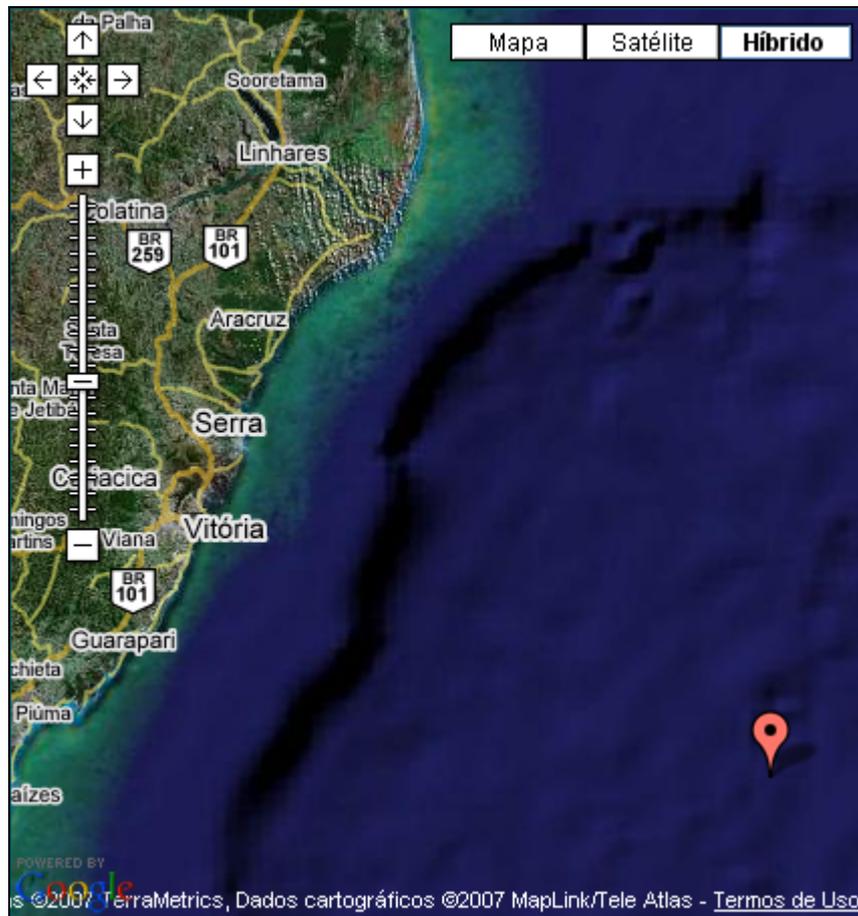
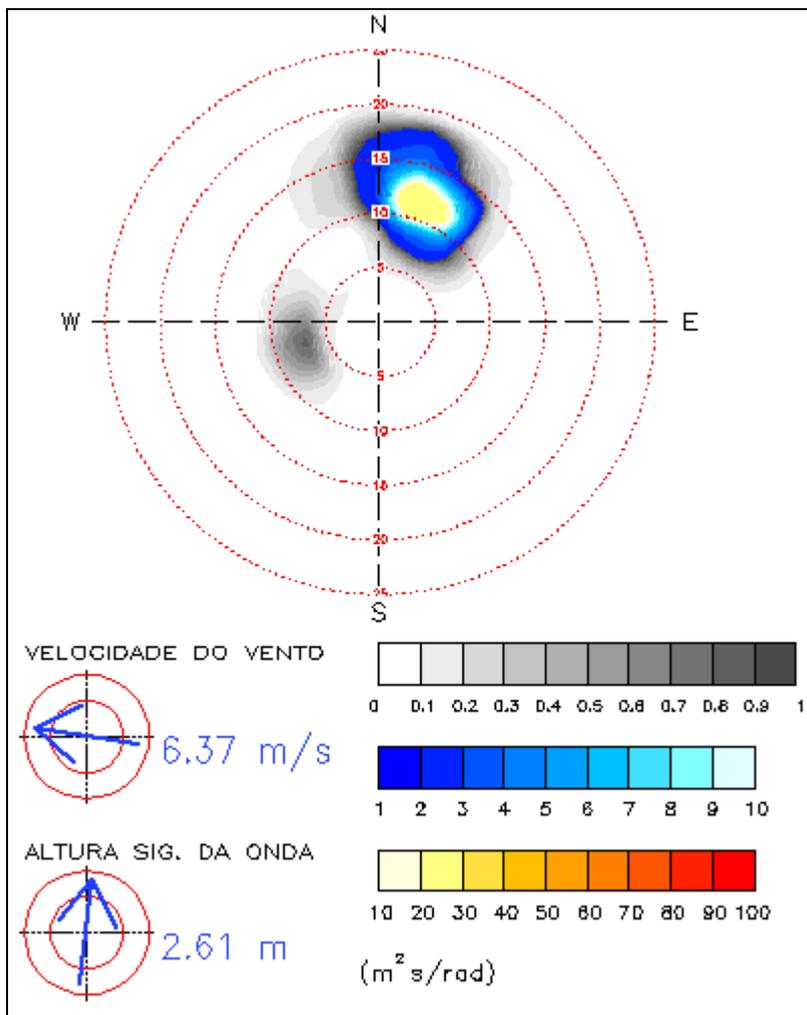


Figura II.5.1.3-46 - Localização do ponto do Projeto ATLASUL com resultados espectrais utilizados no estudo.

Na situação exemplificada na Figura II.5.1.3-47, a seguir, o espectro de potência mostra a presença de um mar bimodal, com um mar local de E-NE, cujo período médio varia entre 6 e 7 s, e a presença de um *swell* de S-SW, com o período médio entre 12 e 13 s e altura significativa de 2,61 m.



Fonte: Projeto ATLASUL/PRO-OCEANO (<http://www.prooceano.com.br/previsao>).

Figura II.5.1.3-47 - Distribuição espectral de energia de ondas para a região da Bacia de Campos. A representação está em função do rumo da onda, ou seja, para onde as mesmas se propagam.

Baseado no que foi apresentado até o momento, observa-se no **Quadro II.5.1.3-4** e no **Quadro II.5.1.3-5**, respectivamente, o resumo do clima de ondas característico de bom e mau tempo na região da Bacia do Espírito Santo.

Quadro II.5.1.3-4 - Resumo das ondas características de bom tempo.

NE*		E-SE	
Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)
1,0	5	1,5	6-7
Primavera-Verão		Outono-Inverno	

* Presente o ano inteiro
 Fonte: ATLASUL/PRO-OCEANO

Quadro II.5.1.3-5 - Resumo das ondas características de mau tempo.

SE*		S-SW*	
Hs (m)	Tm (s)	Hs (m)	Tm (s)
2,5	12	2,0	12
Mais recorrente		Mais raro	

* Ambas associadas à passagem de sistemas frontais
Fonte: ATLASUL/PRO-OCEANO

Visando concluir a caracterização da agitação marítima na Baía do Espírito Santo, foram utilizados os dados do projeto ERA-40 (ECMWF *Re-Analysis* 40) do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Esse projeto tem como objetivo produzir análises globais diárias do estado atmosférico, terrestre e dos oceanos, em um período compreendido entre 1956 e 2001, com resolução espacial de 2,5°. Estão disponíveis na página do projeto (http://data-portal.ecmwf.int/data/d/era40_daily/) dados de altura significativa (Hs), direção média (Dm) e período médio (Tm), para todo o período entre os anos de 1956 e 2001. A presente abordagem considerará o ponto de grade situado nas coordenadas 20°S e 37,5°W (Figura II.5.1.3-48), por ser este o mais próximo aos Blocos BM-ES-37 a 41.

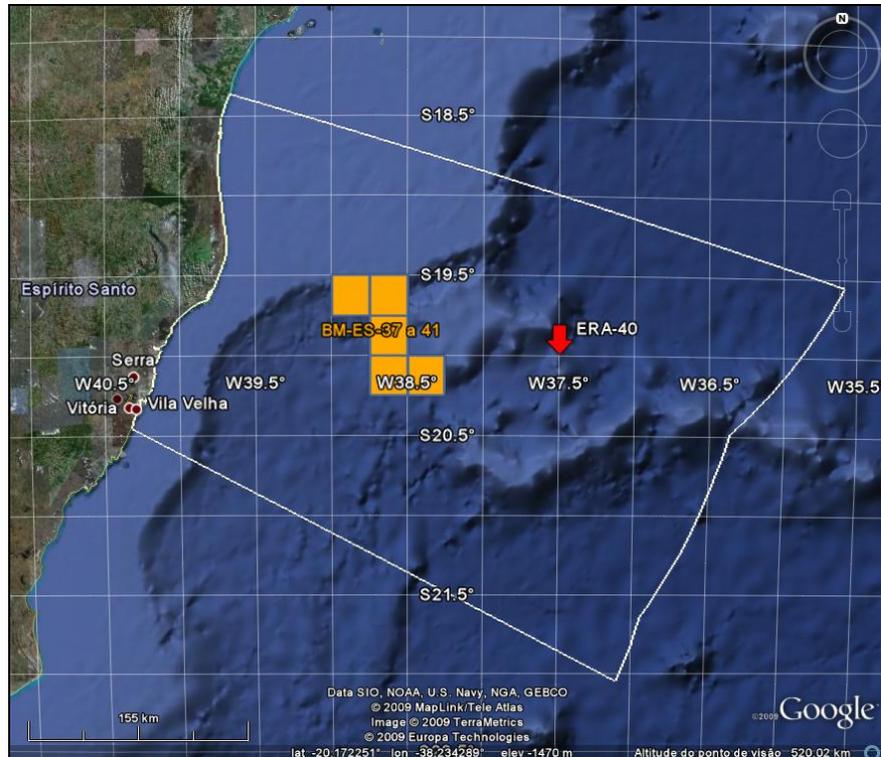


Figura II.5.1.3-48 - Localização do ponto de grade de onde foram extraídos os dados de onda do ERA-40 (ECMWF Re-Analysis 40).

Devido ao clima de ondas na região ser dominado por condições de mar bimodal, com ondas locais de NE e *swells* vindos de SW a SE, o dado de direção média torna-se inadequado para o estudo. Isto ocorre pelo fato da média entre essas duas direções representar uma condição irreal, com direções de SE, quando na verdade, a região está sob influência de ondas de NE e S, concomitantes. Devido a essa limitação, foram apenas utilizados os dados de Hs e Tm.

A seguir é apresentada a tabela de ocorrência conjunta de Hs e Tm (Quadro II.5.1.3-6). Nota-se um domínio de ondas entre 1,0 e 1,5 m com períodos variando de 7 a 9 s.

Quadro II.5.1.3-6 - Ocorrência conjunta de Hs e Tm.

Tm (s) ->		0 - 3	3 - 7	7 - 9	9 - 11	> 11	Total	Freq (%)
Hs (m)								
0,00	1,00	0	46	152	0	0	198	1,20
1,00	1,50	0	1495	4850	659	3	7007	42,63
1,50	2,00	0	1111	3719	1944	81	6855	41,71
2,00	2,50	0	114	932	684	190	1920	11,68
2,50	3,00	0	0	173	156	63	392	2,39
> 3		0	0	28	18	18	64	0,39
Total		0	2766	9854	3461	355	16436	
Freq (%)		0,00	16,83	59,95	21,06	2,16		

Fonte: ERA-40

Para complementar a análise são apresentados no Quadro II.5.1.3-7, os valores médios e máximos de Hs e Tm ao longo dos meses do ano. Nota-se que os meses de maio, julho e setembro têm destaque em termos de Hs médio, com valor de 1,72 m, embora o Hs máximo tenha sido obtido em julho, 4,03 m. O Tm médio apresenta uma variação pouco significativa, ficando sempre em 7,5 e 8,8 s. O Tm máximo foi obtido em junho, com 13,52 s.

Quadro II.5.1.3-7 - Valores médios e máximos de Hs e Tm ao longo dos meses do ano.

Meses	Hs (m)		Tm (s)	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Janeiro	1,45	3,27	7,56	11,56
Fevereiro	1,41	3,30	8,02	11,83
Março	1,50	3,18	8,51	13,78
Abril	1,63	3,32	8,76	13,04
Maió	1,72	3,53	8,74	12,32
Junho	1,70	3,69	8,61	13,52
Julho	1,72	4,03	8,30	12,97
Agosto	1,67	3,42	8,27	12,59

Coordenador:

Técnico:

Meses	Hs (m)		Tm (s)	
	Médio	Máximo	Médio	Máximo
Setembro	1,72	3,86	8,04	12,48
Outubro	1,66	3,25	7,83	12,03
Novembro	1,63	3,12	7,77	11,59
Dezembro	1,54	3,35	7,58	12,31

Fonte: ERA-40.

II.5.1.3.7 - Regime de Marés

Podemos classificar a maré quanto ao seu período, ou seja, pode-se determinar se a maré é diurna, semi-diurna, mista principalmente diurna ou mista principalmente semi-diurna (Pond & Pickard, 1978).

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semi-diurnas. Esse fator é definido por:

$$F = \left(\frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right)$$

Fonte: Pond & Pickard, 1978

De acordo com essa classificação temos:

$F = 0$ a $0,25$: Maré semi-diurna, ou seja, a maré cujo período é de aproximadamente 12h. Neste caso, tem-se duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. A altura de uma preamar é praticamente igual a outra, o mesmo acontecendo com a baixamar.

$F = 0,25$ a $1,5$: Maré mista, principalmente semi-diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, semi-diurna, podendo ser diurna em algumas épocas do ano.

$F = 1,5$ a $3,0$: Maré mista, principalmente diurna, ou seja, a maré com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Essa maré é, na maioria das vezes, diurna, podendo ser semi-diurna em algumas épocas do ano.

$F > 3,0$: Maré diurna, ou seja, a maré cujo período é de 24h, aproximadamente. Nesse caso, tem-se apenas uma maré alta e uma maré baixa em 24 horas.

Para a caracterização da maré na região próxima aos blocos BM-ES-37 a 41 foram utilizadas as constantes harmônicas obtidas do modelo global de marés FES95 (de “*Finite Element Solutions*”).

As equações governantes do FES-95 são as equações de águas rasas, barotrópicas e não-lineares, resolvidas utilizando método de elementos finitos. Para a fricção com o fundo é utilizada parametrização quadrática, mais adequada para regiões de águas rasas. A forçante de maré é baseada no desenvolvimento astronômico do potencial de maré, levando em conta as correções dos efeitos de maré terrestre (*earth tides*) e maré de carga (*load tides*) sendo ainda realizada assimilação de dados de altimetria de satélite. (Le Provost *et al.*, 1995). A batimetria é retirada do banco de dados ETOPO5 do *National Geophysical Data Center* (NGDC) do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

São simuladas oito constituintes de maré (M2, S2, N2, K2, N2, K1, O1 e Q1) em todo globo, excluindo-se alguns mares interiores e baías como a Baía de Fundy. A grade do modelo FES-95 apresenta resolução variável, porém os resultados que foram colocados à disposição da comunidade científica estão em grades de 0,5° x 0,5°. A partir destes, foram então retirados os dados de fase e amplitude de sete componentes (M2, S2, N2, K2, K1, O1 e Q1) para o ponto localizado na latitude 20,5° S e longitude 39,5° W.

A localização desse ponto é demonstrada na **Figura II.5.1.3-49**, junto com a localização dos Blocos BM-ES-37 a 41. Já as constantes harmônicas encontram-se na Tabela 6.

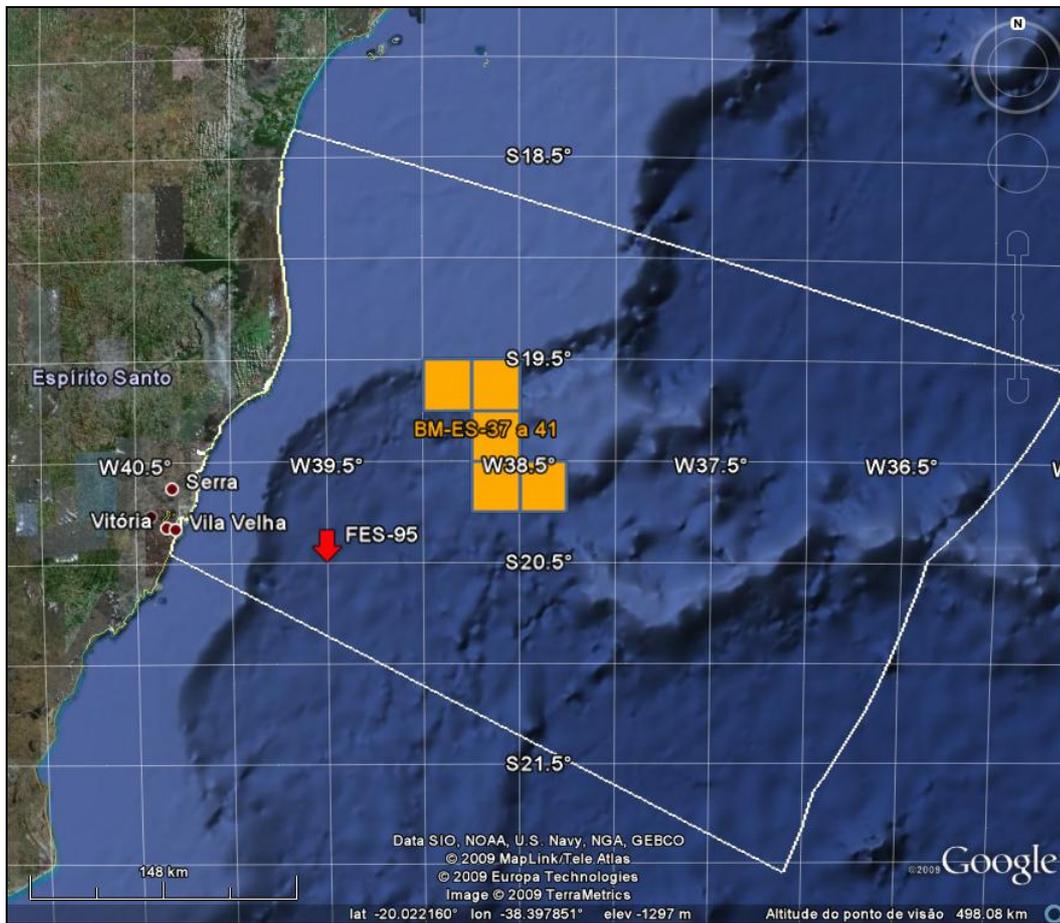


Figura II.5.1.3-49 - Posicionamento do ponto do FES-95 utilizado.

Quadro II.5.1.3-8 - Constantes harmônicas obtidas pelo modelo global de maré FES-95 no ponto de latitude 20,5° S e longitude 39,5° W.

Componente	Amplitude (cm)	Fase (em relação a Greenwich)
Q1	2	116,7
O1	8,6	142,5
K1	4,9	207
N2	7,3	178,6
M2	46	174,8
S2	21	187,9
K2	5,4	187,5

Para a região de interesse temos:

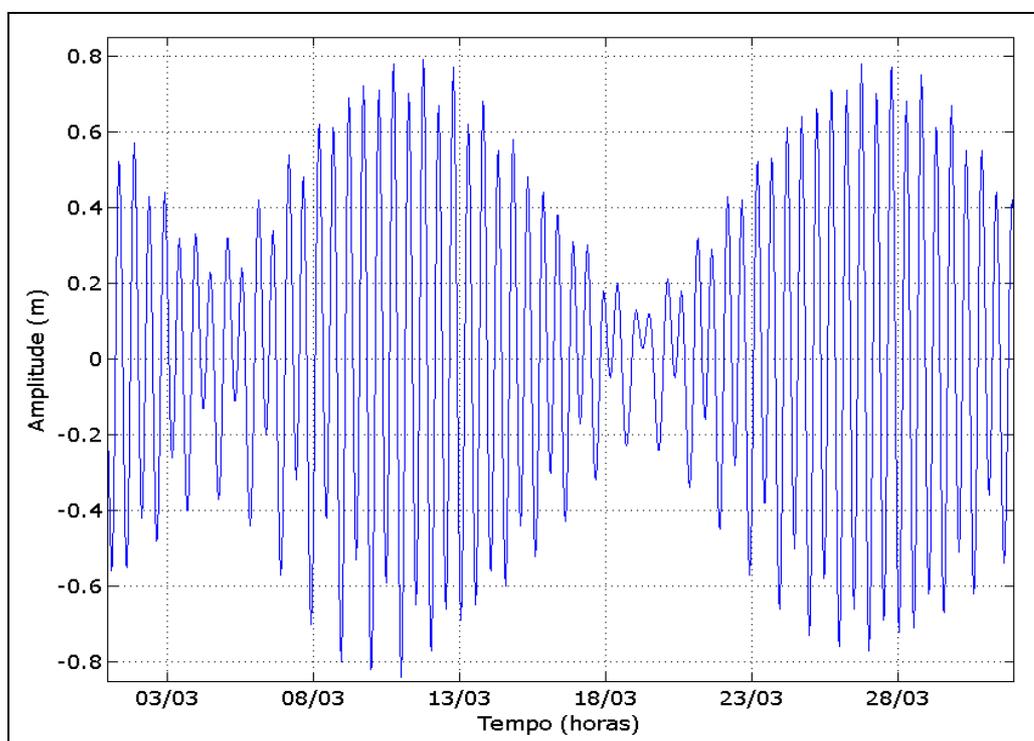
$$F = \frac{(4,9 + 8,6)}{(46,0 + 21,0)} = 0,202 \text{ - maré semi-diurna.}$$

Podemos calcular também, segundo a formulação de Pond & Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia, que nesse caso será:

$2(M2+S2) = 134$ cm para os dados do FES-95; e

Portanto, podemos classificar a maré na região como sendo semi-diurna, com amplitudes médias de maré de sizígia variando em torno de 134 cm.

Na Figura II.5.1.3-50 é apresentada a série de elevação da superfície do mar para o mês de março de 2009.



Fonte: FES-95.

Figura II.5.1.3-50 - Elevação da superfície do mar (m) para o período de março de 2009.

Observa-se que na maré prevista para o mês de março de 2009 o valor máximo é de 0,79 m, ocorrendo às 18:00 h do dia 11. Já o valor mínimo está previsto para à 0:00 h, também do dia 11, com elevação de -0,84 m.

II.5.1.3.8 - Síntese Conclusiva

As maiores temperaturas superficiais observadas nos perfis do BNDO e do NODC foram obtidas no período de verão e outono (~ 29 °C). Em profundidade, não são verificadas variações sazonais expressivas, ficando a temperatura próxima a 4°C ao longo de todo o ano. Ainda sobre a TSM, sensores orbitais (ODYSSEA) indicaram temperaturas máximas de até 30,5°C no outono de 2008. A salinidade superficial apresentou média próxima a 37 ao longo de todo o ano, com a maior variação ($\sim 36,5$ a 37,5) observada no período de outono. Em profundidade, assim como na temperatura, não são observadas variações sazonais expressivas.

O diagrama TS elaborado mostrou a presença de Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e, uma menor parcela, de Água de Mistura (AM).

Em relação ao regime hidrodinâmico, a região da Bacia do Espírito Santo é marcada por uma topografia oceânica complexa, que influencia decisivamente sua circulação. Meandramentos e vórtices estão associados à presença da cordilheira submarina, aos bancos e aos alargamentos e estreitamentos da plataforma continental na região (Fragoso, 2004). Destaca-se a presença de um vórtice de longa duração, o Vórtice de Vitória, que é uma estrutura ciclônica localizada na região oceânica ao largo da cidade de Vitória, centralizado em 20,5° S e 39° W. Seu diâmetro médio é de cerca de 100 km. Fragoso (2004) observou que esse vórtice apresenta atividade mais intensa no verão, tornando-se menos intenso no período de inverno, chegando a desaparecer. Ainda segundo o autor, na primavera, sua presença volta a ser detectada.

A região sul e sudeste do Brasil é frequentemente influenciada pela passagem de sistemas frontais. A influência desses sistemas no oceano 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. As condições extremas de ondas observadas na região podem estar associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: o Anticiclone do Atlântico Sul (ASAS), à passagem de Sistemas Frontais e ao deslocamento do anticiclone polar. No caso de domínio do ASAS, ondas com direções de NE-E podem chegar a até 1,5 m de Hs, configurando um cenário crítico para operações no mar. Entretanto, as condições mais severas de mar observadas na região estão associadas à evolução de Sistemas Frontais, onde ondulações de SW a SE podem atingir a região com 4,0 m de Hs.

A maré na região pode apresentar amplitudes médias no período de sizígia variando em torno de 134 cm.

II.5.1.3.9 - Referências Bibliográficas

Alves, J. H. G. M., 2006, Numerical Modeling of Ocean Swell Contributions to the Global Wind Wave Climate, *Ocean Modeling*, 11, (98-122)

Apel, J.R., 1987. Principles of Ocean Physics. Edição International Geophysics Series, 38. Academic Press, 634 pp.

Araujo José, S., 2005: Modelagens Magnetotélica e Sísmica na Bacia do Espírito Santo. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo - LENEP. 133p.

Branco, F.V., 2005, Contribuições de Swell Gerado em Tempestades Distantes para o Clima de Ondas na Costa Brasileira, Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. 137 Págs.

Candella, R. N, 1997.; Estudo de Casos de Ondas no Oceano Atlântico Sul Através de Modelagem Numérica. Tese de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Candella, R. N. ; Rabinovich, A. B. ; Thomson, R. E. . The 2004 Sumatra Tsunami as Recorded on the Atlantic Coast of South America. *Advances in Geosciences*, v. 14, p. 117-128, 2008.

Costa, T.P., 2007: Existe um Vórtice de Vitória Climatológico? Monografia de Bacharelado em Oceanografia. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 76p.

Dias, F. F., Castro, J. W. A., Seoane, J. C. S. Camargo, L. H. R. Indicadores de Mudanças Climáticas e de Variações do Nível do Mar na Costa do Rio de Janeiro: Aquecimento ou Resfriamento?. *Revista Eletrônica de Geografia*. 2009. v1. 21-32p.

Evans D.L. , S. S. Signorini & L.B. Miranda, 1983: A note on the transport of the Brazil Current. *Journal Of Physical Oceanography*, 9, 724-738.

Ferreo, B. and Wainer, I., 2008. "Estudo Comparativo da Temperatura e Salinidade Entre os Resultados do Community Climate System Model, os Dados Hidrográficos do World Ocean Data Atlas 2001 e da Reanálise Oceânica Simple Ocean Data Assimilation." *Revista Atlântica*, 30(2) 89 - 100, 2008.

Fragoso, M.R., 2004: Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, COPPE. 173p.

FUNDESPA / IOUSP / PETROBRAS, 1994: - Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul e sudeste do Brasil.

Gaeta, S.A.; Lorenzetti, J.A.; Miranda, L.B.; Susini-Ribeiro, S. & Pompeu, M., 1999: The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral 1995. Arch. Fish. Mar. Res., 47, 253-270.

Godoi, S.S., 2005: Dinâmica Quase-Geostrofica do Sistema Corrente do Brasil no Embaiamento de São Paulo (23,5° - 27° S). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 157p.

Hansen, D.V. and Poulain, P.M. Quality Control and Interpolations of

WOCE-TOGA Drifter Data. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, v.13, p. 900-909, 1995.

Le Provost, C., M.L. Genco, F. Lyard, P. Vincent & P. Canceil, 1994. Spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamic model. Journal of Geophysical Research, 99(C12): 24.777-24.797.

Lima J. A. M., 1997: Oceanic circulation on the Brazilian shelf break and continental slope at 22°S. Tese De Doutorado. University Of New South Wales. Australia.

Miranda, L.B., 1991. "Análise de massas d'água dos oceanos." Notas de aula do curso, Univ. de São Paulo, São Paulo.

Peterson, R. G. e Stramma, L., Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean, Progress in Oceanography, vol.26, pp 1-73, 1991. Pond, S. & G.L. Pickard, 1978. Introductory Dynamical Oceanography. Pergamon Press, Oxford. 329p

Pinho, U. F., 2003, Caracterização dos Estados de Mar na Bacia de Campos, Tese de Mestrado do Programa de Engenharia Oceânica, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 123 pp.

Pond, S., Pickard, G.L. Introductory Dynamic Oceanography. Pergamon Press. 1978.

Portilho-Ramos, R. C., Rios-Netto, A. M., Barbosa, C. F. 2006. Caracterização Bioestratigráfica do Neógeno Superior da Bacia de Santos com Base em Foraminíferos Planctônicos. Revista Brasileira de Paleontologia, 9(3), 349-354 p.

Schmid, C.H.; Schafer, H.; Podesta, G. & Zenk, W., 2005: The Vitória Eddy and its relation to the Brazil Current. *J. Phus. Oceanogr.*, 25(11), 2535-2546.

Seixas, N.A.B., 1997: Clima de ondas na Bacia de Santos: análise dos dados e proposta de parametrização. Tese de Doutorado. Observatório Nacional. Departamento de Geofísica. 142p.

Signorini, S.R., 1978: On the circulation and volume transport of the Brazil Current between Cape of Sao Tome and Guanabara Bay, *Deep-Sea Research*, 25, 481-490 p.

Silva, L.C.F., C.A.F. Albuquerque, W.W. Cavalheiro, C.M.P. Hansen, 1982: Gabarito tentativo para as massas de água da costa sudeste brasileira. Separata dos Anais Hidrográficos - Tomo XLI. 30p.

Silveira, I. C., 2007: O Sistema Corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ - Tese de Livre Docência - Universidade de São Paulo - SP.

Souza, M. C. de A., 2000: A corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 169p.

Souza, R. B.; Lorenzetti, J. A.; Lucca, E. V. D. Estimativas da temperatura da superfície do mar através do sensoriamento remoto no infravermelho. In: Souza, R. B. (Org.). *Oceanografia por Satélites*. São Paulo: Oficina de textos, p. 102-115, 2005.

Violante de Carvalho N., 1998: Investigação sobre a evolução do clima de ondas na Bacia de Santos e a correlação com as situações meteorológicas associadas. Dissertação de Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 186p.

WOCE (World Ocean Circulation Experiment), acessado em 2004
http://cmdac.oce.orst.edu/cmdac/woce_experiments/explist.htm

WMO (World Meteorological Organization), 1998. *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. Second Edition. Pub. 702. Secretariat of the World Meteorological Organization. Genève, Switzerland.