

ÍNDICE

V.1 - Meio Físico.....	1/10
V.1.1 - Meteorologia e Climatologia.....	1/10
V.1.1.1 - Considerações Iniciais.....	1/10
V.1.1.2 - Características Climáticas.....	2/10
V.1.1.3 - Sistemas Atmosféricos Atuantes.....	2/10
V.1.1.4 - Características Meteorológicas.....	5/10

V.1 - MEIO FÍSICO

Para a caracterização da região da Praia Grande em São Paulo (Brasil), foram realizados levantamento dos dados secundários disponíveis em bibliografia especializada e vistorias de campo, com objetivo de levantar dados primários na Área de Influência do empreendimento.

O objetivo deste capítulo é apresentar um diagnóstico sucinto dos principais condicionantes físicos (parâmetros meteorológicos, climatológicos, oceanográficos, geológicos, geomorfológicos e qualidade da água marinha) da Área de Influência do projeto de Implantação do Sistema de Cabo Submarino de Fibras Ópticas - Projeto SEABRAS-1.

V.1.1 - Meteorologia e Climatologia

V.1.1.1 - Considerações Iniciais

Para a caracterização meteorológica e climatológica são utilizados dados secundários obtidos de normais climatológicas, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), adquiridos nas estações meteorológicas convencionais instaladas próximas ao local definido para o empreendimento, além de bibliografia especializada.

O INMET apresenta normais climatológicas que fornecem médias mensais de parâmetros meteorológicos de determinada estação no período de 30 anos (entre 1961 e 1990), caracterizando a distribuição dos dados em uma faixa de incidência habitual.

Neste levantamento foram utilizados os principais parâmetros meteorológicos, tais como: temperatura (média, mínima e máxima), regime pluviométrico, umidade relativa do ar, insolação, nebulosidade e regime de ventos atuantes na Área de Influência.

São descritos a análise do comportamento sazonal destes parâmetros meteorológicos além dos principais sistemas atmosféricos atuantes na Área de Influência.

V.1.1.2 - Características Climáticas

PRAIA GRANDE - LITORAL DE SÃO PAULO

Praia Grande é um município da Microrregião de Santos e junto com os municípios de Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Santos e São Vicente formam a Região Metropolitana da Baixada Santista.

O município de Praia Grande é localizado na latitude 24°00'S e longitude 046°00'W, está limitado à São Vicente (ao nordeste), Oceano Atlântico (à leste, sudeste e sul) e à Mongaguá (à Oeste). Existem ainda limites marítimos com os municípios de Santos (à nordeste) e Guarujá (à Leste), nas águas da Baía de Santos, que banha o extremo leste da cidade e une-se ao Mar Pequeno pelo Estreito do Morro dos Barbosas, onde fica a Ponte Pênsil.

A Zona leste da Praia Grande é uma península com a presença do Mar Pequeno, o norte/oeste do município é serrano e o restante da cidade é planície litorânea.

Em escala macroclimática, o litoral de São Paulo apresenta clima "Aw" e "Cfa" de acordo com a classificação de Köppen (Rolim *et al.*, 2007).

O clima na Praia Grande é o subtropical úmido, sem meses secos, com verões quentes e invernos brandos, sendo janeiro o mês mais quente, com temperatura média de 24 °C e julho o mês mais frio, com temperatura média de 17 °C. O período com maior pluviosidade é de dezembro a março e o de menor pluviosidade é de junho a agosto.

V.1.1.3 - Sistemas Atmosféricos Atuantes

As características climáticas locais podem ser entendidas pela frequência com que os sistemas atmosféricos atuam numa região. Estes podem influenciar no aumento ou diminuição da precipitação, variar calor e umidade. A variação nas condições do tempo são comuns aos sistemas de determinada região com influência do relevo, latitude e proximidade ao mar. No estudo para a implantação do sistema de cabo submarino de fibras ópticas do Projeto SEABRAS-1 será descrito o sistema atmosférico do litoral do Estado de São Paulo.

A relação entre o padrão da circulação atmosférica sobre a América do Sul e a distribuição espacial e temporal dos sistemas meteorológicos apresenta várias características interessantes, tais como: a Alta do Bolívia (AB); os Vórtices Ciclônicos (VCAS); a Zona de Convergência do

Atlântico Sul (ZCAS); a Baixa do Chaco, no verão interagindo com os sistemas frontais; ondas de frio que surgem na região equatorial e são chamadas de friagens no inverno; e os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs). No Oceano Atlântico tropical há também a ocorrência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (RI PRO06, 2007).

Outro importante sistema atmosférico atuante no litoral brasileiro é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A ASAS é um sistema semi-permanente de alta pressão atmosférica, induzido pela circulação global (célula de Hadley). Este sistema atmosférico apresenta uma migração sazonal, sendo mais intensa e com centro localizado mais ao norte durante o inverno (e com padrão contrário sendo observado durante o período de verão). Em geral, este sistema localiza-se mais ao sul e a leste no verão (em torno de 30° S e 15 ° W) e mais ao norte e oeste no inverno (em torno de 22 ° S e 30 ° W). Este sistema é o padrão dominante no Oceano Atlântico subtropical, com influência também sobre a circulação oceânica na região.

No inverno o ASAS inibe a entrada de frentes, favorece a inversão térmica e a concentração de poluentes no ar. No verão esse sistema afeta as correntes de ventos no nordeste, favorecendo o transporte de umidade do Atlântico equatorial norte para a Amazônia e para o ramo oceânico da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), contribuindo para formação de nuvens e chuvas no sudeste. A ZCAS atua no período de verão contribuindo no aumento da precipitação (BASTOS, 2000; FERREIRA, 2000).

Outro sistema atuante é o Anticiclone Migratório Polar (AMP) que é responsável pela penetração de frentes frias no período primavera/verão. No inverno o AMP avança até as latitudes mais baixas, deixando a região sudeste com menores temperaturas.

É importante destacar ainda que a América do Sul é também uma região de forte interação meridional entre os trópicos e os extra-trópicos. As regiões tropicais e subtropicais da América do Sul sofrem influência direta do fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul). Embora exista essa relação direta para algumas regiões, tais como o norte da região Nordeste e o Sul do Brasil.

Os sistemas atmosféricos atuantes na região da Praia Grande (SP) são descritos a seguir;

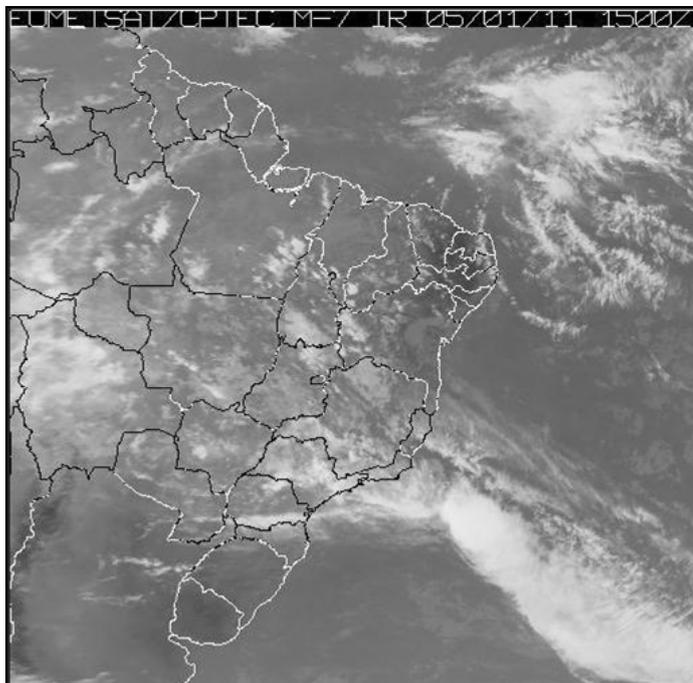
- **Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)** - resultam do corredor de umidade da massa equatorial continental, em sentido noroeste-sudeste, intensificando a perturbação frontal no Estado de São Paulo, acarretando fortes chuvas (na região sudeste) (Figura V.1.1-1).

- **Sistemas Frontais (SF)** - são comuns no encontro do ar úmido do oceano com o ar seco do continente. Promovem aumento da nebulosidade, de precipitações e intensificação de ventos (Figura V.1.1-2).
- **Linhas de Instabilidade Tropicais (LITs)** - são depressões barométricas, na forma de linhas organizadas em pequenas dorsais, associadas aos sistemas de alta pressão originários do interior do continente.



Fonte: www.cpetec.inpe.br

Figura V.1.1-1 - Imagem de satélite indicando o posicionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).



Fonte: www.cpetec.inpe.br

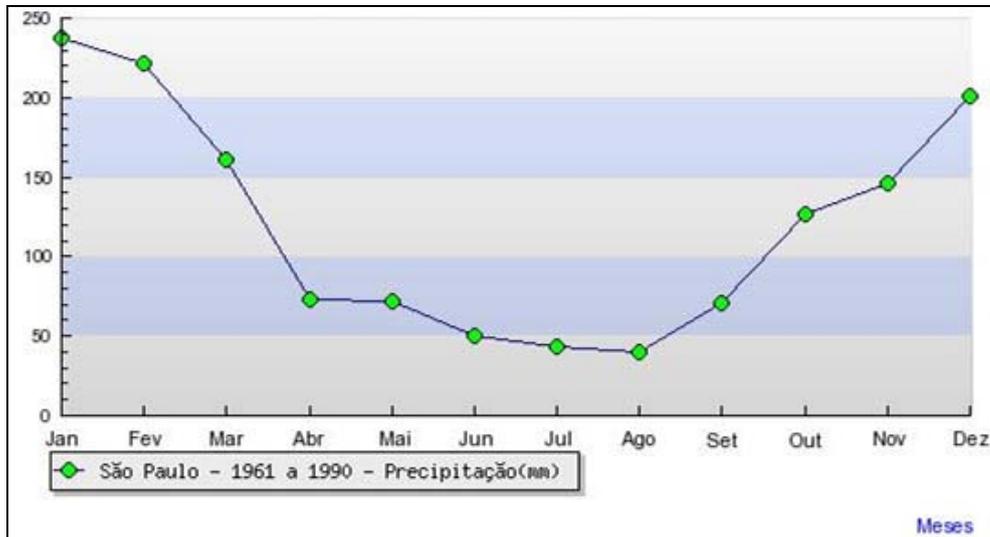
Figura V.1.1-2 - Sistemas Frontais (SF) atuando no sudeste do país.

V.1.1.4 - Características Meteorológicas

A caracterização meteorológica da Área de Influência na área de Praia Grande, no Estado de São Paulo foi realizada com base em dados secundários das normais climatológicas do INMET (1961-1990) para o Estado de São Paulo e também com os dados secundários da estação meteorológica convencional localizada em Moela, Guarujá (SP) (código A745 - Latitude -24.047845°; Longitude -46.263340°). São apresentados a seguir os resultados dos principais parâmetros meteorológicos.

Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica média é apresentada na **Figura V.1.1-3**. Os maiores valores ocorrem nos meses de dezembro a março, entre 160 e 235 mm/mês, com pico em janeiro e fevereiro (235 e 220 mm/mês respectivamente). Este período é úmido e de elevados índices de chuva. Entre abril e novembro a precipitação varia de 35 a 200 mm, com as menores precipitações ocorrendo em julho e agosto (35 e 40 mm), sendo esse o período mais seco.

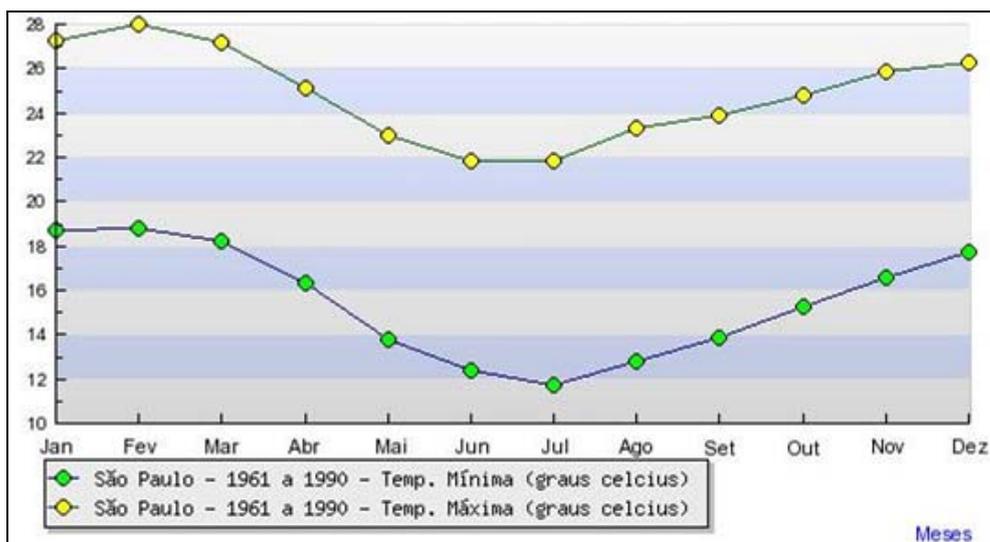


Fonte: INMET, 2015.

Figura V.1.1-3 - Normal climatológica de precipitação média mensal de 1961 a 1990 em São Paulo.

Temperatura

A temperatura média em São Paulo apresenta as médias mais altas entre 27° e 28 °C no período de dezembro a março (verão), e as menores temperaturas médias entre os meses de junho a agosto (entre 9° e 12 °C), como apresentado na Figura V.1.1-4.

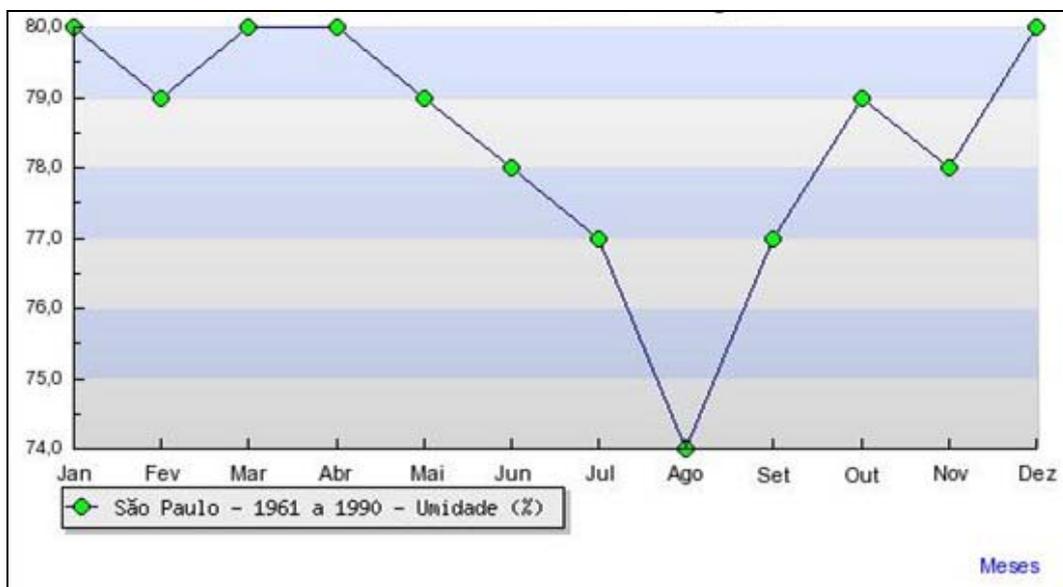


Fonte: INMET, 2015.

Figura V.1.1-4 - Normal climatológica de temperaturas médias mensais de 1961 a 1990 em São Paulo.

Umidade Relativa do Ar

Os valores de umidade relativa (UR) para o Estado de São Paulo apresentam variação anual de 6%. Os índices de UR variam entre 74 e 80% durante todo ano (Figura V.1.1-5). Os meses de julho, agosto e setembro são os que apresentam os menores índices (74 a 77%), e podem estar associados à influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) - que causa subsidência de ar - e entrada de frentes frias e secas. Vale ressaltar que aspectos como a cobertura vegetal e a maritimidade podem influenciar na umidade do microclima local.

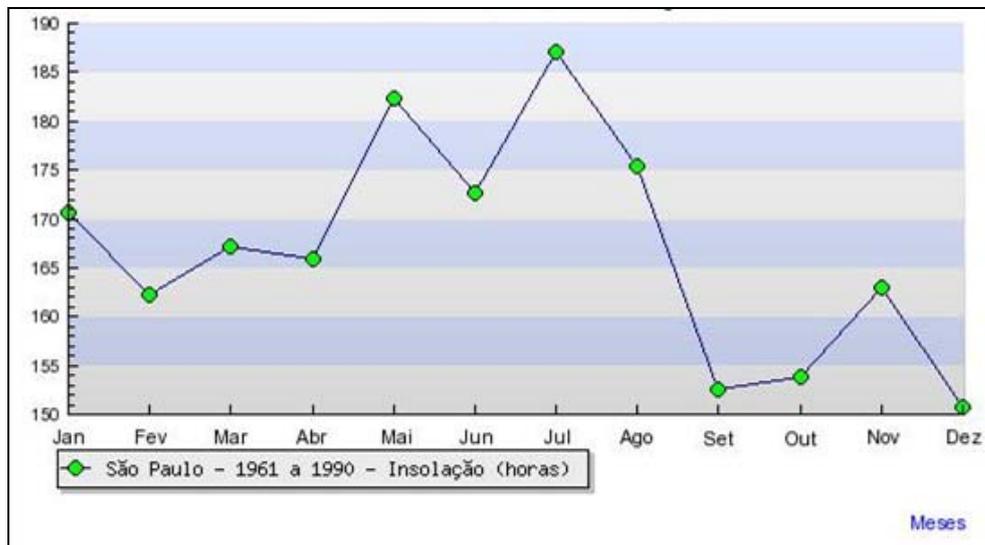


Fonte: INMET, 2015.

Figura V.1.1-5 - Normal climatológica de umidade relativa do ar mensal de 1961 a 1990 em São Paulo.

Insolação

A insolação expressa a quantidade de horas em que é registrado feixe de luz solar direto sobre uma superfície. O trimestre de maio a julho apresenta os maiores valores de insolação, 183, 173 e 187 horas respectivamente (Figura V.1.1-6). O mês de dezembro aparece com o menor índice de horas, com 150 horas de insolação. Alguns aspectos podem ser levados em consideração na variação da insolação: o período de verão é mais chuvoso, formando nebulosidade, ainda que em período curto de tempo.

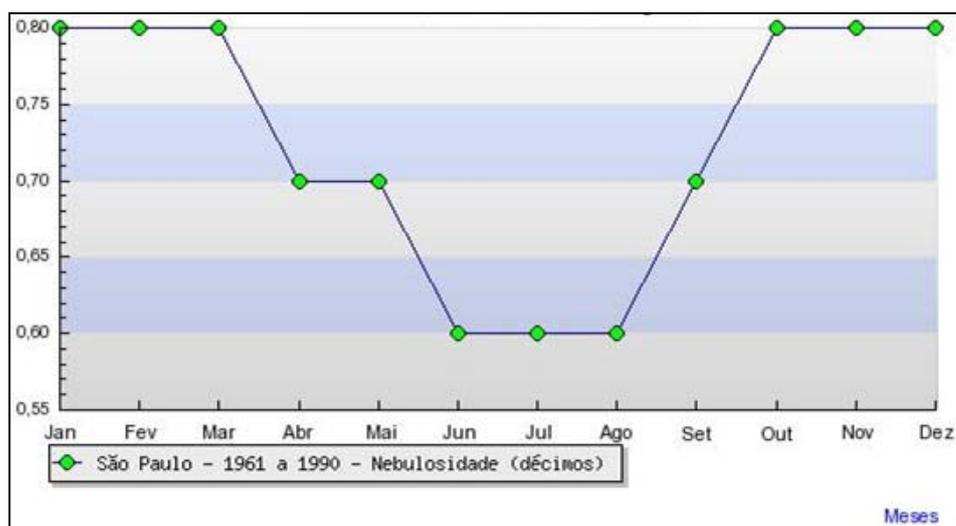


Fonte: INMET, 2015.

Figura V.1.1-6 - Normal climatológica de insolação mensal de 1961 a 1990 em São Paulo.

Nebulosidade

A nebulosidade representa a fração da cobertura de nuvens na abóboda celeste e é medida em décimos (0-10). Na referida Área de Influência, a nebulosidade média anual é de 5 décimos. O período de maior nebulosidade é entre outubro e março, com média de 0,80 décimos do céu encoberto. Os meses de julho e agosto aparecem com menor nebulosidade, com média de 0,60 décimos de céu encoberto (Figura V.1.1-7).



Fonte: INMET, 2015.

Figura V.1.1-7 - Normal climatológica de nebulosidade mensal de 1961 a 1990 em São Paulo.

Regime de Ventos

No Estado de São Paulo atuam ventos dos sistemas tropicais (oriundos do Anticiclone Tropical do Atlântico - ATA) e de ventos dos sistemas polares (oriundos dos Anticiclones Polares Migratórios - APM), além de fenômenos frontológicos (Tessler *et al.*, MMA,2015).

Este trabalho apresenta a análise do comportamento dos ventos em São Paulo a partir da análise de dados das médias mensais disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, em seu banco de dados (BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa). O estudo compreende o período da Normal Climatológica de 1961 - 1990, perfazendo um total de 30 anos de dados. As informações foram obtidas através de observações realizadas na estação MIR de SANTANA - SP (OMM: 83781).

O Quadro V.1.1-1 apresenta as médias mensais da intensidade e da direção predominante do vento a 10 m, adquiridas a partir da Normal Meteorológica considerada (1961-1990). Na Figura V.1.1-8 é apresentado o gráfico com os valores de intensidade média mensal e direção predominante do vento para todo o período aqui abordado (30 anos).

Quadro V.1.1-1 - Normal climatológica de intensidade e direção do vento mensal, de 1961 a 1990, em São Paulo.

Mês	Intensidade do Vento (m.s-1)	Direção Predominante do Vento
Janeiro	2,75	Indefinido
Fevereiro	2,62	Indefinido
Março	2,49	E
Abril	2,63	E
Maio	2,27	E
Junho	2,40	E
Julho	2,48	E
Agosto	2,53	E
Setembro	2,80	SE
Outubro	3,01	SE
Novembro	3,12	SE
Dezembro	2,99	SE
Ano	2,67	E

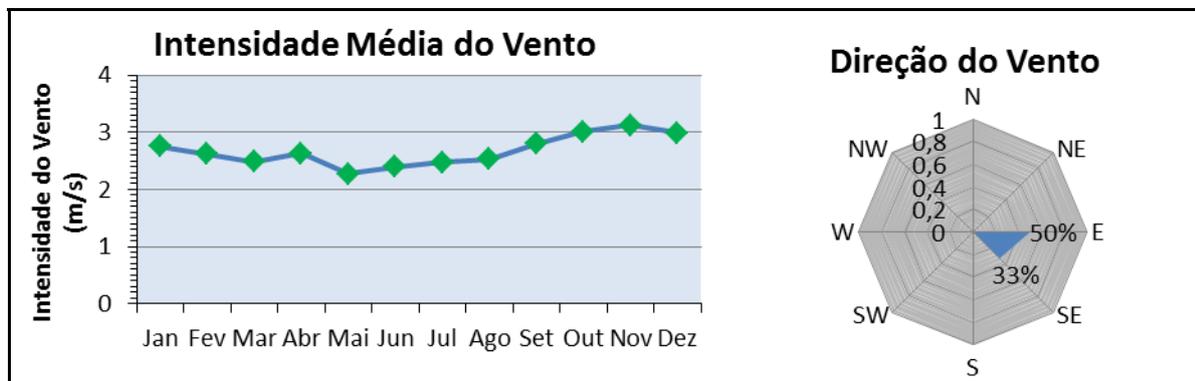


Figura V.1.1-8 - Normal climatológica de Intensidade e Direção Predominante do vento (mensais), de 1961 a 1990, em São Paulo.

A partir do Quadro V.1.1-1 e da Figura V.1.1-8 é possível observar que em 50% do ano a direção predominante do vento é E. Nos meses de primavera e início do verão do hemisfério sul ocorrem os maiores valores de intensidade do vento e a direção predominante deste passa a ser SE (33,3% do ano). Já nos demais meses de verão (janeiro e fevereiro), a direção predominante do vento é indefinida, já que ocorre alternância entre os ventos de E-SE e N-NE, devido ao gradiente térmico formado pelo aquecimento diferenciado entre a porção marinha e a porção continental.

Estes resultados divergem dos apresentados por Oliveira *et al.* (2007), onde este autor afirma que as maiores velocidades de ventos ocorrem no inverno, atingindo valores máximos entre as 13 e 15 h e decrescendo após as 19 h. Ainda segundo este autor, a circulação atmosférica no litoral da Baixada Santista é dominada pela brisa marítima local e pelas massas de ar tropical atlântica e polar. Nas escarpas da Serra do Mar e proximidades predominam dois fluxos de ventos: nordeste, no período noturno, e sudeste, no período diurno.

ÍNDICE

V.1.2 -	Oceanografia.....	1/46
V.1.2.1 -	Introdução.....	1/46
V.1.2.2 -	Bacias Potiguar e Paraíba-Pernambuco.....	3/46
V.1.2.2.1 -	Propriedades Físico-Químicas	3/46
V.1.2.2.2 -	Massas d'Água.....	8/46
V.1.2.2.3 -	Regime de Correntes.....	11/46
V.1.2.2.4 -	Regime de Ondas	15/46
V.1.2.2.5 -	Regime de Marés	16/46
V.1.2.3 -	Bacia de Santos.....	17/46
V.1.2.3.1 -	Massas d'água	28/46
V.1.2.3.2 -	Regime de Correntes.....	31/46
V.1.2.3.3 -	Regime de Ondas	37/46
V.1.2.3.4 -	Regime de Marés	43/46

V.1.2 - Oceanografia

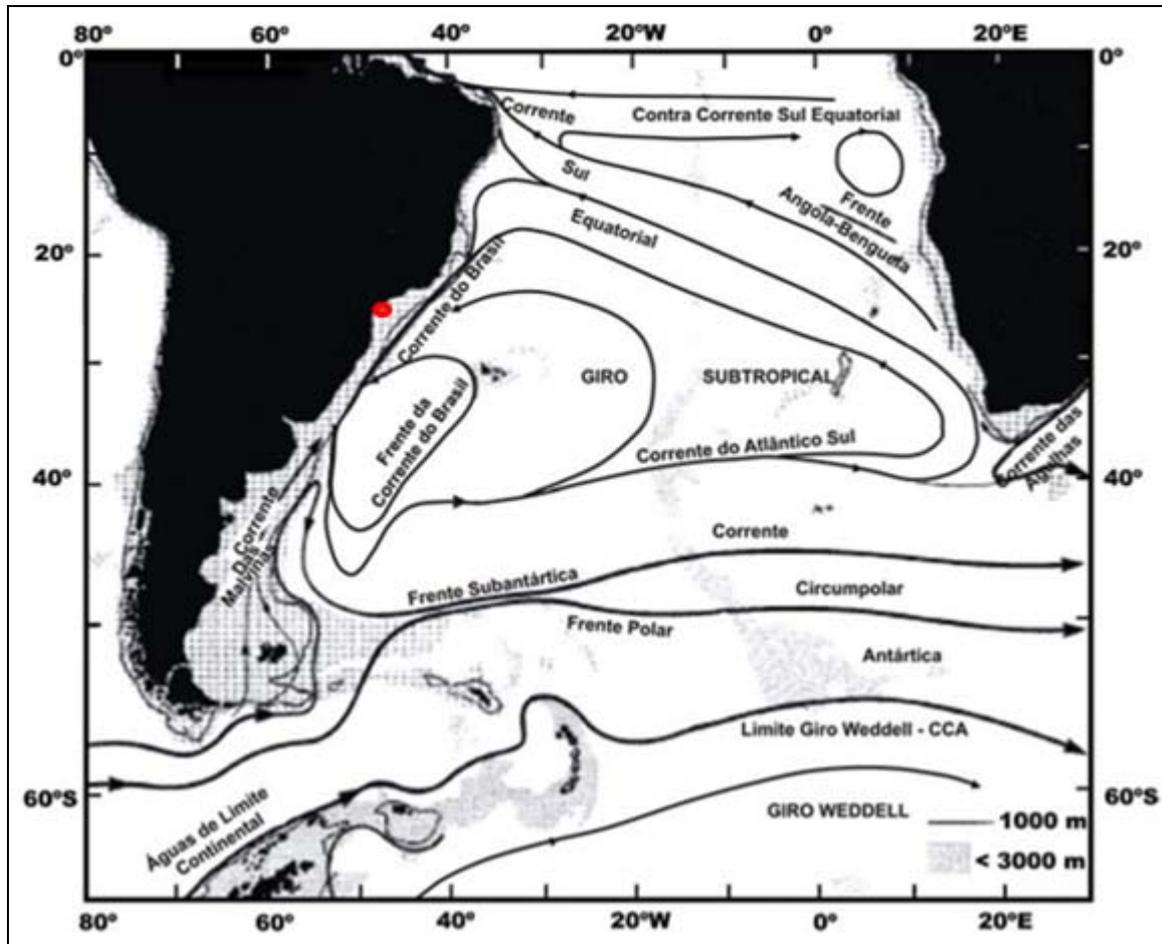
Esta seção apresenta aspectos relevantes da oceanografia da Área de Influência do projeto de Implantação do Sistema de Cabo Submarino de Fibra Óptica (Projeto Seabras-1). De acordo com o Termo de Referência utilizado, devem ser caracterizados os parâmetros de temperatura, salinidade, massas d'água, correntes, regime de ondas e marés na área de influência da atividade. De acordo com o **Item III.2 - Descrição do Empreendimento**, o cabo submarino de fibra óptica serão lançados em águas internacionais e alcançam águas jurisdicionais brasileiras na região próxima ao Atol das Rocas e em latitude próxima ao Estado de São Paulo. Desta forma, serão descritas as características das Bacias Sedimentares Potiguar, Paraíba-Pernambuco e Santos, na costa nordeste e sudeste do Brasil.

V.1.2.1 - Introdução

No Hemisfério Sul, considerando o regime hidrodinâmico de larga escala, a circulação superficial do Oceano Atlântico é influenciada pela interface com os ventos alíseos, determinando o giro subtropical no sentido anti-ciclônico (anti-horário), apresentada esquematicamente na **Figura V.1.2-1**.

O giro subtropical possui uma corrente de contorno oeste para sul, a Corrente do Brasil (CB), a qual se separa da costa na região da confluência com a Corrente das Malvinas (CM). A partir deste ponto, a Corrente do Brasil composta com a Corrente das Malvinas se afasta da costa e flui para leste como Corrente do Atlântico Sul (CAS). O giro no Atlântico é complementado pela Corrente de Benguela (BE) e pela Corrente Sul Equatorial (CSE). A Corrente Sul Equatorial, integrante deste giro, atravessa zonalmente a Bacia Atlântica e, ao se aproximar da costa brasileira, em torno da latitude de 12 °S, é bifurcada em dois ramos (Stramma & Schott, 1999), como ilustrado pela **Figura V.1.2-1**. Enquanto o ramo que migra para sul origina a Corrente do Brasil (CB), o ramo noroeste, denominado de Corrente Norte do Brasil (CNB), fecha o giro equatorial e flui sobre toda a região oceânica da costa norte brasileira.

As informações apresentadas são baseadas em levantamentos secundários e informações pretéritas e de análise de dados disponíveis nas imediações da área de estudo.



Fonte: Cirano *et al.*, 2006.

Figura V.1.2-1 - Circulação superficial no Oceano Atlântico Sul e a região de interesse localizada em vermelho.

As principais ondas presentes no Atlântico Sul são geradas nas médias e altas latitudes, por tempestades originadas nos centros de baixa pressão que vêm da Antártica, associados às frentes frias (CANDELLA, 1997).

De um modo geral, a maior parte do litoral brasileiro (do estado de Alagoas ao Rio Grande do Sul) apresenta-se com regime de maré semi-diurna com amplitudes de marés inferiores a 2 metros (micromarés). A maré semidiurna, apresenta um período de aproximadamente 12h, promovendo duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. Ainda sobre esse tipo de maré, Pond & Pickard (1978) descrevem que a altura de uma preamar é praticamente igual à outra, fato que ocorre de maneira análoga durante a baixamar.

V.1.2.2 - Bacias Potiguar e Paraíba-Pernambuco

Na rota de instalação, o cabo submarino de fibras ópticas serão depositados no fundo oceânico em águas profundas. Na porção nordeste do Brasil, o cabo será depositados na área das bacias sedimentares Potiguar e Paraíba-Pernambuco. Desta forma, essas bacias serão descritas a seguir.

A costa norte da região nordeste brasileira tem seus parâmetros oceanográficos controlados pelos modos de variabilidade típicos da Zona Equatorial. Enquanto que as propriedades físico-químicas da água estão associadas ao padrão termodinâmico do Oceano Atlântico Tropical e suas interações com atmosfera, sob o ponto de vista dinâmico a região oceânica é regida por três agentes principais: a circulação de larga escala do Oceano Atlântico Sul, através do fluxo unidirecional da Corrente Norte do Brasil neste local; o ciclo de marés e o regime de ventos locais.

A caracterização dos parâmetros oceanográficos na área das bacias sedimentares Potiguar e Paraíba-Pernambuco é feita com base na análise de dados oriundos da implementação de programas de monitoramento ambiental na região e de bases de dados públicas, de climatologias derivadas de dados de sensores remotos e de informações secundárias disponíveis em literatura científica.

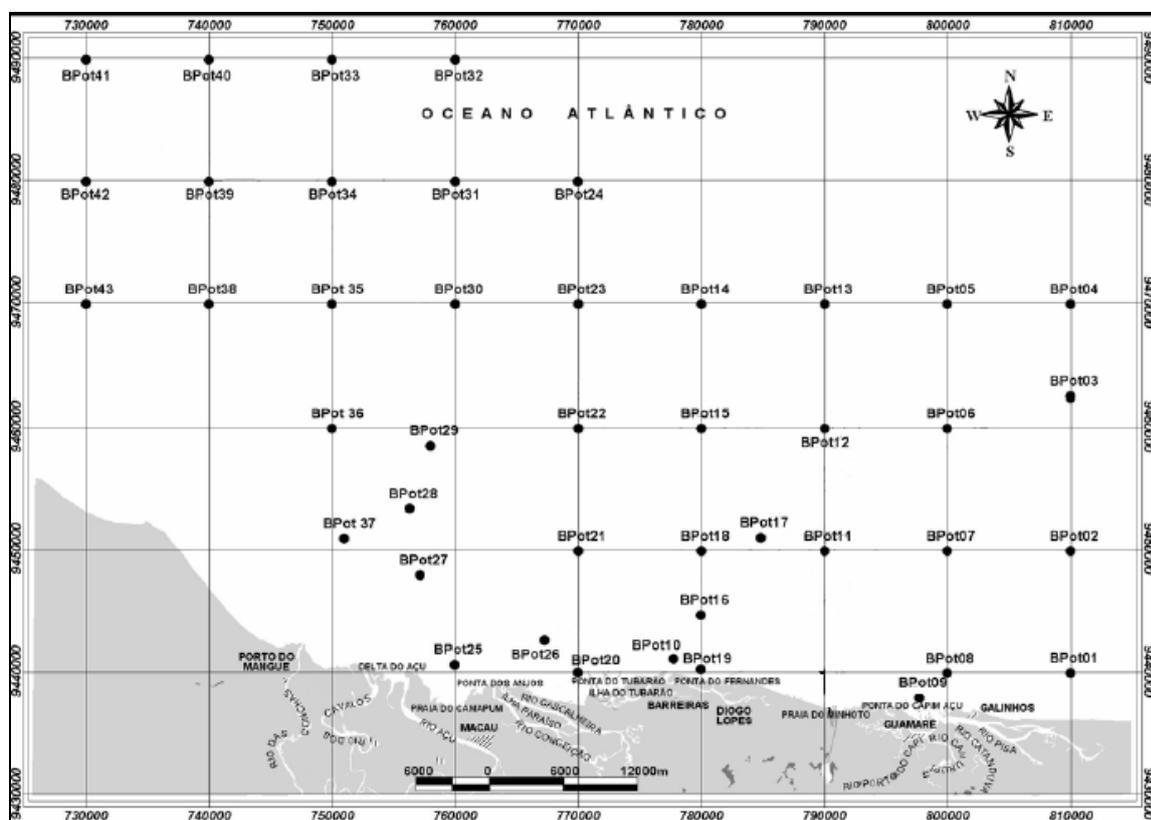
Os itens caracterizados no presente subitem são: temperatura, salinidade e densidade da água do mar, agrupados em propriedades físico-químicas; massas d'água; regime de correntes; regime de ondas; e regime de marés.

Na caracterização das propriedades físico-químicas da água e do regime de correntes foi dada ênfase à utilização de dados primários oriundos do Programa de Monitoramento Ambiental da Bacia Potiguar (PETROBRAS, 2002). Também foram utilizados o Banco de Dados Oceanográficos da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (BNDO/DHN), dados de observação visual de ondas e estudos ambientais já publicados para a região.

V.1.2.2.1 - Propriedades Físico-Químicas

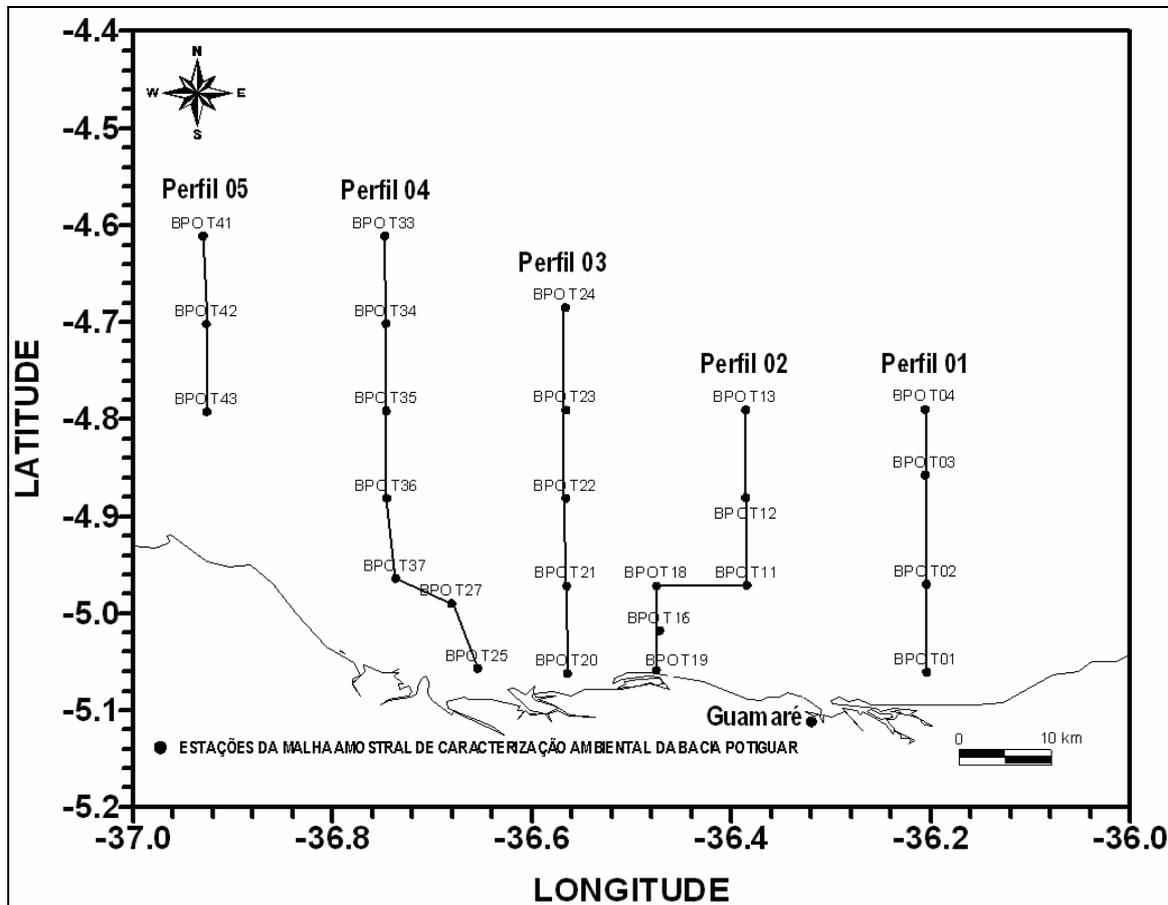
O chamado Padrão Dipolo do Atlântico é resultante do aquecimento diferencial do Oceano Atlântico Tropical ao longo do ano, segundo Hastenrath & Heller (1977) e Uvo *et al.* (1994), o modo de variabilidade oceano-atmosfera dominante sobre esta bacia oceânica. Tal padrão é caracterizado pela manifestação simultânea de anomalias de temperatura da superfície do mar entre as bacias norte e sul, gerando gradientes de pressão atmosférica em escala inter hemisférica que, por sua vez, agem no deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Por constituir-se no principal sistema meteorológico controlador de precipitação na região nordeste, a ZCIT tem efeitos significativos sobre as propriedades físico-químicas na região oceânica.

No tocante à distribuição vertical das propriedades físico-químicas, segundo o levantamento feito para o Campo de Siri pela Petrobras (Figura V.1.2-2 e Figura V.1.2-3), constatou-se a existência de uma coluna d'água praticamente homogênea na grande maioria dos perfis amostrados, em ambas as campanhas de monitoramento (PETROBRAS, 2005). As variações, quando existentes, estiveram limitadas aos primeiros metros da coluna d'água, evidenciando a resposta típica do oceano à ação de forçantes meteorológicas na interface oceano-atmosfera, tais como: precipitação, radiação solar e cisalhamento eólico. Nas estações mais profundas, verificou-se uma diferença significativa entre os valores de temperatura na superfície e no fundo, caracterizando diferentes ambientes termohalinos.



Fonte: adaptado de PETROBRAS, 2004 e 2005b.

Figura V.1.2-2 - Mapa esquemático da área de estudo, com a localização das estações da malha de caracterização ambiental da Baía Potiguar.



Fonte: adaptado de PETROBRAS, 2004 e 2005b.

Figura V.1.2-3 - Mapa de localização dos perfis com as respectivas estações oceanográficas.

A construção de seções verticais das propriedades para cada perfil descrito desta seção, para os dados obtidos na campanha de novembro de 2003 revelou que a homogeneidade ao longo da coluna d'água ocorre primordialmente sobre a região da Plataforma Continental, indicando intenso processo de mistura induzido pela dinâmica local. Apenas nas seções que cobrem áreas de Plataforma Externa e Talude Continental (Perfis 1 e 4) é verificada a estratificação das propriedades nos níveis mais profundos, a partir da borda da plataforma, como reflexo da estrutura termohalina local. As seções verticais revelaram existência de significativos gradientes horizontais, com maiores valores de temperatura e salinidade nas regiões mais próximas à costa que decorre da influência dos agentes meteorológicos locais, cujos efeitos em regiões mais rasas tendem a ser mais evidentes.

Os valores de temperatura superficial na área de estudo apresentaram-se com uma amplitude térmica de 1,8° C em maio (mínima de 27,2° C, e máxima de 29,0° C) com uma média de cerca de 28,1° C. Em novembro, a amplitude situou-se em 0,8° C (mínima de 27,2° C, e máxima de 28,0° C), com média de 27,6° C (Petrobras, 2005).

Quanto à distribuição superficial da salinidade, esta apresentou valor médio de 36,2 em maio (mínimo de 35,7 e máximo de 36,9), e de 37,1 em novembro (mínimo de 36,2 e máximo de 37,8). Em todos os perfis a máxima salinidade foi registrada a partir da profundidade de 2 metros, sobretudo nas regiões mais próximas da costa (PETROBRAS, 2005).

Em respeito à densidade da água, propriedade dependente das demais, a distribuição vertical e horizontal acompanha o comportamento da salinidade. Valores superficiais do parâmetro $\sigma\text{-t}_3$ apresentaram uma média de 23,32 kg/m³, (máximo de 24,08 kg/m³ e mínimo 22,71 kg/m³) em maio e 24,06 kg/m³ em novembro (máximo de 24,66 kg/m³ e mínimo 23,59 kg/m³).

Enquanto que as propriedades físico-químicas são distribuídas ao longo da coluna d'água por ação de forçantes hidrodinâmicas e meteorológicas locais, com flutuações associadas a pequenas escalas de tempo e espaço, o modo de variabilidade sazonal dominante na costa norte brasileira ocorre em função de fenômenos de larga escala na bacia do Oceano Atlântico Tropical.

Em concordância com este comportamento, a evolução do campo de TSM ao longo do ano sobre a área de influência revelou temperaturas máximas nos meses de março a maio, e mínimas entre agosto e outubro (**Figura V.1.2-4**). Considerando ainda que as máximas de TSM estejam bem relacionadas com máximos de precipitação devido ao posicionamento da ZCIT na costa norte da Região Nordeste Brasileira, pode-se inferir em uma variabilidade inversa para distribuição da salinidade superficial do mar e, conseqüentemente, do campo de densidade, sendo que os menores valores de salinidade e densidade ocorreriam durante o período chuvoso, de TSM máximas, e os maiores valores durante a estação seca, de mínima TSM.

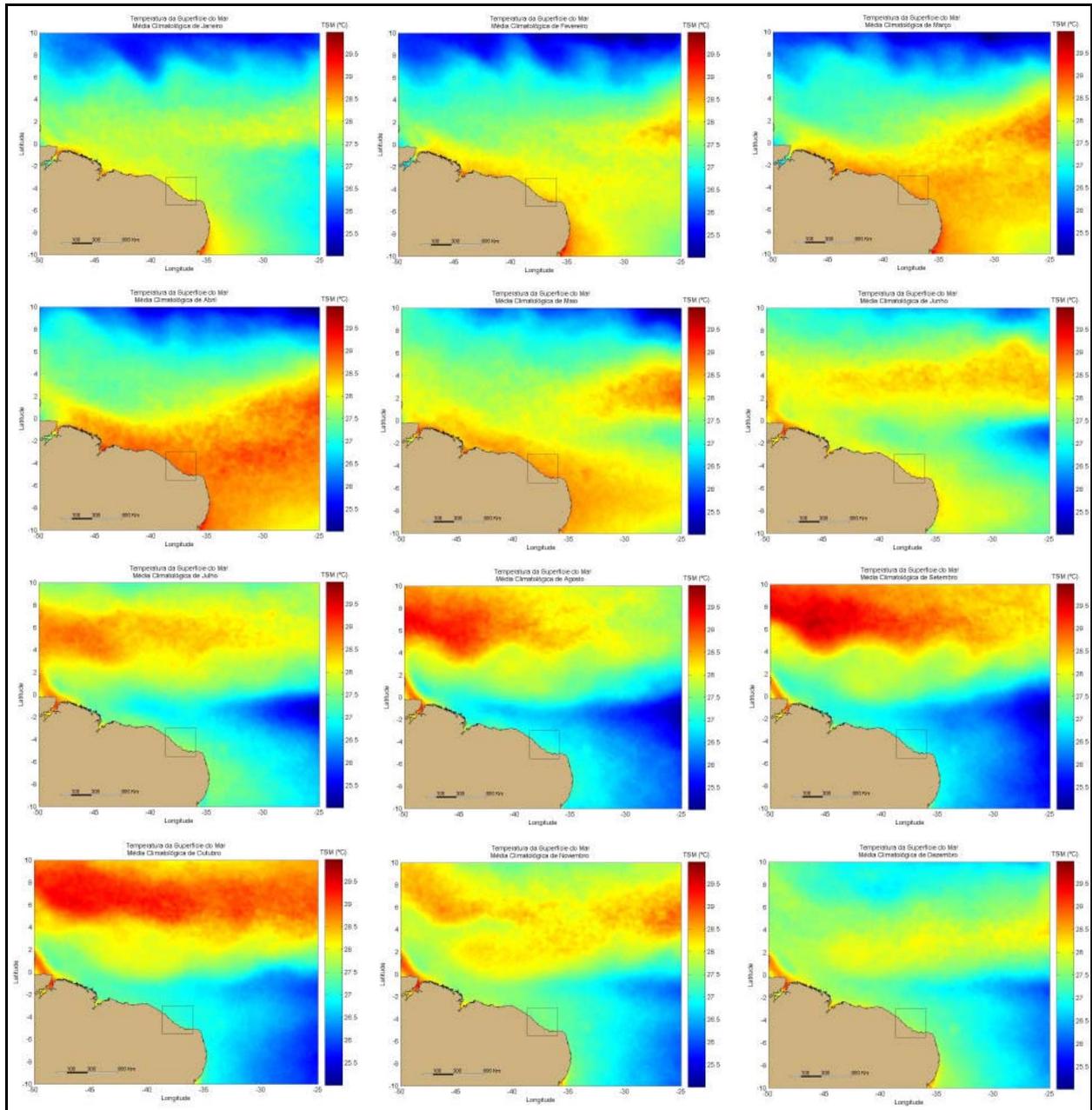


Figura V.1.2-4 - Mapas de valores médios mensais de TSM para dados de janeiro de 1998 a dezembro de 2002 do sensor remoto TMI.

V.1.2.2.2 - Massas d'Água

As massas d' água são corpos de água com formação comum, definidos com base nas características de temperatura e salinidade da água do mar de determinada região, que, por sua vez, definem a sua densidade. A densidade determina a posição que estas massas irão ocupar na coluna d'água (MIRANDA, 1991).

De acordo com Stramma & Schott (1999), as massas d'água possivelmente presentes no Atlântico Tropical são: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACS). Essas massas ocorrem em profundidades de até 1.200 m e se deslocam preferencialmente para norte. Entre 1.200 e 4.000 m tem-se a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) seguindo para sul, seguida mais ao fundo pela Água Profunda da Antártica (APA), fluindo para norte.

Em relação às massas d' água diretamente associadas à estrutura vertical da Corrente Norte do Brasil (CNB) na região, Silveira *et al.* (1994) encontraram águas com salinidade acima de 37 representando Água Tropical (AT) entre a superfície e 70-100 m. Em profundidades compreendidas entre 70 e 150 m nesta área encontra-se a Água de Máxima Salinidade (AMS), enquanto que em maiores profundidades é observada a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), limitada ao fundo pela Água Intermediária Antártica (AIA), representando a menor salinidade (cerca de 34,5) e centrada em cerca de 700 m. Além dessas massas d' água é possível ainda encontrar mais ao fundo em alguns locais, onde a salinidade volta a aumentar, a Água Circumpolar Superior (ACS).

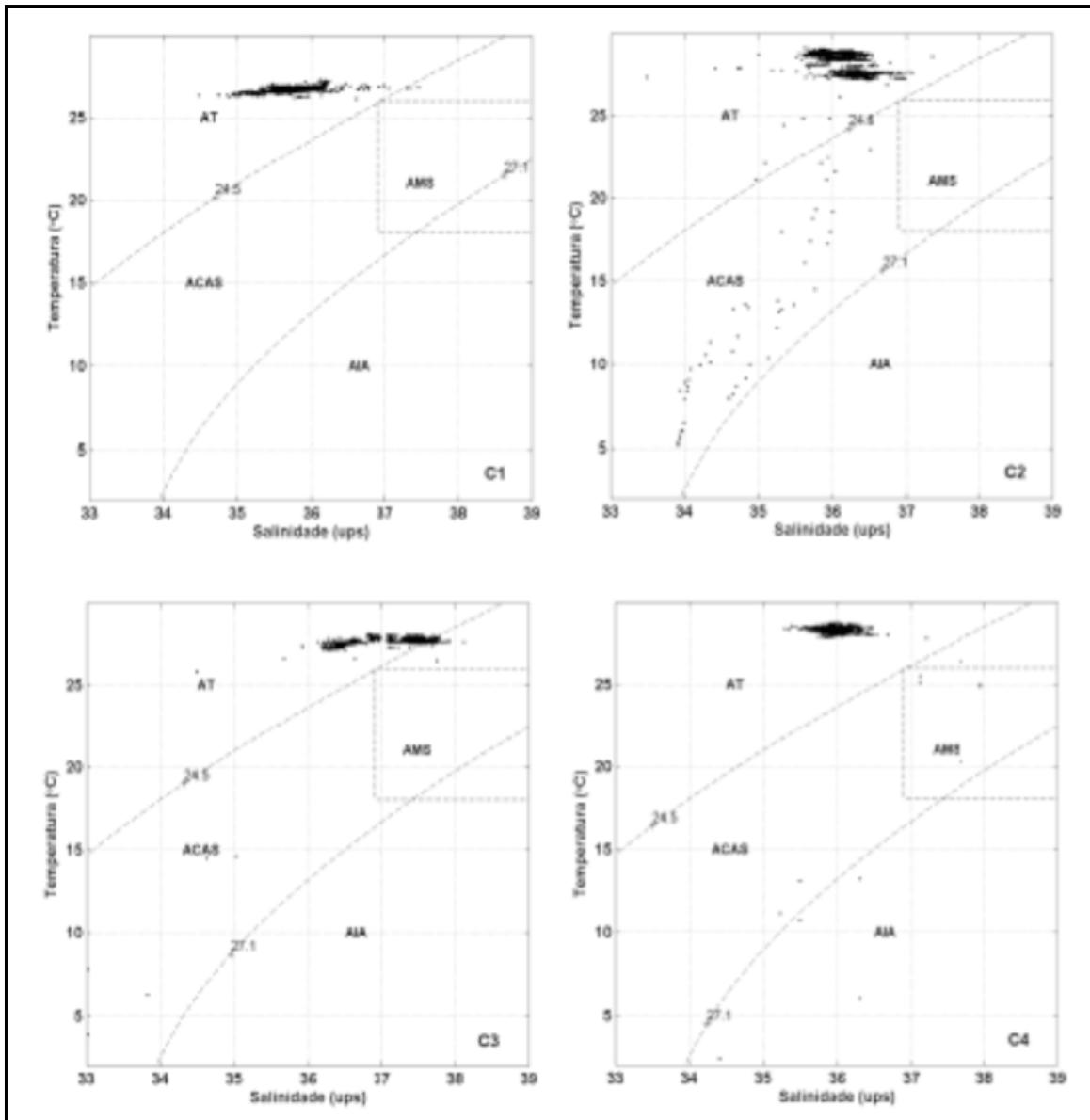
As massas d' água presentes na região da Bacia Potiguar foram identificadas com base nos dados primários de temperatura e salinidade coletados pela Petrobras ao longo de 04 campanhas oceanográficas (C1, a 1ª campanha amostral em julho de 2002; C2, a 2ª campanha amostral em maio de 2003; C3, a 3ª campanha amostral em novembro de 2003 e C4, a 4ª campanha amostral em maio de 2004) de caracterização e monitoramento realizadas na região da Bacia Potiguar (Petrobras, 2006). Esta identificação foi realizada através da elaboração dos diagramas de Temperatura e Salinidade (T-S) (Figura V.1.2-5) que permitiram a caracterização de 4 massas d' água na região em estudo. As mesmas massas de água também foram encontradas em trabalhos experimentais previamente realizados na região em estudo (MEDEIROS *et al.*, 1998; BARNIER *et al.*, 2001; FREITAS, 2003; STRAMMA & SCHOTT, 1999).

Água Tropical (AT): massa d' água superficial caracterizada por valores de sigma-t inferiores a 24,50, temperaturas superiores a 26,0° C e salinidade entre 35,0 e 37,5, aproximadamente. Segundo Stramma *et al.* (2005), ela forma a camada de mistura do Atlântico Tropical;

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): massa d' água situada entre a Água Tropical Superficial e a Água Intermediária Antártica, é transportada, segundo Stramma & Schott (1999), para a região em estudo pela Corrente Norte do Brasil (CNB) e Sub-Corrente Norte do Brasil (SCNB). Essa massa d' água apresenta baixo valor de salinidade e alto valor de oxigênio dissolvido, sendo caracterizada por valores de densidade entre 24,500 e 27,125, temperaturas entre 5° C e 23° C e salinidade entre 34,0 e 36,5, aproximadamente;

Água Intermediária Antártica (AIA): massa d' água proveniente da Convergência Antártica e que se propaga em direção norte através do Equador. Apresenta um mínimo de salinidade entre 700 e 1100 m de profundidade e um máximo de oxigênio. É limitada pelo intervalo de densidade entre 27,125 e 27,450, temperaturas inferiores a 14 °C e salinidade entre 34,4 e 36,3, aproximadamente; e

Água de Máxima Salinidade (AMS): massa d' água que encontra-se normalmente inserida na ACAS. Apresenta temperaturas variando de 18,0° a 26,0°C e salinidade próxima ou superior a 37,0. É formada na região de transição dos trópicos para os subtropicos, onde a evaporação é maior que a precipitação e transportada do oceano Atlântico Sul para a região de fronteira oeste pelo sistema Corrente Sul Equatorial (CSE)/ Corrente Norte do Brasil (CNB)/ Sub-corrente Norte do Brasil (SCNB) (SCHOTT *et al.*, 1995,1998; FERREIRA, 2001; FREITAS, 2003; SILVA, 2006).



Fonte: PETROBRAS (2006).

Figura V.1.2-5 - Diagramas T-S esquemático, mostrando a presença da Água Tropical (AT), da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), da Água de Máxima Salinidade (AMS) e da Água Intermediária Antártica (AIA), na Bacia Potiguar ao longo das quatro campanhas amostrais.

A análise desta figura mostra a presença predominante de Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Nas estações de amostragem mais profundas foi verificada a presença da Água Intermediária Antártica (AIA) e nas estações de coleta mais profundas, localizadas no Talude da Plataforma Continental Potiguar foi possível identificar também a Água de Máxima Salinidade (AMS).

A Água Tropical (AT) superficial esteve presente em todas as colunas d' água das estações de coleta, compreendida entre a superfície e a profundidade de 70 metros. Abaixo desta foi observada a ACAS (Água Central do Atlântico Sul), estendendo-se até cerca de 450 m e abaixo desta profundidade, nas estações de coleta mais profundas, verificou-se a presença da AIA (Água Intermediária Antártica) (PETROBRAS, 2006).

V.1.2.2.3 - Regime de Correntes

Controlando o regime de correntes na parte externa da plataforma continental e no talude nestas Bacias, a Corrente Norte do Brasil (CNB) apresenta-se como um fluxo constante para noroeste com velocidade que pode alcançar 120 cm/s (RICHARDSON, 1994 *APUD* PETROBRAS, 2002). Ainda segundo este relatório, a velocidade da CNB varia entre 25 e 200 cm/s, dependendo de eventuais interações com ventos alísios e da posição relativa dentro dos limites da corrente. De acordo com Johns *et al.* (1998), a CNB apresenta um forte ciclo anual, com um máximo de transporte ocorrendo em Julho-Agosto (36 Sv) e mínimo em Abril-Maio (13 Sv).

Nos domínios internos da plataforma, a circulação é resultante da composição das correntes de maré e de deriva costeira, esta última decorrente da ação dos ventos locais. Como efeito da predominância de ventos do quadrante Leste (entre SE e NE) e da orientação E-O da linha de costa adjacente, a corrente resultante tem direção paralela à costa, com fluxo preferencialmente para oeste. Segundo Signorini & Miranda (1983), em função da influência dos ventos alísios durante todo o ano, as correntes costeiras nas Bacias Potiguar e Paraíba-Pernambuco apresentam forte componente para Oeste.

Para a caracterização do comportamento dinâmico na área de influência, foram analisadas séries de dados horários de intensidade e direção de corrente oriundos de fundeios de perfiladores de corrente; Fundeio 1 (PETROBRAS & OCEANSAT, 2003), Fundeio 2 (Devon & Oceansat, 2001) e Fundeio 3 (PETROBRAS, 2005a), detalhados no **Quadro V.1.2-1**, e de fundeios de correntômetros realizados durante as campanhas de monitoramento ambiental na Bacia Potiguar (PETROBRAS, 2004 e 2005b), detalhados no **Quadro V.1.2-2**.

Quadro V.1.2-1 - Detalhes dos fundeios dos perfiladores de corrente.

	FUNDEIO 1	FUNDEIO 2	FUNDEIO 3
Posição Geográfica	04°52'00''S 37°09'01''W	04°26'29''S 37°19'03''W	04°19'34''S 37°15'36''W
Profundidade Local	6 metros	17 metros	29 metros
Níveis de Medição	11 camadas de 0,5 metros	32 camadas de 0,5 metros	58 camadas de 0,5 metros
Período de Aquisição	21 a 27/04/2001	22/09 a 02/12/2000	24/09/200 a 24/09/2001

Fonte: PETROBRAS & OCEANSAT (2003); DEVON & OCEANSAT (2001) e PETROBRAS (2005a).

Quadro V.1.2-2 - Detalhes dos fundeios de correntômetros.

	FUNDEIO 4	FUNDEIO 5	FUNDEIO 6	FUNDEIO 7
Posição Geográfica	04°51,9'00''S 36°22,4'00''W	05°04'16,7''S 36°22'51,9''W	05°03'11,2''S 36°22'29,9''W	05°01'20''S 36°25'55,5''
Profundidade Local	20 metros	8 metros	6 metros	9 metros
Níveis de Medição	2 metros	6 metros	5 metros	
Período de Aquisição	04/05 a 03/06/2002	22/09 a 02/12/2000	14 a 19/05/2003	13 a 30/05/2003

A análise das séries de dados registrados pelos perfiladores indicou que os maiores percentuais de variância recaem no período semidiurno (~12 horas), indicando a predominância das correntes de maré nos registros. Enquanto que no Fundeio 2 esta variância está acima de 90%, no Fundeio 3, em região de plataforma externa, este valor está em torno de 75%. Nestas três localidades os altos valores de variância descritos pela componente semidiurna, em todos os níveis de profundidade amostrados, revelam pouca variabilidade das correntes de maré entre a superfície e o fundo da coluna d'água (VIANNA & MENEZES, 2003).

Construídas para os dados obtidos no Fundeio 3, de maior período de amostragem, para os níveis de 2, 5, 10, 15, 20 e 25 metros de profundidade, estas tabelas revelam uma ocorrência superior a 50% de correntes entre 5 e 15 cm/s, e acima de 30% para a faixa de direção de 270-310°, em todas os níveis. A classe individual com maior frequência relativa em todas as distribuições foi a de 10-15 cm/s entre 270-280° (-2,5%).

A análise também revela valores de intensidade ligeiramente maiores nos níveis intermediários da coluna d'água, corroborando a dominância de forçantes de mais larga escala (como a maré e a CNB), na dinâmica local. Variabilidades sazonais significativas não foram observadas nas séries anuais do Fundeio 3, embora tenha sido verificada a presença de sinais com variabilidades nas faixas de períodos de 8-12 dias, 18 dias e 170 dias (Vianna & Menezes, 2003).

De forma a permitir a comparação dos regimes de correntes nas diferentes regiões dos fundeios de perfiladores, a **Figura V.1.2-6** destaca os diagramas direcionais referentes ao nível superficial de cada uma das posições (2 metros de profundidade no Fundeio 1, 3 metros no Fundeio 2 e 4 metros no Fundeio 3).

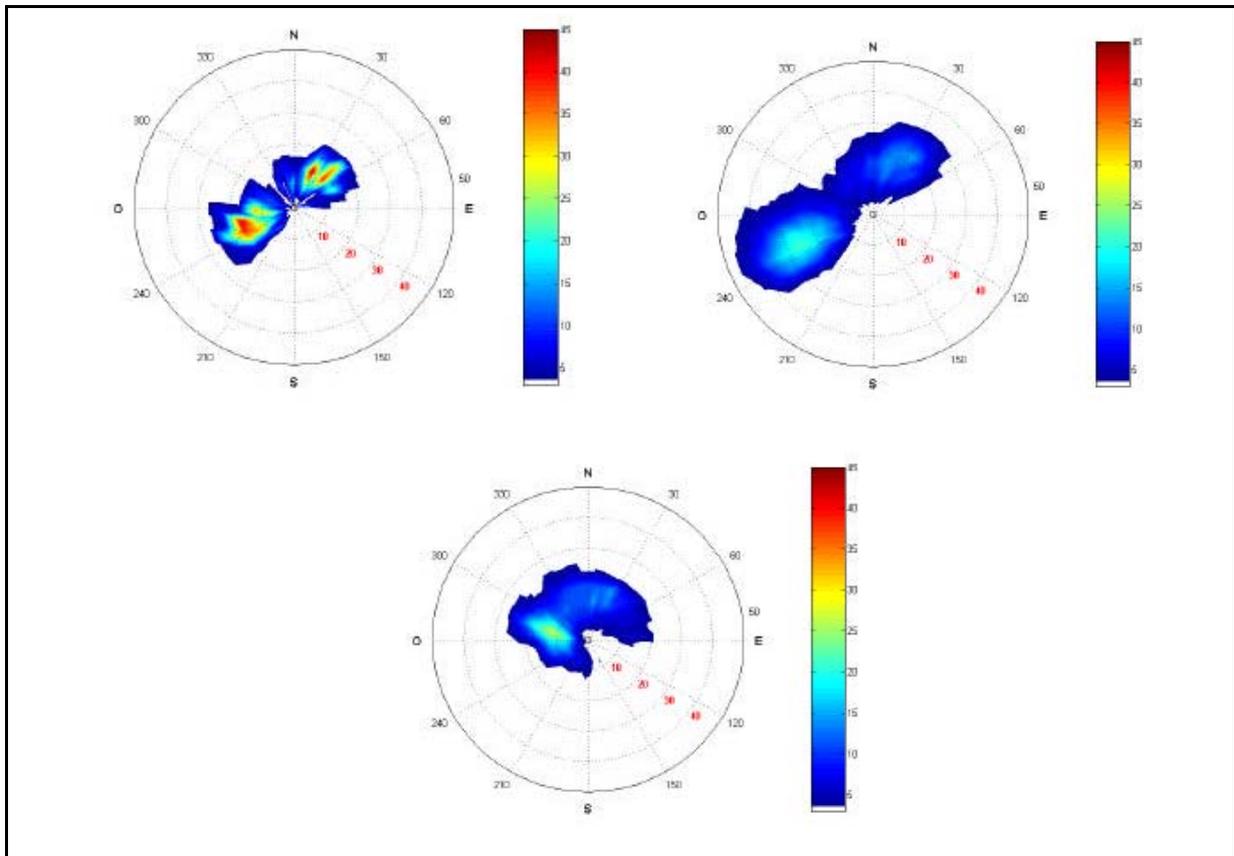


Figura V.1.2-6 - Histogramas direcionais das séries de corrente superficial registradas pelos perfiladores nos Fundeios 1, 2 e 3. As escalas de cores indicam faixas de frequência em relação ao número total de observações de cada série, em % (por mil).

A série registrada pelo Fundeio 1 evidencia um claro domínio do sinal bipolar de maré, semi-diurno, com predominância de correntes com intensidade média entre 15 e 20 cm/s durante o período de enchente e entre 10 e 15 cm/s na vazante. O mesmo padrão é observado no Fundeio 2, onde a assimetria das correntes de maré é melhor discriminada, com máximo em torno de 40 cm/s na enchente e de 30 cm/s na vazante. Percebe-se ainda um desvio para oeste do eixo de oscilação da maré decorrente da influência de componente zonal constante, representando as correntes geradas pelos ventos locais. A análise dos registros identificou a predominância de um fluxo médio de 8 cm/s na direção NW e máximo em torno de 15 cm/s.

No Fundeio 3, o padrão bipolar associado a regiões de plataforma interna e média é parcialmente desfeito pela influência de uma componente zonal mais significativa, de magnitude equivalente às correntes de maré. Com 29% das observações entre 10 e 15 cm/s, tal componente está associada a maior influência da CNB sobre a quebra da plataforma. Os valores de intensidade das correntes de enchente e vazante têm máximos em 23 cm/s e 26 cm/s, respectivamente, e a

deriva máxima em 30 cm/s. De acordo com os dados, esta deriva desenvolveu fluxo constante médio de 10 cm/s para 280°, com máximo em 20 cm/s nesta direção.

Nos diagramas dos Fundeios 5, 6 e 7, segundo a **Figura V.1.2-7**, há predominância de fluxo médio zonal, com intensidades não ultrapassando 20 cm/s na região do campo, e até 15 cm/s nos pontos mais próximos à costa. A representação destes registros ao longo do período de amostragem (maio de 2003), contra uma série simulada de elevação do nível do mar para a localidade costeira de Macau, revela também forte influência do regime de marés na região.

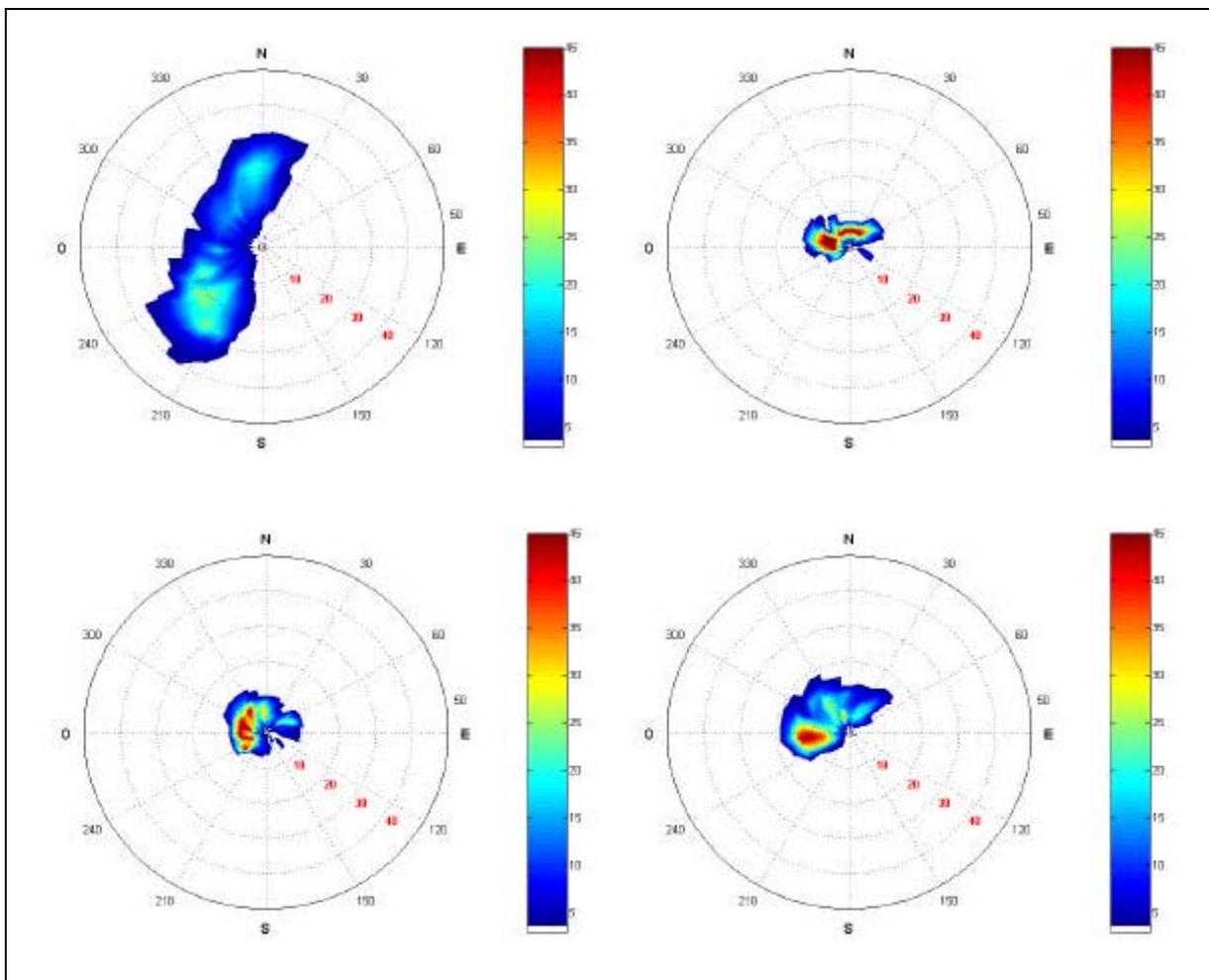


Figura V.1.2-7 - Histogramas direcionais das séries de correntes registradas pelos correntômetros nos fundeios 4, 5, 6 e 7. As escalas de cores indicam faixas de frequência em relação ao número total de observações de cada série, em ‰ (por mil).

Distinguem-se três regimes de correntes distintos sobre área, os quais podem ser associados a padrões dentro dos limites da Plataforma Continental na região, a saber: Plataforma Média, Interna e Externa. O Quadro V.1.2-3 sintetiza o comportamento hidrodinâmico em cada seção segundo valores médios e extremos das componentes de corrente de maré e de deriva.

Quadro V.1.2-3 - Condições médias e extremas das componentes de corrente para as distintas seções da Plataforma Continental da Bacia Potiguar (valores em cm/s).

Componente	Plataforma Interna		Plataforma Média		Plataforma Externa	
	MÉDIA	EXTREMA	MÉDIA	EXTREMA	MÉDIA	EXTREMA
Maré	5-10	15-20	15-20	35-40	10-15	25-30
Deriva	10	20	10	20	15	30

O Atol das Rocas, região próxima à passagem do cabo de fibras óptica, é banhado pela Corrente Sul Equatorial, com direção constante para W (EKAU & KNOPPERS, 1996; GOES, 2006) e possui velocidade média de 30 cm/s, segundo Richardson & Walsh (1986).

V.1.2.2.4 - Regime de Ondas

O regime de ondas no litoral norte/nordeste do Brasil é controlado pelos ventos alísios, apresentando alturas em torno de 1 a 1,5 metro em mar aberto e direção predominantemente de leste, oscilando entre NE e SE (INNOCENTINI *et al.*, 2000).

Além da agitação gerada localmente (vagas), deve-se considerar ainda a incidência de marulhos na faixa de períodos acima de 10 segundos, com duração de alguns dias, causados por furacões extra-tropicais no Atlântico Norte. A frequência de ocorrência destes furacões é bastante variável de ano para ano, mas a maioria ocorre entre agosto e outubro, com pico em setembro (INNOCENTINI *et al.*, 2000).

Em regiões relativamente profundas, o campo de ondas pode se comportar de forma aproximadamente homogênea ao longo de distâncias da ordem de quilômetros. Já em áreas rasas e próximas da costa (normalmente inferiores a 40 m), onde as ondas são significativamente influenciadas pelas variações de batimetria, os parâmetros interfaciais podem variar numa escala espacial da ordem de apenas alguns metros (PETROBRAS, 2006).

Estudo na região (MELO & ALVES, 1993; MELO *et al.*, 1995; BESERRA, 2007; BESERRA *et al.*, 2007), indicam que, além da dominância das ondas geradas localmente e associadas aos alísios, a região nordeste do Brasil recebe constantemente ondulações de grandes períodos (*swells*) geradas por tempestades que ocorrem no Atlântico norte e que viajam por longas distâncias até

atingirem a costa, ocasionando a elevação das alturas de ondas e, por vezes, destruição de parte da região litorânea.

Melo & Alves (1993) e Melo *et al.* (1995) já haviam observado a chegada de ondulações com períodos superiores a 20s na região nordeste brasileira provenientes de direção N e tendo como origem tempestades ocorridas nas proximidades do Arquipélago dos Açores.

Fisch (2008) mostra que existe uma clara concentração destas ondas (swells) nas direções entre 0° (N) e 45° (NE) ao longo do ano inteiro, indicando que possivelmente se tratam de chegadas dispersivas provenientes do hemisfério norte. Estas ondas ocorrem ao longo do ano inteiro de forma eventual, sendo que no verão estes eventos são mais frequentes em função da intensificação das tempestades e ciclones extratropicais no hemisfério norte.

Na área do Atol das Rocas, as ondas são concentradas na porção SE (Barlavento), embora a refração de ondas no embasamento do atol possa gerar grande arrebentações de ondas na porção W e SW (Sotavento) de Rocas (GHERARDI & BOSENCE, 2001).

V.1.2.2.5 - Regime de Marés

No Oceano Atlântico Equatorial são predominantes as marés semi-diurnas, onde se registram dois eventos de preamar (pico de maré alta) e dois de baixa-mar (pico de maré baixa) a cada dia lunar (de cerca de 24,8 horas). Nestas latitudes, segundo Beardsley *et al.* (1995), as componentes harmônicas dominantes são: a lunar principal (M2), de período de 12,4 horas, a solar principal (S2), de 12,0 horas, e a lunar-elíptica maior (N2), com período de 12,6 horas.

Signorini & Miranda (1983) citam como principais componentes as constituintes harmônicas de variabilidades semidiurnas e diurnas que, somadas, contribuem com correntes da ordem de 20 cm/s na direção ortogonal à costa. Como resultado das elevadas amplitudes apresentadas por estas componentes, observam-se significativas correntes de maré junto à costa (SIGNORINI & MIRANDA, 1983). Tal característica é demonstrada pela análise do comportamento dinâmico na região em estudo, onde as correntes de maré predominam na circulação sobre a Plataforma Continental até junto ao litoral.

De acordo com Gherardi & Bosence (1999), a temperatura da água do mar é de 27 °C próximo ao Atol das Rocas, com salinidade variando de 34 a 37. Tem o regime de mesomaré semidiurno, com variação de 2,7 m (Hoflich, 1984; Servain *et al.*, 1987).

V.1.2.3 - Bacia de Santos

A instalação em terra do cabo de fibra óptica ocorrerá no município de Praia Grande, no Estado de São Paulo, que está localizado na Bacia de Santos. Foram analisados parâmetros para caracterização desta Bacia com base em dados das seguintes fontes:

NOAA¹: climatologia da temperatura da superfície do mar (TSM) para o período de 1982 a 2008;

NODC²: climatologia de temperatura e salinidade

WOCE³: cruzeiros A17 e A23: temperatura e salinidade

Projeto MONDO⁴: dados de derivadores oceânicos

FEMAR⁵: constantes harmônicas de maré

Modelo WAVEWATCH III (WW3): dados simulados de ondas

Projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo realizado pela PEG & AS (2002).

O **Quadro V.1.2-4** indica a localização e o período de amostragem dos dados ilustrados nos gráficos. A descrição e análise destes dados são apresentadas nos itens seguintes.

O **Gráfico V.1.2-1** e o **Gráfico V.1.2-2**, apresentados a seguir, ilustram os valores típicos de temperatura da superfície do mar (TSM), na costa leste brasileira de acordo com dados de satélite obtidos junto à NOAA (REYNOLDS *et al.*, 2007).

Na região da Bacia de Santos, as temperaturas variam de 23° a 27 °C, no verão, e de 17° a 22 °C no inverno. As temperaturas mais baixas são encontradas ao sul do domínio e na região litorânea de São Paulo e do Rio de Janeiro (associadas ao processo de ressurgência costeira).

¹ National Oceanic and Atmospheric Administration

² National Oceanographic Data Center

³ World Ocean Circulation Experiment

⁴ Projeto Monitoramento por Derivadores Oceânicos

⁵ Fundação de Estudos do Mar

Quadro V.1.2-4 - Informações para as estações de medição de correntes, temperatura, salinidade, ondas e maré.

PARÂMETROS	DADO	COORDENADAS		PERÍODO
		Latitude (S)	Longitude (W)	
CORRENTE	Projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo realizado pela PEG & AS (2002)	–	–	fevereiro a maio de 2002
TEMPERATURA E SALINIDADE	TSM (NOAA)	–	–	1982-2008
	NODC	–	–	Climatologia
	WOCE A17	25,7962°	35,2337°	03 de fevereiro de 1994
	WOCE A23	26,2533°	41,3442°	05 de maio de 1995
MARÉ	Previsão de Maré (Ilha da Paz)	26°10,60'	48°29,00'	1-jan-2009 a 31-mar-2009
ONDA	Modelo WW3	26°	46°	2005 a 2007

De acordo com dados compilados pelo NODC ao longo da costa leste brasileira, as temperaturas na área de estudo variam de 23 °C a 25 °C, no verão (janeiro a março), e de 19 °C a 21 °C, no inverno (junho a agosto) e apresentam boa concordância com os valores obtidos por satélite, como apresentado no Gráfico V.1.2-1 e Gráfico V.1.2-2. A salinidade varia de 35,0 a 36,5 em ambos os períodos, como apresentado no Gráfico V.1.2-3 e Gráfico V.1.2-4. A área de estudo segue marcada com ponto vermelho nos gráficos.

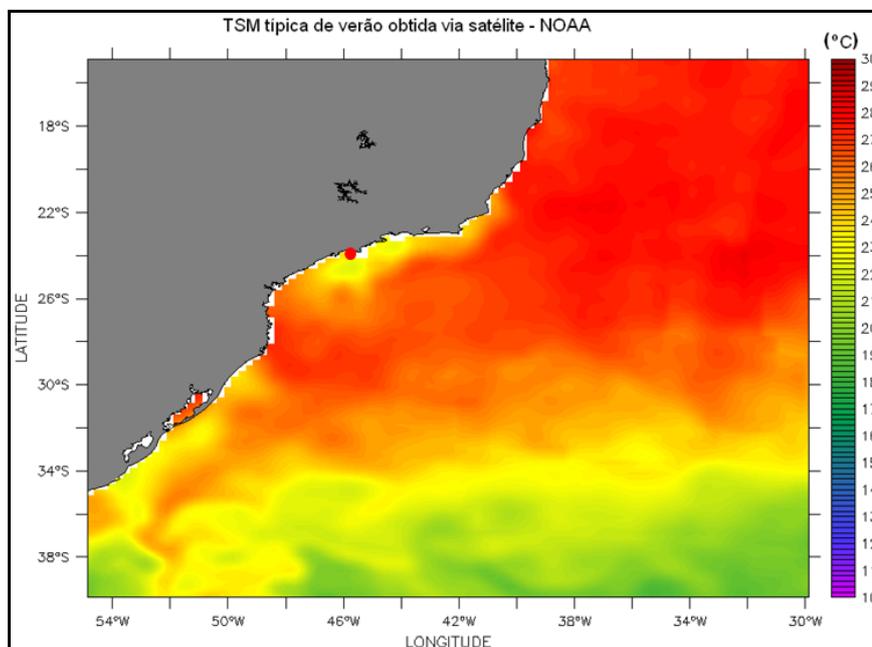
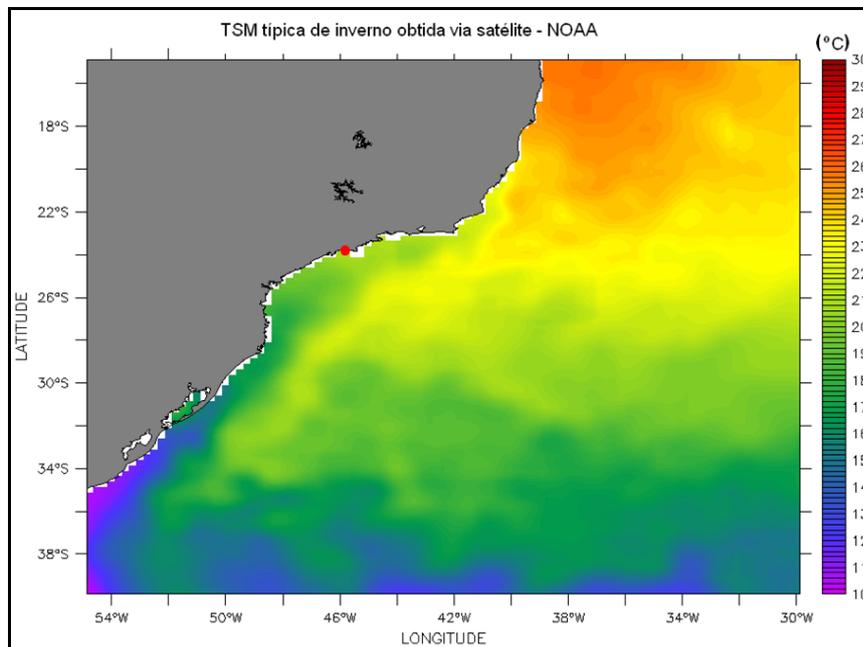
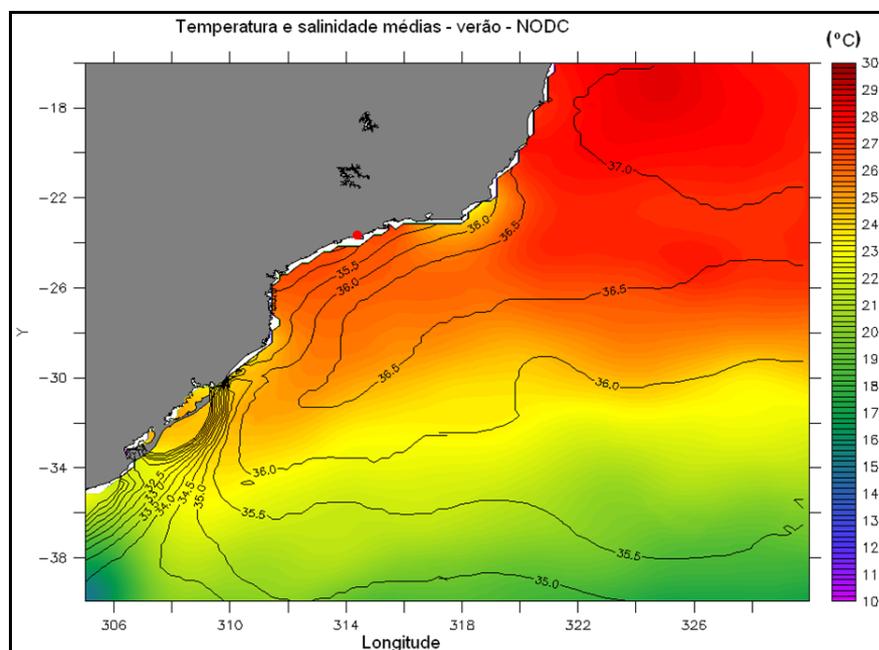


Gráfico V.1.2-1 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), típica de verão, obtida a partir de dados de satélite da NOAA (Reynolds *et al.*, 2007).



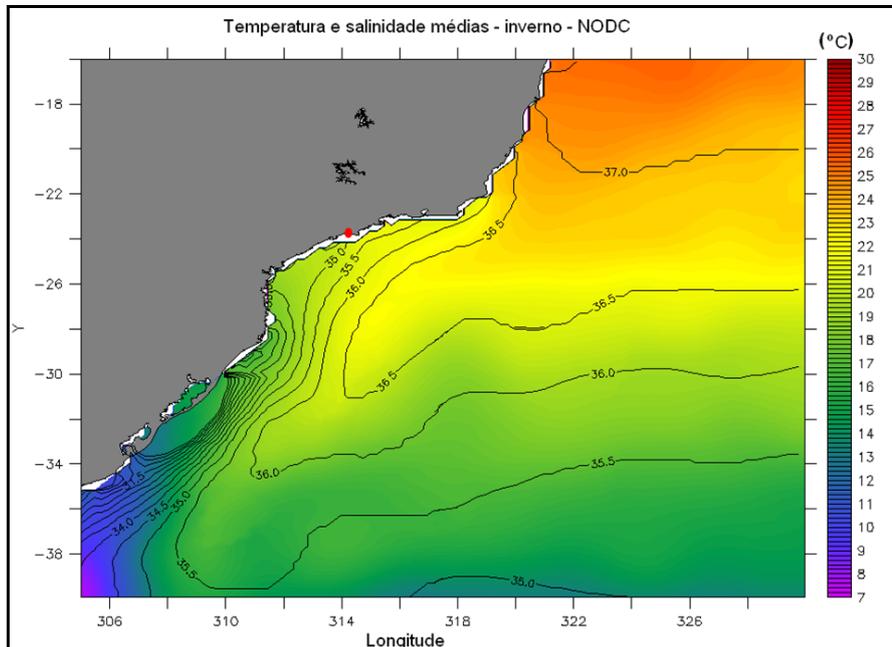
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-2 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), típica de inverno, obtida a partir de dados de satélite da NOAA (Reynolds *et al.*, 2007).



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-3 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), com contornos de salinidade sobrepostos, médias para o verão, obtidas a partir de dados do NODC.



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-4 - Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM), com contornos de salinidade sobrepostos, médias para o inverno, obtidas a partir de dados do NODC.

A Corrente do Brasil (quente e salina) tem influência ao longo da costa do Sul e Sudeste do Brasil, principalmente no verão.

No inverno, ocorre a penetração das águas de origem subantártica transportadas para norte por uma ramificação costeira da Corrente das Malvinas (Silva *et al.*, 1996). Essas águas frias e de baixa salinidade dividem a dinâmica da região com as águas quentes e salinas de origem tropical, transportadas pela Corrente do Brasil, ocasionando um dos principais processos oceanográficos que influencia na dinâmica da plataforma do Sul e Sudeste do Brasil.

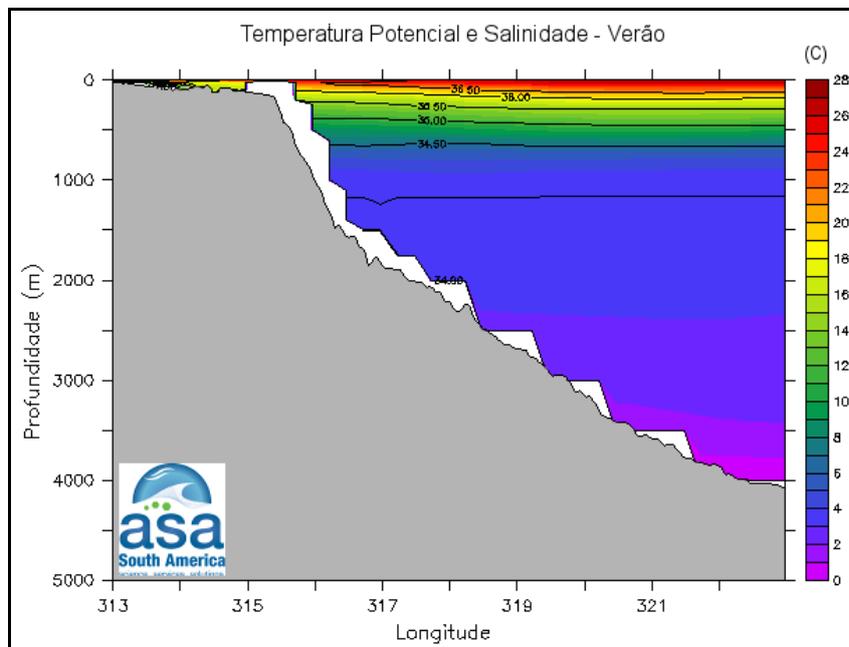
Do **Gráfico V.1.2-5** ao **Gráfico V.1.2-8** são ilustrados os valores médios de temperatura potencial (θ) e salinidade, para uma seção vertical ao longo de 24,7 °S, de acordo com dados do NODC, para os períodos de janeiro a março (verão), abril a junho (outono), julho a setembro (inverno) e outubro a dezembro (primavera).

Próximo à superfície verifica-se uma resposta direta ao ciclo sazonal de radiação solar incidente na superfície, com temperaturas mais elevadas no verão (em torno de 26 °C) e temperaturas menores no inverno (em torno de 21 °C). Nas camadas inferiores, devido à alta capacidade

térmica da água, existe uma inércia no aquecimento e resfriamento com relação à superfície e os máximos e mínimos de temperatura ocorrem no outono e na primavera, respectivamente.

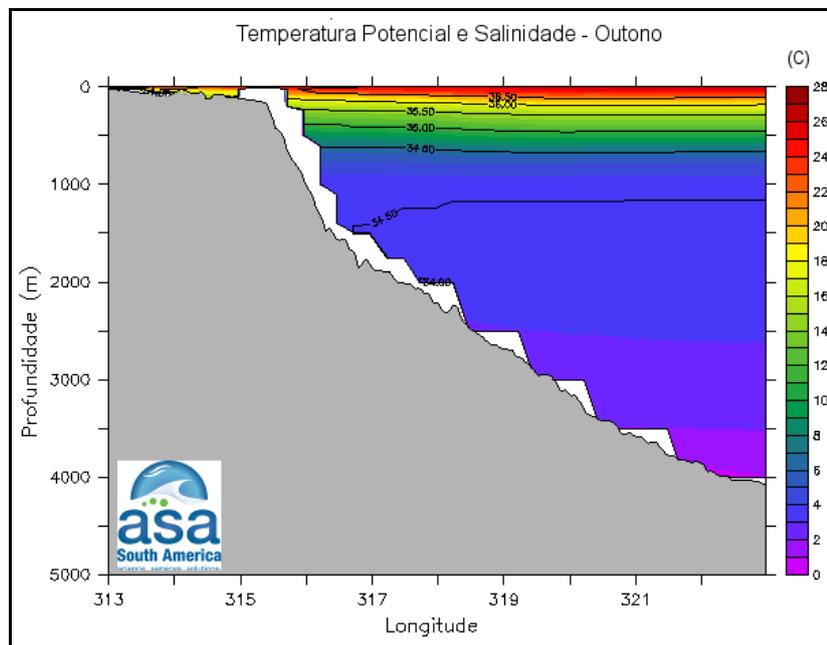
Variações sazonais de temperatura potencial são mais significativas até aproximadamente 200 m. As alterações de salinidade são mais significativas em regiões próximas à costa, com valores máximos verificados no verão e mínimos no inverno.

Do Gráfico V.1.2-9 ao Gráfico V.1.2-10 são apresentadas secções médias de sigma theta (σ_θ), ao longo de 24,7 °S, calculados para os mesmos períodos. As variações sazonais de σ_θ acompanham principalmente as variações da temperatura potencial. Portanto, valores mínimos e máximos de σ_θ próximo à superfície são verificados no verão e no inverno, respectivamente.



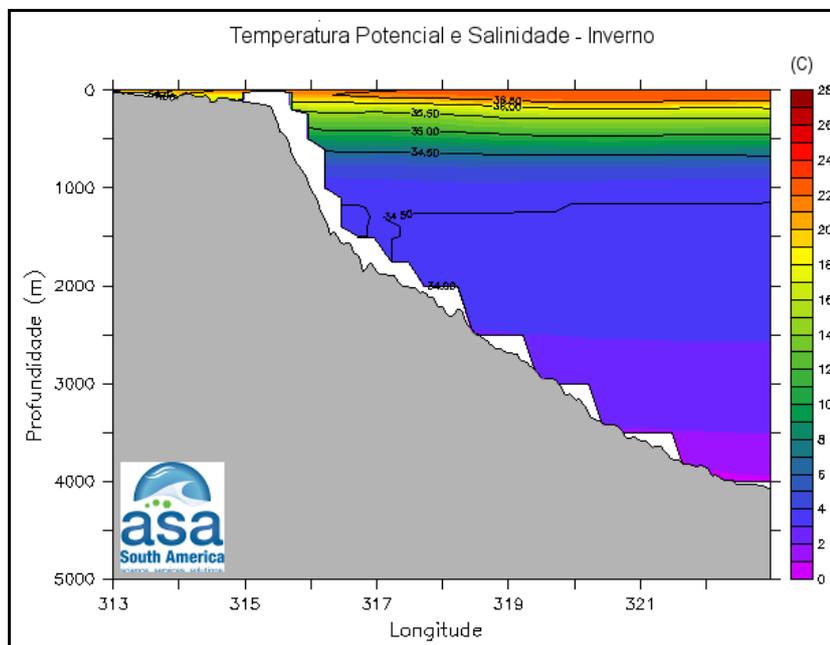
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-5 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7 °S, médios para o verão, obtidos a partir de dados do NODC.



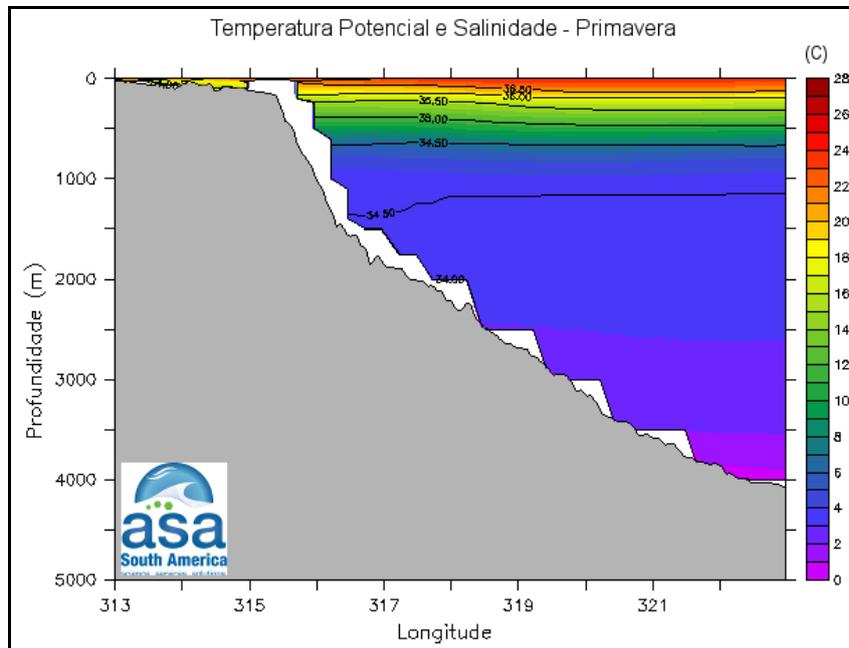
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-6 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7 °S, médios para o outono, obtidos a partir de dados do NODC.



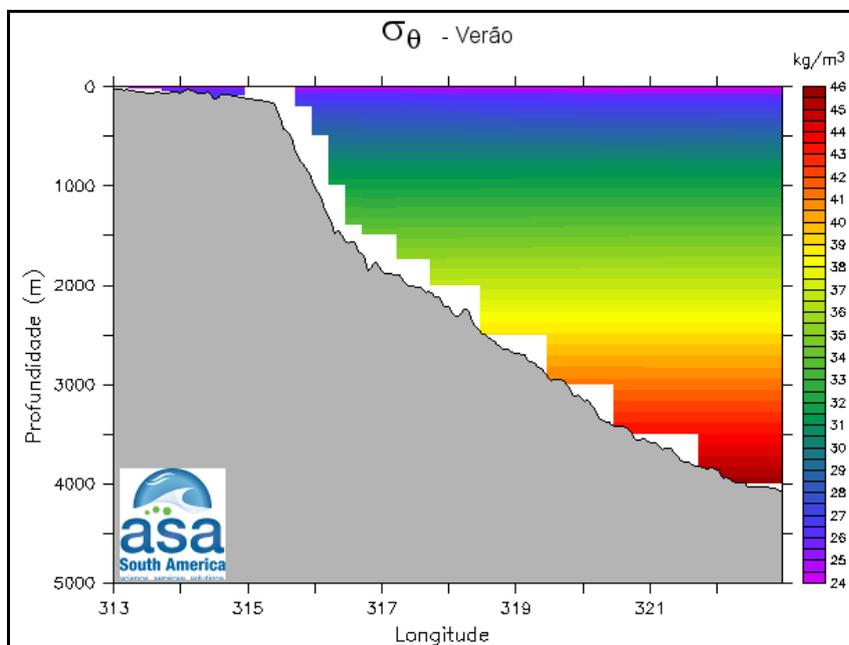
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-7 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7 °S, médios para o inverno, obtidos a partir de dados do NODC.



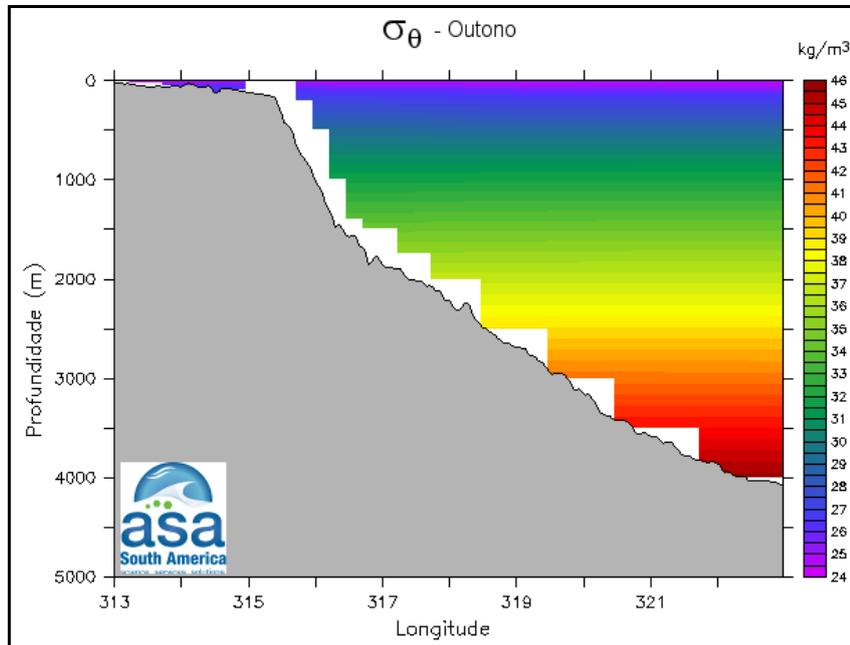
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-8 - Seção de temperatura potencial (θ), com contornos de salinidade sobrepostos, ao longo de 24,7° S, médios para a primavera, obtidos a partir de dados do NODC.



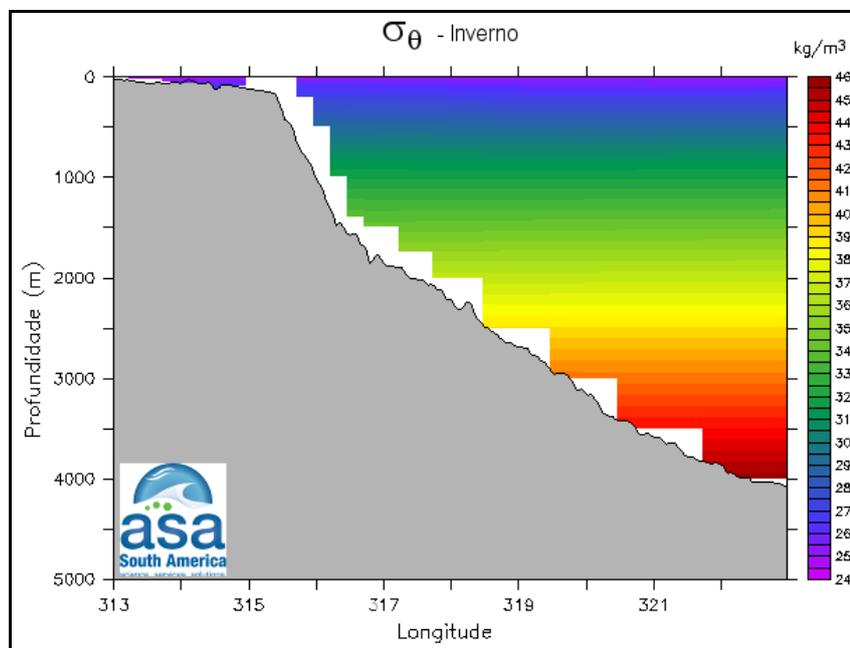
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-9 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 24,7° S para o período de verão, de acordo com os dados do NODC.



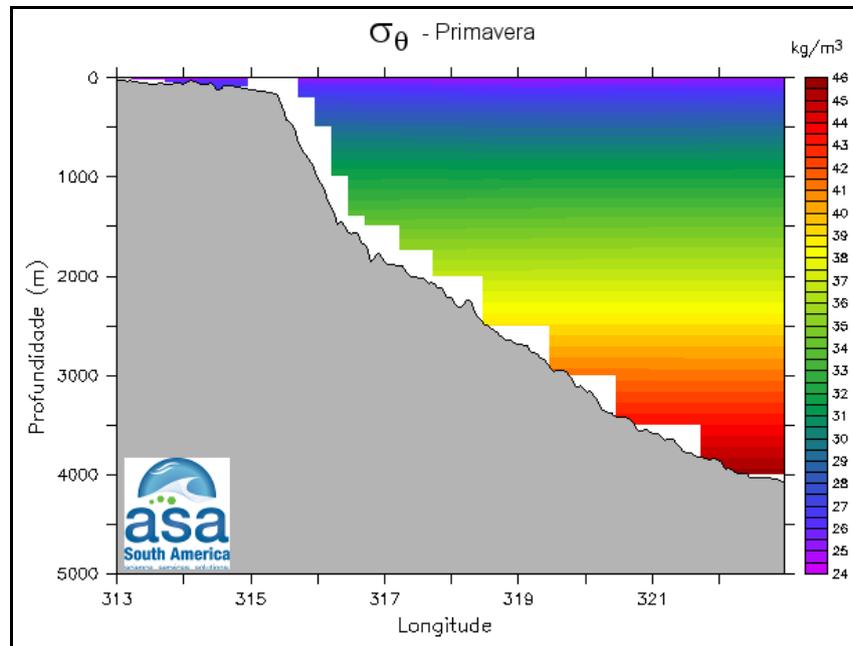
Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-10 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 24,7 °S para o período de outono, de acordo com os dados do NODC.



Fonte: ASA.

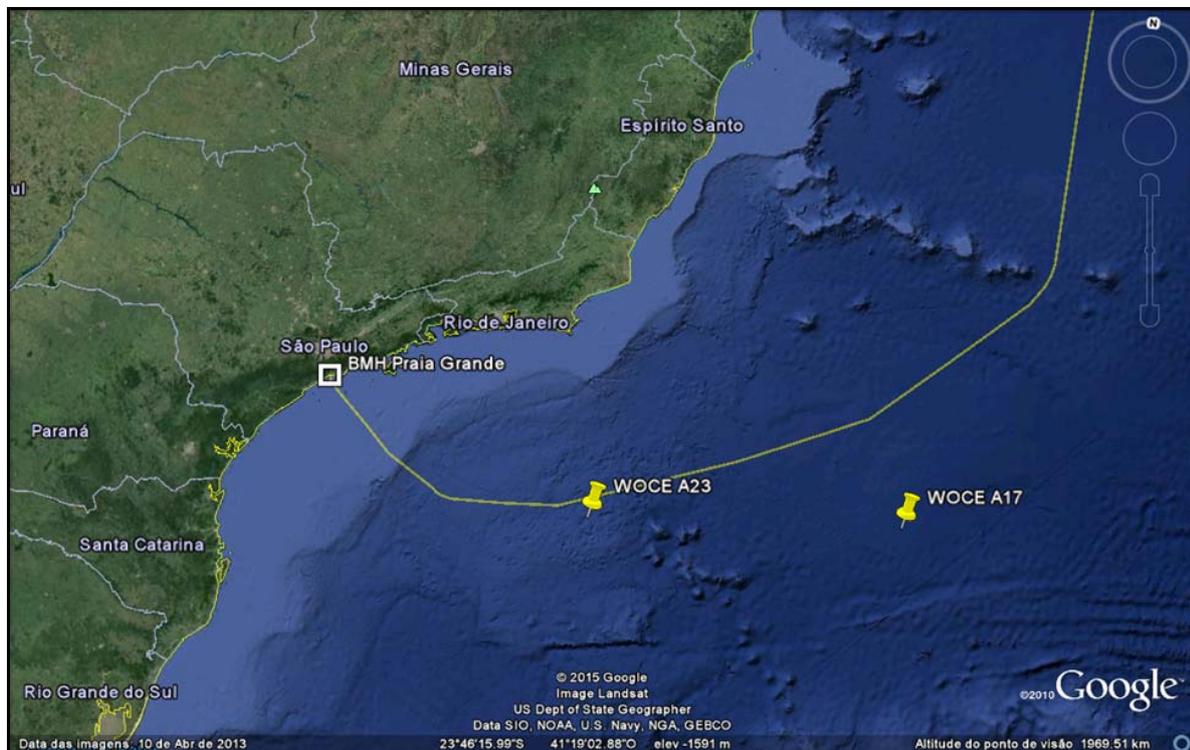
Gráfico V.1.2-11 - Seção vertical de σ_θ (kg/m³) ao longo de 24,7 °S para o período de inverno, de acordo com os dados do NODC.



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-12 - Seção vertical de σ_θ (kg/m^3) ao longo de $24,7^\circ\text{S}$ para o período de primavera, de acordo com os dados do NODC.

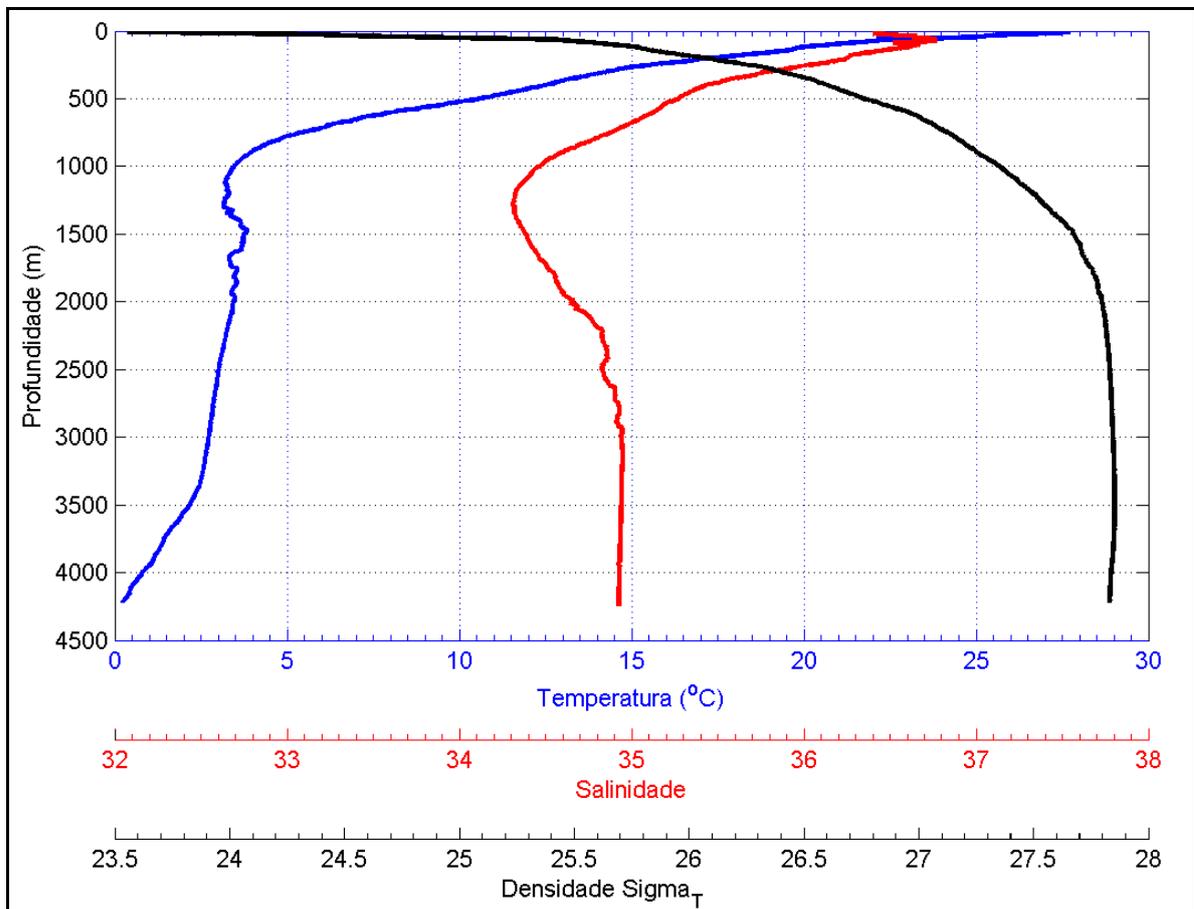
Os dados de temperatura e salinidade do projeto WOCE, coletados com equipamento CTD em região oceânica próxima, também permitem a análise dos perfis de temperatura, salinidade e densidade na região oceânica adjacente ao empreendimento (Figura V.1.2-8). Em ambos os dados apresentados a seguir, a densidade está expressa em sigmaT (σ_T) e foi calculada a partir do polinômio apresentado em Fofonoff & Millard (UNESCO, 1983).



FONTE: Google Earth, 2015.

Figura V.1.2-8 - Mapa de localização dos dados do projeto WOCE A17 e WOCE A23 utilizados na caracterização.

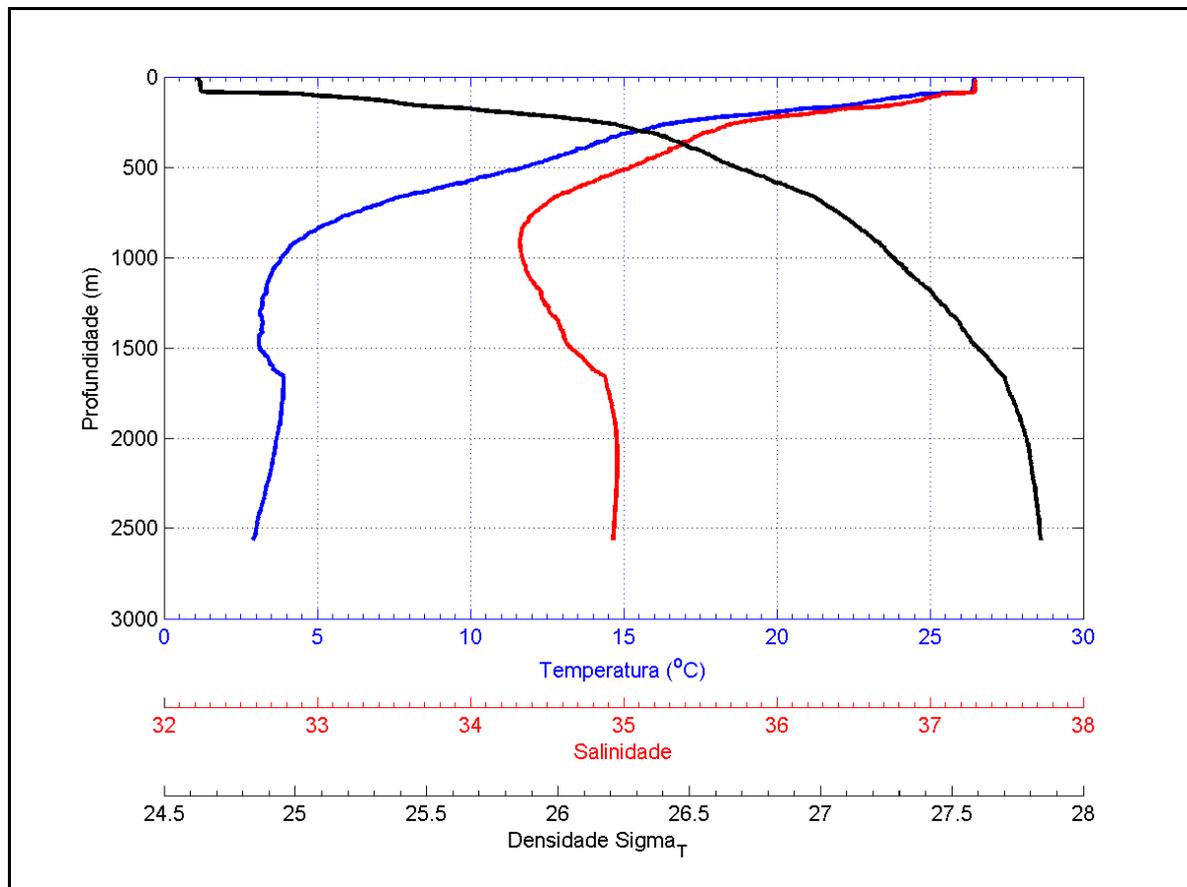
O Gráfico V.1.2-13 apresenta os perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade obtidos a partir dos dados do Cruzeiro WOCE A17, obtidos nas coordenadas 25,7962° S e 35,2337° W em 3 de fevereiro de 1994. As profundidades da termoclina, haloclina e picnoclina são aproximadamente 1.000, 1.300 e 1.800 m, respectivamente.



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-13 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e σ_T para os dados obtidos no Cruzeiro WOCE A17.

O Gráfico V.1.2-14 apresenta os perfis verticais de temperatura, salinidade e densidade obtido a partir dos dados do Cruzeiro WOCE A23, obtido nas coordenadas 26,2533° S e 41,3442° W em 5 de maio de 1995. As profundidades da termoclina, haloclina e picnoclina são aproximadamente 1.000, 800 e 1.600 m, respectivamente.



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-14 - Perfis verticais de temperatura, salinidade e sigmaT (σ_T) para os dados obtidos no Cruzeiro WOCE A23.

V.1.2.3.1 - Massas d'água

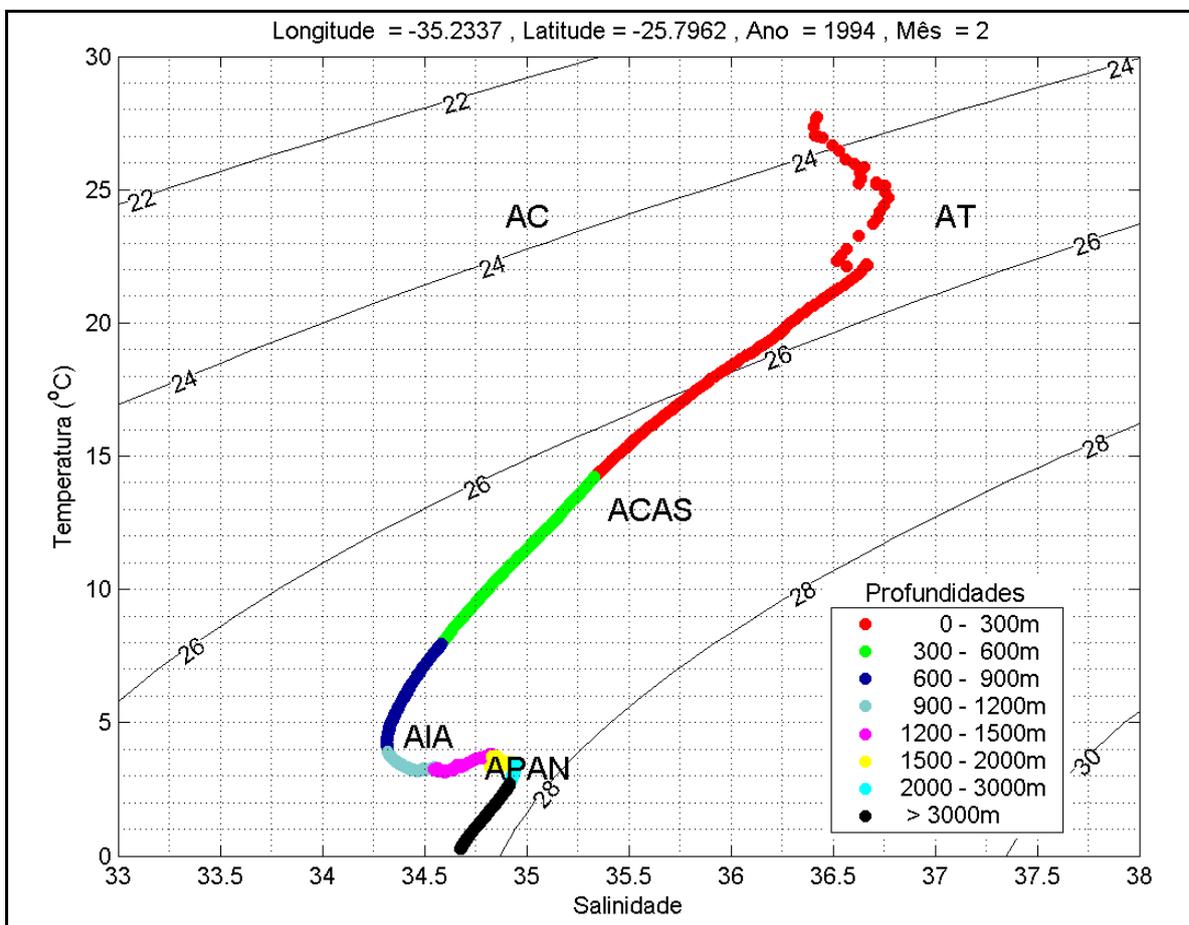
A região oceânica da Bacia de Santos, na qual será instalado o sistema de cabo óptico Seabras 1, é caracterizada por uma circulação oceânica formada por um conjunto de variadas massas d'água:

- Água Costeira (AC),
- Água Tropical (AT),
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS),
- Água de Plataforma (AP),

- Água Intermediária Antártica (AIA) e
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

As massas d'água refletem as condições ambientais do local de formação no índice termohalino, bem como os processos de mistura (quando ocorrem) que sofrem até chegar à região em estudo.

O Gráfico V.1.2-15 mostra o diagrama T-S espalhado construído a partir dos dados do Cruzeiro WOCE A17, sendo a profundidade obtida originalmente em dbares convertida em metros, são apresentadas na legenda. A maior profundidade amostrada foi de 4.218 m. Nesta figura são identificadas as principais massas de água presentes na região.

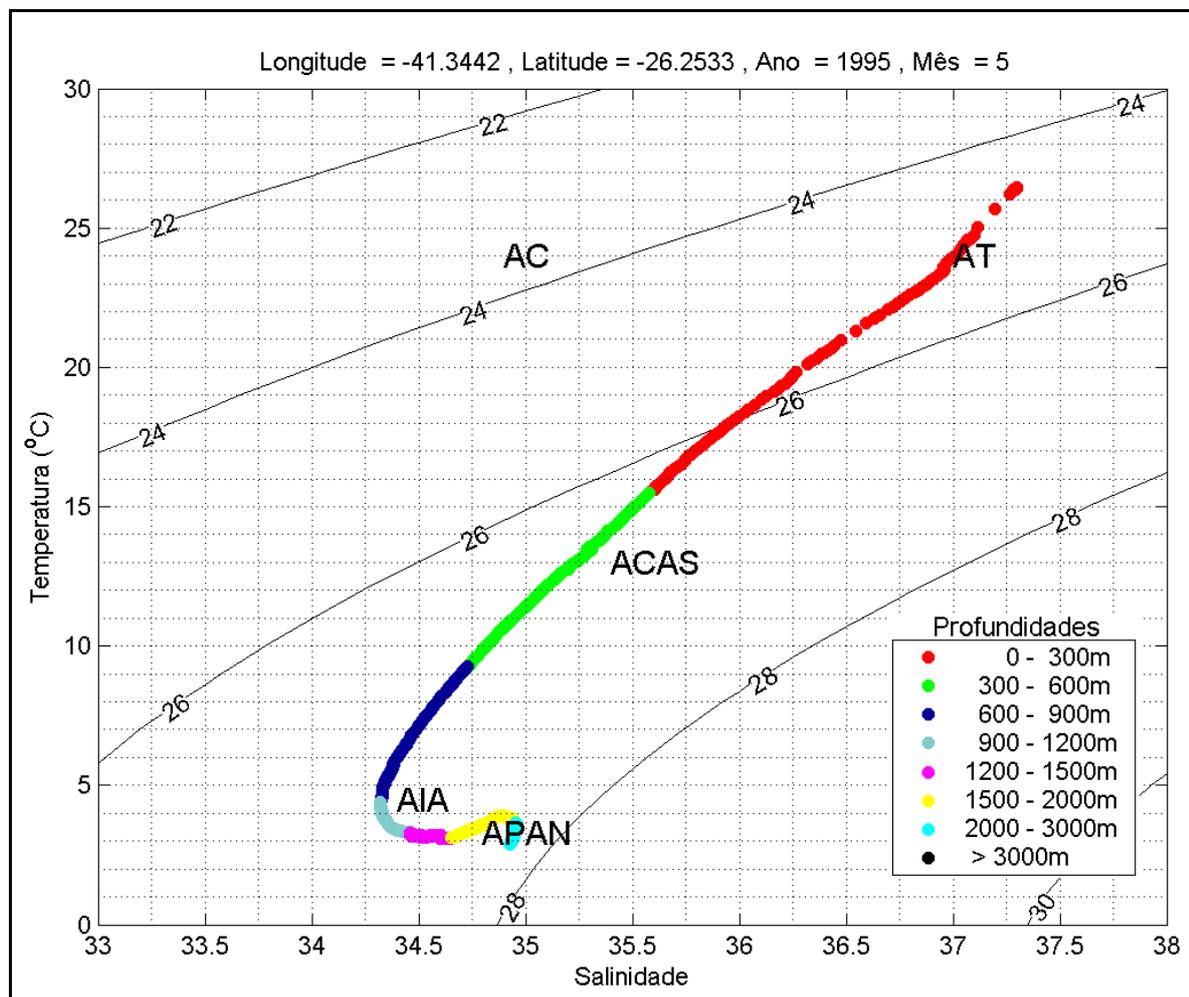


Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-15 - Diagrama T-S espalhado, mostrando os pares de T-S característicos das massas d'água da costa leste/sudeste do Brasil.

Para as águas superficiais, pode-se observar a influência atmosférica nos índices termohalinos. O Gráfico V.1.2-15 apresenta amostras de verão (fevereiro) onde são verificadas altas temperaturas - valores acima de 27 °C - e salinidade máxima próxima de 36,5.

O Gráfico V.1.2-16 mostra o diagrama T-S espalhado construído a partir dos dados do Cruzeiro A23. A profundidade obtida originalmente em dbares foi convertida em metros (apresentado na legenda) e a maior profundidade amostrada foi de 2.562 m.



Fonte: ASA.

Gráfico V.1.2-16 - Diagrama T-S espalhado, mostrando os pares T-S característicos das massas d'água da costa leste/sudeste do Brasil, dados obtidos no cruzeiro WOCE A23.

O Gráfico V.1.2-16 representa um ponto próximo à costa, porém em área fora de plataforma e, por isso, não se observam influências de águas costeiras. Os dados foram coletados no outono (maio), de forma que apresentam menores temperaturas - máxima próxima de 26 °C - e um aumento na salinidade - próxima a 37,2 - característico das condições atmosféricas de outono.

V.1.2.3.2 - Regime de Correntes

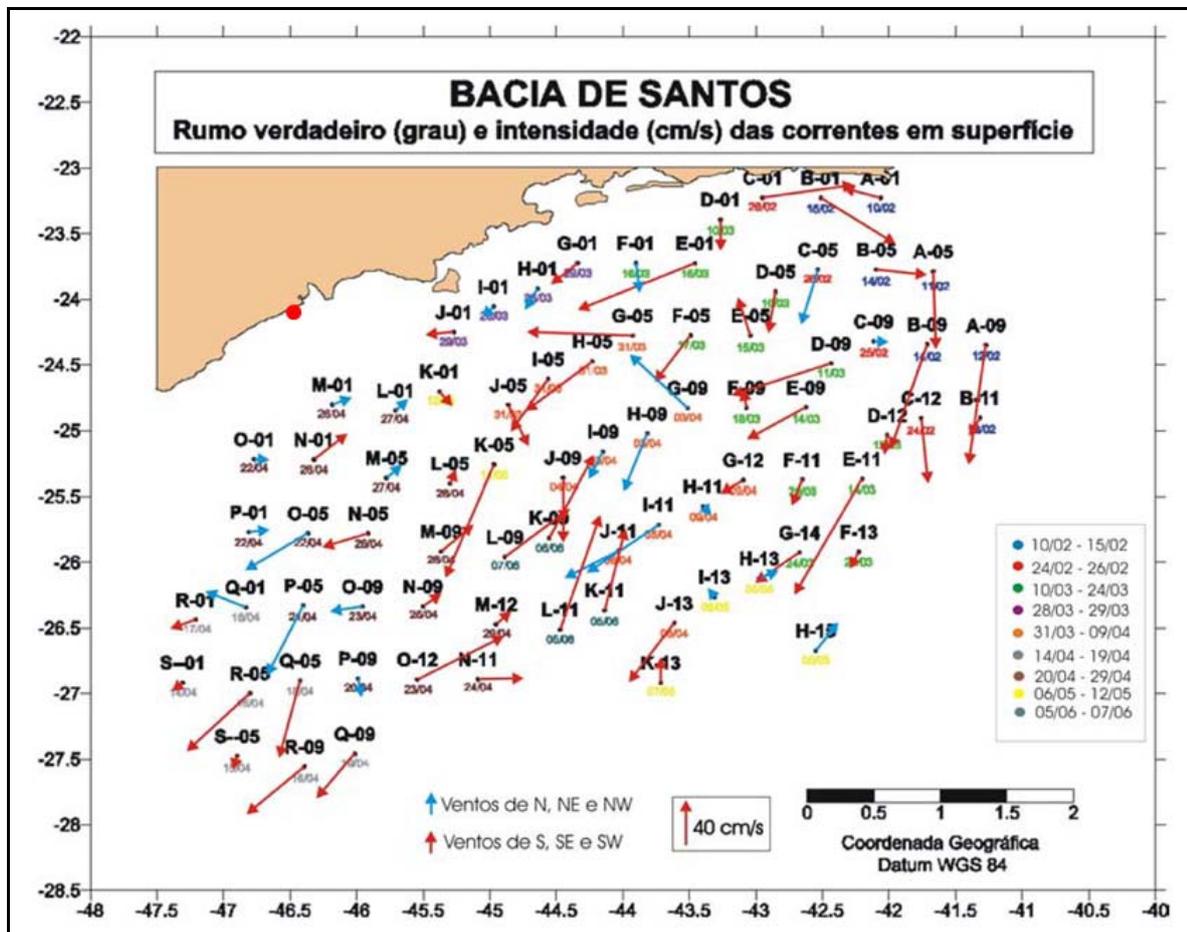
Na Bacia de Santos, a Corrente do Brasil tem grande importância como forçante da circulação, bem como a influência de condições meteorológicas. Ventos do quadrante sul forçam correntes para a direção nordeste, enquanto ventos do quadrante norte forçam correntes para sudoeste, sendo estes predominantes na região (FUNDESPA, 1994).

O fluxo das massas d'água encontradas na Bacia de Santos (AT, ACAS, AIA e APAN) determina a dinâmica da circulação nas proximidades da costa SE brasileira bem como influencia as feições batimétricas locais.

Embora acompanhe o formato da costa durante praticamente o ano todo (Lima, *op. cit.*), o núcleo da Corrente do Brasil possui grande variabilidade sazonal, afastando-se da costa durante o inverno (Paviglione & Miranda, 1985) e se aproximando da costa durante o verão (Moreira, 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, *op. cit.*). Em larga escala, a direção e a intensidade das correntes na Bacia de Santos são explicadas pelo padrão de circulação no oceano Atlântico Sudoeste em diferentes profundidades na coluna d'água. Portanto, as principais forçantes da circulação na Bacia de Santos são: vento, maré e variações termohalinas.

O Projeto Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, realizado pela PEG & AS (2002), produziu dados utilizados para caracterização da região em macro-escala, no período de fevereiro a maio de 2002. Essa vasta região abrange, basicamente, a plataforma continental e o talude. As perfilagens com CTD e a correntometria foram realizadas em 77 estações até a profundidade máxima de 1000 m.

Os dados de correntes em superfície adquiridos nesse projeto mostram que a direção dessas na Bacia de Santos é preferencialmente SW, no sentido do fluxo da Corrente do Brasil para a região. Devido à presença dos vórtices e meandramentos da Corrente do Brasil e de correntes de refluxo, esse padrão de circulação não é homogêneo em toda a bacia. (Figura V.1.2-9).



Fonte: PEG & AS (2002)

Figura V.1.2-9 - Direção (grau verdadeiro) e intensidade (cm/s) das correntes em superfície das estações que foram parte dos levantamentos. Os períodos do levantamento de cada grupo de estações estão indicados através de cores.

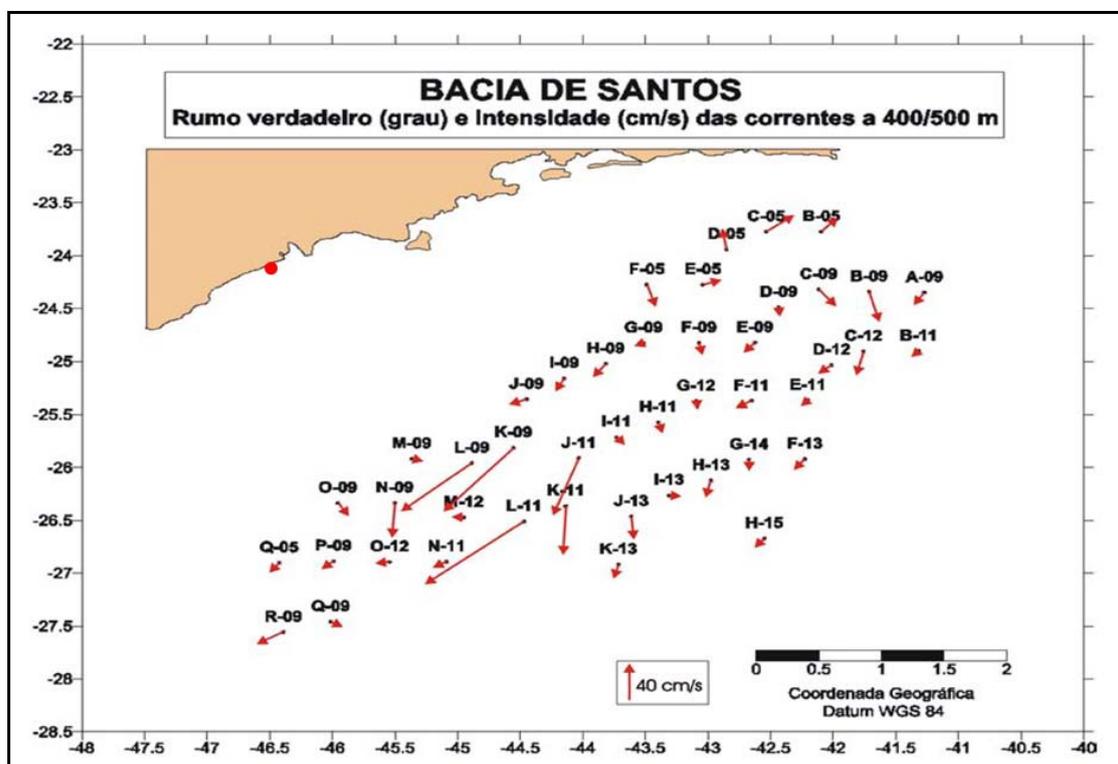
As estações realizadas entre 10 e 24 de março mostram um padrão de circulação, nas estações mais profundas, com rumo predominante S e SW, no sentido do fluxo da Corrente do Brasil. Alguns sentidos diferentes podem estar associados à presença do vórtice ciclônico ao sul de Cabo Frio e a um campo de anomalia de altura dinâmica positiva localizada próximo à costa. Nos dias 28 e 29 de março foram realizadas medições de correntes em estações próximas à costa. O padrão de circulação que se apresenta nessas estações, para este período, é para SW com correntes que variam de 14 a 30 cm/s.

Nas estações cujas medições de corrente foram realizadas de 31 de março a 9 de abril, as correntes são preferencialmente para S e SW, com intensidades de 23 a 76 cm/s.

Os dados de 16 a 19 de abril indicam um giro da corrente com rumo variando de W para SW. Os dados de correntometria para o período de 22 a 27 de abril mostram que as correntes parecem ser consequências da presença do vórtice ciclônico presente na região. Os demais dados de corrente mostram um rumo NE, que devem estar associados à circulação costeira que se dá para este quadrante.

As estações do período de 5 a 12 de maio apresentam correntes de intensidade até 108 cm/s, com rumo SE e E, NE, NW e N, dependendo da localização espacial. Essas correntes estão associadas ao meandramento da corrente do Brasil.

Na Baía de Santos a Água Tropical é transportada em superfície para SW, pela CB. Abaixo da AT, preferencialmente na região do talude, encontra-se a ACAS, massa d'água que ao penetrar pela plataforma continental nas regiões de Cabo Frio, Cabo de São Tomé e de Santa Marta é a responsável pela ressurgência nessas regiões. A fim de ilustrar o sentido do fluxo dessa massa d'água, a partir dos dados de corrente medidos nas profundidades onde é encontrada (de 21 m, sobre a plataforma continental em forma de ressurgência, a aproximadamente 700 m, na região do talude), foi elaborado um mapa de correntes entre as profundidades de 400 a 500 m (Figura V.1.2-10).



Fonte: PEG & AS (2002)

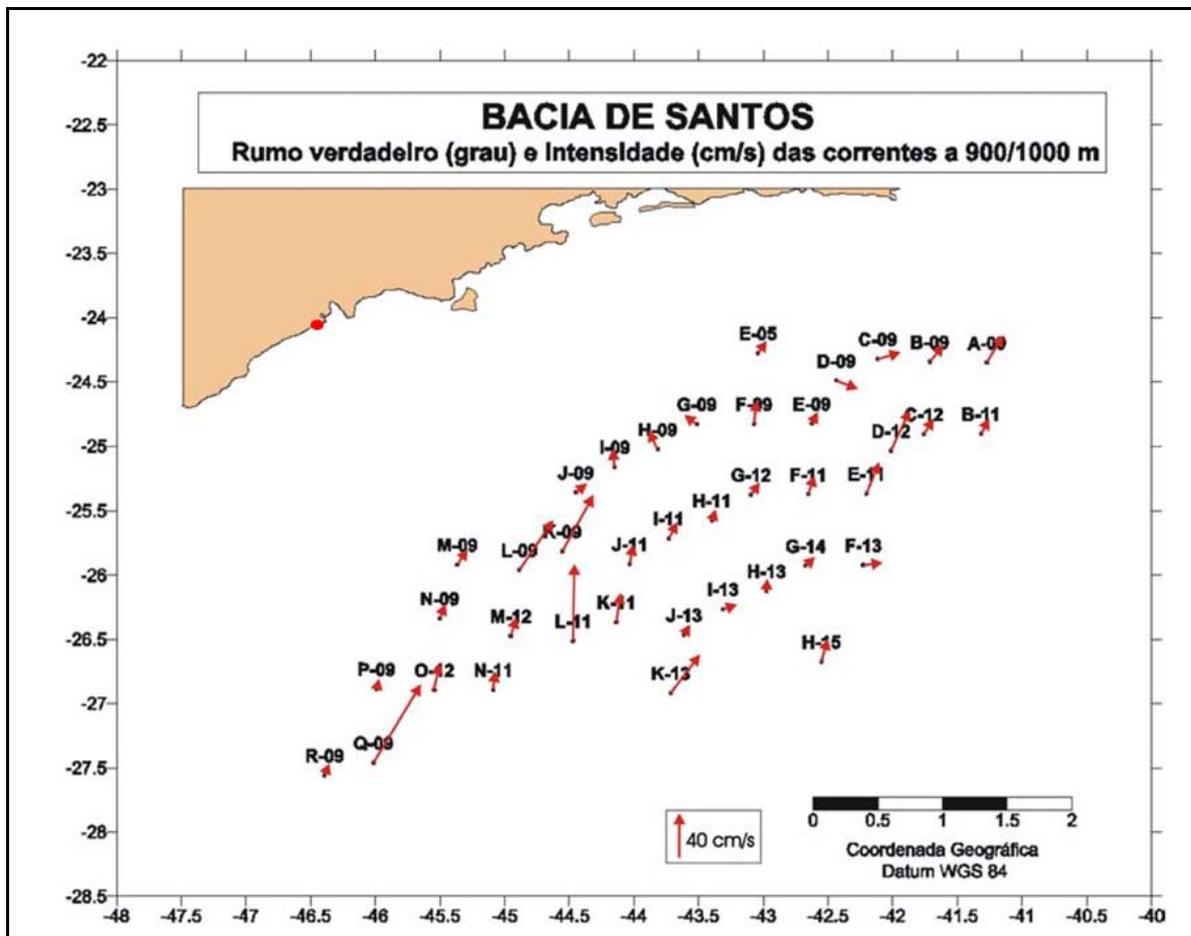
Figura V.1.2-10 - Direção (grau verdadeiro) e intensidade (cm/s) das correntes de 400 a 500 m.

Segundo o mapa acima, o rumo da corrente associada ao fluxo da ACAS, é SW, variando de 11 a 115 cm/s. Esse é o mesmo rumo da água tropical, transportada pela Corrente do Brasil. Alguns autores como Sverdrup *et al.* (1942) sugerem que a direção de transporte da ACAS é para Norte, em nível picnoclínico na bacia do Atlântico Sul. Trabalhos mais recentes de Tsuchya (1996), Reid (1989) e Stramma & England (1999) constataram que o movimento da ACAS se dá para o sul em latitudes abaixo de 20 °S, ao longo da costa sudeste brasileira.

Os dados do projeto PEG & AS (2002) indicam que a ACAS, na região da Bacia de Santos, está orientado para SW, seguindo aproximadamente a orientação do talude, o que vai de encontro aos dados observados pelos autores mais recentes. Alguns dados de estações próximas à costa sugerem uma penetração da ACAS para as regiões mais rasas. Em baixas profundidades ocorre a presença da ACAS, com rumo W e NW indicando a penetração dessa massa d'água nas regiões próximas à costa (fenômeno da ressurgência).

Segundo Reid *et al.* (1977) e Gordon & Greengrove (1986), a AIA é formada na Convergência Subantártica, fluindo para o norte. Na região da confluência entre a Corrente do Brasil e a Corrente das Malvinas (± 38 °S), a maior parte da AIA flui para leste como parte da recirculação profunda do Giro Subtropical. Suga & Talley (1995) e Boebel *et al.* (1999) mostraram que, no limite sul da Bacia de Santos (30 °S), a AIA flui para o sul ao largo da costa brasileira. Castro Filho & Moreira (1997) indicaram que o fluxo na profundidade de 700 metros (zona de ocorrência da AIA), a 23 °S, se dá para o norte. Muller *et al.* (1998) através de linhas de fundeio do projeto WOCE concluiu que a AIA move-se para o norte (mais precisamente nordeste, devido à orientação da linha de costa) ao norte de 25 °S. Segundo o mesmo autor, em 28 °S a AIA flui para o sul. Desta forma ocorre uma zona de bifurcação da AIA entre os paralelos de 25 ° e 28 °S.

Os dados indicaram que o fluxo da AIA é para o norte, e seus valores de intensidade são geralmente baixos a médios variando de 8 a 70 cm/s (Figura V.1.2-11).

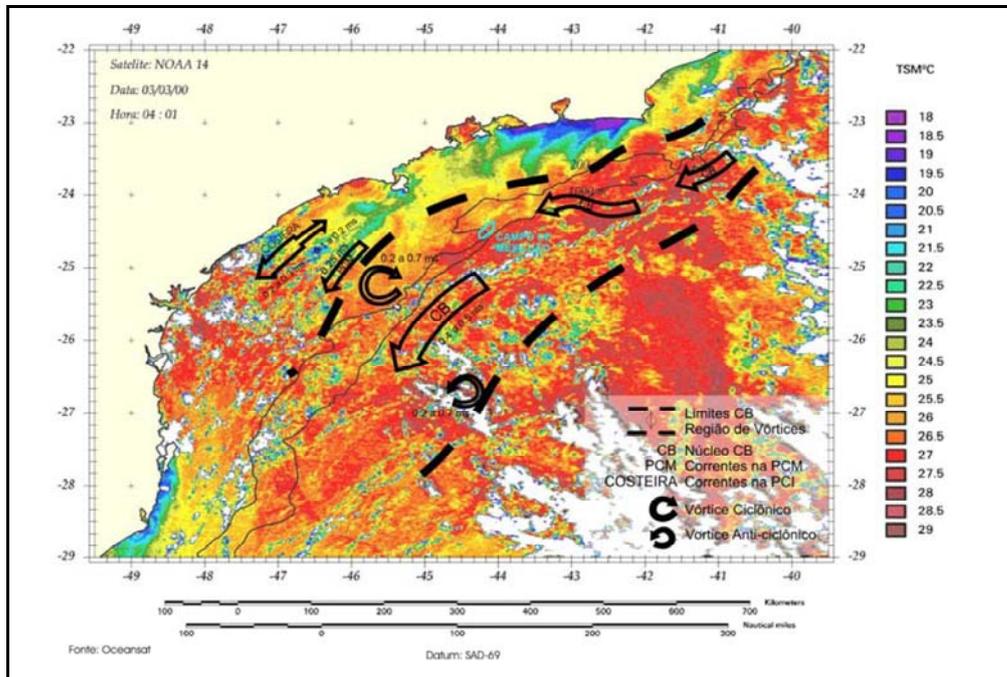


Fonte: PEG & AS (2002)

Figura V.1.2-11 - Direção verdadeira (grau) e intensidade (cm/s) das correntes a 900/1000 m.

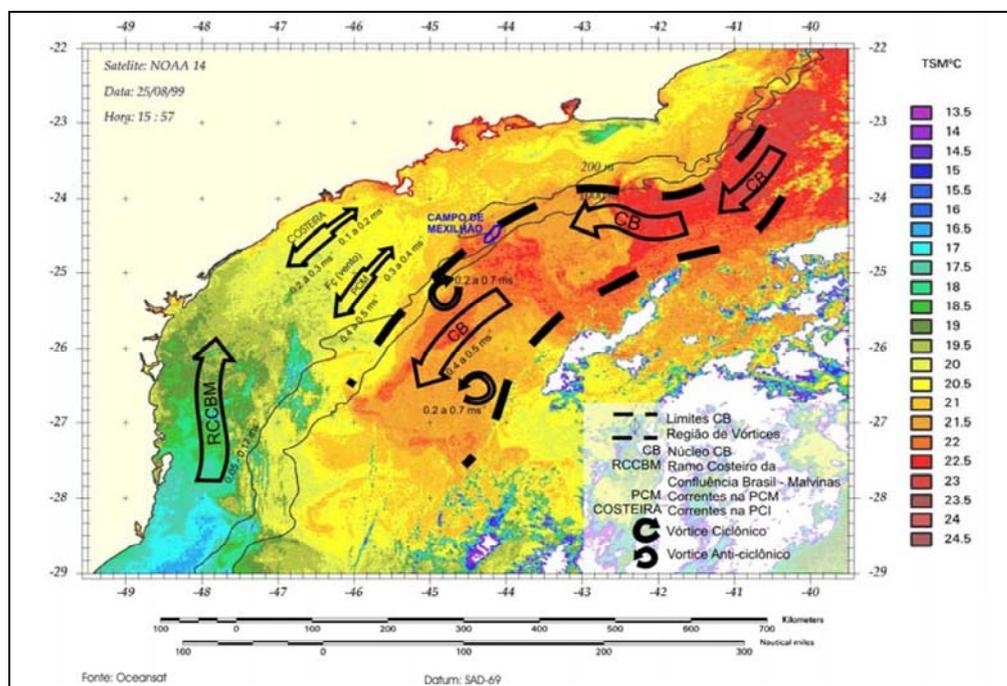
De uma forma geral, a caracterização apresentada está de acordo com os dados publicados pelos autores citados, apresentando as correntes superficiais orientadas preferencialmente para sudoeste e sudeste, com intensidades variando de 110 a 35 cm/s. Até a profundidade de ocorrência da ACAS a intensidade das correntes normalmente diminui gradativamente e sua orientação é preferencialmente para sudoeste e sudeste. Já na região de ocorrência da AIA as correntes se orientam para nordeste e noroeste.

Na Figura V.1.2-12 e Figura V.1.2-13 são apresentados os padrões de circulação na Bacia de Santos, no verão e no inverno, respectivamente; e os comportamentos tanto das correntes costeiras quanto oceânicas.



Fonte: HABTEC (2000).

Figura V.1.2-12 - Caracterização das correntes na Bacia de Santos em uma situação de verão.



Fonte: HABTEC (2000).

Figura V.1.2-13 - Caracterização das correntes na Bacia de Santos em uma situação de inverno.

V.1.2.3.3 - Regime de Ondas

As maiores ondas que atingem a costa Sul-Sudeste brasileira são do tipo marulho. As principais zonas de geração estão abaixo do paralelo 40 °S e lá não são raras as tempestades com ventos de 60 nós (30 m/s) e ondas de 9 m, com períodos próximos à 20 segundos, como a descrita por Freire (1960).

As tempestades ocorridas entre os paralelos 35° e 55 °S são, tipicamente, as causadoras das maiores ondas no Atlântico Sul, e quando atingem o litoral Sul-Sudeste brasileiro tais ondas têm direções entre SW, S e SE (Seixas, 1997). Porém, é possível que ocorram algumas ondas de amplitudes significativas vindas do quadrante NE. As ondas de NE, em geral, estão associadas à circulação induzida pelo centro de alta pressão semi-permanente do Atlântico e são predominantes em termos de persistência no litoral ao norte de Arraial do Cabo, RJ. O vento na região é quase constante, chegando a atingir 10 m/s à superfície durante vários dias consecutivos, nas estações de inverno e primavera. O desenvolvimento das ondas, neste caso, é limitado pela pista.

Os dados coletados entre os anos de 1964 e 1993 e armazenados no BNDO, da DHN, indicam que, embora o vento leste possa ser até mais frequente em alguns casos que o vento nordeste, a energia cinética deste último é predominante, tendo como ápice o mês de setembro. O total da energia devida ao vento Nordeste é superior, inclusive, à do vento Sudoeste, pelo menos localmente, devido à persistência do vento NE. Conforme Oda (1997), a alteração da direção do vento para a direção Leste está relacionado com o efeito de brisa.

Com base em dados ambientais do SIMO (banco de dados da Petrobras, que possui informações meteorológicas e oceanográficas coletadas no período de 1991 a 1995 dentro do Projeto de Capacitação em Águas Profundas - PROCAP), Nunes *et al.* (2001) evidenciam que dependendo dos forçantes meteorológicos, podem ser geradas condições de mar bi-modais, tri-modais e tri-direcionais, cada um dos modos com frequência e direção característica independente dos demais.

No estudo de Pinho (2003), foram apresentadas e quantificadas as situações que cobrem todos os estados de mar que ocorrem na região da Bacia de Campos. De acordo com o sistema meteorológico dominante na região, o autor classificou quatro tipos de condições de mar:

- (1) Situação de Bom Tempo, caracterizado por mares de N, NE e E (principalmente NE) que ocorre quando o sistema de alta pressão da Alta Subtropical do Atlântico Sul domina a circulação;

- (2) Situação de Bom Tempo com marulhos de Sul;
- (3) Situação de Mau Tempo de SW, caracterizado por mares de SW e S gerados sempre que há a passagem de uma frente fria seguida de um ciclone extratropical; e
- (4) Situação de Mau Tempo de SE, quando após a passagem de uma frente fria, um anticiclone polar domina a circulação na região.

Bom Tempo

A situação de Bom Tempo é o cenário de mar e ventos mais comum, caracterizada por ventos do quadrante Norte que podem atingir grandes intensidades e mares não muito severos. Ocorrendo quando há o domínio do ASAS na circulação atmosférica da região.

Dentre os ventos típicos da situação de bom tempo, ou seja, N, NE e E, o vento mais comum é o de NE com 35% do total de ocorrência destas três direções. Mais de 55% dos ventos ocorrem em direções entre 150 e 450. Com relação às intensidades dos ventos, 40% está entre 8 e 10 m/s. De todos os dados de ventos relativos à situação de bom tempo, os maiores valores de intensidade de vento registrados tinham direção aproximada de 20°.

Nesta situação de mar, a análise das ondas individuais indica que as ondas mais frequentes têm entre 0,5 a 1 metro de altura e períodos na faixa de 4 a 5 segundos. As maiores alturas individuais tinham valores entre 5 m e 6 m com períodos correspondentes entre 6 e 9 segundos. Quanto às ondas significativas, que indicam a severidade e energia de um mar, os períodos significativos de maior ocorrência estão entre 6 e 7 segundos e as alturas significativas mais frequentes entre 1,5 e 2,0 metros.

Estas ondas estão associadas às situações mais severas para condição de bom tempo, caracterizadas por mares e ventos com direções tipicamente de Norte. A época do ano de maior frequência desta configuração são os meses de verão, especificamente em dezembro e janeiro, embora tenham ocorrido em outras estações do ano.

Bom Tempo com Marulhos

A situação de Bom Tempo com Marulhos tem características de ventos e de mar local iguais à descrita para bom tempo sem marulhos. Serão abordadas principalmente as diferenças com relação à situação anterior devidas ao marulho.

Com relação as frequência de alturas individuais, houve um pequeno aumento na faixa de 0 a 1 m, sendo que a maior ocorrência está entre 0,5 m e 1 m. Ondas maiores que 5 m quase não ocorrem nesta situação. Os períodos individuais têm sua distribuição mais homogênea do que a observada na situação sem marulhos e há uma maior ocorrência de períodos maiores. Os períodos mais frequentes estão entre 4 e 6 segundos e os maiores períodos observados, que são associados a marulhos, têm de 18 a 20 segundos.

A análise no domínio da frequência mostra-se mais precisa na caracterização dos dois tipos de mar presentes nesta situação. O mar local é identificado como tendo tipicamente períodos significativos entre 5 e 6 segundos e alturas na faixa de 1,5 m a 2 m. O marulho tem períodos mais frequentes entre 11 e 12 segundos e alturas significativas também entre 1,5 e 2 m. Os maiores períodos significativos observados estão entre 16s e 18s e as maiores alturas significativas entre 2,5 m e 3,5 m. Esta é uma situação que pode ser crítica em algumas operações, pois onda e vento podem ser severos e em direções opostas.

Mau Tempo (de Sudoeste)

As situações de Mau Tempo de SW são as mais severas de mar. Ocorrem quando ciclones extratropicais passam sobre a região. Os ventos observados com maior frequência nesta situação tem direção entre 200° a 220° e a faixa de intensidade de maior ocorrência está entre 5 e 7 m/s e maiores valores superando 20 m/s.

A maior altura individual observada em todo conjunto de dados tinha 11,7 m e sua direção era de 211°. Cerca de 40% das ondas tiveram alturas entre 1 e 2 m. As ondas individuais mais frequentes tinham cerca de 6 segundos de período e aproximadamente 1 m de altura. O maior período individual observado foi de 23,9 segundos. Quando analisadas em conjunto, as maiores alturas (maiores que 8 m) estão associadas a períodos entre 10 e 15 segundos, e os maiores períodos (maiores que 20 s) à alturas entre 1,5 e 3,5 m. As ondas significativas têm alturas mais frequentes entre 1,5 e 2 m, e períodos de pico mais freqüente na faixa de 8 e 12 segundos. Os maiores valores de altura e período significativos são de aproximadamente 6 m e 16 segundos, respectivamente e estão associados à direção de pico espectral de 210°.

Mau Tempo (de Sudeste)

Mau Tempo de SE é uma situação caracterizada pelo domínio da circulação de ventos dominada por um anticiclone polar que se desloca atrás de uma frente fria. Durante esta situação houve maior ocorrência de ventos com direções entre 120° e 135° e intensidades entre 6 m/s e 8 m/s.

A maior parte das ondas individuais tem alturas entre 0,5 e 1 m e período entre 4 e 5 segundos. As maiores ondas (alturas maiores que 8 m) tinham período entre 10 e 15 segundos. As ondas com os maiores períodos, na faixa de 18 a 20 segundos, tinham altura variando entre 0,5 e 3,5 m.

As ondas significativas mais frequentes tiveram períodos entre 9 e 12 segundos e alturas entre 2 e 3 m. Os maiores períodos significativos observados são inferiores a 14 segundos e os maiores períodos de pico tinham entre 14 e 16 segundos. As maiores alturas significativas têm valores entre 4 e 4,5 m.

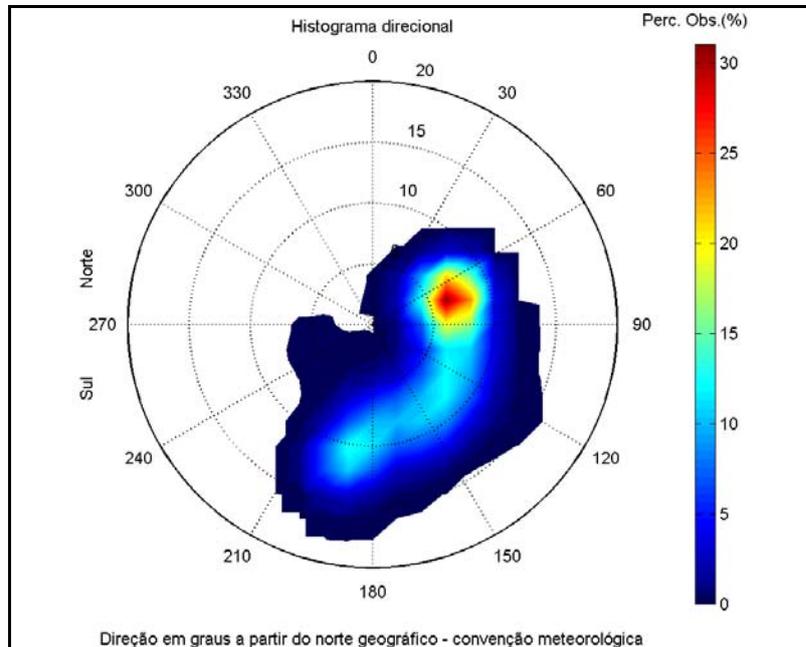
De acordo com o autor, considerando-se a análise de ondas para a região, tem-se que para a situação de Bom Tempo, com os ventos mais comum de NE, as ondas mais frequentes têm altura entre 0,5 a 1 m e períodos na faixa de 4 a 5 segundos. As maiores alturas individuais de ondas têm valores entre 5 m e 6 m com períodos entre 6 e 9 segundos, respectivamente. E nas situações mais extremas, caracterizadas como Mau Tempo, com ventos de SW, a maior altura individual observada é de 11,7 m e sua direção é de 211°. Cerca de 40% das ondas observadas têm alturas entre 1 e 2 m.

Adicionalmente, é apresentada a caracterização sazonal do clima de ondas na região da Baía de Santos, com base em resultados de três anos de dados (2005 a 2007) do modelo de ondas WAVEWATCH III (WW3). O modelo WW3 versão 2.22 (Tolman, 2002) é um modelo de terceira geração, desenvolvido pelo MMAB⁶ do EMC⁷, do NCEP. O WW3 é rodado em resolução global, em uma grade de 1° x 1°. Aninhada a esta grade global, foi configurada uma grade de meso-escala englobando a costa sudeste do Brasil com resolução de 0,25°.

A **Figura V.1.2-14** e **Figura V.1.2-15** apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e frequência de ocorrência) considerando as informações de ondas para os períodos de verão (JFM - janeiro, fevereiro, março) e inverno (JAS - julho, agosto, setembro), respectivamente, durante os anos de 2005 a 2007. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. A escala de cores representa a percentagem de observações, os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (Tp - em segundos).

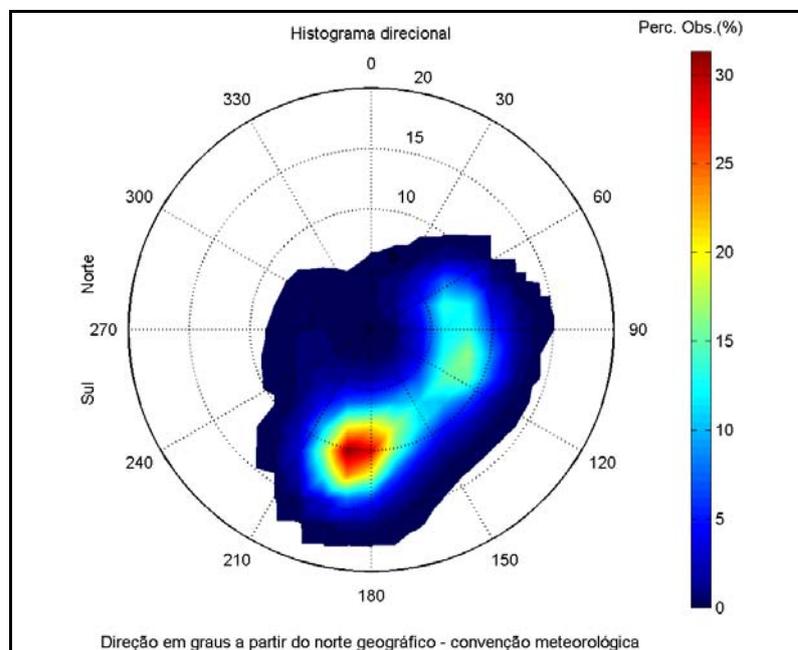
⁶ Marine Modeling and Analysis Branch.

⁷ Environmental Modeling Center.



Fonte: ASA.

Figura V.1.2-14 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o período de verão (JFM), para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2007.



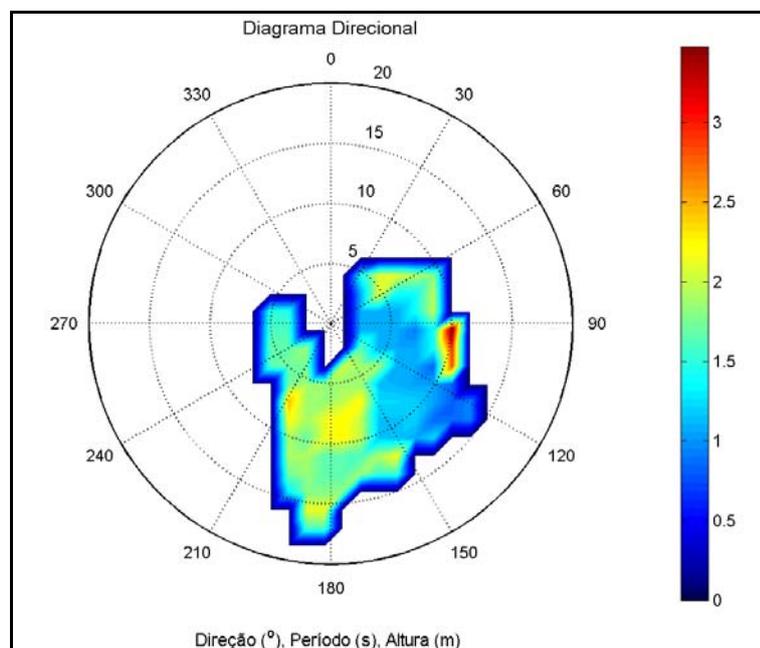
Fonte: ASA.

Figura V.1.2-15 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o período de Inverno (JAS), para o período de janeiro de 2005 a dezembro de 2007.

A **Figura V.1.2-16** e a **Figura V.1.2-17** apresentam os histogramas direcionais (para direção de propagação, período de pico e altura significativa) considerando as informações de ondas para os períodos de verão (JFM - janeiro, fevereiro, março) e inverno (JAS - julho, agosto, setembro), respectivamente. A direção apresentada refere-se ao norte geográfico e segue a convenção meteorológica. Neste diagrama a altura significativa (H_s) das ondas está indicada em metros (barra lateral), os círculos concêntricos referem-se ao período de pico (T_p - em segundos), enquanto a direção de propagação (D_p) é fornecida em graus.

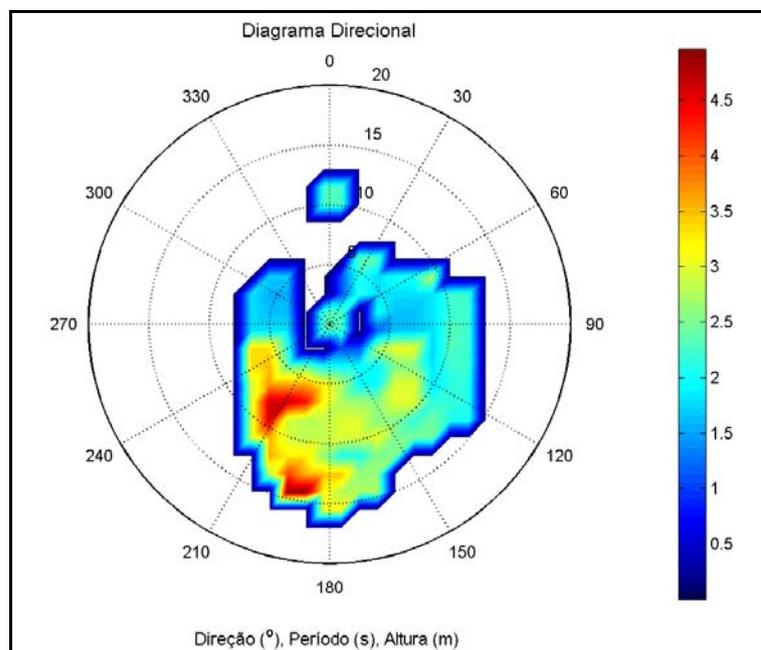
Estas análises mostram que nesta região no período de verão predomina a situação de Bom Tempo, caracterizado por ondas provenientes de NE e, principalmente, de E, influenciadas pelo regime de ventos da Alta Subtropical do Atlântico Sul e com altura significativa superior a 2 m e período de pico entre 5 e 10 s, em mar aberto. Ondas provenientes de S e SE também apresentam ocorrência significativa neste período do ano e, nestes casos, podem apresentar períodos superiores a 15 s.

Durante o inverno predominam ondas de S e SW, associadas a uma situação de Mau Tempo, geradas por passagens de frentes frias, com períodos entre 5 e 15 s e alturas significativas que podem ser superiores a 4 m. Além disso, ondas provenientes de SE e E apresentam ocorrência significativa nesta estação do ano, com alturas em torno de 2 m e períodos de até 10 s.



Fonte: ASA.

Figura V.1.2-16 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o verão (JFM) de 2005 a 2007.



Fonte: ASA.

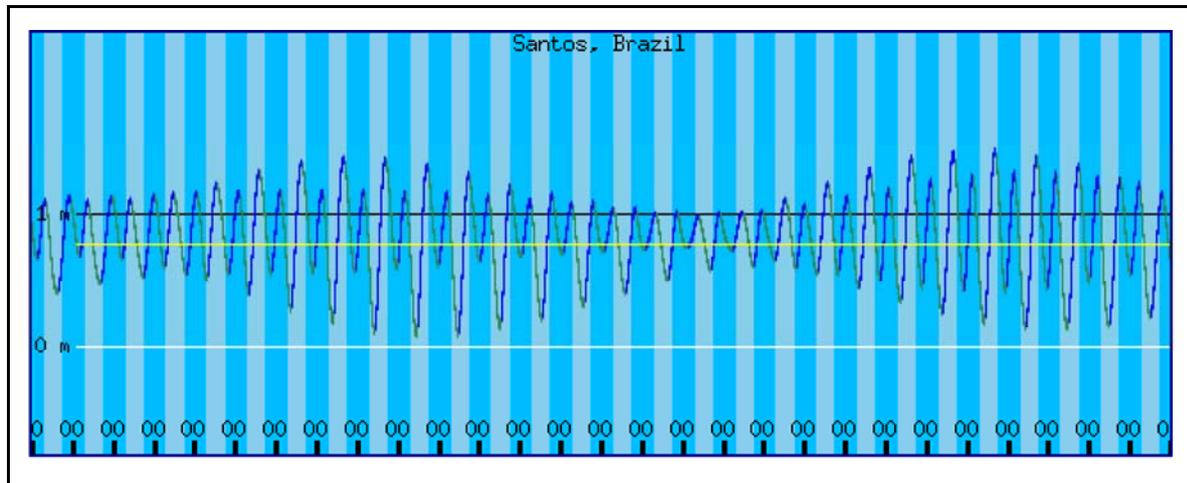
Figura V.1.2-17 - Histograma direcional dos dados de onda do modelo WAVEWATCH III para o inverno (JAS) de 2005 a dezembro de 2007.

Resultados obtidos com o modelo numéricos WaveWatch III mostram que, na situação de Bom Tempo (ventos de NE) observa-se próximo à costa ondas provenientes de NE e E, com período de 6 s e alturas inferiores a 1 m. Na situação de Mau Tempo (ventos de S/SE) as ondas provenientes de SW possuem períodos da ordem de 12 s e alturas em torno de 3 m.

V.1.2.3.4 - Regime de Marés

O regime de maré predominante na região sudeste brasileira é o semidiurno (ondas de maré com periodicidade predominante de 12 horas e 54 minutos), sendo a maré de quadratura a componente de maior influência.

As características do regime de maré na região da bacia de Santos são apresentadas na **Figura V.1.2-18**, como predominantemente semidiurna, com pequena contribuição diurna. Nota-se, também, o nítido comportamento das marés de quadratura (menores amplitudes) e sizígia (maiores amplitudes).



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

Figura V.1.2-18 - Maregrama previsto para região de Santos no período de 01/06 até 31/06/2003.

A maré apresenta os seguintes parâmetros de acordo com o mês de análise:

- Nível Médio do Mar 0,77 m
- Média de Baixamar 0,43 m
- Média de Preamar 1,17 m
- Média de Baixamar de Sizígia 0,34 m
- Média de Preamar de Sizígia 1,26 m
- Variação Média da Maré 0,75 m
- Variação Média de Sizígia 0,91 m
- Maré Astronômica Mínima -0,01 m
- Maré Astronômica Máxima 1,56 m
- Maré (Astronômica + Meteorológica) Mínima -0,41 m
- Maré (Astronômica + Meteorológica) Máxima 1,96 m
- Variação Máxima 1,51 m

O **Quadro V.1.2-5** apresenta as principais características da maré no porto de Santos (Salles *et al.*, 2000).

Quadro V.1.2-5 - Semi-amplitude (cm) e fase (graus) para o porto de Santo.

Santos	
Latitude	23° 57,3'S
Longitude	46° 18,6'W
Nível Médio	77 cm
Média das Preamares Superiores	141 cm
Média das Preamares Inferiores	130 cm
Média das Baixa-Mares Superiores	29 cm
Média das Baixa-Mares Inferiores	7 cm

Fonte: Salles *et al.*, 2000.

O **Quadro V.1.2-6** apresenta os valores de semi-amplitude e fase das principais constantes harmônicas no Porto de Santos.

Quadro V.1.2-6 - Semi-amplitude (cm) e fase (graus) para os portos de Santos.

Componente	Santos	
	Semi-Amplitude	Fase
M2	36,4	88
S2	22,5	91
O1	11,5	81
K1	6,3	143

Fonte: Salles *et al.*, 2000.

Segundo Moreira (1997), que realizou estudos sobre correntes de maré com utilização de correntógrafos, analisou dados de temperatura, salinidade, correntes e ventos em 3 posições da plataforma continental sudeste (Cabo Frio, Angra dos Reis e Santos), sobre a isóbata de 100 m. Ao largo de Santos foram observadas correntes rotatórias em todos os níveis amostrados (5, 15, 30, 50 e 90 m) e a predominância de constituintes diurnas e semidiurnas.

A constituinte M2 da maré é a dominante nas oscilações maregráficas do nível do mar, seguida pelas constituintes S2, O1 e K1 (Mesquita e Harari, 1987, *apud* Moreira, *op. cit.*). As amplitudes são pequenas nas costas sul e sudeste do Brasil.

No extremo norte da plataforma continental, as amplitudes na região do talude são da ordem de 0,3 m, continuando a decrescer até a área ao largo do Cabo de Santa Marta, onde atingem apenas 0,1 m. Existe ainda uma convergência da fase em direção às áreas centrais da região. Assim, aparentemente, a onda da constituinte M2 penetra na plataforma continental a partir de

suas extremidades norte e sul. Esta constatação é verificada a partir de resultados de modelos tanto numéricos (Harari & Camargo, 1994 *apud* Castro, 1996) quanto baseados em dados altimétricos e maregráficos, como o trabalho de Mesquita & Harari (1987).

Para referenciar a análise de marés em um local oceânico na Bacia de Santos avaliaram-se dados de maré coletados em um fundeio oceanográfico obtido por Salles *et al.* (2000) e presente no Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Os resultados da estação Santos (Porto) - SP, medida em 23° 57.3' S e 46° 18.6' W. Observando estes resultados, verifica-se que as componentes mais significativas são as semidiurnas, com amplitude de 36,4 cm para M2 e 22,5 cm para S2, confirmando as avaliações anteriores.

ÍNDICE

V.1.3 -	Geologia	1/32
V.1.3.1 -	Geologia Terrestre	1/32
V.1.3.1.1 -	Introdução	1/32
V.1.3.1.2 -	Praia Grande	2/32
V.1.3.2 -	Geologia Marinha.....	6/32
V.1.3.2.1 -	Introdução	6/32
V.1.3.2.2 -	Bacia de Potiguar	7/32
V.1.3.2.3 -	Bacia de Pernambuco-Paraíba.....	14/32
V.1.3.2.4 -	Bacia de Sergipe-Alagoas.....	17/32
V.1.3.2.5 -	Bacia de Santos	20/32
V.1.3.3 -	Geologia Local.....	28/32
V.1.3.3.1 -	Resultados	28/32

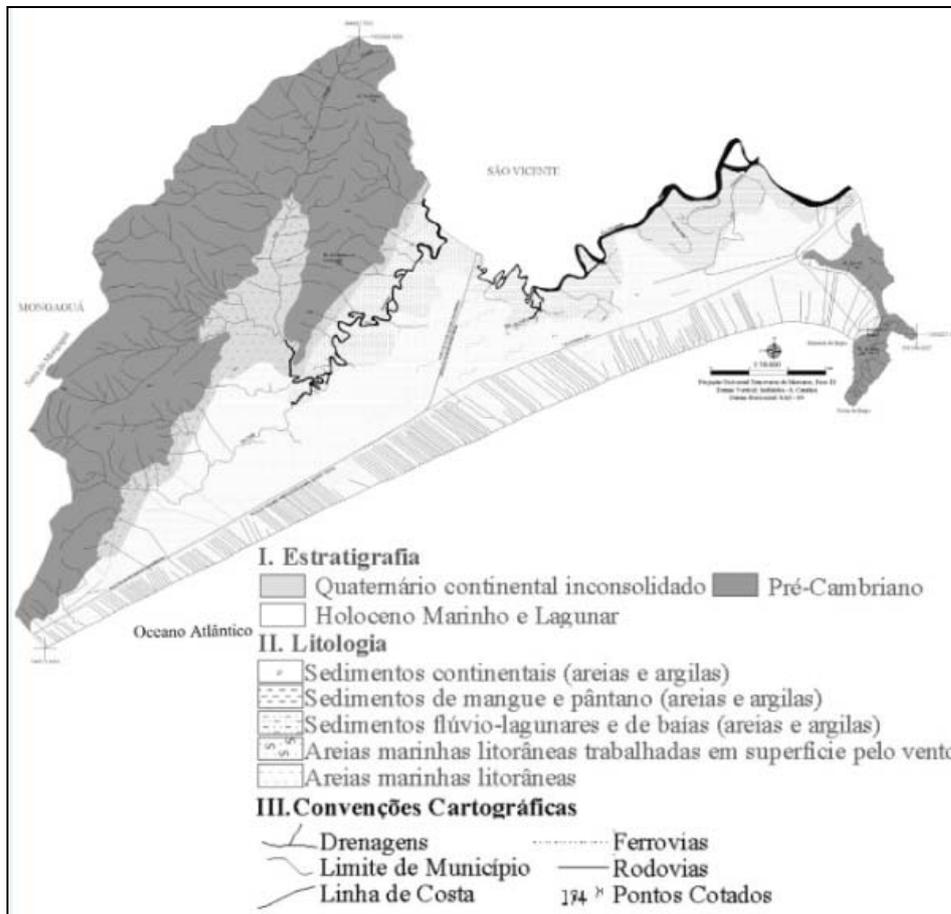
V.1.3 - Geologia

V.1.3.1 - Geologia Terrestre

V.1.3.1.1 - Introdução

Este item tem por objetivo apresentar uma breve caracterização das condições geológicas da Área de Influência continental e litorânea dos locais de instalação do cabo óptico do projeto Seabras-1, considerando seus principais aspectos litológicos, estratigráficos e estruturais.

Os dados aqui apresentados incluem observações secundárias, obtidas na literatura especializada, especialmente no que se refere à cartografia geológica disponível e na literatura e observações primárias de campo, realizadas em dezembro de 2014 e janeiro de 2015. Foram adotados, como base para a elaboração dos mapas 2709-00-EAS-MP-2001-01 e 2709-00-EAS-MP- 2002-01 (Mapa Geológico e Mapa Geomorfológico, respectivamente), o Mapa Geológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:750.000 e a Carta Geológica ao Milionésimo, Folha SG.23, na escala de 1:5.000.000, ambos elaborados pela CPRM. Além destes, foi utilizada também a Carta Geológica da Região de Praia Grande, Estado de São Paulo (Figura V.1.3-1), elaborada por Souza & Cunha, 2012.



Fonte: Souza & Cunha, 2012.

Figura V.1.3-1 - Carta Geológica do Município de Praia Grande (SP).

V.1.3.1.2 - Praia Grande

A Praia Grande está localizada no sudeste do Brasil, no litoral do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 24°00'17''S e 24°05'00''S e 46°24'45''W e 46°35'31''W, na área fisiográfica denominada de "Baixada Santista". Seus limites em terra e mar são os municípios de São Vicente (Norte), Mongaguá (Oeste), Oceano Atlântico (Sul) e Baía de Santos (Leste) (IGC-SP, 2002).

Segundo o Instituto de Geografia e Cartografia do Estado de São Paulo (IGC-SP, 2002), o Município de Praia Grande dista 86 km da capital do Estado (Cidade de São Paulo), 12 km da Cidade de Santos, 6 km da Cidade de São Vicente, 30 km do Município de Guarujá e 80 km da Região ABC Paulista. Sua área é de 147,065 km², ocupando a segunda maior área dos municípios da denominada "Baixada Santista", Santos vem em primeiro. Com 22,5 km de extensão de praias,

totalizando 30,5 km e 77 km de fronteiras, o município encontra-se na maior faixa contínua de praias do Brasil. A altitude média é de 3 m e a máxima de 1.055 m.

A microrregião da Baixada Santista apresenta planície de respingos elevadas, dunas bastante desenvolvidas, notadamente nos municípios de Praia Grande e Itanhaém, e grandes extensões de brejos como manguezais. Sua constituição geológica é de sedimentos arenosos que podem provir do interior da serra ou das rochas adjacentes, sedimentos finos de mangue e de antigos mangues.

Como as características geomorfológicas e geológicas da região influenciam diversos fatores físicos da região, como a hidrografia, por exemplo, e estão ligadas à origem e evolução da Serra do Mar e à formação da planície sedimentar cenozoica, para compreender a dinâmica do relevo e as bases geológicas existentes no município é necessária uma análise no contexto regional.

O contexto geológico regional é marcado pela presença de rochas cristalinas, que compõem a Serra do Mar, formadas durante o Pré-Cambriano e por sedimentos recentes, que se localizam na Planície Costeira e são datados do Quaternário (Suguio & Martin, 1978).

O embasamento cristalino é composto por rochas que se formaram durante o Arqueano (IPT, 1981a). Estas rochas constituem a unidade Complexo Costeiro, de grande heterogeneidade, datado do Proterozóico Superior 700-450 Ma (Fonseca, 1998), cuja litologia é constituída com predomínio de rochas migmatíticas, formado durante o Ciclo Brasileiro por esforços orogênicos originados pela colisão de placas tectônicas, na formação do continente Gondwana (RADAMBRASIL, 1983).

Podem ocorrer também xistos, gnaisses e rochas metamórficas invadidas por magmas graníticos (Rodrigues, 1965). Ocorrem ainda quartzitos, filitos, rochas carbonáticas e diques de diabásio (Santos, 2004). Portanto, as rochas do Complexo Costeiro sofreram diferentes eventos de metamorfismo, deformação, migmatização, granitogênese, e blastomilonitização, o que sugere um quadro de rochas arqueanas retrabalhadas em eventos termotectônicos positivos (IPT, 1981a).

A colisão, conhecida como evento Brasileiro, deu origem a uma imensa cordilheira, tipo Himalaya, que foi desgastada pelos processos erosivos ao longo dos milhões de anos posteriores, preenchendo as principais bacias sedimentares do Brasil. Durante o Cretáceo, entre 150 e 120 Ma, movimentos rúpteis, falhamentos e fraturamentos geraram a quebra do continente Pangea e a abertura do Oceano Atlântico. Estes dois processos, conjugados ao trabalho erosivo

atuante desde então, e associado às novas atividades tectônicas mais recentes, deram origem a configuração atual da Serra do Mar.

Mais especificamente, os promontórios rochosos, encontrados na extremidade nordeste do Município de Praia Grande (Maciço do Xixová), são formados por gnaisses do Complexo Rio Negro (CPRM, 2001 e Mapa 2709-00-EAS-MP-2001-01), que são compostos por ortognaisses bandados, de granulação grossa, texturas porfiríticas recristalizadas, com forte foliação.

A Planície Costeira do Município de Praia Grande é formada por sedimentos datados do Período Quaternário. Esses depósitos sedimentares obedecem ao mesmo padrão de distribuição em toda a costa paulista, apresentando diferenças de espessura (IPT, 1981b).

Segundo a Carta Geológica do Município de Praia Grande, adaptada de Suguio & Martin (1978) por Souza & Cunha (2012) (Figura V.1.3-1), no Município de Praia Grande ocorrem depósitos sedimentares de diferentes ambientes.

Há o predomínio de areias marinhas litorâneas na Planície Quaternária, com ocorrência de areias marinhas litorâneas trabalhadas em superfície pelo vento e presença de antigas linhas de restinga.

No entorno do Rio Piaçabuçu ocorrem sedimentos de mangue e de pântano compostos por areias e argilas. Já nas proximidades do Rio Boturoca aparecem sedimentos flúvio-lagunares e de baías, formados por areias e argilas.

As rampas coluviais são formadas por sedimentos continentais inconsolidados, constituídos por areias e argilas, com estratigrafia do Quaternário Continental.

Na figura abaixo (Figura V.1.3-2) é apresentada a coluna estratigráfica das unidades geológicas que ocorrem no Município de Praia Grande. O código de cores e cronologia adotadas foram o da International Commission on Stratigraphy (ICS, 2010).

Idade Ma	GEOCRONOLOGIA		LITOESTRATIGRAFIA	Evolução Tectônica	AMBIENTE
	Era	Período			
2,588	Cenozóico	Quaternário	 Depósito Quaternário		marinho
23,03		Neógeno			
65,5		Paleógeno			
145,5	Mesozóico	Cretáceo			
199,6		Jurássico			
251,0		Triássico			
299,0	Paleozóico	Permiano			
359,2		Carbonífero			
416,0		Devoniano			
443,7		Siluriano			
488,3		Ordoviciano			
542,0	Cambriano				
1000	Proterozóico	Neoproterozóico	 Unidade Rio Negro	Faixa Móvel Ribeira	

Figura V.1.3-2 - Coluna estratigráfica das unidades presentes no Município de Praia Grande (SP).

V.1.3.2 - Geologia Marinha

V.1.3.2.1 - Introdução

Este capítulo apresenta as características do relevo submarino das bacias sedimentares brasileiras que serão interceptadas pela rota do cabo ótico Seabras-1. Segundo o projeto, na região nordeste do Brasil, o percurso do cabo passa pelas bacias de Potiguar, Pernambuco-Paraíba e Sergipe-Alagoas (Figura V.1.3-3). No sudeste, o cabo ótico Seabras-1 atingirá a porção terrestre na Bacia de Santos. A seguir, estão caracterizadas, quanto a fisiografia e faciologia, as bacias sedimentares brasileiras que serão interceptadas pela rota do cabo ótico Seabras-1.

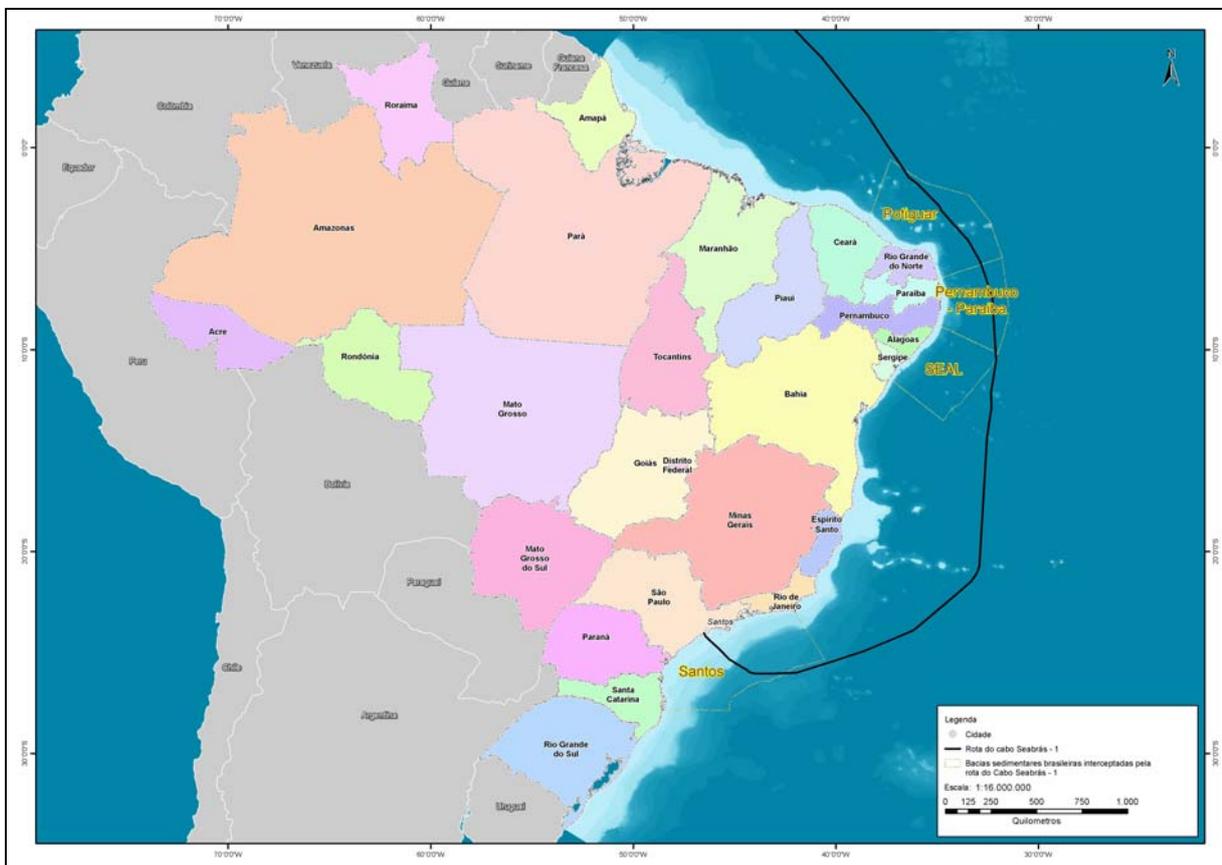


Figura V.1.3-3 - Bacias sedimentares brasileiras que serão interceptadas pelo cabo ótico SEABRAS-1.

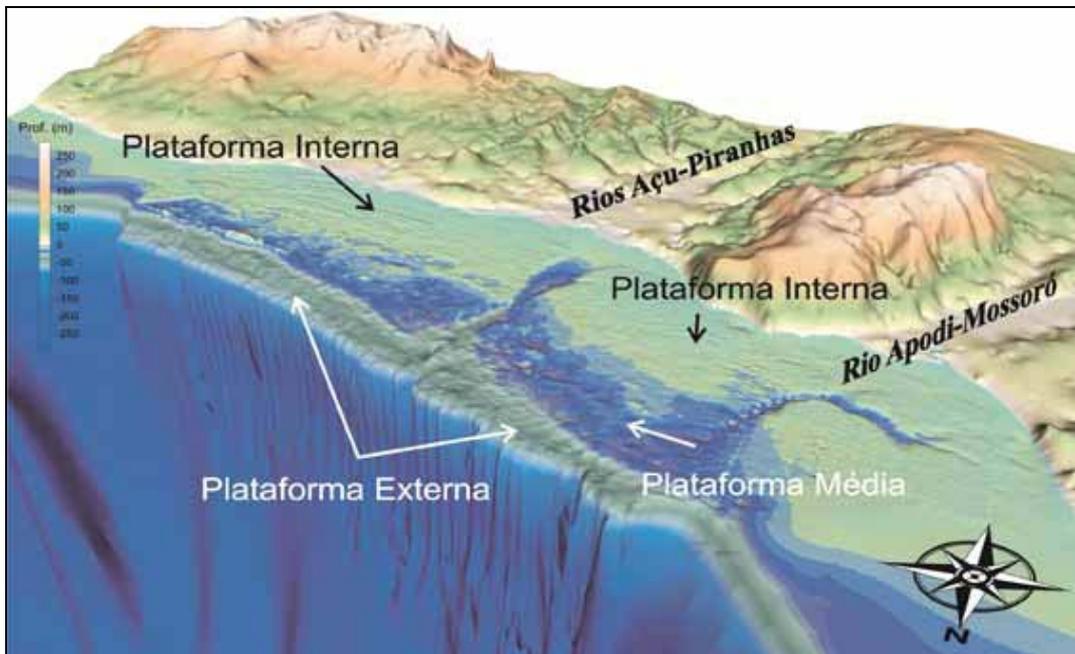
V.1.3.2.2 - Bacia de Potiguar

A Bacia de Potiguar está localizada no extremo leste da Margem Equatorial Brasileira e se distribui em sua maior parte no estado do Rio Grande do Norte, e em menor parte, no Estado do Ceará. Esta bacia é limitada, segundo sua geologia, ao sul, leste e oeste pelo embasamento cristalino, atingido profundidades de 2.000 m. É limitada a oeste, pelo Alto de Fortaleza, e pelo Alto de Touros a leste (Pessoa Neto *et al.*, 2007).

A Plataforma Continental da Bacia de Potiguar ocupa uma área de aproximadamente 15.000 km². A profundidade média da plataforma é de 21 m e a quebra da plataforma ocorre a cerca de 60 m de lâmina d'água. A extensão da plataforma varia de 17.000 m na margem sul até 57.000 m na margem norte, a partir da linha de praia. A declividade predominante na área da plataforma varia de 0° a 1°, ou seja, é normalmente baixa. O Talude Continental apresenta aproximadamente 21.000 km² e profundidade média de 1.226 m (desvio padrão = 670). A declividade média do talude é de 4° (desvio padrão = 3) (PETROBRAS, 2009).

V.1.3.2.2.1 - Fisiografia

A fisiografia da Bacia de Potiguar é formada pela Plataforma Continental e pelo Talude, com um máximo de 43 km de largura entre Areia Branca e São Bento do Norte, limitada pela linha de costa e estendendo-se em direção ao Talude, com transição em profundidades entre 40 e 60 m (Figura V.1.3-4). A plataforma pode ser dividida em plataforma interna, média e externa, com base na caracterização geomorfológica e sedimentológica (Gomes & Vital, 2010).



Fonte: Gomes & Vital (2010).

Figura V.1.3-4 - Modelo Digital do Terreno destacando a delimitação da plataforma continental interna, média e externa.

Com relevo suave, envolvendo extensos campos de dunas longitudinais, a plataforma interna é limitada pela isóbata de 15 m, com predominância de sedimentos siliciclásticos; entre as isóbatas e 15 m e 25 m se localiza a plataforma média, caracterizada pela ocorrência mista de sedimentos e dunas transversais; a plataforma externa é estreita com declividade superior à da plataforma média e limita-se entre as isóbatas de 25 e 40 m de profundidade. O limite entre a plataforma média e externa é bem marcado, na porção central desta plataforma, por uma extensa linha de antigas rochas praias. Nesta faixa existe a predominância de sedimentos bioclásticos e proeminentes desníveis batimétricos (Gomes & Vital, 2010).

Do limite externo da plataforma ao início da planície abissal, ocorre um desnível superior a 2.000 m sobre o Talude e o Sopé Continental. A Plataforma Continental, como um todo, é ocupada por dunas subaquáticas (na porção oeste da área, campos de dunas de Galinhos e dunas longitudinais em frente a Diogo Lopes); campo de dunas longitudinais na plataforma interna; os vales incisos do Rio Açú e do Rio Apodi-Mossoró (os rios mais importantes da região); dunas transversais na plataforma média; rochas praias (*beachrocks*); e corpo arenoso marinho raso isolado (Coroa das Lavadeiras na porção leste da área) (Figura V.1.3-5).

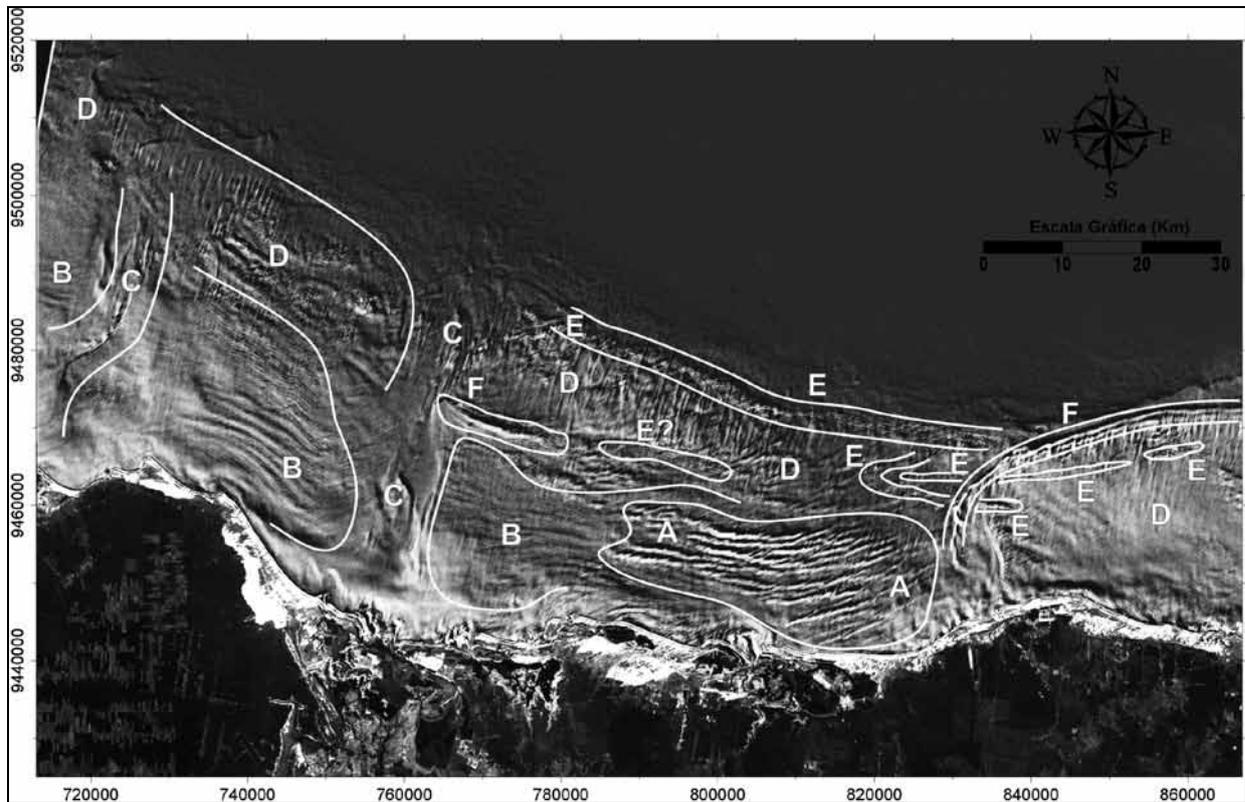


Figura V.1.3-5 - Imagem LandSat7 processada por Gomes (2007a), destacando as principais feições geomorfológicas (modificado de Vital *et al.* 2008) sobre a Plataforma Continental norte do RN. A) Campos de Dunas longitudinais simétricas e assimétricas; B) Dunas subaquáticas longitudinais paralelas à costa; C) Paleocanais do Rio Açu (leste) e Rio Mossoró (oeste); D) Campos de Dunas transversais; E) Linhas de rochas praias (*beachrocks*); F) Corpos arenosos marinhos rasos isolados (Gomes e Vital, 2010).

Dispostas na direção E-W, as linhas de rochas praias (Figura V.1.3-6) são geralmente interceptadas e cobertas pela formação de corpos arenosos isolados na região ao longo da Coroa das Lavadeiras e seguem em direção ao Alto de Touros. Também em frente a Diogo Lopes são identificados alguns corpos com mesma resposta espectral, distando aproximadamente 17 km da linha de costa atual. Devido à inclinação (basculamento) e à cobertura por sedimentos dos blocos das rochas praias, estes se apresentam na imagem de satélite mais estreitos do que em sua largura real, o que pode ser comprovado com fotografias subaquáticas e registro batimétrico.

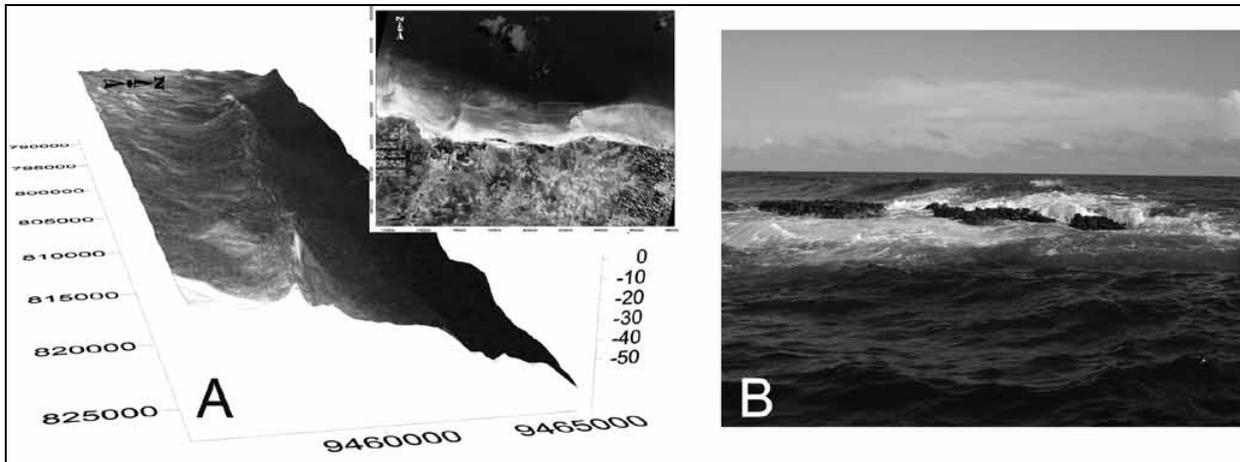
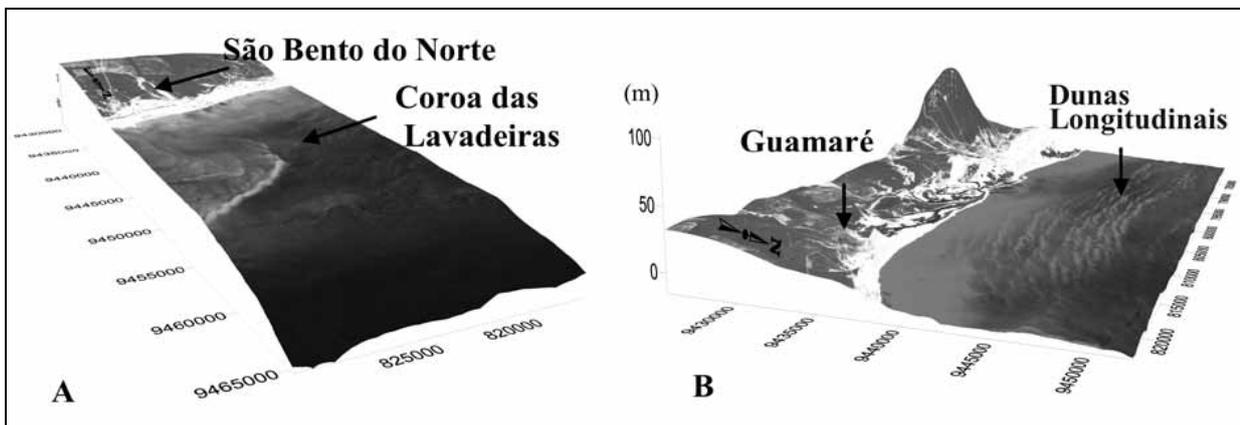


Figura V.1.3-6 - A) MDT/Imagem da linha das rochas praias localizadas próximo à quebra da plataforma. B) Rochas praias acima do atual nível do mar (Foto: I. Cabral Neto). Modificado de Gomes (2007b).

Geomorfologicamente caracterizada como um corpo arenoso marinho raso isolado (Tabosa, 2006; Tabosa & Vital, 2006; Vital *et al.*, 2008), uma feição conhecida localmente como “Coroa das Lavadeiras” é identificada no trecho da plataforma, próximo à São Bento do Norte e à Ponta dos Três Irmãos (Figura V.1.3-7). Este corpo arenoso apresenta-se como um alto em forma de curva, posicionado paralelamente à linha da costa, com mudança de direção do seu contorno para sudoeste, por vezes se sobrepondo a linhas de rochas praias.



Fonte: Modificado de Gomes (2007b).

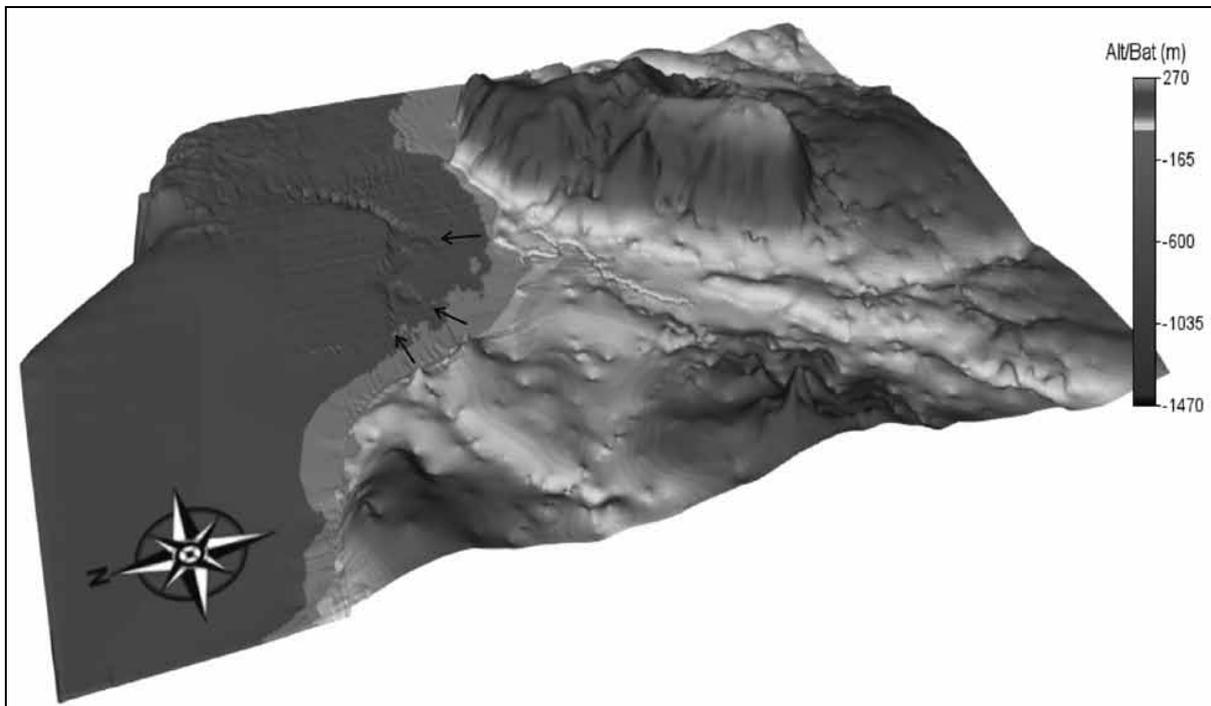
Figura V.1.3-7 - A) Corpo arenoso submerso isolado - Coroa das Lavadeiras; B) Campo de dunas longitudinais em frente a Galinhos.

Segundo a literatura, as estruturas sedimentares observáveis nas imagens de satélite têm sua origem no retrabalhamento por correntes dos sedimentos, provocando deposição ou erosão, deixando a água turva. No entanto, a Coroa das Lavadeiras, formada na extremidade oeste do Alto de Touros, constitui uma barreira para o transporte sedimentar (Tabosa & Vital, 2006). Esse obstáculo, juntamente com a incipiente contribuição de sedimentos trazidos pelos rios, proporciona a pequena quantidade de sedimentos em suspensão na plataforma. A não-deposição desses sedimentos e a atenuação da força das correntes oriundas do atlântico contribuem para uma melhor preservação das paleofeições e uma melhor visualização por imagens orbitais.

Uma formação de dunas subaquáticas com menor amplitude batimétrica, orientadas longitudinalmente na direção NE-SW, é observada a oeste da Coroa das lavadeiras. Essas dunas apresentam comprimento variando de 100-500 m e altura entre 0,5 a 6 m, as assimétricas apresentam comprimento variando de 60-190 e altura entre 0,5-1 m, e a distância máxima entre cristas é de 1,5 km (Gomes *et al.* 2007b). Lateralmente a esse campo de dunas e a margem leste e oeste do paleovale do Rio Açú, na extensão da plataforma interna, ocorrem dunas longitudinais, que apresentam uma extensão contínua e paralela à linha de costa, estendendo-se desde a profundidade de 2 m até o início da plataforma média.

Na plataforma média observa-se um padrão de dunas transversais perpendiculares à linha de costa, diferindo dos demais padrões já citados. Essas dunas também podem ser observadas nas imagens de satélite sobre a plataforma adjacente, a Plataforma de Aracati (Oliveira *et al.*, 2008), e sobre o Alto de Touros (Viana *et al.*, 1991; Testa & Bosence, 1999). Sua origem ainda é pouco discutida, mas pode estar ligada a correntes mais profundas que atingem a borda da plataforma.

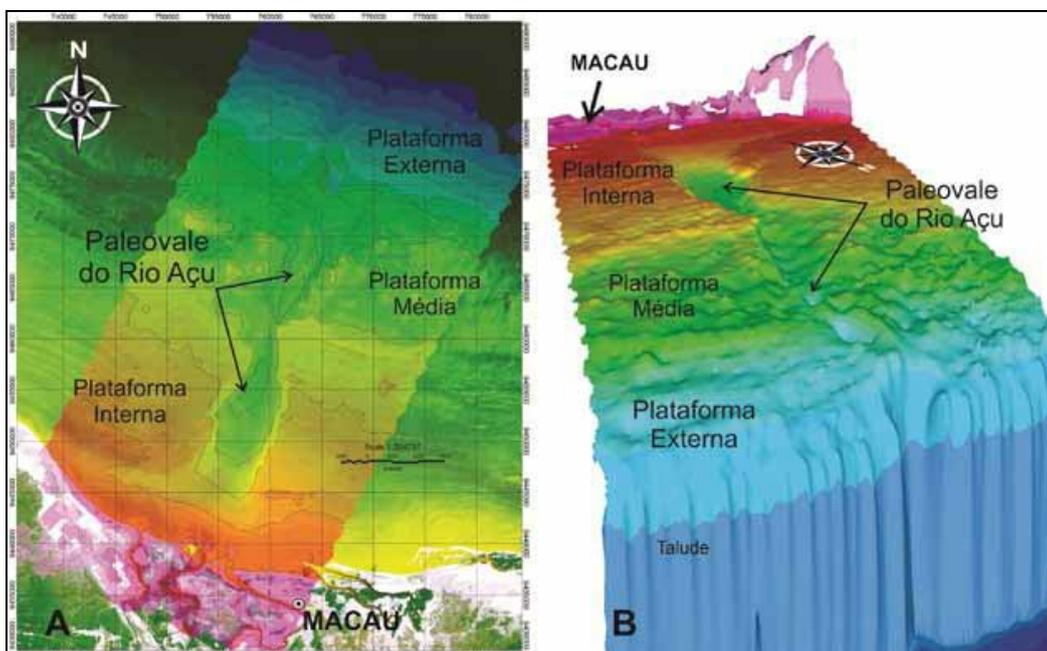
Sobre esta porção da plataforma, são identificados dois expressivos vales incisos, que recebem o nome dos dois principais rios da estrutura hidrográfica da planície costeira meio-norte do Rio Grande do Norte: Rio Piranhas-Açú e Rio Apodi-Mossoró. Estão situados perpendicularmente à costa em áreas de baixo gradiente em direção ao mar, onde formam superfícies de inundação planas a suavemente inclinadas (planície de maré e flúvio/estuarina) (Figura V.1.3-8).



Fonte: Gomes & Vital (2010).

Figura V.1.3-8 - MDT da região do Rio Apodi e do seu paleovale sobre a plataforma, indicando os possíveis sentidos dos rios que alimentavam o antigo vale.

A depressão do Rio Açu, estende-se desde a foz até a borda da plataforma, onde é identificado um paleocanal imerso (Figura V.1.3-9), atingindo profundidades máximas de 32 m na plataforma. Esta depressão se estende como vale inciso até o talude, nesse ponto distando 35 km da foz e com mesma orientação NNE do atual. Esses dois grandes rios são interpretados como vales incisos formados em situação de decida do nível do mar, e posteriormente preenchidos por sedimentos pleistocênicos e holocênicos (Schwarzer *et al.*, 2006; Lima, 2006; Lima & Vital, 2006; Vital *et al.*, 2008; Gomes *et al.*, 2007b).

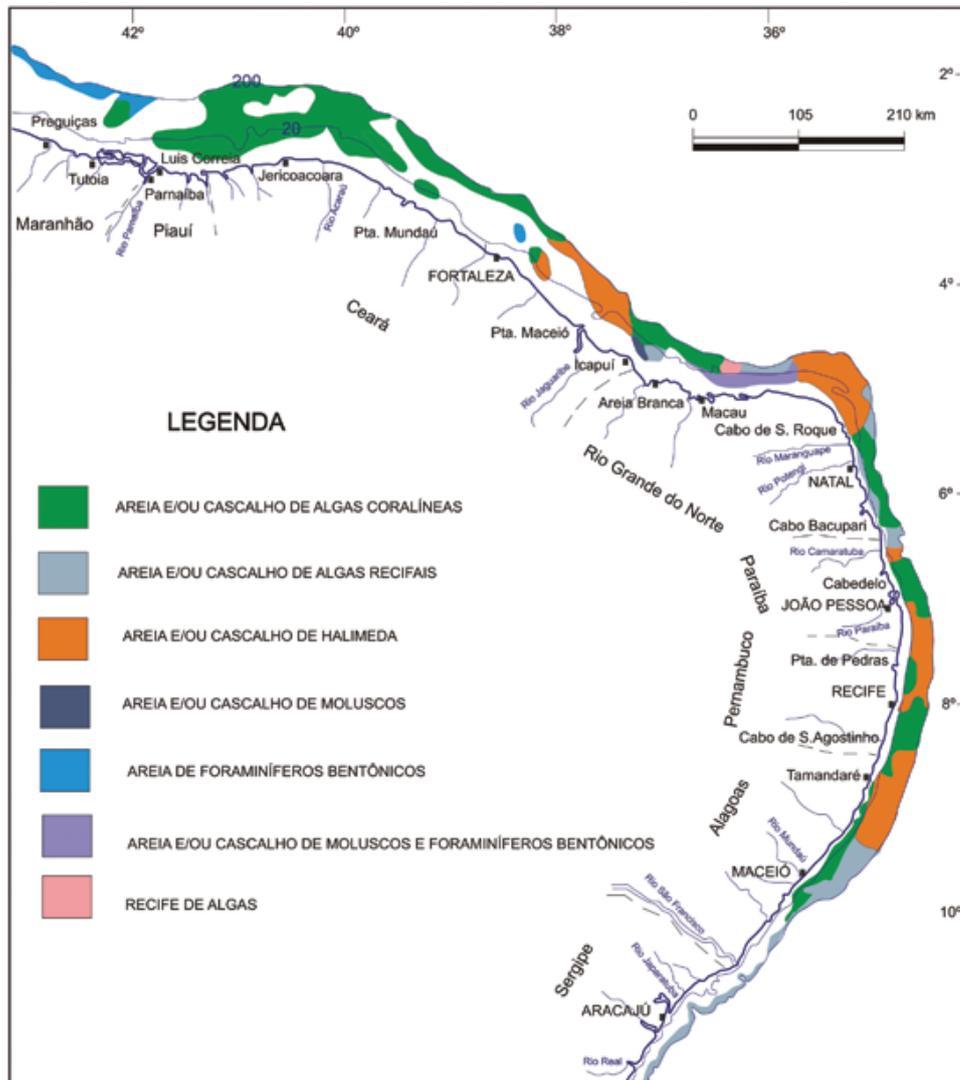


Fonte: Gomes & Vital (2010).

Figura V.1.3-9 - (A) Imagem com batimetria em curvas de nível e (B) MDT da região do paleovale do Rio Açu sobre a plataforma interna (tons vermelho-amarelados), média (tons verdes) e externa (tons azuis).

V.1.3.2.2.2 - Faciologia

A sedimentação mista na plataforma da Bacia Potiguar foi implantada a partir do Neocampaniano e assim permanece até os dias atuais, com a coexistência de sistemas deposicionais siliciclásticos e carbonáticos (Figura V.1.3-10), sendo os primeiros dominantes na porção proximal da bacia e os últimos na porção distal ou borda da plataforma. Das relações verticais e laterais das fácies, dadas pela alternância destes sistemas ao longo do tempo, resultou um registro litológico complexo, compreendido em três unidades litoestratigráficas: a Formação Tibau, composta de arenitos e conglomerados, derivados dos sistemas de leques costeiros e do preenchimento de vales incisivos; a Formação Guimarães, composta de calcarenitos e calcilitos, originados de bioconstruções e bancos algálicos na borda da plataforma; e a Formação Ubarana, composta de folhelhos, calcilitos e arenitos subordinados, apresentando a sedimentação recíproca oriunda da plataforma e depositada em ambiente de Talude (Pessoa Neto, 2003).



Fonte: Adaptado de Projeto REMAC (1979).

Figura V.1.3-10 - Distribuição dos sedimentos carbonáticos na plataforma continental nordeste do Brasil.

V.1.3.2.3 - Baía de Pernambuco-Paraíba

A Baía de Pernambuco-Paraíba é a mais setentrional da costa leste do Brasil e é constituída por duas sub-bacias, separadas pelo Lineamento de Pernambuco, a sub-bacia Pernambuco (também conhecida como Baía do Cabo, a sul) e a sub-bacia de Recife-João Pessoa (a norte). Esta baía localiza-se numa estreita faixa sedimentar da Plataforma Continental (Figura V.1.3-11), ocupando uma estreita faixa na porção costeira dos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte e cobre uma área de cerca de 30.000 km² na porção emersa (Bizzi, 2003). Esta

bacia é limitada ao norte pelo Alto de Touros, limite com a Bacia de Potiguar, ao sul pelo Alto de Maragogi, separando-a da Bacia de Sergipe-Alagoas, e a oeste pelo sistema de falhas de borda, que a separa do embasamento, formado por rochas metamórficas da Província Borborema.



Fonte: Souza-Lima *et al.*, 2003.

Figura V.1.3-11 - Localização da Bacia Sedimentar Pernambuco-Paraíba.

A sub-bacia de Recife-João Pessoa é uma região de embasamento mais raso, apresentando, ao menos na região emersa, uma espessura sedimentar muito reduzida, de cerca de 400 m. A sub-bacia Pernambuco destaca-se como uma bacia mais profunda, com espessuras sedimentares superiores a 3.000 m na região de Cupe (Feijó, 1994a).

Na margem leste brasileira, a região ocupada por essa bacia foi, provavelmente, aquela onde o desenvolvimento do rifte ocorreu por último. Imediatamente ao sul do Lineamento Pernambuco, na sub-bacia do Cabo, o estabelecimento do rifte ocorreu no Eoaptiano, com o desenvolvimento do graben de Cupe. Ao norte desse lineamento, a ruptura só viria a acontecer, efetivamente, no Turoniano (Pereira, 1994).

V.1.3.2.3.1 - Fisiografia

A Plataforma Continental de Pernambuco-Paraíba possui aproximadamente 180 km de extensão norte-sul e a largura varia entre 42 km na porção norte e 30 km em frente ao Cabo de Santo Agostinho, com um valor médio de 35 km. Esta plataforma continental é considerada estreita, rasa e relativamente plana, com declividade abrupta a partir de 60 m, e possui fundo recoberto por areia quartzosa, lama, sedimento de transição (quartzo + algas calcárias), algas calcárias e detritos organogênicos (fragmentos orgânicos).

O baixo índice de erosão continental e a pequena taxa de sedimentação marinha na Plataforma Continental de Pernambuco-Paraíba, associados a fatores estruturais da área, podem ser responsáveis pela reduzida largura, enquanto a pouca profundidade é atribuída à ineficiência de processos marinhos nos últimos períodos geológicos. É possível ainda que a Corrente do Brasil possa, em parte, explicar o modesto desenvolvimento da plataforma (Manso, 1997).

Coutinho (1976) considerando os vários aspectos da morfologia e da distribuição dos diversos tipos de sedimentos na plataforma continental do nordeste brasileiro, sugeriu dividi-la em três segmentos perfeitamente identificáveis, denominando de plataforma interna (até a isóbata de 20 m), média (de 20 a 40 m) e externa (de 40 a 60 m).

Um dos traços morfológicos mais característicos da Plataforma Continental de Pernambuco-Paraíba é a presença constante, na Plataforma Continental Interna, de linhas de rochas praias (*beachrocks*) geralmente paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de algas e corais, além de constituir uma efetiva proteção ao litoral na medida em que absorve grande parte da energia das ondas incidentes.

Uma característica da plataforma pernambucana é a pequena quantidade de corais, comparada ao grande desenvolvimento de algas. O crescimento desses corais ficou restrito aos substratos litificados, representados pelas antigas linhas de praias ou estruturas de recifes algálicos. O crescimento atual dos corais é restrito ao lado externo dos *beachrocks* ou sobre as construções de algas calcárias incrustantes.

A Bacia Pernambuco-Paraíba apresenta em sua porção terrestre e na plataforma continental um gráben formado por sedimentos da fase rifte (Neocomiano-Aptiano) e sedimentos carbonáticos do Albiano-Cretáceo Superior, que gradam para siliciclásticos do Terciário. O talude continental da região entre o Alto de Touros e o Alto de Maragogi é bastante estreito, caindo-se de batimetrias

de 1.000 m para mais de 4.000 m em menos do que 50 km. A parte superior do Platô de Pernambuco é caracterizado por crosta continental, e a parte inferior, na direção da Bacia Oceânica do Brasil, é caracterizada por crosta oceânica (Costa & Maia, 1986).

V.1.3.2.3.2 - Faciologia

A Plataforma Continental de Pernambuco é caracterizada por uma ativa produção carbonática orgânica que se traduz pelo desenvolvimento de fundos de algas calcárias (Manso *et al.*, 2003).

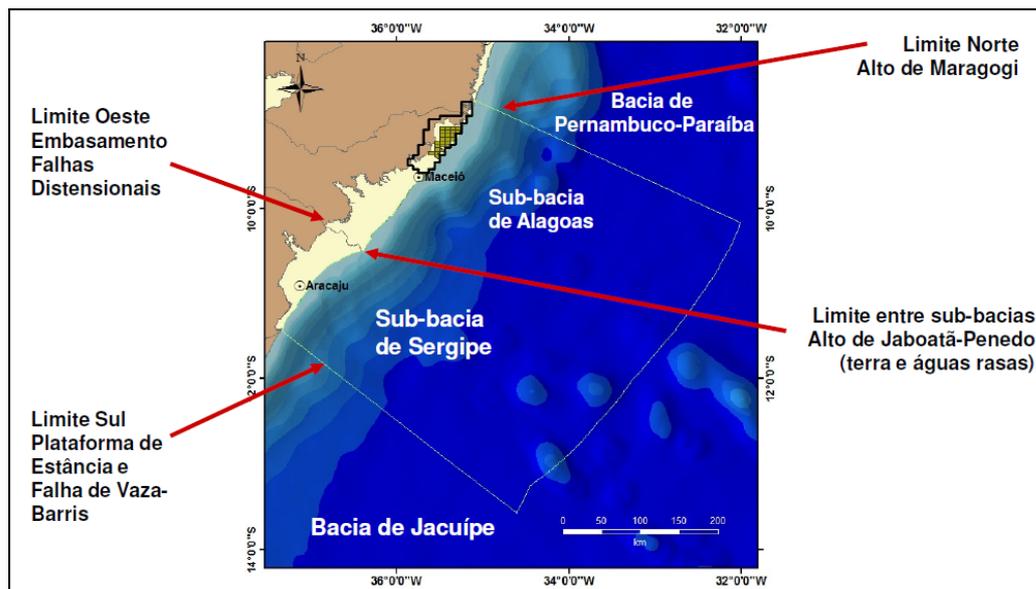
Considerando os aspectos morfológicos e faciológicos da Plataforma Continental do Nordeste, Coutinho (1976) sugeriu dividi-la em três segmentos:

- a) **Plataforma interna** - limitada pela isóbata de 20 metros, com relevo suave mas algumas irregularidades, devido à presença de recifes, canais, e ondulações. Esta porção da plataforma é coberta por areias terrígenas, cascalho e lamas;
- b) **Plataforma média** - de 20 a 40 m de profundidade, possui relevo bem mais irregular do que a plataforma interna. Esta porção da plataforma é recoberta por sedimentos grossos de origem biogênica. As algas, que formam o principal componente destes sedimentos de fundo, pertencem à família Coralinaceae, subfamília Melobesiae, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*. São constituídas de 75 a 95% de carbonato de cálcio, 4 a 10% de carbonato de magnésio e ainda de oligoelementos. O limite superior de ocorrência destas algas calcárias está ligado diretamente ao fim da influência terrígena (aproximadamente 20 m), ocupando também a plataforma externa, até as isóbatas de 80 m a 90 m (Manso, 1997). Além das algas coralinas, também merecem destaque as algas verdes calcificadas, que são igualmente importantes formadoras de sedimentos biogênicos (Coutinho, 1976).
- c) **Plataforma externa** - localiza-se a partir de 40 m, coberta com areia biodetríticas, cascalhos e lamas cinza azuladas.

V.1.3.2.4 - Bacia de Sergipe-Alagoas

A Bacia Sergipe-Alagoas está situada na margem continental nordeste do Brasil. A porção terrestre desta bacia abrange uma área de aproximadamente 13.000 km² e a porção submersa compreende uma área de aproximadamente 30.000 km². Para leste, esta bacia se estende até a isóbata de 2.000 m (Bizzi *et al.* 2003).

Esta bacia é limitada ao norte com a Bacia Pernambuco-Paraíba, pelo Alto de Maragogi, e ao sul com a Bacia do Jacuípe, pelo sistema de falhas de Vaza-Barris (Feijó & Vieira, 1990; Feijó, 1992) (Figura V.1.3-12). A Bacia de Sergipe-Alagoas (SEAL) divide-se em duas sub-bacias, Alagoas e Sergipe, separadas pela proeminente feição estrutural positiva chamada de Alto Jabotã-Penedo, nas imediações do Rio São Francisco (Feijó, 1994b; Aquino e Lana, 1990).



Fonte: http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/seminarios/STA_8_Bacia_de_Sergipe_Alagoas_portugues.pdf.

Figura V.1.3-12 - Limites da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas.

V.1.3.2.4.1 - Fisiografia

A área da Bacia Sergipe-Alagoas é caracterizada pela ocorrência de feições fisiográficas marcantes, tais como cânions e montes submarinos, que conferem a essa região um relevo bem acidentado.

De forma geral, nesta região, a Plataforma Continental possui baixa declividade, inferior a 5°, com uma superfície regular, sem formas topográficas acrecionais ou erosivas regionalmente significativas.

A Plataforma Continental da Bacia Sergipe-Alagoas possui sua maior extensão na porção norte do Estado de Alagoas, com cerca de 40 km de largura. Esta plataforma se estende desde a região costeira até a isóbata de 50 m, onde ocorre a quebra da plataforma, que marca seu limite com o Talude Continental (REMAC, 1979).

Os Vales Incisos, que correspondem a antigas drenagens afogadas e não preenchidas por sedimento, aparecem no setor norte aonde as drenagens que chegam ao litoral são de pequena envergadura e transportam pouco sedimento. Alguns vales cortam a Plataforma Continental transversalmente, em forma retilínea e outros formam meandros. Alguns vales apresentam bifurcações denotando a presença de tributários (Figueiredo JR. *et al.* 2011).

O Talude Continental da Bacia Sergipe-Alagoas estende-se da quebra da Plataforma Continental até a isóbata de 3.500 m, aproximadamente, onde ocorre a transição para o Sopé. Sua declividade média varia de 5° a 10°, na porção superior (próximo à Quebra da Plataforma), e de 0° a 6° nas demais porções (média e inferior). Neste domínio, ocorrem variações morfológicas devido à presença de feições erosivas, tais como, cânions, ravinas e sulcos, cujas escarpas podem atingir declividades superiores a 30°. Estas feições ocorrem na porção frontal ao litoral de Sergipe, onde encontram-se os cânions São Francisco, Sapucaia, Japarutuba e Real (REMAC, 1979).

Na região do Sopé, que se estende da isóbata de 3.500 m até a planície abissal, o suave relevo é interrompido pela presença de montes submarinos, que podem atingir até 1.000 m em relação ao fundo em seu entorno (Zembruski *et al.*, 1979). Estes montes submarinos ocorrem desde o limite com o Talude Continental, próximo ao Platô de Pernambuco, até a Planície Abissal, formando alinhamentos de direção NW-SE.

V.1.3.2.4.2 - Faciologia

A partir da interpretação das feições de leito marinho da Bacia de Sergipe-Alagoas, e através de análises de amostras dos sedimentos de fundo, Figueiredo JR. *et al.* (2011) associou a forma de fundo às manchas de diferentes fácies sedimentares.

Na Plataforma Continental média e externa ocorrem rugosidades no leito marinho que correspondem a áreas com crescimento algálico carbonático e de corais, e que podem ter também forma de pináculos, com elevação um pouco acima da topografia local. O carbonato forma manchas que vão desde o litoral, onde há a presença do Grupo Barreiras, até a borda da plataforma. Na foz do São Francisco e cabeceiras do Cânion do Japarutuba o carbonato não está presente e ocorre uma predominância de sedimentos terrígenos ou siliciclásticos.

No setor norte da bacia, onde aparecem os Vales Incisos, há o predomínio de carbonatos. Esses carbonatos possibilitam a preservação desses vales incisos por não serem arrasados com a transgressão marinha. Por sua vez os carbonatos predominam no setor norte porque a drenagem que chega nesta área é de pequena extensão e com pequena carga sedimentar e, portanto, insuficiente para colmatar os vales (Figueiredo JR. *et al.* 2011).

V.1.3.2.5 - Bacia de Santos

A Bacia de Santos está situada na porção sul-sudeste da costa brasileira, se estendendo entre Cabo Frio e a ilha de Florianópolis, e abrangendo os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Esta bacia é limitada ao norte pela Bacia de Campos, através do alto de Cabo Frio, ao sul pela Bacia de Pelotas, através do alto de Florianópolis, a oeste pelo platô de São Paulo, e a leste pelo embasamento do Complexo Costeiro da Província da Mantiqueira (Serra do Mar), abrangendo uma área de cerca de 350.000 km², até a isóbata de 2.000 m (Moreira & Carminatti, 2004). Esta bacia constitui uma das maiores depressões entre as bacias sedimentares da costa brasileira.

V.1.3.2.5.1 - Fisiografia

As províncias fisiográficas na Bacia de Santos se relacionam à evolução tectônica ocorrida nesta região desde o Proterozoico. Segundo Asmus & Ferrari (1978) apud Muehe & Carvalho (1993), a gênese e configuração desse trecho da plataforma continental estaria relacionada a um tectonismo atuante durante o Terciário, no sudeste do continente sul-americano, que causou fraturamentos no embasamento cristalino. Weissel (1990) apud Muehe & Carvalho (*op. cit.*) afirma que a configuração atual da plataforma seria resultante de um modelamento erosivo pós fase rifte, ocorrido ao longo de zonas de fraturamento preexistentes ao soerguimento continental, anterior à abertura da bacia do oceano Atlântico sul.

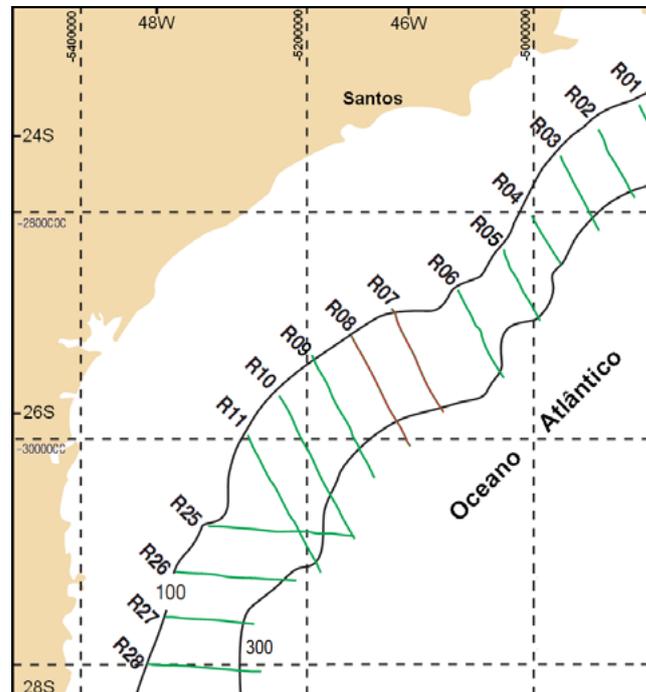
O Projeto REMAC (1979) define como região Sul a porção da costa brasileira situada entre o Cabo de São Tomé e o Rio Grande do Sul, sendo esta dividida em quatro setores: (1) Cabo de São Tomé-Cabo Frio, (2) Embaiamento de São Paulo (estendendo-se de Cabo Frio até Florianópolis), (3) Florianópolis-Mostardas e (4) Cone do Rio Grande. Considerando esta subdivisão, é abordado, para fins de descrição no presente estudo, o setor do embaiamento de São Paulo, que representa uma ampla concavidade da costa, cujo delineamento é, também, seguido pela Margem Continental.

Plataforma Continental

A Plataforma Continental neste setor denota uma orientação geral NE-SW, com isóbatas dispostas coincidentemente com a linha de costa. Em geral, as isóbatas são paralelas e afastadas entre si, indicando uma plataforma com declividade mais suave e menos profunda. A extensão máxima desta é de aproximadamente 228 km, sendo dividida em plataforma interna, média e externa.

A plataforma interna apresenta largura que varia entre 30 e 50 km e se estende até a isóbata de 60 m, com gradientes entre 1:400 e 1:800. A plataforma média apresenta uma largura entre 30 e 50 km, atingindo como limite a isóbata de até 120 m, e apresentando declividade em torno de 1:1.100. A plataforma externa possui uma largura aproximada de 42 km e declividade de cerca de 1:700, se estendendo entre as isóbatas de 140 m e 180 m, onde ocorre a quebra da plataforma. A quebra da plataforma é discreta, podendo apresentar bordas arredondadas ou terraços estreitos de abrasão marinha.

Figueiredo Jr. & Tessler (2004), com base em dados do Programa REVIZEE, descrevem a topografia da plataforma e talude continentais, entre o cabo de São Tomé (RJ) e o arroio Chuí (RS). Nesta descrição são apresentados perfis transversais ("radiais" - RO's), definidos a partir da isóbata de 100 m até, no mínimo, a isóbata de 500 m e gradientes do fundo marinho dessas duas áreas (Figura V.1.3-13). Observa-se que a região apresenta superfícies com inclinação suave em direção ao platô continental, com alterações topográficas pouco expressivas. Associado a isto, os gradientes apontam para valores até 1°, demonstrando uma superfície entre plana a levemente ondulada (Figura V.1.3-14).



Fonte: Modificado de Figueiredo Jr. & Tessler (2004).

Figura V.1.3-13 - Localização dos radiais executados pelo projeto REVIZEE.

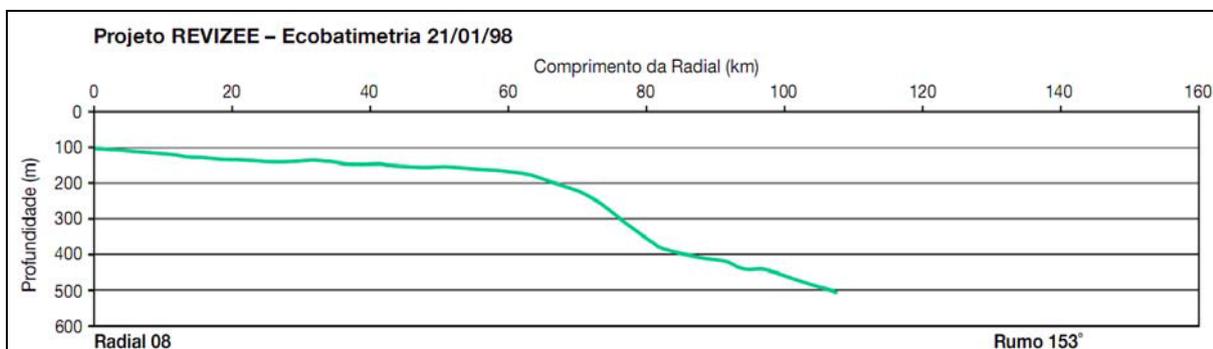


Figura V.1.3-14 - Exemplo de perfil topográfico transversal à Plataforma Continental e Talude. Nesta pode-se observar a suavidade do fundo marinho na região.

Ao longo do embaiamento ocorrem feições morfológicas antigas como canais e cânions, principalmente na Plataforma Continental. Geralmente, os canais são estreitos, alongados, parcialmente ou totalmente soterrados, tendo suas cabeceiras próximas à costa e se estendendo perpendicularmente à plataforma, podendo alcançar a quebra da plataforma. São destaques os canais de São Sebastião, Queimada e Cananéia. Os cânions de São Sebastião e São Paulo têm suas cabeceiras a partir da quebra da Plataforma Continental.

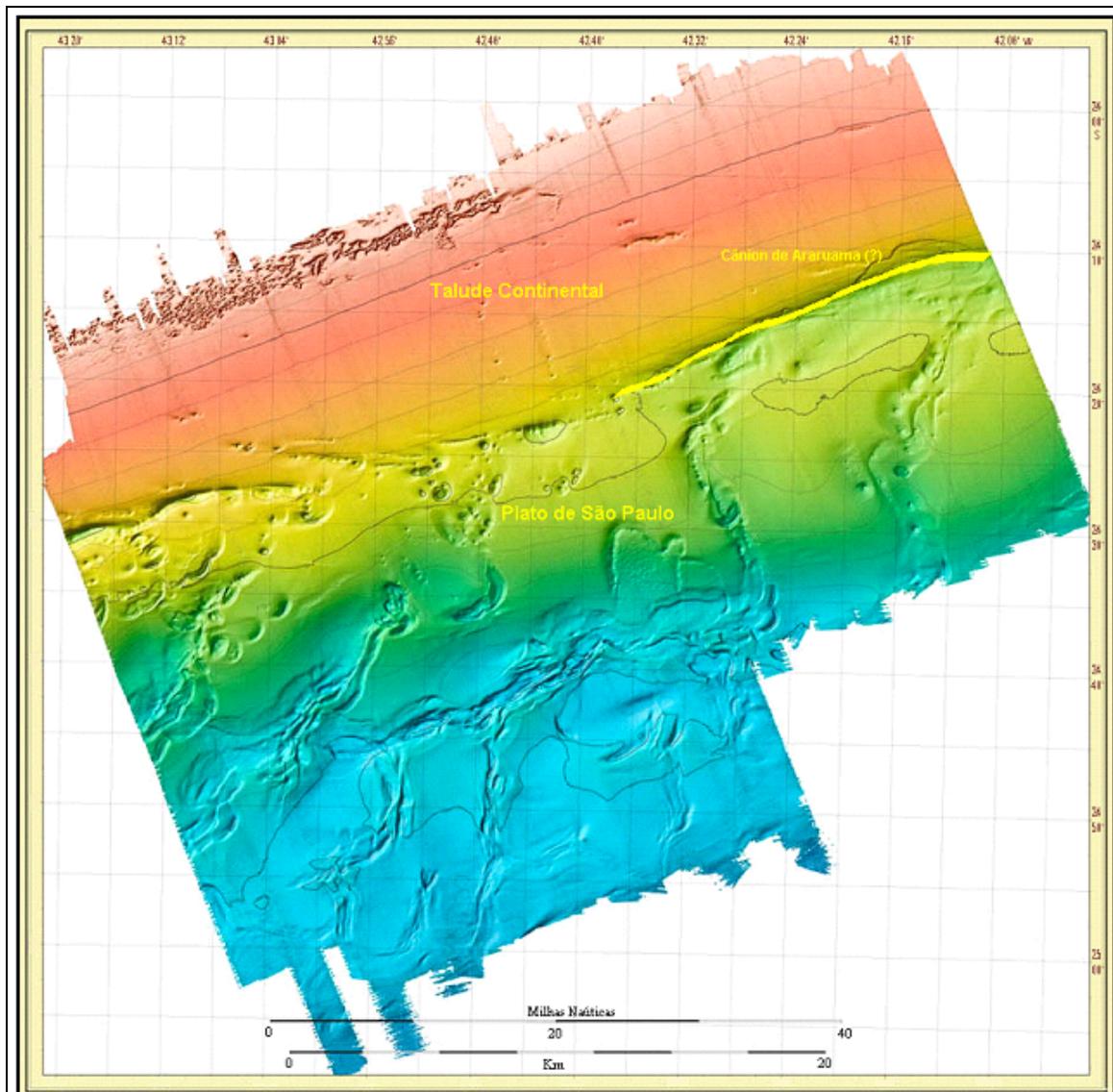
Talude Continental

O Talude Continental é subdividido em talude superior e inferior. O talude superior é, em geral, mais estreito e íngreme. Apresenta uma largura entre 20 e 30 km, quando atinge as isóbatas entre 700 e 800 m. A declividade varia entre 2° e 3°. Em alguns pontos, em função da acentuada declividade, é possível a ocorrência de movimentos de massa.

O Talude Continental inferior é relativamente mais largo e menos íngreme. O limite inferior se dá junto ao Platô de São Paulo, na profundidade de 2.000 m. A largura varia entre 100 e 150 km, onde o relevo mostra intumescências devido à influência de diápiros de sal.

No Talude estão presentes os cânions que se iniciam na Plataforma Continental e seguem em direção ao Platô de São Paulo. Os cânions existentes, o de São Sebastião e o de São Paulo, avançam até a porção média do Talude. A drenagem submarina, que geralmente abrange a extensão da Plataforma até a porção média do Talude, sugere ação erosiva “bem moderna” (Zembruski, 1979).

Nas porções menos profundas, ocorrem diversos *pockmarks*, que podem atingir 350 m de largura, estando alinhados com os planos de falhas, sugerindo possivelmente um caminho preferencial para a expulsão de fluidos. Na porção mais profunda estão presentes um pequeno número de canais com larguras próximas a 2.500 m, sendo inativos e parcialmente preenchidos por sedimentos recentes (Calder *et al.*, 2002) (Figura V.1.3-15).



Fonte: Modificado de Calder *et al.* (2002).

Figura V.1.3-15 - Mapeamento geomorfológico do fundo oceânico na porção norte da Bacia de Santos, mostrando as principais feições morfológicas na área do talude e Platô de São Paulo.

Na área de transição entre o Talude e o Platô de São Paulo a morfologia do fundo marinho inclui um conjunto de depressões lineares paralelas e perpendiculares à quebra da Plataforma. Tais depressões lineares representam na superfície do fundo marinho expressões superficiais de planos de falhas relacionados às muralhas de sal subsuperficiais.

Platô de São Paulo

O Platô de São Paulo representa uma feição morfológica de destaque na margem continental sudeste brasileira, sendo resultante de uma deformação da crosta e do manto superior situada diante da Bacia de Santos (Gorini & Carvalho, 1984). Este platô mostra-se bastante amplo, situando-se entre a base do Talude Continental, numa profundidade de 2.500 m, prolongando-se em direção a leste até a profundidade de 3.500 m, terminando em uma escarpa íngreme. O platô é limitado pela Cadeia Vitória-Trindade, ao norte, e pela Dorsal de São Paulo, ao sul, sendo que a leste seu limite coincide com o limite do sal Aptiano (Gorini & Carvalho, *op. cit.*).

V.1.3.2.5.2 - Faciologia

Na Bacia de Santos, na área do embaiamento sul, especificamente entre Ubatuba e Cananéia, as fácies sedimentares superficiais presentes relacionam-se a dois grandes domínios: as fácies terrígenas e as carbonáticas. As fácies terrígenas são constituídas por cascalhos, areias, silte e argilas, com teores de CaCO_3 inferiores a 50%, enquanto as fácies carbonáticas possuem teores superiores a 50% (REMAC, 1979).

A plataforma continental, ao largo da área compreendida entre Ubatuba e Cananéia há o predomínio da fácies arenosa. Esta se estende pela porção interna até externa da plataforma continental, atingindo a isóbata de 60 a 100 m.

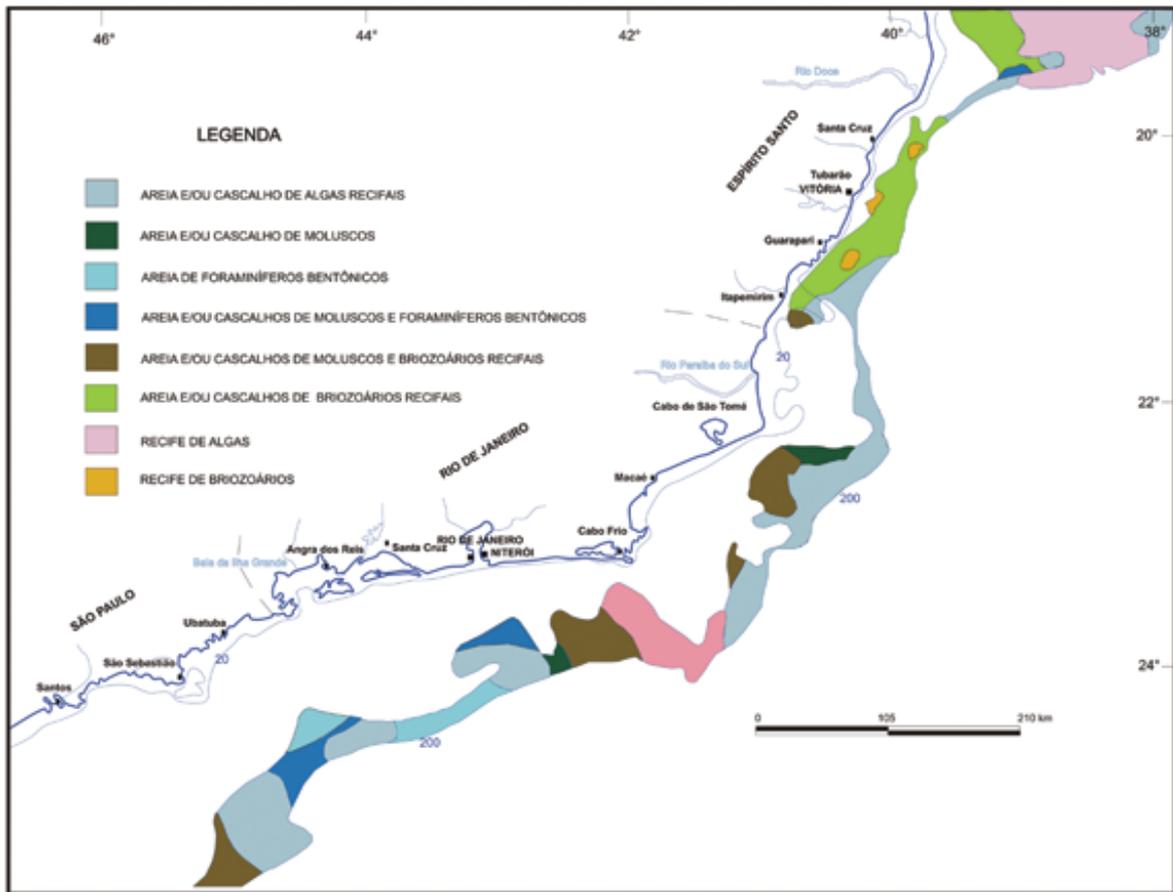
Segundo Alves & Ponzi (1984), esta fácies é constituída por areias quartzosas subarcoseanas reliquias, muito finas, com coloração acinzentada, grãos subangulosos a subarredondados e bem polidos. Dada à ausência de estudos sedimentológicos mais detalhados em direção ao largo, supõe-se que tais características possam ser extrapoladas a esta ao longo do trecho abordado neste estudo. É sabido que, geralmente, na região da plataforma interna, há uma tendência de acréscimo da fração mais grossa no sedimento.

A fácies arenosa é recoberta por fácies lamosa. Estas são de idade Holocênica e se apresentam como manchas isoladas ao longo da Plataforma Continental. Uma imensa mancha encontra-se disposta desde ao largo de Santos até ao largo de Cananéia, se fazendo presente a partir da isóbata de 60 m, se estendendo até a quebra da Plataforma Continental. Em geral, na Bacia de Santos os sedimentos finos, a fração lamosa, está diretamente associada a alterações batimétricas.

De acordo com Alves & Ponzi (*op. cit.*), as fácies terrígenas são constituídas por argilominerais do tipo caulinita, montmonilonita e illita, predominantemente na fração silte, formando lamas sílticas. A grande participação de montmonilonita sugere como provável área-fonte as áreas de drenagens modernas e/ou atuais.

Outro estudo, produzido por MMA/PETROBRAS/AS/PEG (2002), evidenciou a sudoeste nesta bacia um predomínio de silte e argila (90,1% das amostras), sendo que o predomínio de silte, de 89,2%, foi muito superior a argila, de 0,9%. O cascalho foi encontrado em 3,3% das estações, e areia muito grossa em 7,5%, a areia grossa em 11,7%, a areia média em 14,9%, a areia fina em 18,2% e a areia muito fina em 5,6%. As areias predominam em somente 9,9% das estações. Segundo o referido estudo, a maior contribuição é de areia muito fina, com 5,6%, e de areia fina, com 3,3%.

As fácies carbonáticas (**Figura V.1.3-16**) passam a ocorrer a partir da profundidade de 100 m e alcançam até a quebra da Plataforma e, provavelmente, a parte superior do Talude podendo atingir a profundidade de até 200 m. Tais fácies são constituídas por areias e/ou cascalhos de algas recifais, moluscos e foraminíferos bentônicos, moluscos e briozoários recifais, podendo ou não ocorrer associados.



Fonte: Adaptado de Projeto REMAC (1979).

Figura V.1.3-16 - Distribuição dos sedimentos carbonáticos na plataforma continental sudeste do Brasil.

V.1.3.3 - Geologia Local

Com a finalidade de caracterizar as feições fisiográficas e a faciologia do fundo oceânico na plataforma continental adjacente ao ponto da costa onde ocorrerá a chegada do Cabo Seabras-1 na costa brasileira (Praia Grande), foi realizado um levantamentos geológico prévio (*survey*), onde foram adquiridos dados de *Side Scan Sonar* (sonar de varredura lateral), *Multi-beam* (*EcoSSonda Multi-feixe*) e *Sub-Bottom Profiler* (perfilador de sub-fundo), da isóbata de 5 m até 50 m de profundidade. Além destes dados também foram realizadas coleta e análise dos sedimentos superficiais do leito marinho e da praia de Praia Grande.

V.1.3.3.1 - Resultados

No presente estudo, com a finalidade de facilitar a análise e interpretação dos dados adquiridos em campo, a caracterização das feições fisiográficas e da faciologia foi dividida em 2 setores: de 15 a 50 m de profundidade e de 15 m até o BMH-PG (*Beach Manhole* - bueiro do calçadão de Praia Grande), por onde o cabo Seabras-1 chegará na costa (coordenas 24° 2,27' S e 46° 29,73' W - Datum WGS 84). Os resultados do levantamento prévio (*survey*) são aqui apresentados segundo estes dois segmentos (15 - 50 m e 15 m - BMH-PG).

V.1.3.3.1.1 - Segmento de 15 - 50 m

No segmento de 15 a 50 m de profundidade, na rota pré-definida para a passagem do cabo Seabras-1, o leito marinho, de forma geral, aprofunda-se gradualmente, sem que tenham sido observados gradientes que ofereçam risco à atividade de instalação do cabo Seabras-1 (definidos como gradientes acima de 6°) dentro da faixa de ± 250 m da rota pré-definida. Os sedimentos superficiais do leito marinho foram interpretados, através dos dados sonográficos, como sendo areia fina, com algumas manchas de acúmulo de areia grossa. Os maiores gradientes observados foram os associados às manchas de areia grossa, com valores máximos de 5°.

Através dos resultados do *Multi-beam* e do *Side Scan Sonar*, foram observados vinte objetos, embora nenhum desses objetos ocorra dentro da faixa de 8 m de proximidade com a rota pré-definida para a passagem do cabo. Um objeto foi observado a 9 m de distância da rota do cabo Seabras-1, conforme mostrado na **Figura V.1.3-17**. O objeto detectado possui dimensão de 14,0 por 12,9 m e altura de 1,1 m.

Um detrito linear de 18 m de comprimento e 0,4 m de altura aparece perto da coordenada 24° 24,2800' S e 046° 12,8035' W. Áreas de depressão com areia grossa ocorrem próximo às coordenadas 24° 25,1990' S e 046° 11,8494' W; 24° 08,6144' S e 046° 27,6455' W.

Manchas de acúmulo de areia grossa ocorrem nas coordenadas: 24° 19,9598' S e 046° 17,3105' W; 24° 13,5399' S e 046° 23,7696' W; 24° 12,5662' S e 046° 24,6542' W; 24° 12,2118' S e 046° 24,8192' W; 24° 10,7219' S e 046° 26,4083' W e em 24° 10,6121' S e 046° 26,5800' W.

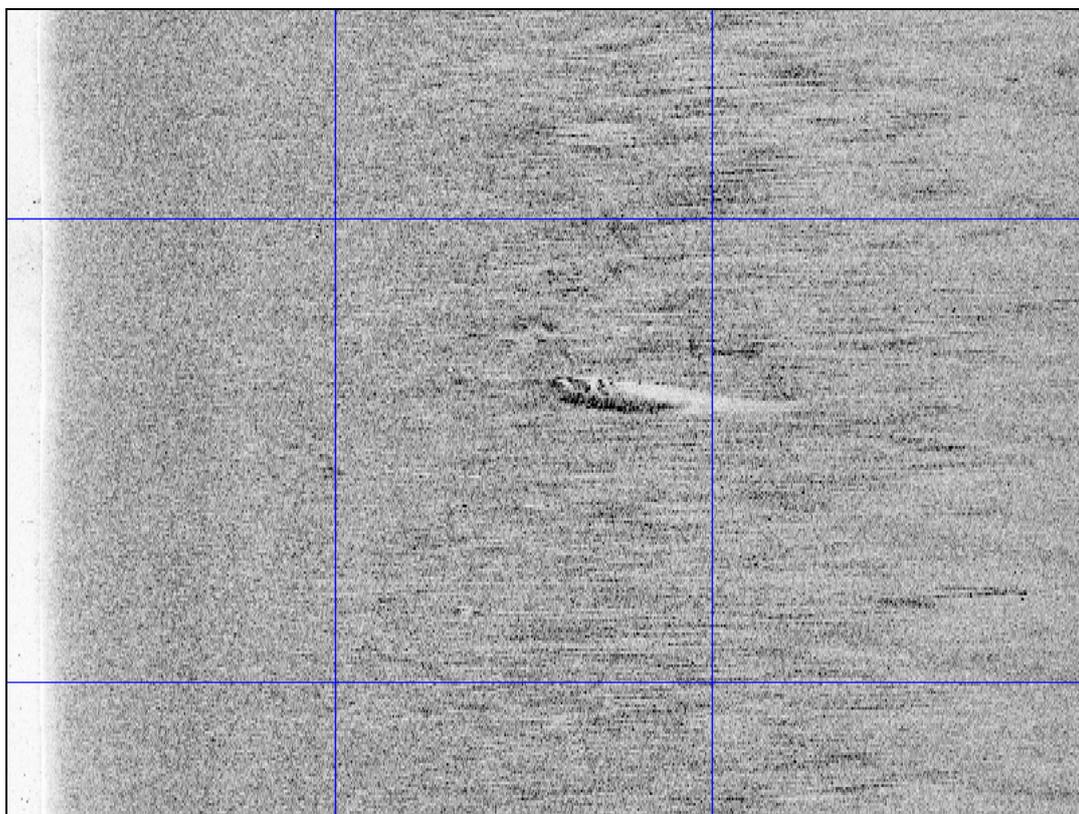


Figura V.1.3-17 - Objeto medindo 14 m por 12,9 m e altura de 1,1 m na coordenada 24° 22,3463' S e 046° 14.7635' W (Datum WGS 84).

A Tabela V.1.3-1, apresentada a seguir, sumariza os dados dos vinte objetos detectados no leito marinho. Cabe ressaltar que nenhum destes 20 objetos se encontra a menos de 8 m de distância da rota pré-determinada para o cabo Seabras-1.

Tabela V.1.3-1 - Objeto medindo 14 m por 12,9 m e altura de 1,1 m na coordenada 24° 22,3463' S e 046° 14.7635' W (Datum WGS 84).

Número da Observação	Leste UTM - 23 S SIRGAS 2000	Norte UTM - 23 S SIRGAS 2000	Dimensão Comp x Larg x Alt (m)	Descrição
SEA-SA-SC001	3 718 762	2 278 761	242,7 x -- x --	Detrito Linear
SEA-SA-SC002	3 720 263	2 274 976	70,8 x -- x 0,2	Detrito Linear
SEA-SA-SC003	3 720 629	2 273 933	91,7 x -- x 0,2	Detrito Linear
SEA-SA-SC004	3 722 266	2 268 474	6 x 1,5 x 0,6	Objeto
SEA-SA-SC005	3 722 584	2 266 941	5,1 x 1,2 x 0,3	Objeto
SEA-SA-SC006	3 723 652	2 264 255	1,1 x 0,9 x 0,3	Objeto
SEA-SA-SC007	3 737 130	2 248 846	6,4 x -- x 0,3	Detrito Linear
SEA-SA-SC008	3 739 121	2 246 869	6,3 x 1,9 x 1	Objeto
SEA-SA-SC009	3 745 098	2 240 951	7,4 x 6,3 x 1	Objeto
SEA-SA-SC010	3 749 917	2 235 460	11,5 x 4,7 x 0,4	Objeto
SEA-SA-SC011	3 749 872	2 235 480	17,8 x -- x 0,3	Detrito Linear
SEA-SA-SC012	3 746 278	2 239 363	14,9 x 12,9 x 1,1	Objeto
SEA-SA-SC013	3 746 613	2 239 133	8,8 x 3,9 x 1	Objeto
SEA-SA-SC014	3 745 552	2 240 318	5,7 x 3,5 x 1	Objeto
SEA-SA-SC015	3 750 627	2 234 843	4,9 x 2 x 0,6	Objeto
SEA-SA-SC016	3 751 196	2 234 139	9,3 x 8,3 x 0,6	Objeto
SEA-SA-SC017	3 734 568	2 252 502	9,5 x 0,6 x 0,4	Objeto
SEA-SA-SC018	3 719 458	2 277 957	2,1 x 1 x 0,6	Objeto
SEA-SA-SC019	3 719 605	2 277 584	1,9 x 1,4 x 0,4	Objeto
SEA-SA-SC020	3 720 392	2 274 258	37,1 x -- x 0,3	Detrito Linear

Neste segmento, existem cinco cabos, sendo todos estes cabos telegráficos que estão fora de operação. Nenhum desses cabos foi detectado pelo *Multi-beam* ou pelo *Side Scan Sonar*.

V.1.3.3.1.2 - Segmento de 15 m - BMH-PG

Assim como para o segmento de 15 - 50 m, neste segmento o leito marinho, de forma geral, aprofunda-se gradualmente, sem que tenham sido observados gradientes que ofereçam risco à atividade de instalação do cabo Seabras-1 (definidos como gradientes acima de 6°) dentro da faixa de ± 250 m da rota pré-definida.

Foram coletadas amostras dos sedimentos superficiais da região costeira até a profundidade de 7 m, através de mergulho; até 15 m, com uma draga; e de sedimentos da praia, através de um amostrador tipo sonda.

As análises sedimentológicas apontaram que os sedimentos superficiais do leito marinho neste segmento não apresentam variações granulométricas significativas, sendo encontradas areia fina siltosa e silte arenoso (Figura V.1.3-18). Em alguns pontos foram observadas também manchas e

acumulações de areia grossa. Já os sedimentos de praia são compostos por areia fina, também sem variações significativas.

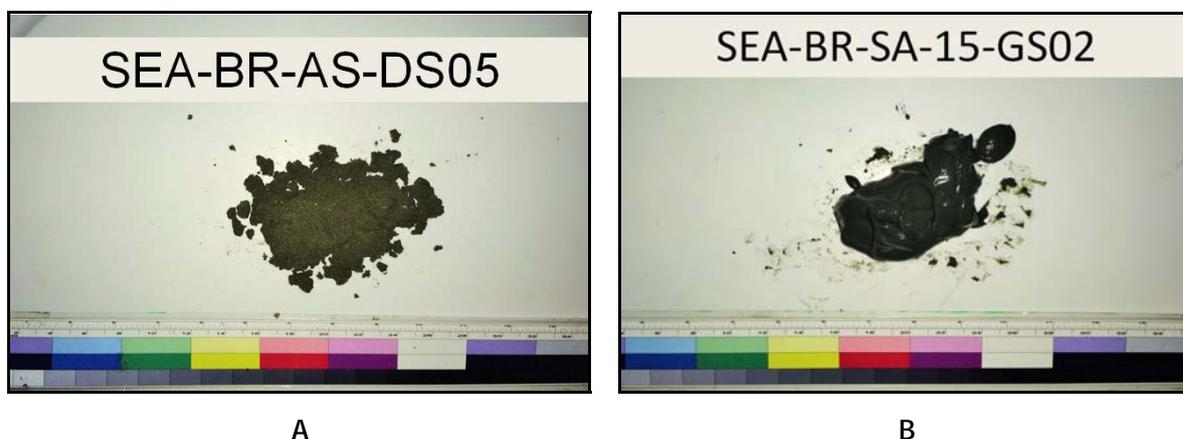


Figura V.1.3-18 - Amostras de sedimentos coletadas no levantamento geológico prévio:
A) areia fina siltosa e B) silte arenoso.

A partir da isóbata de 15 m, em $24^{\circ} 05,4297' S$ e $046^{\circ} 28,6266' W$, há a presença de bancos arenosos e da região de quebra das ondas, que se inicia nas coordenadas $24^{\circ} 02,6060' S$ e $046^{\circ} 29,6080' W$.

Seis objetos foram observados a partir dos dados de *Side Scan Sonar*, a distâncias superiores a 30 m da rota pré-definida para a passagem do cabo Seabras-1. Destes, um detrito linear com 91,7 m de comprimento e 0,2 de altura nas coordenadas $24^{\circ} 05,1318' S$ e $046^{\circ} 28,6915' W$.

Um detrito linear de 37,1 m de comprimento e 0,3 m de alta situa-se em $24^{\circ} 04,9701' S$ e $046^{\circ} 28,8200' W$, outro de 70,8 m de comprimento e 0,2 m de alta situa-se em $24^{\circ} 04,6120' S$ e $046^{\circ} 28,8900' W$ (Figura V.1.3-19). Outro detrito linear de 242,7 m de comprimento situa-se em $24^{\circ} 02,7247' S$ e $046^{\circ} 29,7051' W$.

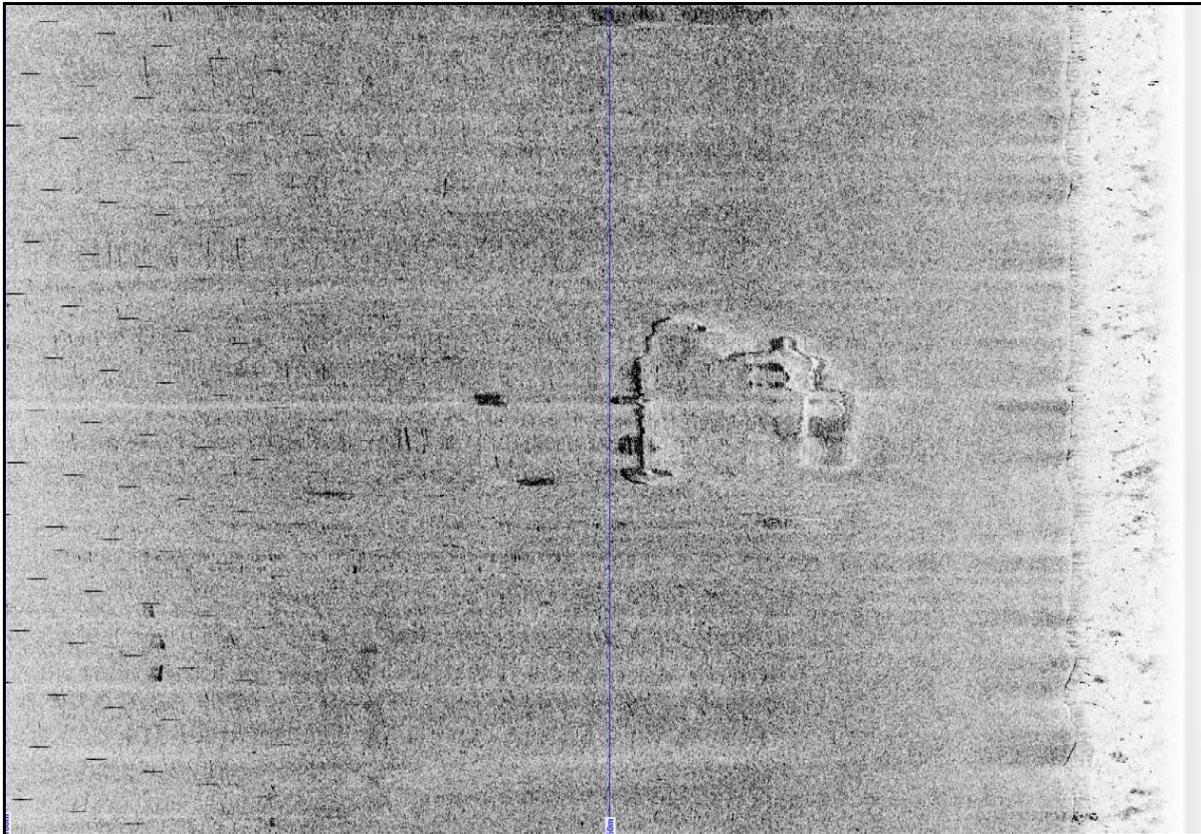


Figura V.1.3-19 - Detrito linear de 70,8 m de comprimento e 0,2 m de alta, localizado nas coordenadas 24° 04,6120' S e 046° 28,8900' W.

Áreas de acúmulo de areia grossa ocorrem a partir da distância de 1,86 km, em 24° 04,1476' S e 046° 29,0728' W. A rota pré-definida para a passagem do cabo Seabras-1 atravessa um área de acúmulo de areia grossa, cerca de 12 m de diâmetro, em 24° 05,0468 'S e 046° 28.7596'W.

É importante salientar que a rota pré-definida para a passagem do cabo Seabras-1 não intercepta a rota de nenhum duto e não atravessa nenhuma área de ocorrência de organismos mais sensíveis, tais como bancos algálicos ou coralíneos.

ÍNDICE

V.1.4 -	Geomorfologia	1/7
V.1.4.1 -	Praia Grande - SP	1/7
V.1.4.1.1 -	Análise Morfodinâmica.....	5/7
V.1.4.1.2 -	Características Sedimentológicas	5/7
V.1.4.1.3 -	Transporte Costeiro	6/7
V.1.4.1.4 -	Processos Erosivos / Depositionais	6/7
V.1.4.2 -	Considerações para Instalação do Cabo Seabras-1.....	7/7

V.1.4 - Geomorfologia

V.1.4.1 - Praia Grande - SP

O município de Praia Grande está dividido em duas zonas, onde ocorrem processos geomorfológicos distintos: um embasamento cristalino antigo, com escarpas excessivamente inclinadas, na forma de “pinças de caranguejo”, denominado regionalmente como Serra do Mar; e a Planície Costeira, formada por sedimentos recentes pouco consolidados, de relevo plano (Souza, 2010).

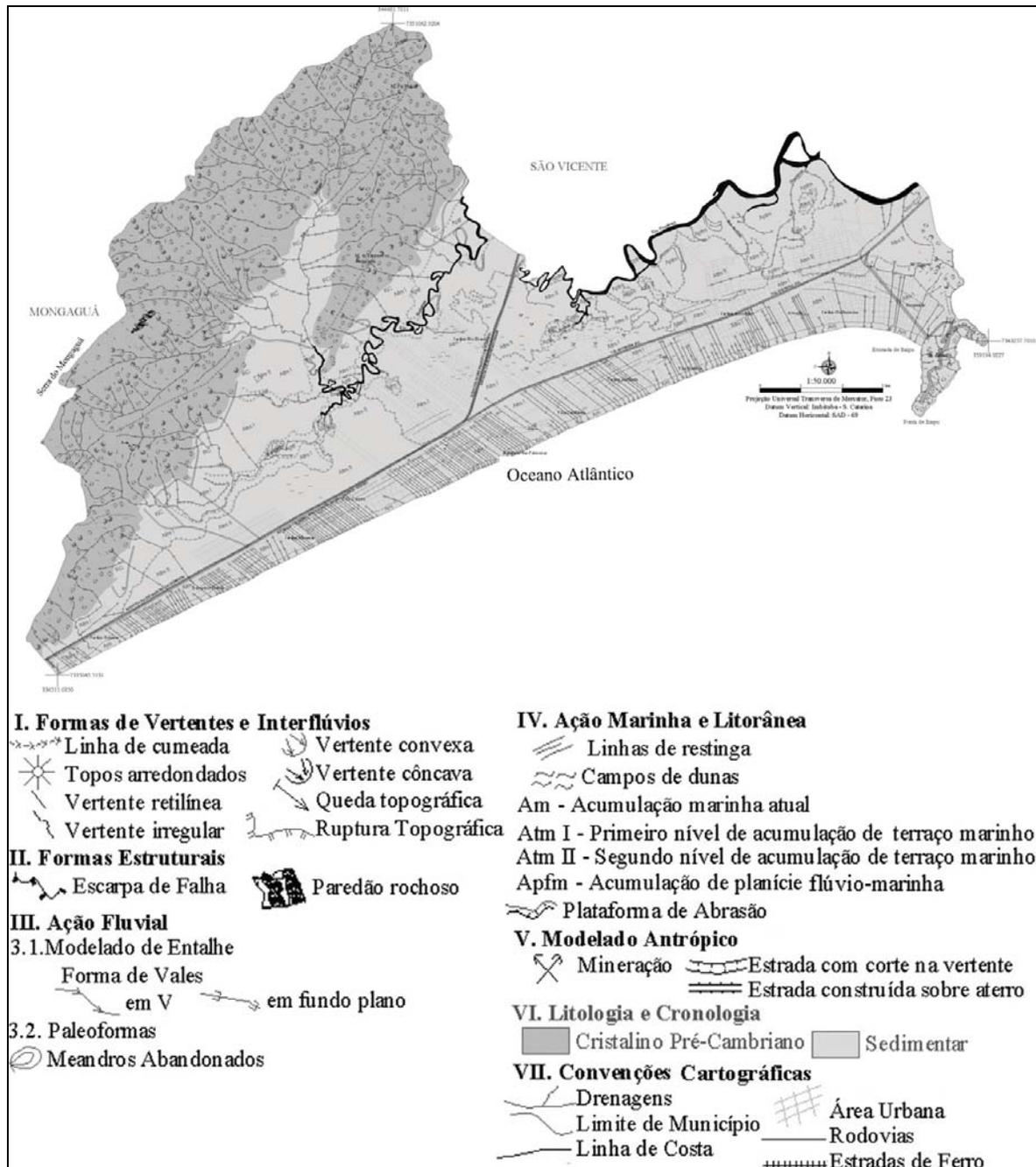
A Serra do Mar caracteriza-se como uma área de alta declividade, com presença de afloramentos rochosos, escarpas de falha, linhas de cumeada abruptas e vales encaixados nas litologias mais suscetíveis à erosão.

No Município de Praia Grande, o embasamento cristalino entra em contato direto com o mar na porção leste, no Maciço do Xixová. No restante do município, as escarpas da Serra do Mar se distanciam do mar, gerando uma extensa planície retilínea.

Na zona de transição entre o Embasamento Cristalino e a Planície Costeira ocorrem as Rampas de Colúvio (Rc), constituídas de material transportado da Serra do Mar pela força da gravidade, com o auxílio do escoamento superficial.

Na zona da Planície Costeira ocorrem formas de relevo como campos de dunas, cordões litorâneos e vales de fundo plano, sujeitos a inundações em razão da baixa declividade do terreno (Souza, 2010).

A **Figura V.1.4-1** apresenta a carta geomorfológica do Município de Praia Grande, Estado de São Paulo-SP, segundo Souza & Cunha (2012).



Fonte: Souza & Cunha (2012).

Figura V.1.4-1 - Carta Geomorfológica do Município de Praia Grande (SP).

Segundo a Carta Geomorfológica do Município de Praia Grande (**Figura V.1.4-1**), na Zona de Planície Costeira foram identificadas áreas de sedimentação recente, Tais como:

- **Acumulação de Planície Flúvio-Marinha (Apfm):** caracterizadas como terrenos baixos com lamas de depósitos recentes, sujeitas as inundações das marés. A Apfm ocorre no entorno do rio Piaçabuçu.
- **Acumulação de Planície e Terraço Fluvial (Aptf):** formada por sedimentos transportados pela ação fluvial. As áreas de acumulação de planície e terraço fluvial (Aptf) ocorrem mais comumente no interior do continente, margeando os rios Branco, Preto e Boturoca. Nesta, são registrados meandros abandonados, que correspondem ao antigo curso dos rios Preto e Boturoca.
- **Acumulação de Terraços Marinhos em dois níveis (Atm I e Atm II):** composta por sedimentos arenosos e situada acima do nível do mar.

As áreas de acumulação de terraço marinho (Atm I e Atm II) apresentam forma plana, com leve declividade em direção ao mar e ruptura de declive em relação à acumulação marinha atual.

O primeiro nível de terraço (Atm I) está em contato com a acumulação de planície e terraço fluvial dos rios Preto e Boturoca, com a planície flúvio-marinha do rio Piaçabuçu e com a acumulação marinha (Am). Neste nível de terraço ocorrem os cordões litorâneos, que atualmente encontram-se urbanizados.

Os campos de dunas são encontrados nos dois níveis de terraços, sendo que alguns destes campos foram descaracterizados pela urbanização, restando somente vestígios do retrabalhamento das areias pelo vento.

A transição entre a Atm II e a Atm I é marcada pela presença de uma ruptura topográfica, já que há uma marcante alteração do nível topográfico entre os dois terraços. Nesta passagem dos terraços (Atm II e Atm I) existe a presença da rodovia Padre Manuel da Nóbrega que dificulta precisar os limites entre os níveis dos dois terraços.

- **Acumulação Marinha (Am):** formada por sedimentos predominantemente arenosos depositados por ação da deriva litorânea, marés e ondas. Essas áreas de Acumulação Marinha (Am) possuem interesse turístico, pois abrangem as praias de uso coletivo.

Na Praia Grande, o foco da caracterização aqui apresentada é a área de Acumulação Marinha (Am), mais precisamente o trecho que compreende o pós-praia e a praia, tendo em vista que estes trechos serão os que receberão o cabo de fibra óptica Seabras-1 (Figura V.1.4-2).



Fonte: <http://guiadolitoral.uol.com.br/fotosdepraia-praiagrande-sp-1387.html>. Acessado em 10/03/2015.

Figura V.1.4-2 - Imagem da região litorânea de Praia Grande (SP).

Um agente importante no afeiçãoamento das praias é o regime de ondas locais. Leal Neto & Accetta, (1995), em levantamentos na região das praias de Praia Grande, feitos para a construção dos emissários submarinos, evidenciaram que há a predominância de ondulações do quadrante SE ao longo do ano todo, estando as ondas de SSW-S-SSE associadas à passagem de frentes frias, e as de ESE-E-ENE à atuação de tempo bom. As alturas médias significativas predominantes estão entre 0,5 e 2 m, e os períodos médios são de aproximadamente 9 segundos.

Os ventos, na costa do Estado de São Paulo, não parecem desempenhar papel importante nas modificações das ondas que atingem a costa, conforme verificado por Bomtempo (1991), Souza (1997) e Souza *et al.* (2012). A única exceção parece ser o Canal de Sebastião, onde a agitação marítima é determinada por ondas influenciadas por ventos locais.

As condições de maior energia de ondas e ventos ocorrem quando se associam sistemas frontais e ciclones extratropicais (centros de baixa pressão com ventos intensos de leste), gerando eventos extremos como as marés meteorológicas positivas ou ressacas (Fonzar, 1994; Satyamurti *et al.*,

1998). Essas perturbações atmosféricas geram ondas dos quadrantes S, SW e SE, com alturas que podem ser superiores a 5 m.

O regime de marés no litoral paulista é do tipo micromarés, predominantemente semidiurno, mas com ocorrência de desigualdades diurnas (Mesquita, 1995). As oscilações mensais (sizígia e quadratura) e diárias (preamar e baixamar) variam de 1,2 m na sizígia a 0,25 m na quadratura. As oscilações sazonais apresentam flutuações da ordem de 20-30 cm de amplitude. Os máximos níveis ocorrem nos meses de abril-maio, e os mínimos nos meses de verão (dezembro-janeiro) e em setembro-outubro.

V.1.4.1.1 - Análise Morfodinâmica

Segundo Souza (2012) a praia arenosa do Município de Praia Grande apresenta características de praia dissipativa de alta energia com tendências intermediárias e orientação NE-SW (segundo classificação de Wright & Short; 1983), portanto aberta para os sistemas de ondas de maior energia provenientes de S-SSE. As planícies costeiras e a plataforma continental associadas são amplas e de baixo gradiente topográfico. Na região da praia ocorre uma larga zona de arrebentação a declividade média é de 2°. Nesta praia também é possível observar uma pequena presença de dunas, barras longitudinais e cúspides de praia.

Dependendo das condições meteorológicas e das diferenças na energia de ondas, a praia de Praia Grande pode assumir temporariamente estado morfodinâmico intermediário, como também destacado por Marquez (2007).

V.1.4.1.2 - Características Sedimentológicas

Souza (1997) analisou 1.300 amostras de areias coletadas na praia e no pós-praia, em 212 perfis monitorados nos meses de junho-julho/1992 e janeiro-fevereiro/1993, distribuídos em 85 praias ao longo de toda a costa de São Paulo. Os resultados das médias dos valores dos quatro parâmetros texturais obtidos (diâmetro médio dos grãos, grau de seleção, assimetria e curtose) para a praia do Município de Praia Grande mostraram que esta praia possui areias finas a muito finas e muito bem selecionadas, com distribuição unimodal aproximadamente simétrica e grau de agudez das curvas de distribuição de frequência modal mesocúrtica.

Estas características sedimentológicas são condizentes com o estado morfodinâmico da praia de Praia Grande, pois refletem o algo grau de energia das ondas que nela incidem, bem como a extensão do arco praial (de grande extensão). Assim, o estado morfodinâmico é causa e efeito desses processos, cuja amplitude temporal deve remontar pelo menos ao Holoceno, segundo Souza (2012).

V.1.4.1.3 - Transporte Costeiro

Segundo Tessler *et al.* (2006), existe uma alternância entre o sentido geral de transporte costeiro na região de Praia Grande. Na maior parte do ano, o sentido predominante de transporte é rumo SW, fato este corroborado por Araújo (2000), mas segundo IPT, 1994, Ponçano *et al.* (1999) e Cazzoli y Goya & Tessler (2000) a resultante geral do transporte sedimentar é rumo NE, devido à ação mais rara, porém mais intensa, dos sistemas de frentes meteorológicas polares.

Esta configuração meteorológica-oceanográfica, aliada à ausência de obstáculos ao transporte sedimentar na zona costeira, resultou na construção de uma praia extensa, plana, retilínea, constituída predominantemente por areias finas e muito finas, com características dissipativas (segundo a classificação de Wright & Short; 1983). Esta praia apresenta bastante mobilidade de sedimentos entre os setores emerso e submerso, porém de modo geral pode ser considerada estável sem predomínio de processos erosivos/deposicionais (Tessler *et al.*, 2006).

A orla de Praia Grande foi, ao longo da década de 1990, recuperada urbanisticamente e em meados de 1994, um emissário submarino foi construído. Esta obra, entretanto, não interfere na dinâmica sedimentar local, pois está enterrada a cerca de 2 metros da superfície de fundo da antepraia.

V.1.4.1.4 - Processos Erosivos / Depositionais

Estudos feitos por Tessler *et al.* (2006), com base em fotografias aéreas, mostram que a praia de Praia Grande é uma região de deposição de sedimentos natural, onde a areia da praia invade o calçadão e ruas localizadas na antiga região de dunas. O aporte de sedimentos é constante e efetuado pela quebra da deriva litorânea feita pela Ponta de Itaipú. Apesar da construção de muros e canais de escoamento de águas pluviais que desencadeiam processos erosivos localizados, os processos construtivos são ainda mais efetivos.

Farinaccio (2000) realizou um estudo expedito nesta região e constatou que, durante o período de passagem de sistemas frontais, existe o predomínio de erosão, mas que com o retorno das condições de tempo bom, a reconstrução do perfil de praia é bastante rápida.

V.1.4.2 - Considerações para Instalação do Cabo Seabras-1

A praia Grande é uma praia dissipativa de alta energia, aberta para os sistemas de ondas de maior energia. Na linha de costa de Praia Grande há a predominância de ondulações do quadrante SE ao longo de todo ano. Porém, sistemas frontais e ciclones extratropicais podem gerar eventos extremos como as marés meteorológicas positivas ou ressacas, gerando ondas dos quadrantes S, SW e SE, com alturas que podem ser superiores a 5 m.

Considerando-se este fato, é importante destacar que a instalação do cabo óptico Seabras-1 deve ser prioritariamente realizada sob condições de mar calmo.

As condições de mar calmo na região são mais frequentes no verão, entretanto esta época corresponde ao período com maior fluxo de banhistas, enquanto o inverno ou as estações de primavera e outono apresentam probabilidade de ocorrência de eventos energéticos mais intensos.

Além disso, segundo Tessler *et al.* (2006) a Praia Grande pode ser considerada estável sem predomínio de processos erosivos/deposicionais. Entretanto, cabe destacar, que variações sazonais podem ocorrer.

A exposição sistemática aos padrões hidrodinâmicos associados aos sistemas frontais e ciclones extratropicais pode alterar os estoques sedimentares subaéreos e submarinos, de forma que determinadas tempestades podem, eventualmente, remover parte dos sedimentos emersos. Em tais condições o comprometimento dos estoques sedimentares podem gerar desenterramentos do cabo, caso este esteja superficialmente enterrado.

ÍNDICE

V.1.5 -	Qualidade da Água Marinha.....	1/21
V.1.5.1 -	Apresentação	1/21
V.1.5.2 -	Zona Costeira	1/21
V.1.5.2.1 -	Características Gerais da Água	1/21
V.1.5.2.2 -	Ocorrência de Metais Pesados na Água	8/21
V.1.5.2.3 -	Contaminação por Efluentes Sanitários	13/21
V.1.5.2.4 -	Toxicidade da Água	16/21
V.1.5.3 -	Zona Oceânica.....	17/21
V.1.5.3.1 -	Fenóis e Hidrocarbonetos	19/21
V.1.5.3.2 -	Nutrientes e Clorofila	19/21
V.1.5.3.3 -	Oxigênio Dissolvido e pH	20/21
V.1.5.4 -	Considerações Finais	21/21
V.1.5.4.1 -	Zona Costeira	21/21
V.1.5.4.2 -	Zona Oceânica	21/21

V.1.5 - Qualidade da Água Marinha

V.1.5.1 - Apresentação

A caracterização da qualidade da água marinha foi realizada de acordo com o levantamento de dados físico-químicos disponíveis na literatura técnica e científica. É notável que a maior parte dos estudos concentra-se principalmente na Baía de Santos e no sistema estuarino adjacente. Isso ocorre não só em função da maior facilidade logística para amostragem quando comparada a regiões de plataforma continental e regiões oceânicas, mas também porque a qualidade da água dessa região é alvo de pesquisas científicas já há algum tempo, em virtude da degradação ambiental decorrente da intensa industrialização da Baixada Santista iniciada no século passado. Em função da ocupação urbana e industrial, o Sistema Estuarino de Santos e São Vicente é considerado um dos mais eutrofizados no mundo, com altas taxas de produção primária, disponibilidade de nutrientes oriundos de efluentes urbanos e contaminação por coliformes fecais e metais pesados (SOUSA et al., 2014). A apresentação do presente estudo é segmentada entre zona costeira e zona oceânica.

Para comparação da qualidade da água da área de estudo são adotados os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água em águas jurisdicionais brasileiras. Em seu Artigo 42, esta normativa orienta que: "Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente." Portanto, para águas estuarinas, usou-se como comparativo os padrões para água salobra de classe 1. Para as águas da Baía de Santos e da Bacia de Santos (zona oceânica), foram utilizados padrões para água salina de classe 1.

V.1.5.2 - Zona Costeira

V.1.5.2.1 - Características Gerais da Água

As características gerais da água da área de estudo foram obtidas a partir de AGUIAR & BRAGA (2007), que apresentam resultados de oxigênio, pH, salinidade, material particulado, fósforo e clorofila-*a* no estuário de Santos, no estuário de São Vicente e na Baía de Santos (Figura V.1.5-1). O estudo é abrangente do ponto de vista temporal, com amostragens na maré baixa e na maré alta em duas estações do ano: inverno (de 2000) e verão (de 2001).

A salinidade na Baía de Santos é de cerca de 33 psu, mas nos estuários de Santos e São Vicente os valores chegam a ser inferiores a 30 psu (AGUIAR & BRAGA, 2007). Na região costeira de Praia Grande-SP, a salinidade gira em torno de 35 psu (CETESB, 2004). A salinidade dos ambientes aquáticos costeiros abertos (que mantêm livre circulação e trocas de água com o mar) tendem a ser mais variáveis e, predominantemente, menor do que a salinidade dos oceanos - que varia em torno de 34,5‰ a 35,4‰ - em função da diluição provocada pelo aporte de água doce dos corpos hídricos continentais.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram sempre inferiores ao valor mínimo determinado pela legislação ambiental, tanto para a região estuarina (água salobra), como para a região da baía (água salina). Tanto no inverno como no verão, as concentrações foram mais baixas nos estuários de Santos e São Vicente, aumentando na Baía de Santos (Figura V.1.5-2). Os baixos níveis de oxigênio dissolvido são um indicativo de deterioração da qualidade da água.

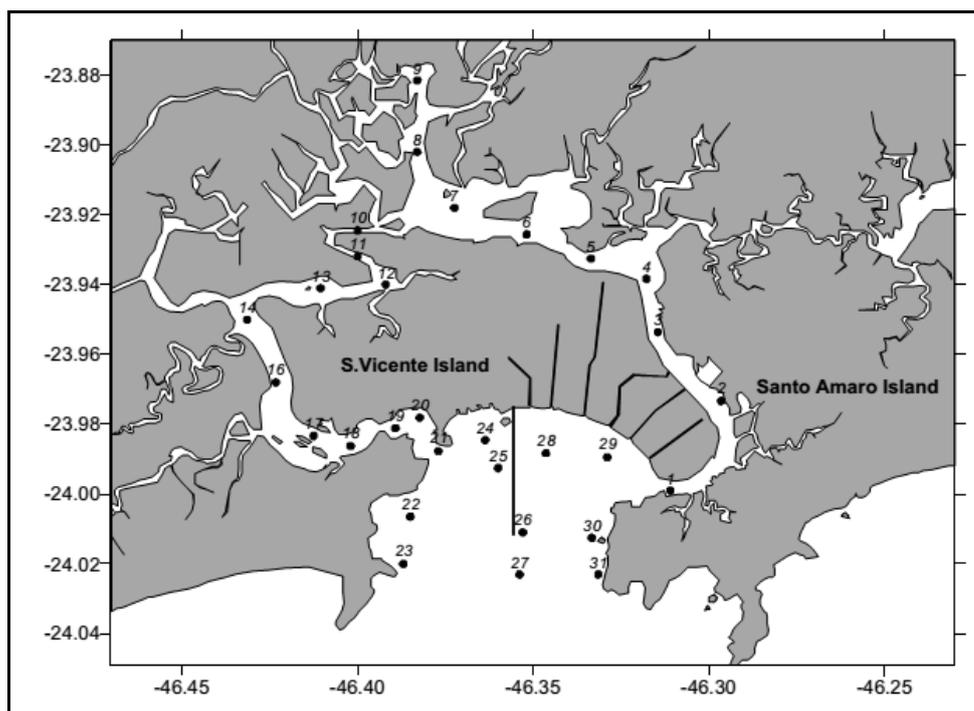


Figura V.1.5-1 - Localização das estações de amostragem do estudo de AGUIAR & BRAGA (2007) no sistema estuarino de Santos e São Vicente.

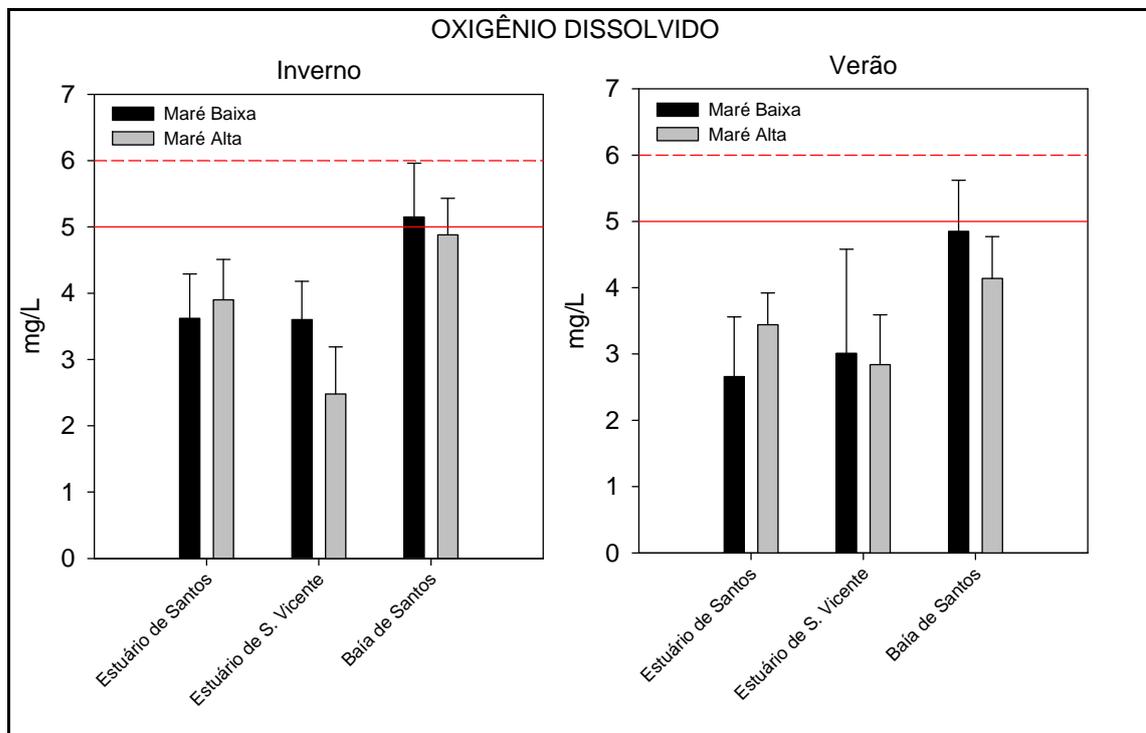


Figura V.1.5-2 - Concentrações de oxigênio dissolvido na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. As linhas vermelha sólida e pontilhada indicam os limites mínimos estipulados para águas salobras e salinas de classe 1, respectivamente, segundo a Resolução 357/2005. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

O pH foi levemente básico em todas as localidades, estando dentro do limite de 6,5 a 8,5 estipulado pela legislação ambiental tanto para águas salinas como para águas salobras de classe 1 (Figura V.1.5-3).

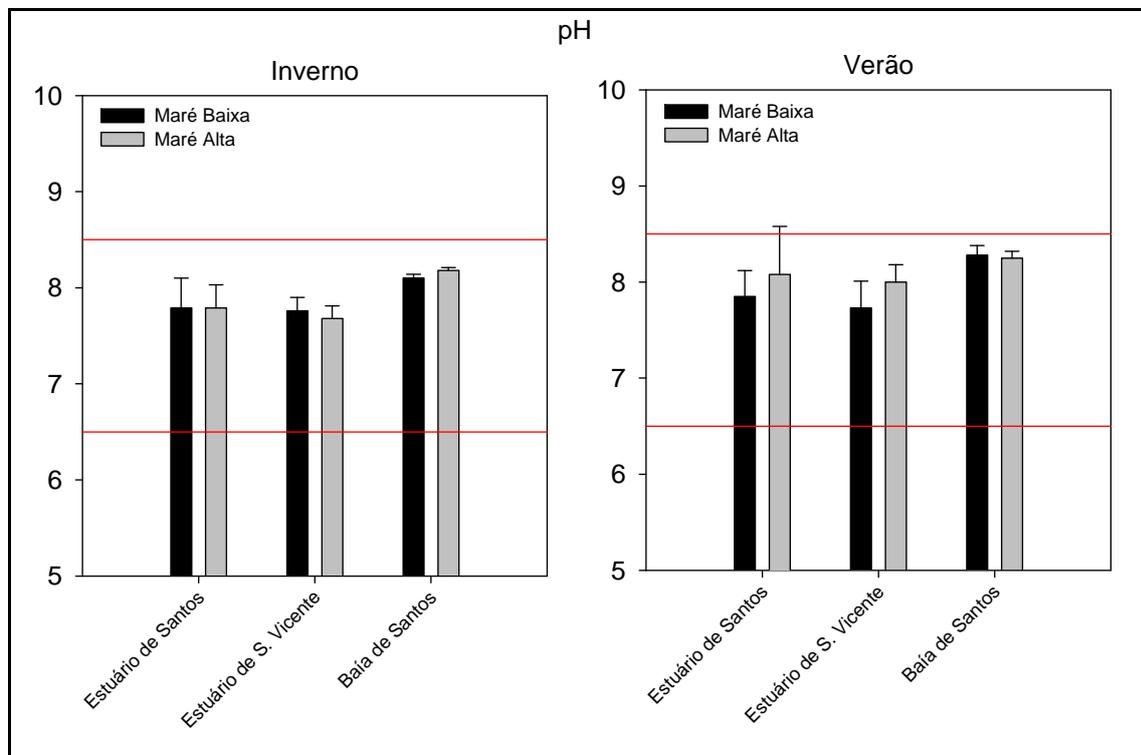


Figura V.1.5-3 - Valores de pH na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007). O intervalo entre as linhas vermelhas indica a faixa de valores preconizada para águas salobras (estuário) e salinas (baía) de classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005.

As concentrações de matéria orgânica particulada foram maiores durante o inverno, quando valores elevados foram registrados no estuário de Santos durante a maré alta (85 ± 203 mg/L; Figura V.1.5-4). Com relação ao material particulado em suspensão, foi observada uma dinâmica semelhante, com pico no estuário de Santos durante a maré alta (Figura V.1.5-5).

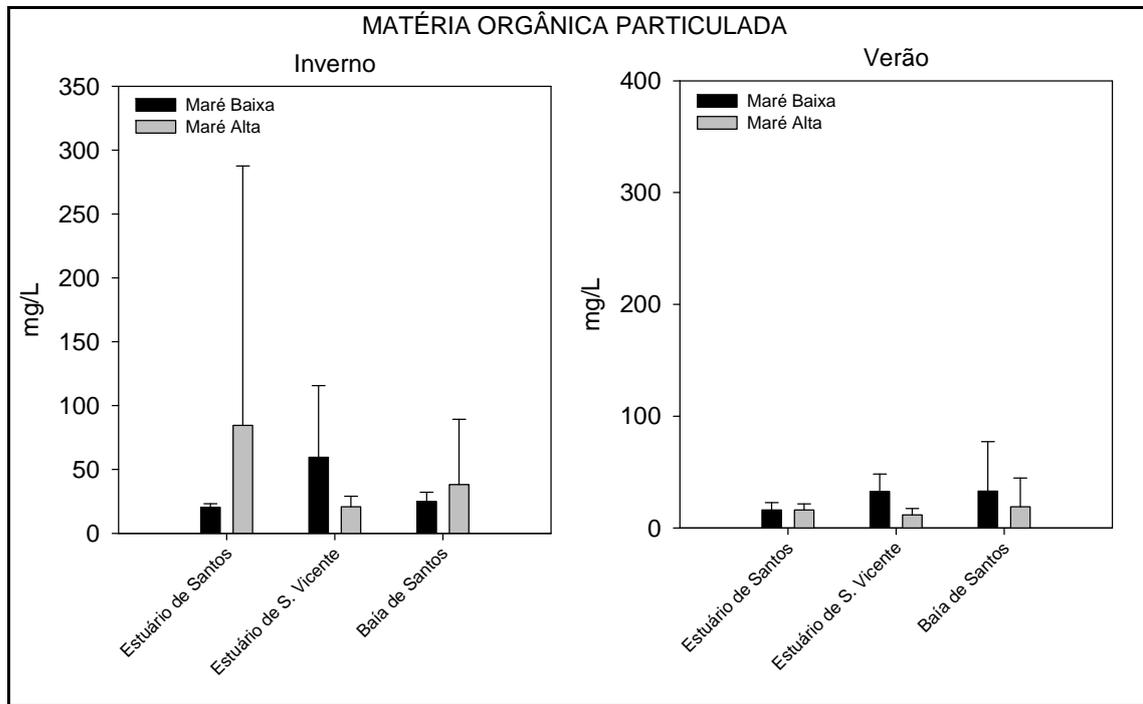


Figura V.1.5-4 - Concentrações de matéria orgânica particulada na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

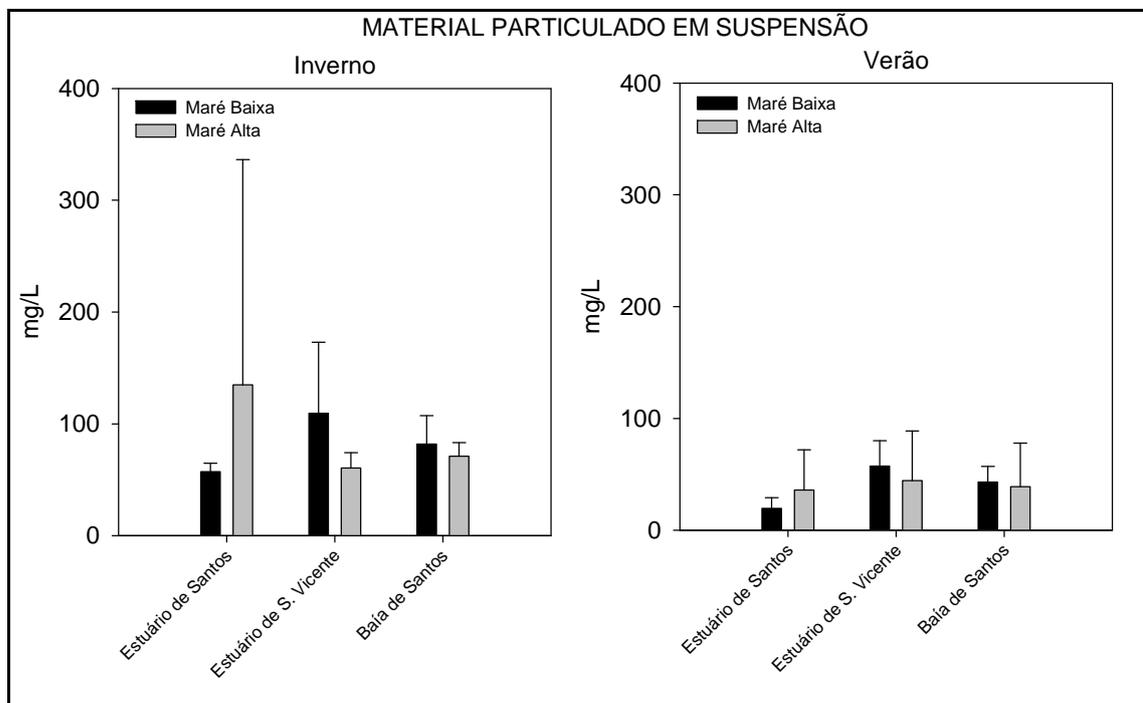


Figura V.1.5-5 - Concentrações de material particulado em suspensão na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

A clorofila-*a* apresentou, de modo geral, baixas concentrações nas estações amostradas, se mantendo abaixo de 5 µg/L na maior parte do tempo. Entretanto, durante a maré baixa na campanha de verão foram registradas altas concentrações de clorofila-*a*, da ordem de 60 a 160 µg/L, tanto nas regiões estuarinas como na Baía de Santos (Figura V.1.5-6). Essas elevadas concentrações de clorofila-*a* sugerem a ocorrência de florações de microalgas, possivelmente devido à elevada disponibilidade de nutrientes oriundos de efluentes urbanos na região. Os resultados de fósforo total mostram que, de fato, há nutrientes em abundância nessa região (Figura V.1.5-7).

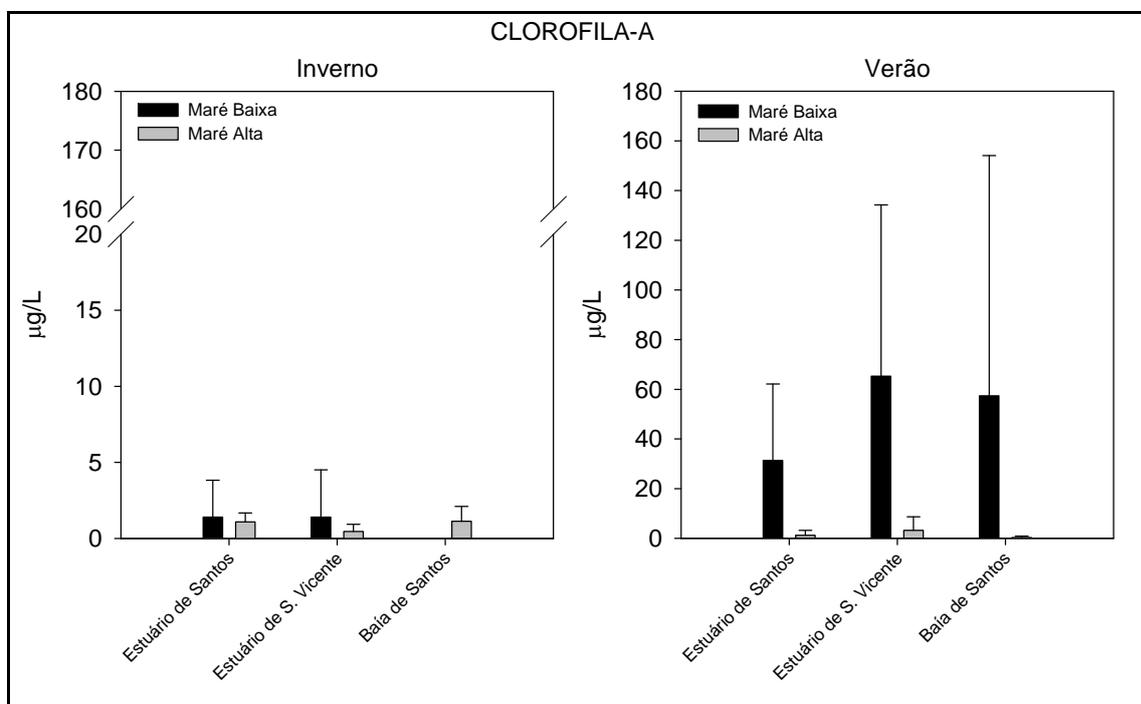


Figura V.1.5-6 - Concentrações de clorofila-*a* na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

As concentrações de fósforo total foram elevadas tanto na região estuarina como na Baía de Santos, ficando sempre bastante acima do limite de 0,062 mg/L estipulado para águas salobras e salinas de classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005 (Figura V.1.5-7). De modo geral, na medida em que se avança do estuário em direção à plataforma continental há uma diminuição nas concentrações de fósforo, possivelmente devido à diluição na água marinha.

Com relação à composição do fósforo total, houve predominância da fração particulada, tanto no verão quanto no inverno, e o fósforo particulado teve uma maior porcentagem relativa em relação ao total na Baía de Santos quando comparado com a região estuarina (Figura V.1.5-8).

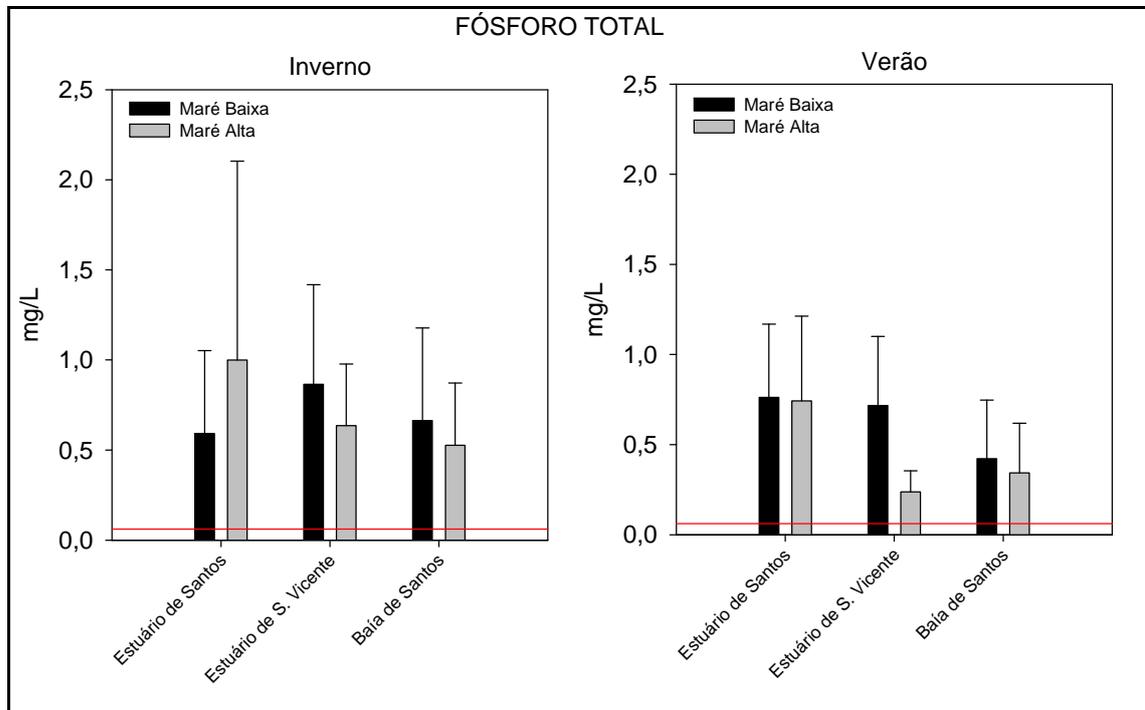


Figura V.1.5-7 - Concentrações de fósforo total na Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

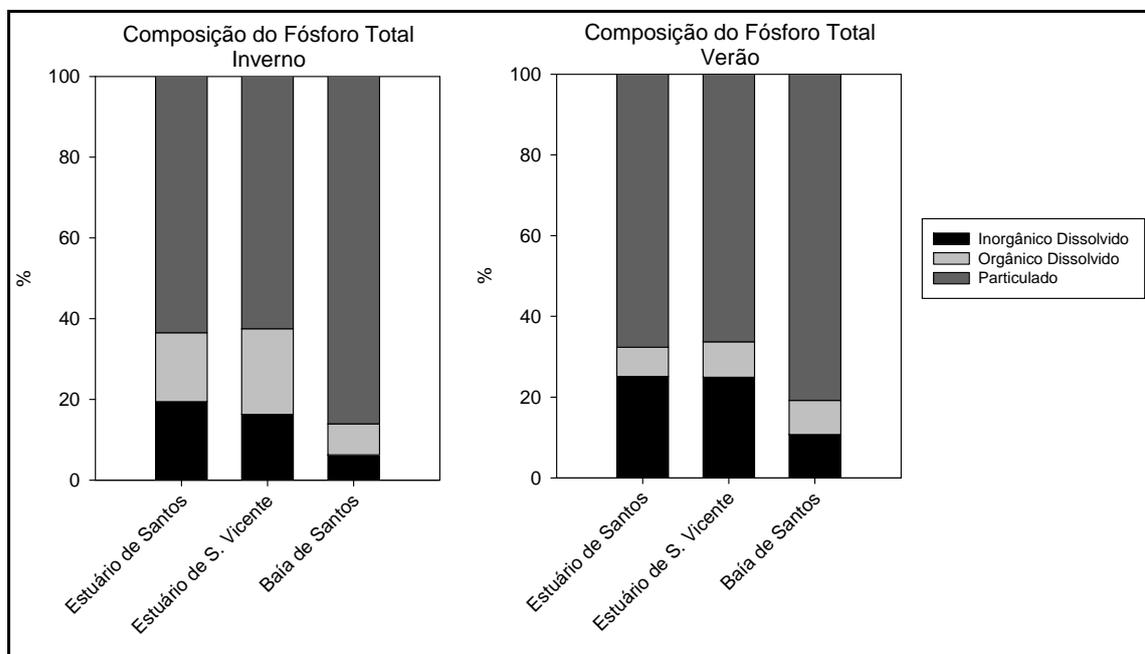


Figura V.1.5-8 - Composição do fósforo total Baía de Santos e nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de AGUIAR & BRAGA (2007).

Com relação ao nitrogênio na Baía de Santos, as concentrações de nitrito variam entre 0,01 - 0,23 mg/L, as de nitrato entre 0 - 1,8 mg/L, e as de nitrogênio amoniacal entre 0,1 - 1,4 mg/L (SIMONASSI *et al.*, 2010). Para todas as três frações de nitrogênio inorgânico dissolvido as concentrações chegam a exceder os respectivos limites estipulados para águas salinas de Classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005, possivelmente devido ao aporte de efluentes urbanos e industriais provenientes da Região Metropolitana da Baixada Santista.

V.1.5.2.2 - Ocorrência de Metais Pesados na Água

Uma das principais fontes de dados sobre metais pesados para a região é o relatório do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (CETESB, 2001). Essa região é bastante degradada, já que a Região Metropolitana da Baixada Santista, além de possuir uma população superior a 1 milhão de habitantes, abriga um dos maiores polos industriais do Brasil. Há na região diversas indústrias com potencial poluidor (siderúrgicas, petroquímicas, fábricas de fertilizantes), o que torna os estuários de Santos e São Vicente grandes receptores de resíduos tóxicos e efluentes líquidos contaminados. As localidades monitoradas pelo referido relatório são apresentadas graficamente na **Figura V.1.5-9** e descritas no **Quadro V.1.5-1**. As coletas foram realizadas entre fevereiro e maio de 1999.

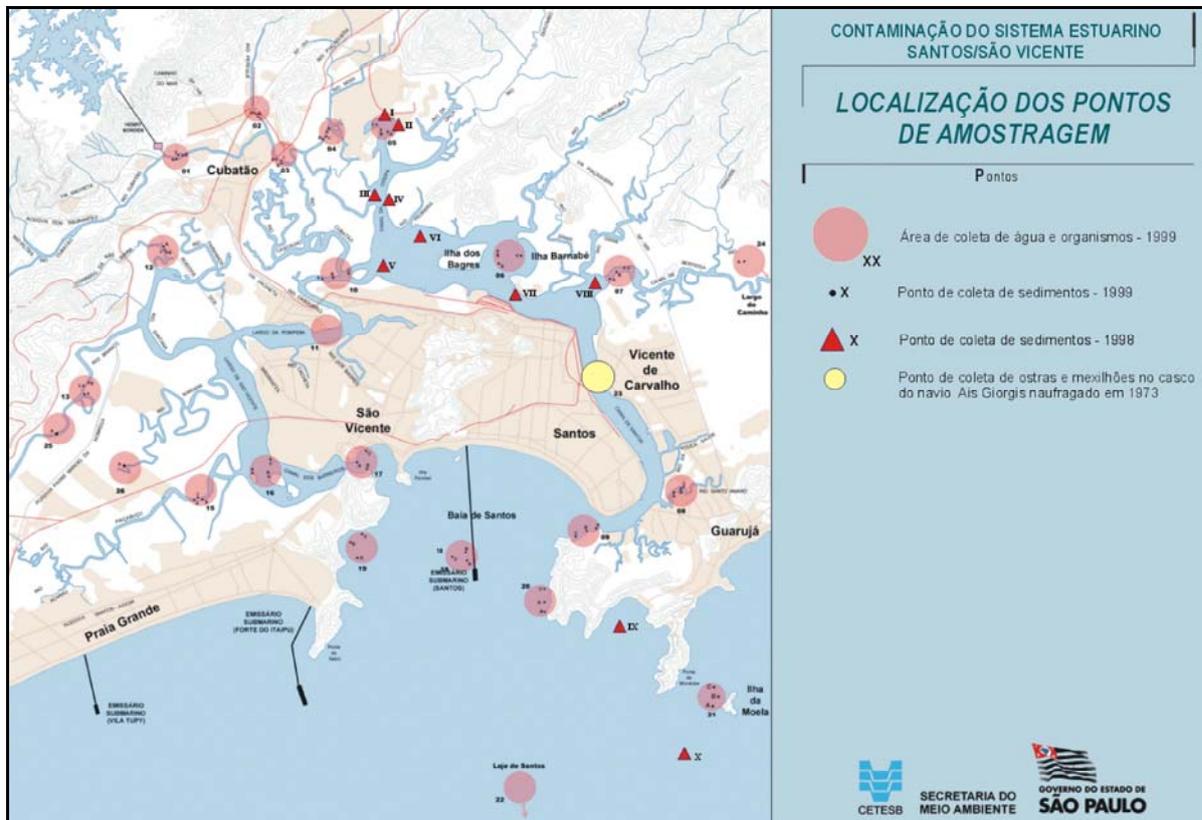


Figura V.1.5-9 - Localização dos pontos de amostragem do Relatório do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (CETESB, 2001).

Quadro V.1.5-1 - Descrição dos pontos de amostragem do Relatório do Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (CETESB, 2001).

Zona	Ponto de Coleta	Localização / principais fontes de poluição	Legislação Aplicável
Bacia do Cubatão	1	Rio Cubatão / lixão de Pilões	CONAMA 357/2005 - Doce - Classe 2
	2	Rio Perequê / depósito da Rhodia	CONAMA 357/2005 - Doce - Classe 2
	3	Rio Cubatão / indústrias químicas e petroquímicas	CONAMA 357/2005 - Doce - Classe 2
	4	Rio Piaçaguera a jusante do Rio Mogi / indústrias de fertilizantes	CONAMA 357/2005 - Doce - Classe 2
Estuário de Santos	5	Bacia de evolução da Cosipa / Cosipa	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	6	Largo do Caneu, Ilha dos Bagres / fontes diversas	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	7	Canal do Estuário de Santos, próximo ao Canal de Bertiooga	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	8	Rio Santo Amaro / Dow Química, esgotos, marinas	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	9	Saída do Canal de Santos / porto, fontes diversas	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	10	Rio Casqueiro / Lixão da Alemoa, esgotos	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1

Zona	Ponto de Coleta	Localização / principais fontes de poluição	Legislação Aplicável
Estuário de São Vicente	11	Largo da Pompeba / lixão de Sambaiatuba, esgotos	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	12	Rio Santana próximo ao Rio Queiroz / Ciel	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	13	Rio Branco (jusante) / resíduos da Rhodia	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	14	Largo de São Vicente / fontes diversas	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	15	Rio Mariana (jusante) / resíduos da Rhodia, esgotos	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
	16	Canal dos Barreiros / fontes diversas	CONAMA 357/2005 - Salobra - Classe 1
Baía de Santos	17	Entre a Ilha Porchat e a Praia Paranapuã / esgotos, marinas	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1
	18	Saída do emissário de Santos / esgotos, sedimentos dragados	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1
	19	Morro do Itaipu / esgotos, sedimentos dragados	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1
	20	Ponta Grossa da Barra / esgotos, sedimentos dragados	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1
Zona Marinha Adjacente	21	Ilha da Moela / sedimentos dragados	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1
	22	Laje de Santos / controle	CONAMA 357/2005 - Salina - Classe 1

Os resultados relativos às concentrações de metais pesados no Sistema Estuarino de Santos e São Vicente (CETESB, 2001) são apresentados no **Quadro V.1.5-2**.

Como resultados, tem-se que o cromo e o mercúrio não foram detectados em nenhuma das amostras de água coletadas. O cádmio, que é um metal que ocorre em baixas concentrações na superfície terrestre, foi menor do que o limite de quantificação na maior parte das localidades do estuário, mas foi detectado na Baía de Santos e na zona marinha adjacente, tendo sido inclusive superior à legislação ambiental nas proximidades da Ilha da Moela (**Quadro V.1.5-2**). Acredita-se que a presença de cádmio na Ilha da Moela esteja associada à ressuspensão a partir de sedimentos contaminados dragados do estuário e dispostos indevidamente na região, no passado. De modo geral, a ocorrência de cádmio na área de estudo está atrelada à atividade industrial, de modo que esse poluente já foi detectado nos efluentes de algumas indústrias (CETESB, 2001).

As concentrações de chumbo foram mais elevadas, e superiores ao que recomenda a legislação, nas águas salinas, tendo sido assim inclusive na estação controle (Laje de Santos; **Quadro V.1.5-2**). Nas regiões mais estuarinas, onde as concentrações de chumbo são geralmente superiores às concentrações em águas marinhas (CETESB, 2001), o chumbo esteve abaixo do limite de quantificação. A CETESB alega que o fato do chumbo ter sido detectado em altas concentrações nas águas marinhas pode estar associado a problemas na metodologia, que tende a recuperar mais chumbo em águas com mais salinidade. A hipótese de erro metodológico é

corroborada pelo fato de que não foi observada bioacumulação desse metal em mexilhões filtradores coletados na Laje de Santos. As principais fontes de contaminação por chumbo são os efluentes da indústria petroquímica e siderúrgica.

As concentrações de cobre foram inferiores ao limite de quantificação na maior parte das estações, exceto em duas localidades no rio Cubatão e em outra no estuário de São Vicente (Quadro V.1.5-2), onde inclusive os valores foram superiores ao que determina a legislação ambiental. A presença de resíduos industriais é apontada como a explicação para a contaminação por cobre nessa localidade (CETESB, 2001).

Dentre os metais apresentados pelo estudo da CETESB (2001), o níquel foi o que apresentou concentrações mais críticas na água, já que em todas as estações onde foi detectado, o valor foi superior ao que estabelece a legislação (Quadro V.1.5-2). O níquel é um metal que está usualmente associado a efluentes industriais, principalmente oriundos de refinarias de petróleo, siderúrgicas e fábricas de fertilizante e celulose (CETESB, 2001).

Já com relação ao zinco, que é um metal amplamente distribuído na crosta terrestre, foram observadas concentrações acima do limite de quantificação, mas nenhuma delas foi incompatível com o que determina a legislação ambiental (Quadro V.1.5-2).

De modo geral, é possível notar que diversos metais pesados que usualmente não são detectados na água foram detectados em pontos da região estuarina de Santos e São Vicente, incluindo na região costeira caracterizada por água salina. Em alguns casos, as concentrações foram superiores aos limites permitidos pela legislação (Quadro V.1.5-3). Há registros também de detecção de compostos fenólicos (fenol e 2,4-dimetilfenol), endossulfan B (um pesticida organoclorado) e benzeno (um solvente aromático) (CETESB, 2001). Essas contaminações na região estuarina de Santos e São Vicente ocorrem em resposta à intensa atividade industrial na Região Metropolitana da Baixada Santista. A caracterização das fontes potenciais de poluição industrial para a região estuarina de Santos e São Vicente é apresentada no Quadro V.1.5-4.

Quadro V.1.5-2 - Resultados das determinações de metais pesados (mg/L) realizadas em amostras de água coletadas na Baixada Santista. Os resultados em vermelho destacam as medições em não conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

Zona	Ponto de Coleta	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Bacia do Cubatão	1	<0,001	<0,002	0,006	<0,05	<0,0001	<0,01	0,010
	2	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	<0,01	0,080
	3	<0,001	<0,002	0,003	<0,05	<0,0001	<0,01	<0,01
	4	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	<0,01	<0,01

Zona	Ponto de Coleta	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Estuário de Santos	5	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,050	<0,01
	6	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,050	0,050
	7	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,280	<0,01
	8	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,080	<0,01
	9	<0,001	0,008	<0,003	<0,05	<0,0001	0,100	<0,01
	10	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,060	<0,01
Estuário de São Vicente	11	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,060	<0,01
	12	<0,001	<0,002	0,030	<0,05	<0,0001	<0,01	0,020
	13	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	<0,01	<0,01
	14	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,050	<0,01
	15	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,070	<0,01
	16	<0,001	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,090	<0,01
Baía de Santos	17	0,002	<0,002	<0,003	<0,05	<0,0001	0,090	<0,01
	18	<0,001	0,020	<0,003	<0,05	<0,0001	0,070	<0,01
	19	0,002	0,008	<0,003	<0,05	<0,0001	0,080	<0,01
	20	<0,001	0,008	<0,003	<0,05	<0,0001	0,080	<0,01
Zona Marinha Adjacente	21	0,007	0,010	<0,003	<0,05	<0,0001	0,070	<0,01
	22	0,005	0,020	<0,003	<0,05	<0,0001	0,050	<0,01

Fonte: CETESB, 2001.

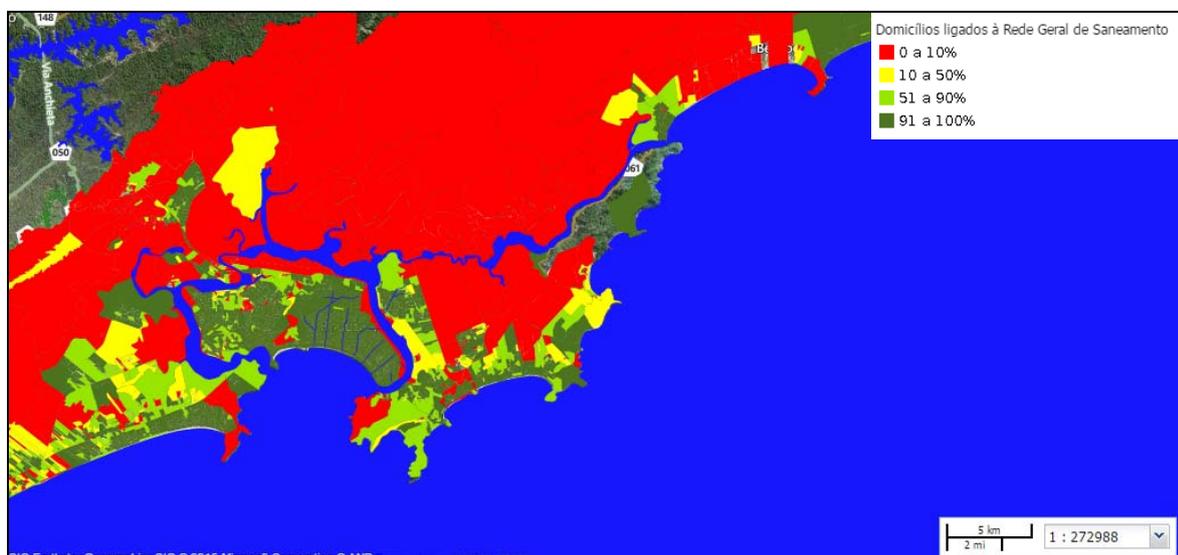
Quadro V.1.5-3 - Frequência (%) com que alguns metais pesados foram detectados e encontrados acima do limite da legislação (à época do estudo, a legislação vigente era a Resolução CONAMA 20/1986) na água de pontos situados nos estuários de Santos e São Vicente. Modificado de CETESB, 2001.

Poluente	Frequência de Detecção (%)	Frequência Acima do Limite da Legislação
Cádmio	18	5
Chumbo	27	9
Cobre	14	0
Cromo	0	0
Mercurio	0	0
Níquel	73	73
Zinco	18	0

Figura V.1.5-10). Conseqüentemente, a concentração de esgoto na Baía de Santos é extremamente elevada, conforme evidenciado pelo mapa temático obtido no Atlas Ambiental e Socioeconômico da Baixada Santista (Fonte: Atlas Ambiental e Socioeconômico da Baixada Santista (<http://santoswebatlas.com.br>)).

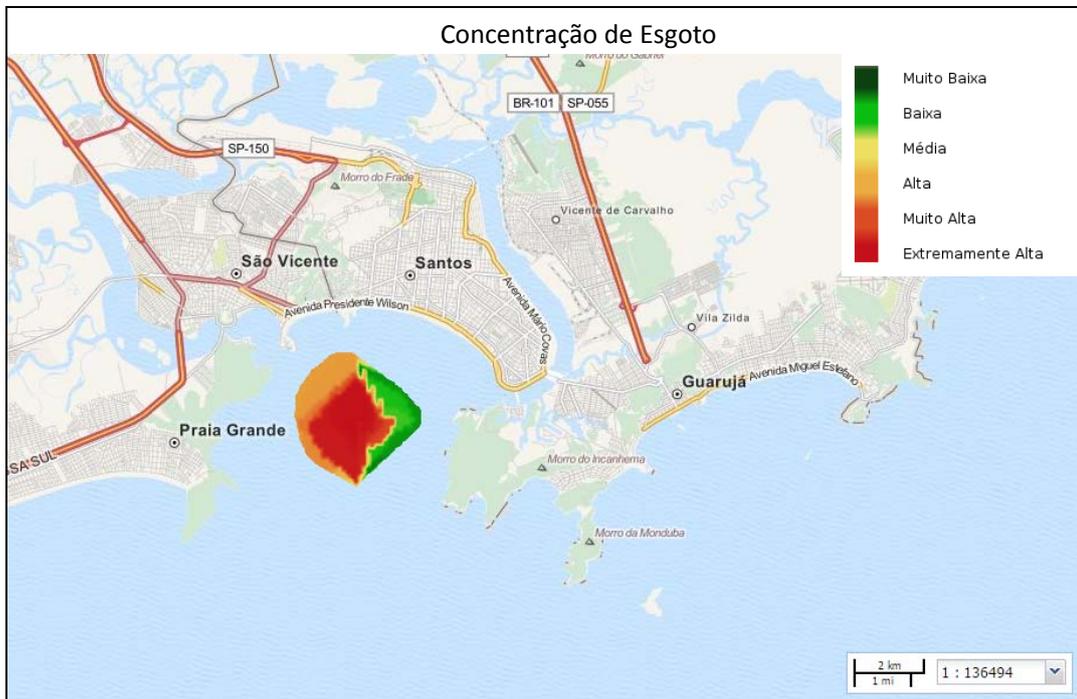
Figura V.1.5-11). Isso é demonstrado também pelo fato de que, com relação aos coliformes termotolerantes, 97% dos cursos d'água que afluem às praias de Praia Grande não atendem ao limite de 1000 NMP/100mL estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005 (Figura V.1.5-12). Por conseguinte, as praias de Praia Grande não apresentam condições adequadas de balneabilidade (CETESB, 2003).

A elevada carga de esgotos sanitários pode contribuir para a floração de microalgas potencialmente tóxicas. Em 2004, a CETESB realizou um estudo em parceria com a Universidade de Taubaté sobre a floração de microalgas no litoral do estado de São Paulo (CETESB, 2004). Na Praia Grande e na Baía de Santos, não foram observadas manchas de microalgas no mar, mas duas espécies de dinoflagelados potencialmente nocivos foram abundantes nas amostras da Praia Grande, com altas densidades absolutas. Uma das explicações para essa dominância pode ser o intenso aporte de nutrientes na região.



Fonte: Atlas Ambiental e Socioeconômico da Baixada Santista (<http://santoswebatlas.com.br>).

Figura V.1.5-10 - Mapa temático do índice de domicílios ligados à rede geral de saneamento na Região Metropolitana da Baixada Santista, de acordo com o Censo Demográfico de 2010 do IBGE.



Fonte: Atlas Ambiental e Socioeconômico da Baixada Santista (<http://santoswebatlas.com.br>).

Figura V.1.5-11 - Mapa temático da concentração de esgoto na Baía de Santos.



Fonte: CETESB, 2003.

Figura V.1.5-12 - Porcentagem de cursos d'água que afluem às praias de Praia Grande-SP que atende ao valor máximo permitido para coliformes termotolerantes pela Resolução CONAMA 357/2005 (1000 NMP/100mL).

V.1.5.2.4 - Toxicidade da Água

Em trabalho recente, MOREIRA & ABESSA (2014) estudaram a toxicidade da água na Baía de Santos. Em agosto de 2008, foram amostrados nove pontos ao longo da Baía de Santos e da plataforma continental adjacente nos municípios de Santos e Guarujá (Figura V.1.5-13). Os testes de toxicidade foram realizados com uma espécie de ouriço-do-mar (*Lytechinus variegatus*) de acordo com o protocolo NBR 15350 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Com relação às características gerais da água, a salinidade variou entre 27 e 37 psu, a temperatura da água entre 21 e 23°C, e o pH entre 8,4 e 8,7. O valor mais baixo de salinidade (27 psu) foi observado no fundo do ponto 4 e está provavelmente ligado à saída do emissário submarino de Santos; os demais valores ficaram geralmente acima de 32 psu. As concentrações de nitrogênio amoniacal foram inferiores a 0,04 mg/L (limite de quantificação) em todas as medições, com exceção da superfície do ponto 10 (Porto de Santos), onde a concentração foi de 0,10 mg/L. Essas concentrações de nitrogênio amoniacal são inferiores a 0,40 mg/L, limite especificado para águas salobras de Classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005.

Com relação aos ensaios de toxicidade, as estações 2, 8 e 9 não apresentaram nenhum indicio de contaminação. Por sua vez, os pontos 1, 3 e 4 apresentaram toxicidade nas águas superficiais, ao passo que os pontos 6 e 7 apresentaram toxicidade nas águas da superfície e do fundo. Os pontos de 1 a 3 estão situados no estuário de São Vicente e a toxicidade nessa região é atribuída à entrada de efluentes urbanos não tratados (MOREIRA & ABESSA, 2014). No ponto 4 a toxicidade está possivelmente atrelada à saída do emissário submarino de Santos. Já nos pontos 6 e 7 a toxicidade está associada à ressuspensão de poluentes a partir de sedimentos dragados do estuário de Santos e dispostos na região. A condição mais crítica parece ser encontrada no ponto 10, situada na entrada do canal do Porto de Santos. Dessa forma, a toxicidade na água na Baía de Santos e regiões adjacentes está associada às atividades urbanas e industriais na Região Metropolitana da Baixada Santista. A Resolução CONAMA 357/2005 preconiza que não seja verificado efeito tóxico crônico a organismos aquáticos em águas salinas e salobras de classe 1; portanto, pode-se considerar que a água da Baía de Santos está em condição de incompatibilidade com a legislação ambiental no que diz respeito ao efeito tóxico à biota aquática. Cabe ressaltar, no entanto, que as regiões oceânicas fora da Baía de Santos não apresentaram contaminação em nenhum nível, mesmo em áreas de disposição de sedimentos dragados da baía.

Outros estudos já foram conduzidos a respeito da toxicidade das águas da Baixada Santista, e níveis variáveis de toxicidade têm sido relatados. Em geral, os estuários de Santos e São Vicente e o canal de Bertioga são as áreas com maior efeito tóxico na biota, enquanto que as praias de Guarujá e Bertioga são as localidades com menor efeito tóxico (Sousa et al., 2014). A toxicidade das águas está geralmente relacionada ao despejo de efluentes domésticos urbanos e industriais da Região Metropolitana da Baixada Santista, em especial as saídas dos diversos emissários submarinos existentes na região.

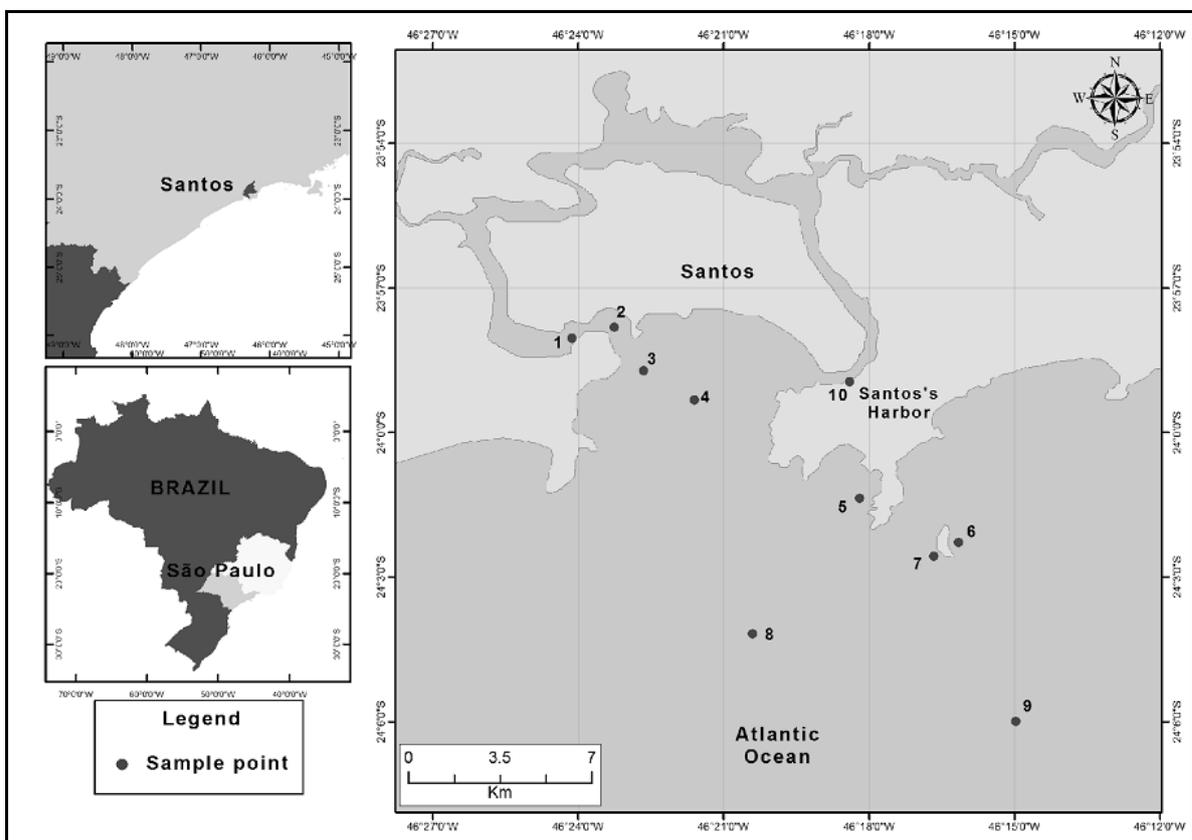
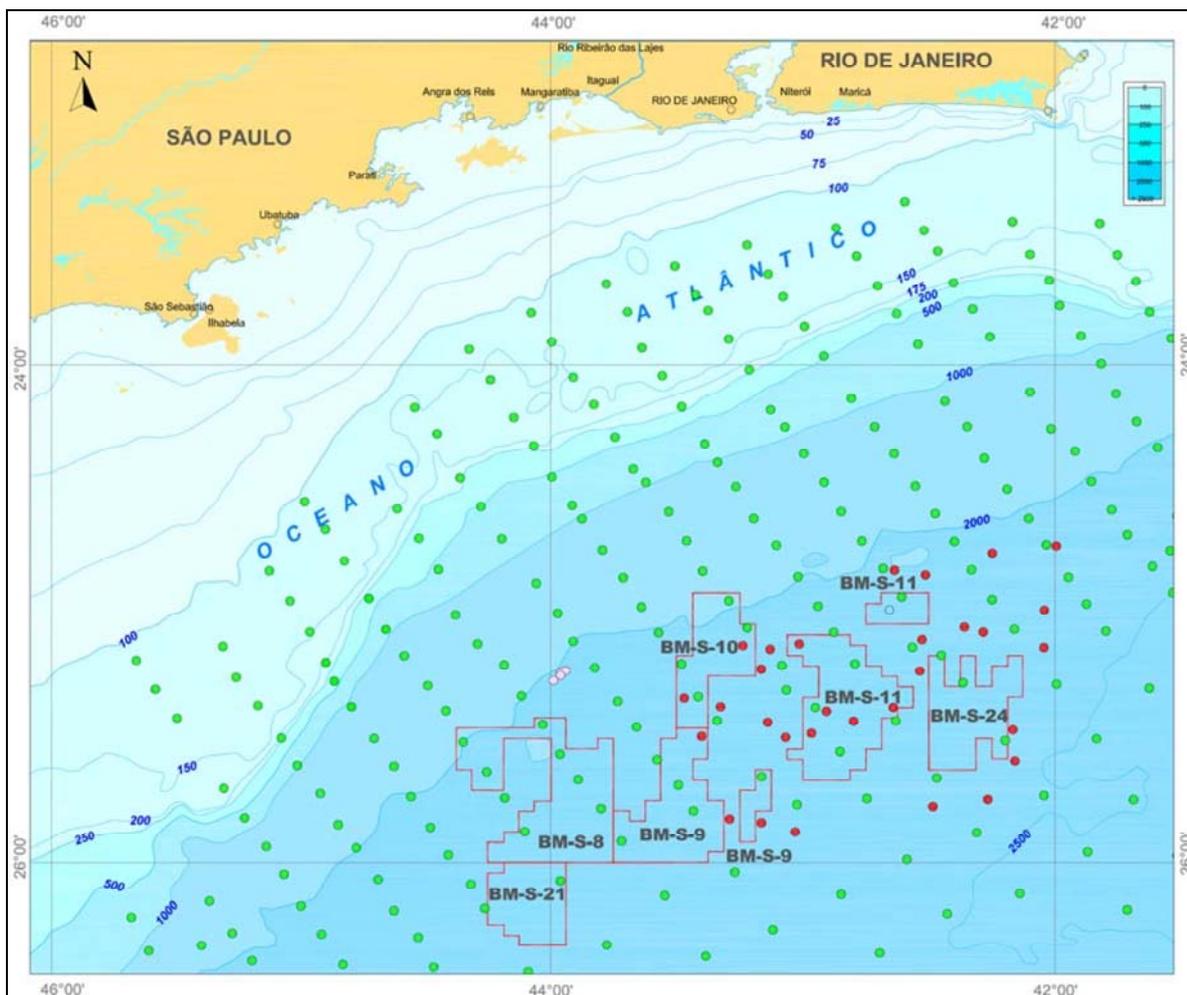


Figura V.1.5-13 - Localização das estações de amostragem do estudo de MOREIRA & ABESSA (2014) sobre a toxicidade da água na Baía de Santos.

V.1.5.3 - Zona Oceânica

Há uma grande escassez de estudos técnicos e científicos na zona oceânica da área de estudo. Dessa forma, para a caracterização da qualidade da água na zona oceânica são utilizados os resultados do Diagnóstico de Qualidade da Água do EIA do Projeto Integrado de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal, Bacia de Santos, realizado pela empresa de consultoria ICF International e protocolado pela Petrobras junto ao IBAMA em 2010. Os dados são

referentes à caracterização da qualidade da água da região dos Blocos BM-S-8, BM-S-9, BM-S-10, BM-S-11, BM-S-21 e BM-S-24, em água da superfície, da termoclina e do fundo. A localização das estações amostradas no estudo da ICF International é apresentada na Figura V.1.5-14. A seguir, são apresentados e discutidos os principais resultados deste estudo, com ênfase nas medições feitas na parte sul da Bacia de Santos, nas proximidades do Bloco BM-S-21, que situa-se mais próximo à área de estudo do presente projeto.



Fonte: ICF INTERNATIONAL, 2010.

Figura V.1.5-14 - Localização das estações de coleta (círculos verdes e vermelhos) do Diagnóstico de Qualidade da Água do EIA do Projeto Integrado de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal, Bacia de Santos, realizado pela empresa de consultoria ICF International para a Petrobras

V.1.5.3.1 - Fenóis e Hidrocarbonetos

Os fenóis são solúveis em água e podem ser encontrados em efluentes domésticos e industriais, além de atividades ligadas à produção e consumo de hidrocarbonetos. As concentrações de fenóis não excederam 0,3 µg/L na extremidade sul da Bacia de Santos, de modo que os valores ficaram abaixo do valor máximo permitido para águas salinas de Classe 1 pela legislação ambiental.

Com relação aos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs), as concentrações ficaram abaixo de 100 µg/L nas amostragens feitas na superfície, na termoclina e no fundo da extremidade sul da Bacia de Santos.

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), que tem origem geralmente em atividades antropogênicas, apresentaram concentrações inferiores a 1 µg/L na coluna d'água da extremidade sul da Bacia de Santos.

V.1.5.3.2 - Nutrientes e Clorofila

As concentrações de nitrogênio amoniacal na coluna d'água da extremidade sul da Bacia de Santos foram inferiores a 0,03 mg/L, estando em conformidade com o valor máximo de 0,40 mg/L preconizado para águas salinas de classe 1 pela legislação ambiental. As concentrações tenderam a aumentar em direção ao fundo.

As concentrações de nitrito foram bastante baixas, usualmente abaixo de 0,04 mg/L, valor inferior ao limite preconizado para águas salinas de Classe 1 pela legislação ambiental. Não houve padrão de variação vertical.

Já com relação ao nitrato, as concentrações foram inferiores a 0,3 mg/L na superfície e na termoclina, mas chegaram a 0,8 mg/L nas águas profundas da extremidade sul da Bacia de Santos. Os valores do fundo usualmente superaram os 0,4 mg/L determinados como valor máximo permitido para águas salinas de classe 1 pela legislação ambiental. Além da tendência de aumento do nitrato em direção ao fundo, houve tendência de aumento em direção à costa, o que pode ser resultado do aporte das águas de origem continental ricas em nitrato. É possível que haja relação também com o despejo de efluentes urbanos.

As concentrações de fosfato ficaram em torno de 0,02 mg/L, mas houve registros de concentrações tão altas como 0,16 mg/L na extremidade sul da Bacia de Santos. As concentrações apresentaram tendência de aumento em direção ao fundo. Em alguns casos as

concentrações foram superiores a 0,06 mg/L, valor máximo permitido para águas salinas de Classe 1 pela legislação ambiental.

Tanto para as formas inorgânicas de nitrogênio como para o fósforo, houve tendência de aumento das concentrações em direção ao fundo da coluna d'água. Esse padrão é esperado, já que essas frações são geralmente utilizadas pelos produtores primários nas camadas onde há incidência de luz. Além disso, a sedimentação, a remineralização e a ressuspensão a partir do sedimento também contribuem para maiores concentrações de nutrientes dissolvidos em águas profundas.

As concentrações de clorofila-*a* foram geralmente baixas na área de estudo, com concentrações máximas de 6 µg/L nas proximidades da costa, mas com valores geralmente inferiores a 1 µg/L. O aumento em direção à costa pode ser explicado pela maior disponibilidade de nutrientes, o que é corroborado pelo fato de que o nitrato apresentou o mesmo padrão.

V.1.5.3.3 - Oxigênio Dissolvido e pH

Em águas da zona oceânica, as concentrações de oxigênio dissolvido são reguladas basicamente pela sua produção e consumo pelos organismos aquáticos, assim como pela ressurgência de águas profundas empobrecidas em oxigênio e enriquecidas em nutrientes. Por fim, pode haver também a difusão na interface água-atmosfera por efeito das ondas, ventos e tempestades. As águas da zona oceânica próxima a Baía de Santos apresentaram concentrações satisfatórias de oxigênio dissolvido, com valores sempre superiores a 6 mg/L, valor mínimo preconizado para águas salinas de classe 1 pela legislação ambiental. Houve uma tendência a variações espaciais apenas ao longo do perfil vertical da coluna d'água, com maiores valores de oxigênio na termoclina, em profundidades intermediárias (> 7,4 mg/L), se comparadas a superfície (5,8 - 7,4 mg/L) ou a região profunda (5,8 - 7,8 mg/L).

Já com relação ao pH, os valores ficaram entre 7,5 e 8,5, indicando águas levemente básicas e dentro do intervalo preconizado para águas salinas de classe 1 pela legislação ambiental (6,5 - 8,5). Não houve oscilação vertical nos valores.

V.1.5.4 - Considerações Finais

V.1.5.4.1 - Zona Costeira

Os resultados apontam para a contaminação por metais pesados, solventes aromáticos e fenóis na Baía de Santos. Há também grande concentração de esgotos, o que é confirmado pelas elevadas concentrações de fósforo e nitrogênio inorgânico, bem como baixas concentrações de oxigênio dissolvido.

Esse cenário de deterioração da qualidade da água marinha, principalmente nas áreas mais próximas à costa e da Baía de Santos, é causado pela urbanização da Região Metropolitana de Santos, que aporta efluentes industriais e domésticos não tratados nos estuários. Há de se considerar a existência também dos emissários submarinos de São Vicente, Santos e Praia Grande, que contribuem para a deterioração da qualidade da água.

V.1.5.4.2 - Zona Oceânica

Com relação à zona oceânica, apesar da escassez de estudos, é possível tecer as seguintes considerações finais: a água possui pH básico, com bons índices de oxigenação; os resultados de nutrientes e clorofila indicam uma tendência de aumento em direção à costa, o que deve estar atrelado à entrada de água fluviais mais enriquecidas em nutrientes. Além disso, os nutrientes tendem a aumentar em direção ao fundo, tanto porque há maior utilização nas camadas onde há incidência de luz como porque nas águas mais profundas há maior remineralização e ressuspensão a partir do sedimento. Na comparação com a zona costeira, a zona oceânica apresenta águas com melhor qualidade e com menos indícios de deterioração.

