

II.4.1 - Meio Físico

O diagnóstico ambiental do meio físico contempla uma breve caracterização da geomorfologia da área de estudo, Bacia de Campos e porção norte da Bacia de Santos, com enfoque na área da atividade, campos de Tartaruga Verde (TV), Marlim Leste, Marlim Sul, Barracuda e Caratinga (MMBC), Albacora-Forno (AB-FORNO) e Marlim, Voador e Brava (MRL-VDR-BRV) (**Figura II.4.1.1-1**). Serão apresentados ainda os principais aspectos oceanográficos da região.

Este capítulo descreve ainda as principais características meteorológicas e oceanográficas da Área de Estudo da **Atividade de Pesquisa Sísmica Marítima 3D/4D Streamer e Nodes na Bacia de Campos - Cluster BC**. A Área de Estudo abrange a Bacia de Campos e a porção norte da Bacia de Santos, a partir do limite sul do município do Rio de Janeiro.

Este documento foi elaborado com base em dados secundários e primários, estes obtidos nos Projetos de Caracterização Regional da Bacia de Campos e Espírito Santo e nos bancos de dados geofísicos da PETROBRAS.

II.4.1.1 - Geologia e Geomorfologia

A Bacia de Campos está localizada na margem continental sudeste brasileira ao longo da costa norte do estado do Rio de Janeiro, prolongando-se para o sul do estado do Espírito Santo, sendo delimitada estruturalmente pelo Alto de Cabo Frio (23° S) ao sul e pelo Alto de Vitória (20,5° S) ao norte (**Figura II.4.1.1-1**). Com base em critérios tectônicos, a Bacia de Campos está situada na margem continental do tipo Atlântico (passiva). A área da bacia, até a batimetria de 200 m, perfaz cerca de 100.000 km², dos quais apenas 500 km² são em área emersa (DIAS *et al.*, 2019; MOHRIAK *et al.*, 1990).

A Bacia de Santos, localizada na margem sudeste do Brasil, compreende uma das maiores depressões do embasamento da costa brasileira, com uma área de aproximadamente 350.000 km² (**Figura II.4.1.1-2**). Geologicamente está limitada ao norte com a Bacia de Campos e ao sul com a Bacia de Pelotas, a oeste com a Serra do Mar e a leste com o limite oriental do Platô de São Paulo (GAMBOA *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2019).

A área de estudo está situada sobre a Bacia de Campos, em toda extensão, e sobre a porção norte da Bacia de Santos, sendo delimitada por uma linha reta que parte das proximidades de Grumari (RJ) e segue paralela ao limite entre a Bacia de Campos e a Bacia de Santos.

O **Anexo II.4.1-1**, apresenta o mapa faciológico com as principais feições fisiográficas e morfológicas na área de estudo (folha 1) com o devido detalhamento do fundo marinho na área da atividade de pesquisa sísmica obtido a partir de dados geofísicos e de imageamento com ROV (folha 2). O mapeamento detalhado de alvos refletivos no fundo, identificados como bancos biogênicos ou não, por área de deposição dos *nodes*, é apresentado no âmbito do projeto descrito no item **“II.10.10 Mapeamento de Comunidades Biogênicas de Fundo para Direcionamento Operacional”**.

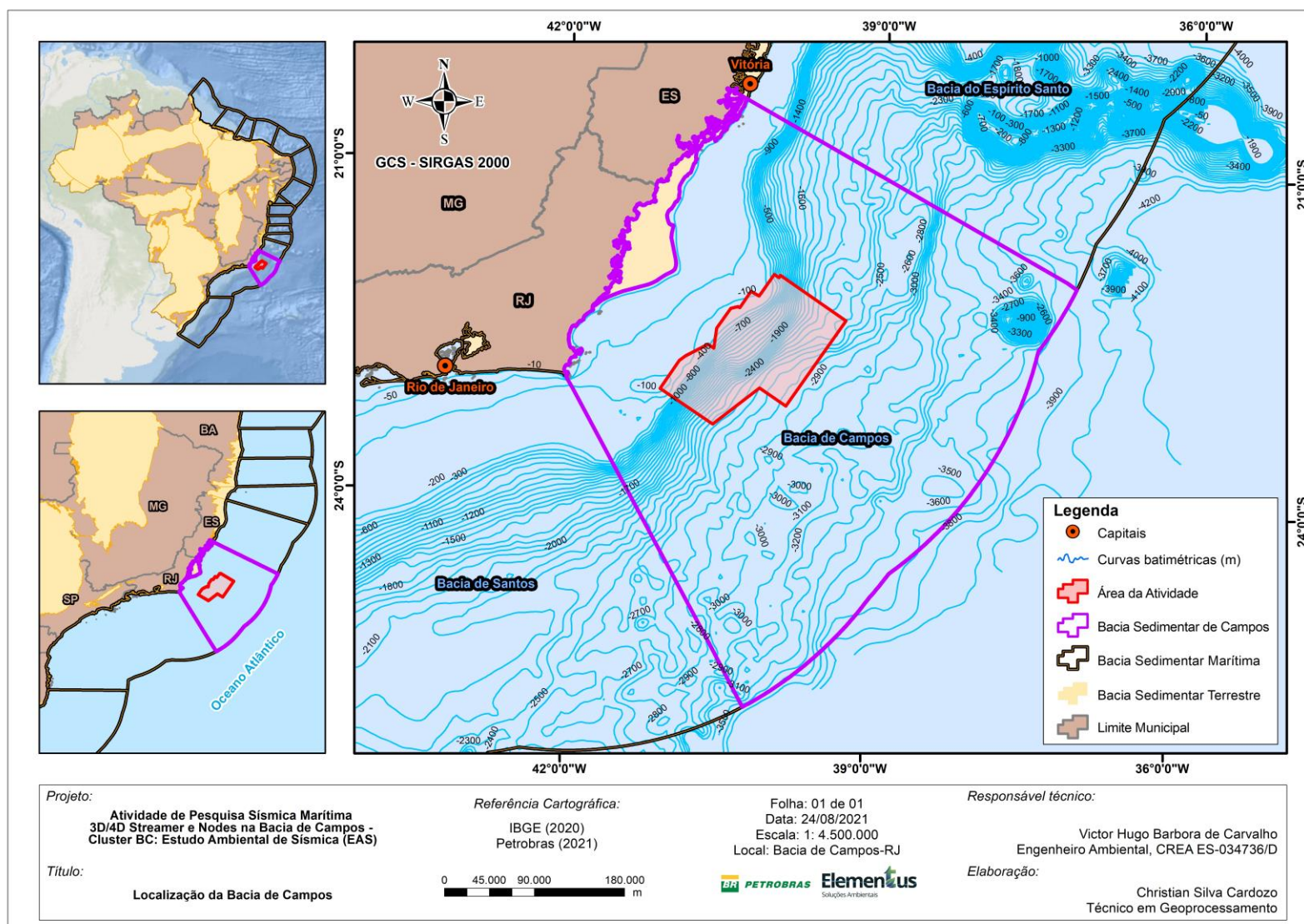


Figura II.4.1.1-1 – Mapa de localização da bacia de Campos.

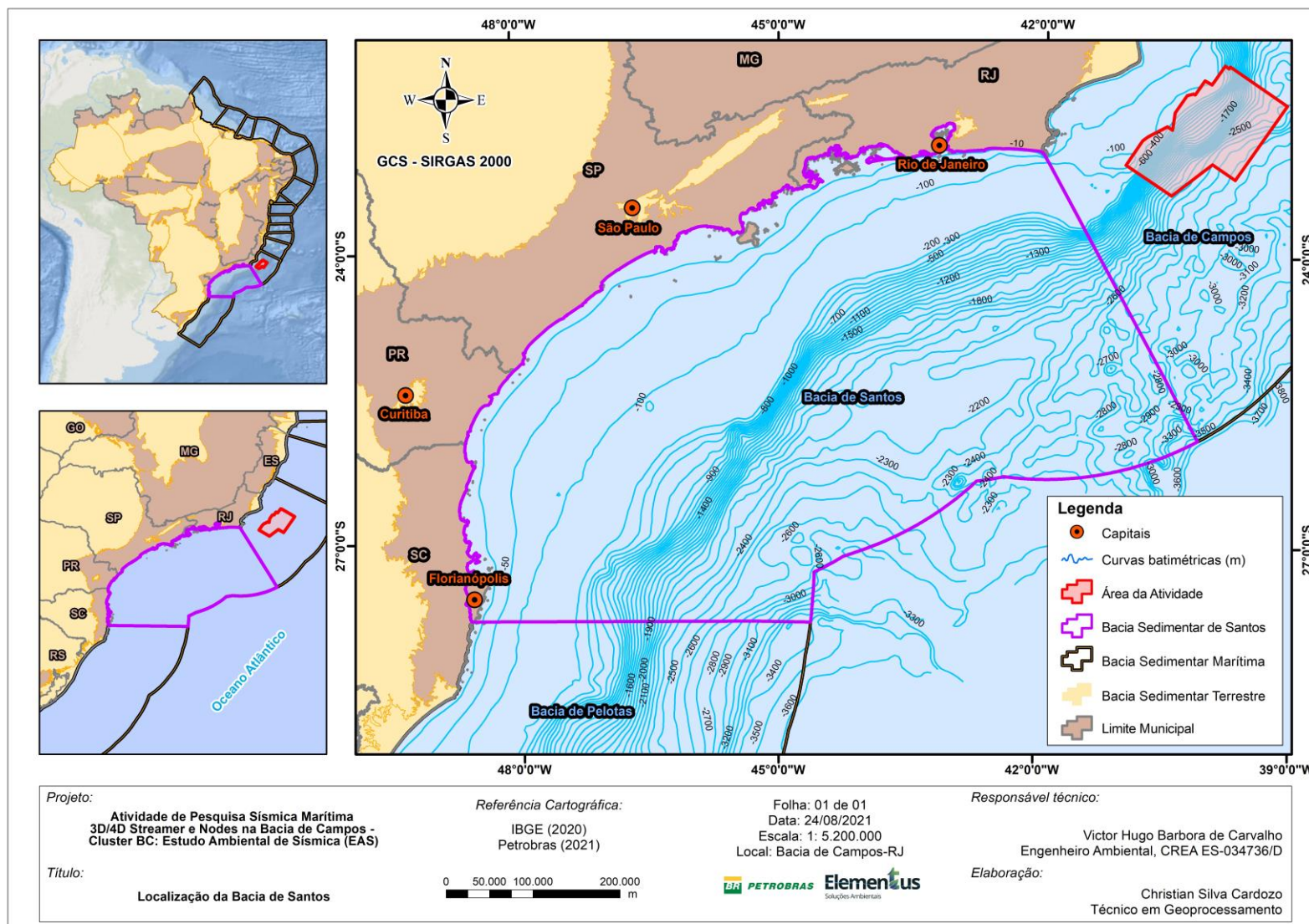


Figura II.4.1.1-2 – Mapa de localização da bacia de Santos.

II.4.1.1.1 - Fisiografia e Faciologia

A fisiografia da bacia de Campos foi estabelecida pela interação entre diferentes fatores, tais como: aporte terrígeno, variações do nível relativo do mar, atuação de correntes de contorno, remobilização de sedimentos, tectônica salífera e sistemas turbidíticos associados a sistemas fluviais (ALMEIDA & KOWSMANN, 2015; KOWSMANN *et al.*, 2015).

A Bacia de Campos pode ser segmentada nas seções de plataforma continental, talude e planície abissal. Entretanto, nesta região, antes de atingir a planície abissal, encontramos o Platô de São Paulo, um sopé continental afetado pela tectônica salífera, que atenua a declividade existente e interrompe a conexão direta entre o talude e a região abissal (**Figura II.4.1.1.1-1**). A área de aquisição de dados sísmicos do Cluster BC está localizada no talude e no talude continental inferior da Bacia de Campos.

Assim como a bacia de Campos, as províncias fisiográficas na área norte da Bacia de Santos são a plataforma continental, o talude continental e o platô de São Paulo (**Figura II.4.1.1.1-1**). Nesta bacia a estruturação das províncias fisiográficas relaciona-se, principalmente, aos processos tectono-orogênicos que deram origem ao arcabouço de toda a área da margem continental e área adjacente (ZEMBRUSKI, 1979). A área descrita inclui-se no denominado embaçamento norte da Bacia de Santos o qual, grosso modo, se estende entre os largos de cabo Frio e São Sebastião.

O **Anexo II.4.1-1** apresenta os limites das feições fisiográficas e composição do solo na área de estudo, a qual situa-se sobre as províncias fisiográficas plataforma continental, talude continental e platô de São Paulo.

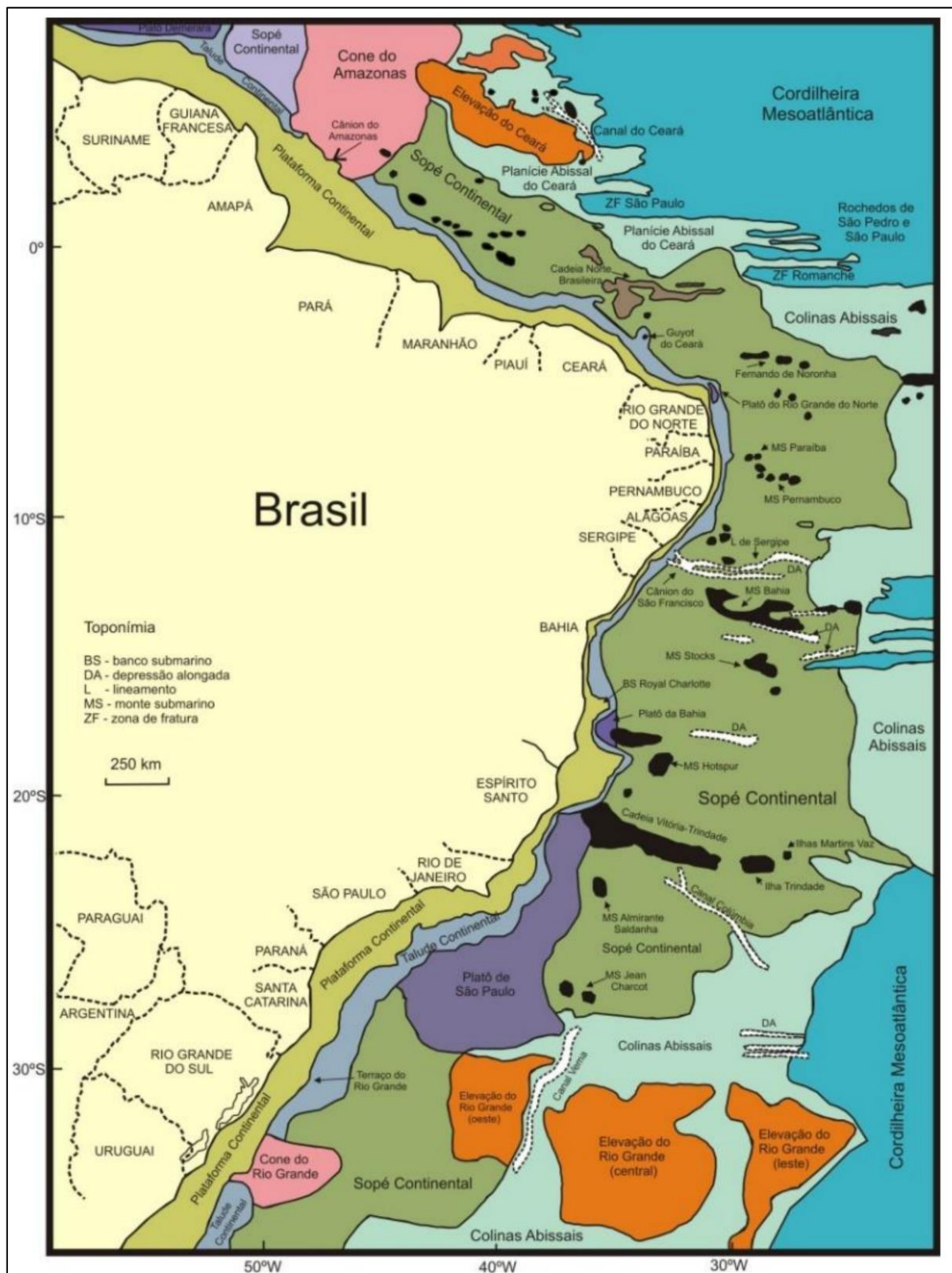


Figura II.4.1.1.1-1 – Mapa fisiográfico da margem continental e fundos abissais do Brasil.
Fonte: TESSLER & MAHIQUES, 2000.

Plataforma Continental

A plataforma continental corresponde a unidade da margem continental mais próxima ao continente, sendo a faixa mais rasa, em forma de tabuleiro ou terraço, finalizando-se em direção ao mar com aumento acentuado de sua inclinação. Mesmo situadas abaixo do nível do mar, são parte constituinte dos continentes, caracterizando-se como zonas de transição entre estes e as bacias oceânicas. (ARAÚJO *et al.*, 2004; BAPTISTA NETO & SILVA, 2004).

Na primeira descrição morfológica da plataforma continental brasileira, feita por Zemruscki (1979), a plataforma de Campos é individualizada no Setor Cabo São Tomé – Cabo Frio. Neste setor, o autor descreve a plataforma como de morfologia regular e uniforme com um gradiente médio de 1:1000, apresentando relevo suave, sem desníveis expressivos, uma largura média de 80 km até a profundidade de quebra, onde se observa um único desnível com cerca de 20 km de largura que coincide regionalmente com a isóbata de 100 e 120 m (PACHECO, 2011).

Na área de estudo, ao sul do Cabo São Tomé, a plataforma é mais larga e profunda exibindo declividade acentuada, quando comparada com a porção norte, a qual é estreita e rasa com declividades suaves. Aquela apresenta um prisma de progradação que se estenderia a partir da isóbata de 60 m, bem como prováveis canais que se formaram no início do Holoceno e que atualmente apresentam pouca expressão no relevo (ZEMBRUSCKI, 1979; KOWSMANN *et al.*, 1977; LOPES, 2004).

Assim com as bacias da margem brasileira do segmento distensivo, a bacia de Santos desenvolveu-se sobre um amplo contexto em que predominou a tectônica extensional. O principal fator da progradação da plataforma nesta bacia foi a ocorrência de altas taxas de sedimentação terrígena, principalmente durante o Cretáceo. Em consequência da alteração na drenagem do rio Paraíba do Sul, que passou a desaguar na bacia de Campos, a quebra da plataforma recuou mais de 50 km em direção ao continente no período Oligoceno (MODICA & BRUSH, 2004; MOREIRA & CARMINATTI, 2004).

Os padrões morfológicos que se destacam na bacia de Campos refletem a presença de bancos carbonáticos de morfologia rugosa, lineamentos carbonáticos em forma de cristas com direção paralela à linha de costa atual, lineamentos em

forma de barras obliquas à linha de costa, e platôs ou patamares, caracterizados por relevo suave (FIGUEIREDO *et al.*, 2011).

A partir do modelo digital de terreno da plataforma foram identificadas áreas com características morfológicas e sedimentológicas semelhantes. Com intuito de sistematizar a discussão Figueiredo *et al.* (2015) dividiram a área da plataforma em quatro setores. A área de aquisição de dados sísmicos e área de manobra situam-se, em parte, sobre os setores 1 e 2, os quais são descritos a seguir.

Setor 1: possui fundo rugoso, com lineamentos e predomínio de carbonatos, possui uma largura de aproximadamente 160 km. Ocorrem predominantemente nas isóbatas de 120 e 150 m, mas são também identificados localmente nas isóbatas de 70 e 80 m, com 110 km de comprimento, ambos com orientações sudoeste-nordeste. Observaram ainda a presença de um patamar carbonático expressivo, entre as isóbatas de 90 e 100 m.

Setor 2: destaca-se a morfologia suavizada dos sedimentos litoclásticos na plataforma continental interna e média da região sul. Junto ao Cabo de São Tomé, o cúspide arenoso, as ondas de areia e dunas evidenciam a ação de uma hidrodinâmica vigorosa modelando o relevo.

A morfologia irregular da bacia de Santos é provavelmente fruto da mudança abrupta na direção da linha de costa, em Cabo Frio, e da ação de correntes de contorno e está registrada nas variações batimétricas da plataforma (MUEHE & CARVALHO, 1993). Na **Figura II.4.1.1.1-2** pode-se observar que existem duas depressões, leste e oeste, alongadas na plataforma média-externa. A depressão oeste corresponde a uma zona de erosão mais profunda, a -30 m, e a depressão leste a uma zona de erosão rasa, a cerca de -15 m. Além disto, nota-se que a isóbata de 100 m separa duas áreas com morfologias distintas, sendo lobada e mais íngreme (8 a 10 km e 0,2°) até -100 m, com vários degraus nas isóbatas de 20/30 m, 40/50 m e 80/70 m, principalmente em frente às baías de Sepetiba e Ilha Grande. A partir da isóbata de 100 m a plataforma apresenta uma inclinação menor (0.023°- 0.051°) com várias escarpas paralelas, de direção NE-SW, nas isóbatas de 110, 130 e 150 m, ao longo de quase 400 km de extensão.

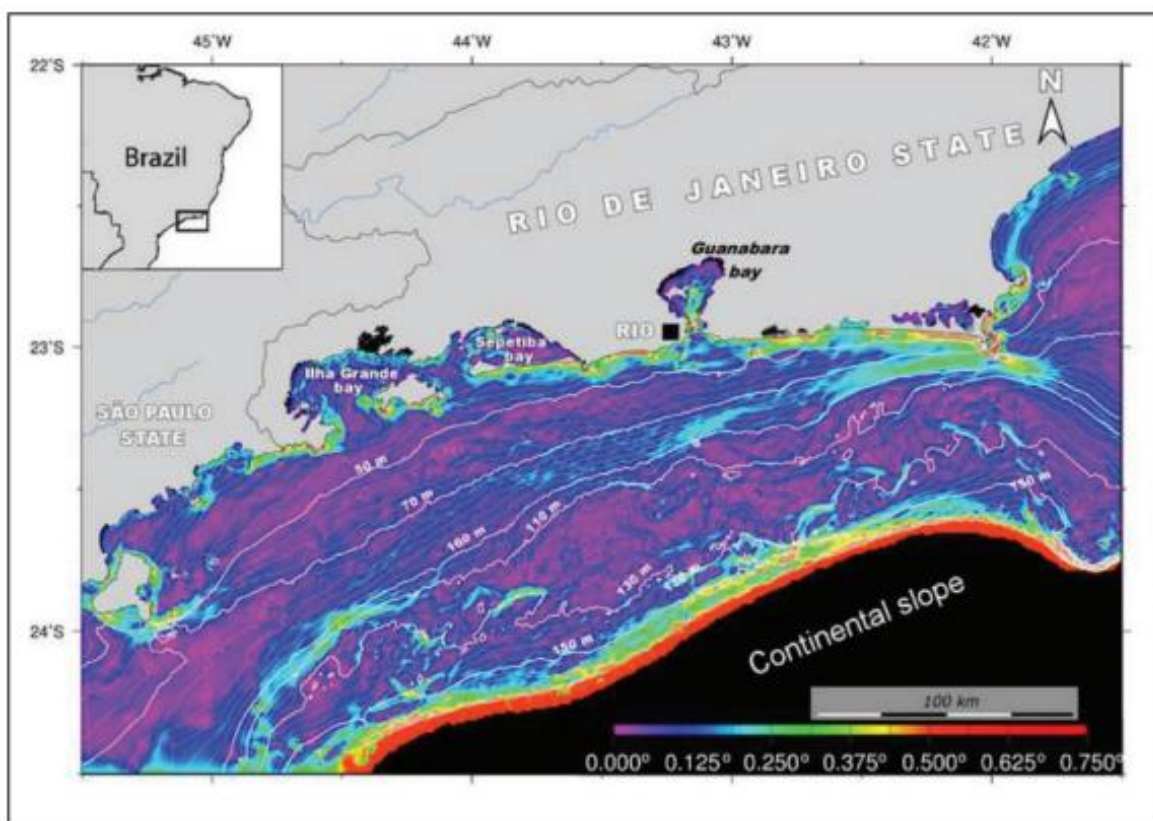


Figura II.4.1.1.1-2 – Gradientes da plataforma continental na Bacia de Santos mostrando as profundidades (em metros) e as inclinações (em graus).

Fonte: REIS *et al.* 2013.

Talude Continental

O talude continental é a província fisiográfica da margem continental que se limita pela quebra da Plataforma e pelo Platô de São Paulo. O topo do talude continental é marcado por uma mudança brusca no declive (quebra da plataforma), enquanto o pé do talude (talude inferior) possui declive mais suave. Proporcionalmente, o talude continental constitui a porção mais íngreme do piso marinho. Sua largura pode variar de pouco mais de 10 km até 200 km, quando não interrompido por platôs marginais. Normalmente os taludes vão desde as profundidades de 100-200 m até 1.300-3.200 m, podendo atingir até 8.200 m. (CASTELLO *et al.*, 2021).

Entre as feições geomorfológicas mais importantes encontram-se os cânions submarinos, além destes, são comumente encontradas as cristas e saliências rochosas, as ravinas, os terraços e as escarpas.

O talude continental, para a Bacia de Campos, foi dividido em talude superior, talude médio e talude inferior (**Figura II.4.1.1.1-3**). Cada uma dessas partes do talude continental foi definida com base nos valores de declividade do fundo do mar. Os limites inferiores dos taludes superior, médio e inferior podem ocorrer, respectivamente, entre as isóbatas de: 400 e 600 m; 700 e 1.600 m; e 1.000 e 2.200 m (ALMEIDA & KOWSMANN, 2015).

A área de aquisição de dados sísmicos situa-se sobre toda a faixa do talude continental, nas regiões sul e central da bacia de Campos, possui variação da lâmina d'água aproximadamente entre - 500 m a - 2.338 m e variação da declividade entre zero e 84,4 graus com média de 3,1 graus (**Anexo II.4.1-1**). As declividades mais elevadas estão associadas a escarpa que caracteriza o talude continental inferior.

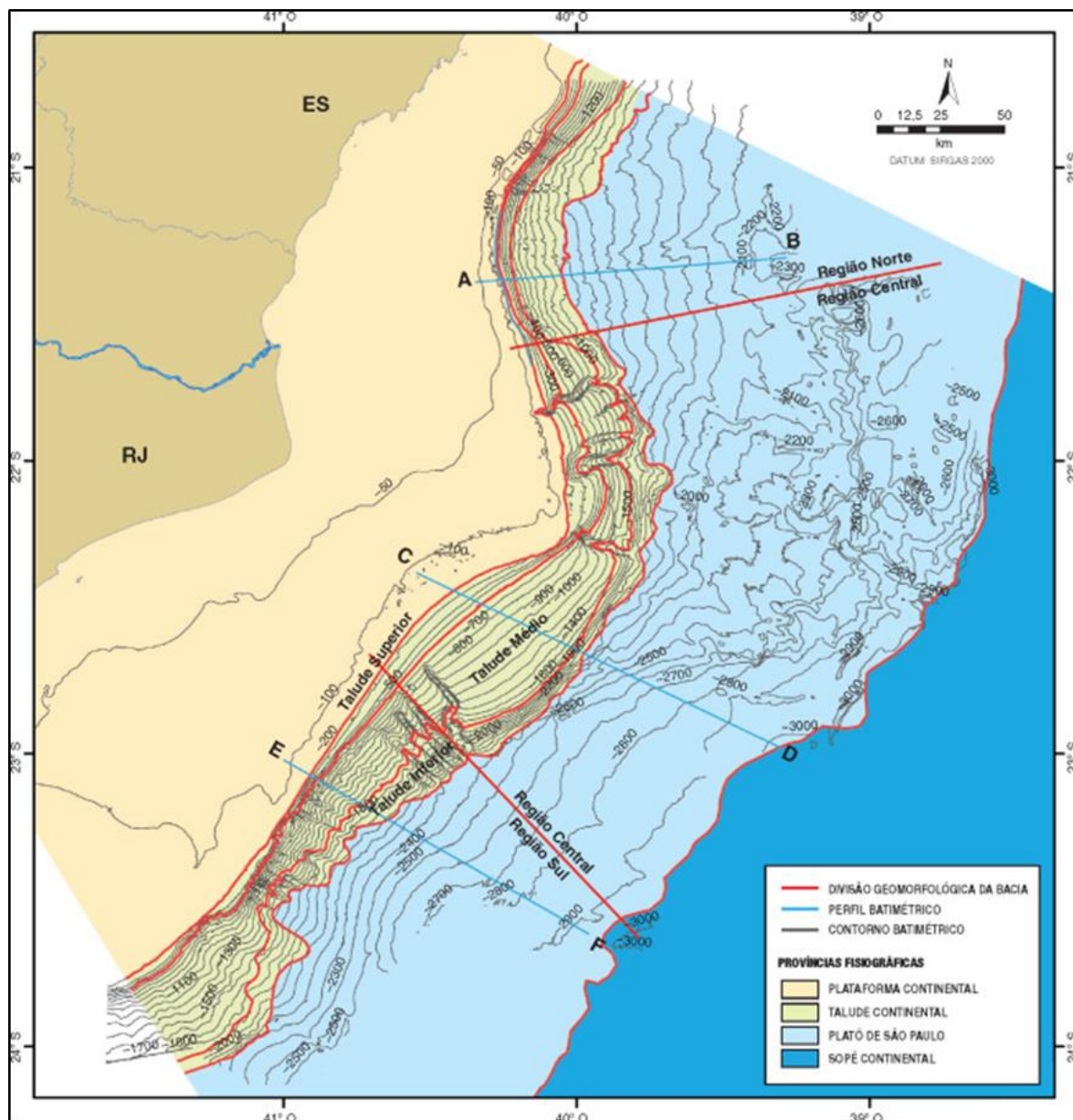


Figura II.4.1.1.1-3 – Mapa batimétrico da Bacia de Campos com os limites das províncias fisiográficas e divisões geomorfológicas adotadas neste trabalho. O espaçamento entre as curvas batimétricas é de 50 m na plataforma continental e de 100 m no talude continental e no Platô de São Paulo.

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

A região central apresenta uma projeção do talude na direção da bacia constituído por camadas sedimentares, num padrão de empilhamento progradante sigmoidal que confere forma convexa ao perfil batimétrico do talude. Nesta região o talude superior ocorre numa faixa com declividade de 2 a 6 graus, subjacente à quebra da plataforma e com limite inferior podendo ocorrer entre 400 m e 600 m,

dependendo da parte do talude. O talude médio apresenta declividade predominante de 1 a 4 graus e está situado subjacente ao anterior, podendo seu limite inferior ocorrer em profundidades entre as isóbatas de 1.200 m e 1.600 m. O talude inferior apresenta declividade predominante de 6 a 12 graus, está subjacente ao anterior e sua base pode ocorrer entre 1.900 m ou 2.200 m.

A região sul apresenta perfil batimétrico côncavo. O talude superior ocorre numa faixa com declividade de 4 a 20 graus entre a quebra da plataforma e a profundidade de 400 m ou 500 m, dependendo da parte do talude. O talude médio é subjacente ao talude superior, apresenta declividade predominante de 2 a 12 graus e a base pode ocorrer entre as isóbatas de 700 m e 1.300 m. O talude inferior é subjacente ao talude médio e apresenta declividade predominante de 1 a 4 graus, e o limite inferior pode ocorrer entre 1.000 m e 1.900 m.

A **Figura II.4.1.1.1-4** ilustra os perfis batimétricos das regiões central e sul dos perfis fisiográficos da Bacia de Campos.

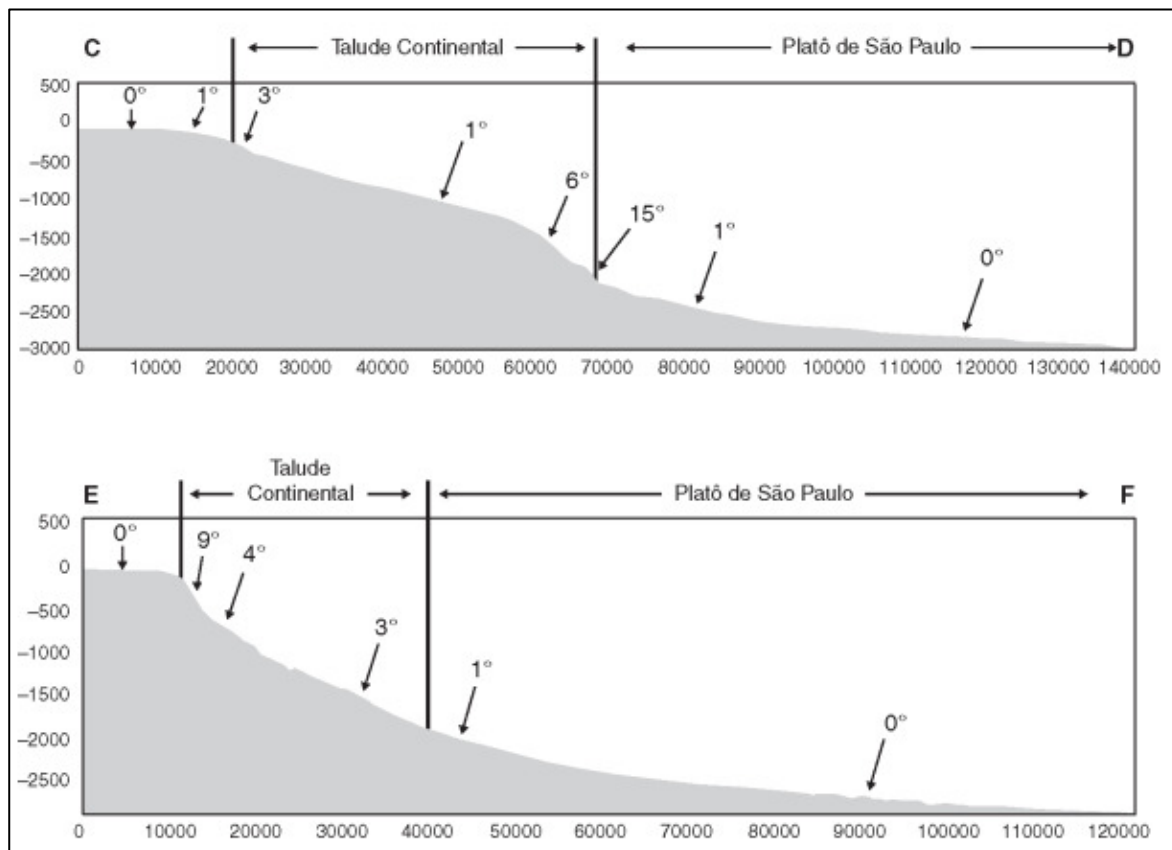


Figura II.4.1.1.1-4 – Perfis batimétricos da região central (perfil C-D) e da região sul (perfil E-F). Esses perfis apresentam escala em metros, exagero vertical de 10x, mencionados na Figura II.4.1.1.1-3.

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

A partir de levantamentos geofísicos e investigações com ROV foi identificada a presença de bancos ou recifes de corais em águas profundas, os quais se localizaram principalmente no talude médio em uma faixa batimétrica entre aproximadamente 500 e 1.200 m, com ocorrência em manchas ao longo da costa e sempre se mantendo na faixa de profundidade anteriormente descrita (CAVALCANTE *et al.*, 2013).

O **Anexo II.4.1-1** (folha 2) exhibe a localização geográfica dos alvos refletivos interpretados como possíveis corais, feições comprovadas por ROV e composição do solo na área onde serão posicionados os receptores (nodes). Essas informações foram obtidas a partir de levantamentos de dados geofísicos e imageamento do fundo realizados pela PETROBRAS.

Foram identificados bancos de corais comprovados por ROV, trechos de bancos de corais imageados por ROV, feições abrasivas com coral formador

imageada por ROV, feições abrasivas sem coral formador imageada por ROV, alvos refletivos não visitados por ROV interpretados como possíveis corais (dado de alta frequência AUV), alvos refletivos não visitados por ROV interpretados como possíveis corais (dado de alta frequência casco) e alvos refletivos não visitados por ROV interpretados como possíveis corais (sísmica 3D) (PETROBRAS, 2022).

O fundo marinho na área dos receptores é constituído por:

Areia siliciclástica: ocorre preenchendo pequenos canais e lobos que se estendem da plataforma continental até o talude inferior, formando depósitos que vão desde dimensões centimétricas até aproximadamente 1,5 m de espessura. Também há ocorrência de areia siliciclástica intercalada com sedimentos finos lamosos.

Lama: é constituída por sedimentos finos (argila e silte). Quanto ao teor de carbonato de cálcio a lama varia desde levemente carbonática a rica em carbonato ($\text{CaCO}_3 < 30\%$) em lâminas d'água menores do que - 1500 m a até a marga ($30\% < \text{CaCO}_3 < 60\%$) em lâminas d'água superiores a - 1500 m aproximadamente.

Lama rija: corresponde a ocorrência de afloramentos de lama onde há a exposição de sedimentos mais antigos associados a descascamentos.

Na porção da área de estudo localizada na bacia de Santos as feições gerais de transição plataforma-talude são formadas por alternâncias de saliências e abaiamentos, estes último ocorrendo em regiões onde o talude superior é mais suave.

A cerca de 1.500 m de profundidade verifica-se a presença de um canal paralelo e encaixado à zona de falha de Cabo Frio, engatilhada pelo deslocamento do sal em direção a partes mais profundas da bacia. (DUARTE & VIANA, 2007). Abaixo dos 1.500 m de profundidade há um decréscimo da inclinação do talude por conta da influência da halocinense que criou mini-bacias e elevações topográficas (DIAS, 2015).

Zembruski, (1979) classifica o talude como típico de área de progradação, com perfil convexo. No setor que vai de Cabo Frio à São Sebastião, a Plataforma é bastante profunda e as curvas batimétricas acompanham de modo geral a configuração do litoral (NE-SW).

Platô de São Paulo

Os platôs marginais são feições semelhantes às plataformas continentais, entretanto ocorrem a profundidades maiores (entre 200 e 2400 m), sendo separados das mesmas por meio de um talude continental incipiente (CORREA, 2021).

O platô de São Paulo está contido entre as regiões mais profundas das bacias de Campos e Santos. Estende-se por cerca de 1.000 km desde o sul da cadeia Vitória-Trindade até a Dorsal de São Paulo, com largura de aproximadamente 150 km do extremo norte até a altura da cidade de Cabo Frio, para cerca de 550 km na região em frente a Bacia de Santos (SCHWEIG, 2013) (**Figura II.4.1.1.1-1**). É considerado plano, com declividade média de 0° a 2°, podendo atingir valores superiores a 20° em porções irregulares causadas pela halocinese.

Na Bacia de Campos, os limites leste e oeste do platô de São Paulo são gradacionais, e de difícil delimitação. O limite oeste, com o talude continental, e a leste com o sopé continental, através de um desnível de cerca de 200 a 500 m (CASTRO, 1992), às vezes ausente, em profundidades de 3.400 a 3.000 m. Na passagem com o sopé continental, o Platô de São Paulo perde quase todas as características de platô marginal, sendo caracterizado pela ocorrência de diápiros de sal, às vezes soterrados (ZEMBRUSCKI, 1979; CASTRO, 1992).

É constituído por um pacote de sedimentos lamosos, como os de fluxos de detritos, sobre a camada de sal. Os limites da província de sal não coincidem necessariamente com os limites do platô (CASTRO, 1992).

Uma porção da área de aquisição sísmica está localizada nessa unidade, conforme ilustra o **Anexo II.4.1-1**.

Sopé

O sopé do talude inicia-se entre 1.800 e 2.200 m. Da plataforma até os 2.000 m da bacia, existem evidências no registro sísmico de correntes de fundo controlando o padrão de sedimentação regional desde o Cretáceo Inferior, sobretudo no Paleógeno (DUARTE; VIANA, 2007).

O sopé continental é definido por uma cunha de sedimentos lamosos desde a base do Platô de São Paulo até as regiões abissais. A morfologia do sopé continental é influenciada por fluxos gravitacionais de massa e pela ação de correntes marinhas.

II.4.1.1.2 - Feições Geomorfológicas

Na região do talude continental estão talhados os cânions submarinos, que são as maiores feições erosivas e também as principais vias de transporte de sedimentos da plataforma para o Platô de São Paulo. As principais feições geomorfológicas do talude continental e do Platô de São Paulo estão assinaladas no modelo digital do fundo oceânico da Bacia de Campos de Schreiner *et al.* (2007/2008), na **Figura II.4.1.1.2-1**.

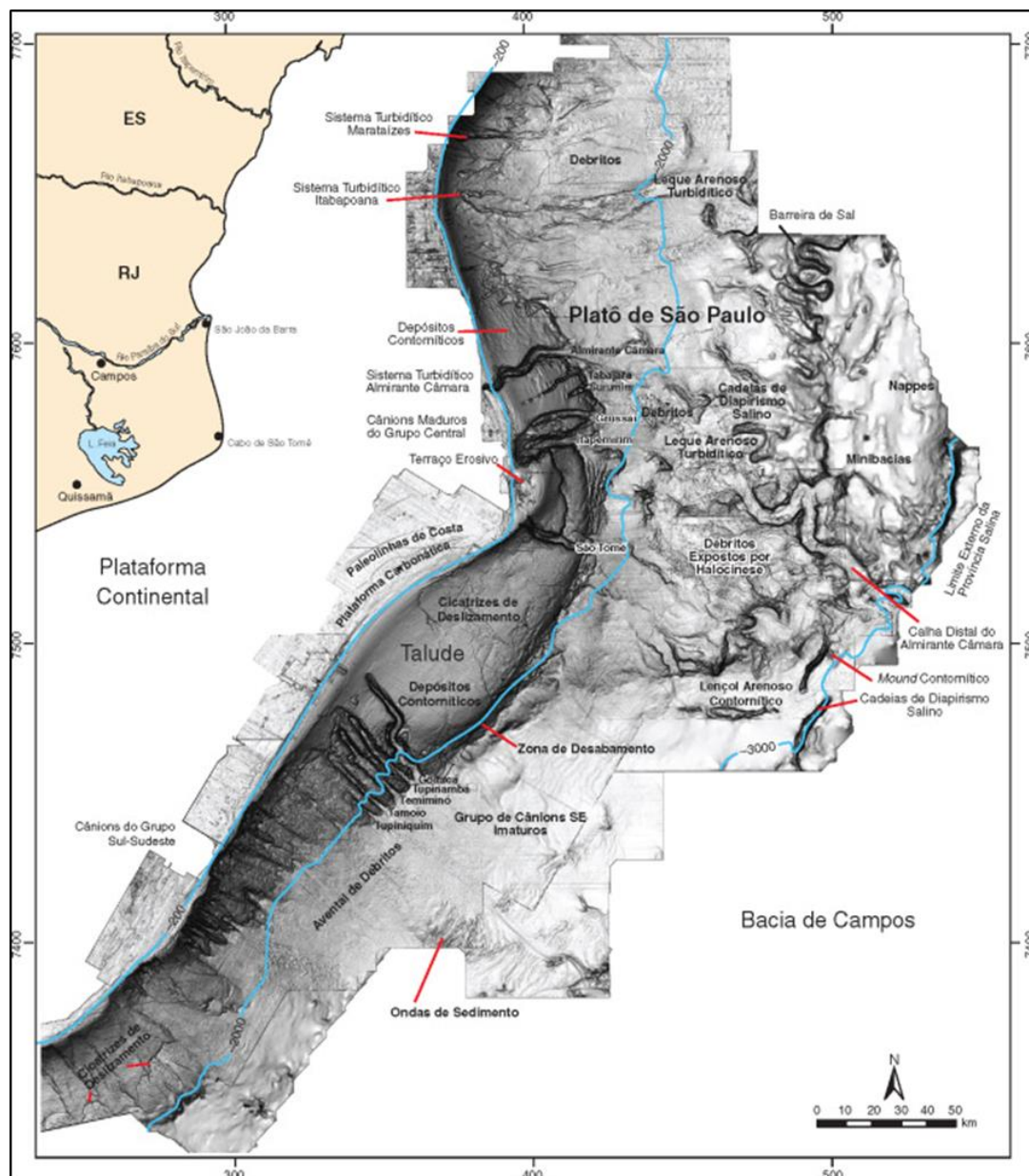


Figura II.4.1.1.2-1 – Principais feições geomorfológicas do fundo do mar da Bacia de Campos.

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

A área de aquisição de dados sísmicos encontra-se sobre os cânions: Itapemirim, São Tomé, Goitacá, Tupinambá, Temiminó, Tamoio e Tupiniquim (Figura II.4.1.1.2-2).

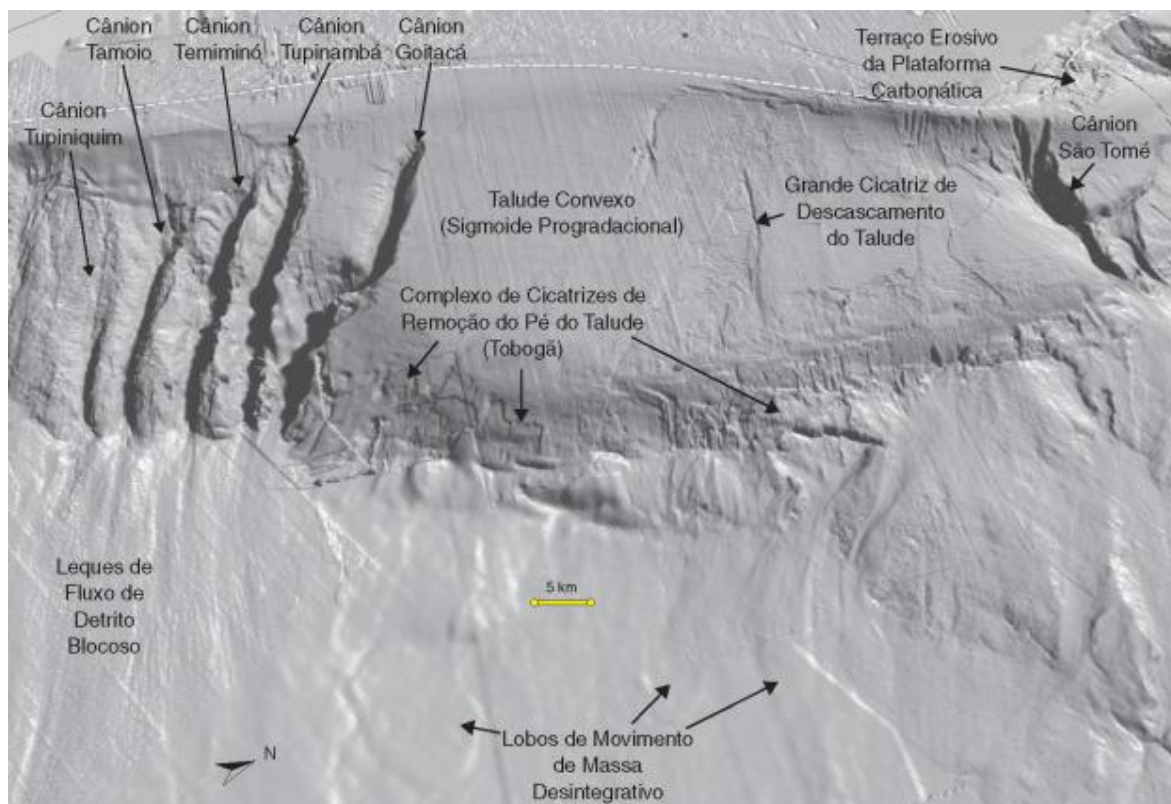


Figura II.4.1.1.2-2 – Imagem 3D em perspectiva do relevo sombreado do fundo do mar da região central da Bacia de Campos (exagero vertical x 5). Observam-se os cânions do Grupo Nordeste no talude continental com destaque para a área aproximada de aquisição de dados sísmicos do campo MMBC. A linha branca tracejada corresponde à linha da quebra da plataforma.

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

Os cânions Itapemirim e São Tomé são classificados como cânions maduros sob o ponto de vista evolutivo, pois atravessam a quebra da plataforma e funcionam como zona de *by-pass* de sedimentos arenosos da plataforma para o Platô de São Paulo.

O cânion São Tomé apresenta os maiores valores médios de declividade da parede, sendo 20 graus na margem esquerda do primeiro e 16 graus na margem direita do segundo. Possui cerca de 25.000 m de comprimento, apresenta duas cabeceiras bem desenvolvidas e estabelecidas na quebra da plataforma (**Figura II.4.1.1.2-3**), sendo que uma está mais a nordeste, na profundidade de 314 m, e a outra, mais a sudoeste, a 230 m, ambas possuem calha praticamente retilínea.

O Cânion Itapemirim possui ampla cabeceira que atravessa a quebra da plataforma continental, com largura máxima de 4.500 m. A cabeceira é constituída

por um complexo de anfiteatros que, de forma ramificada, endentam a plataforma continental. A parte mais rasa da cabeceira está a 150 m de profundidade. As paredes da cabeceira apresentam-se muito irregulares devido à intensa dissecação por cicatrizes de remoção. A declividade da parede da cabeceira é relativamente baixa (7 graus), se comparada com as dos cânions adjacentes, e o desnível da borda da cabeceira até o talvegue do vale submarino é de 470 m.

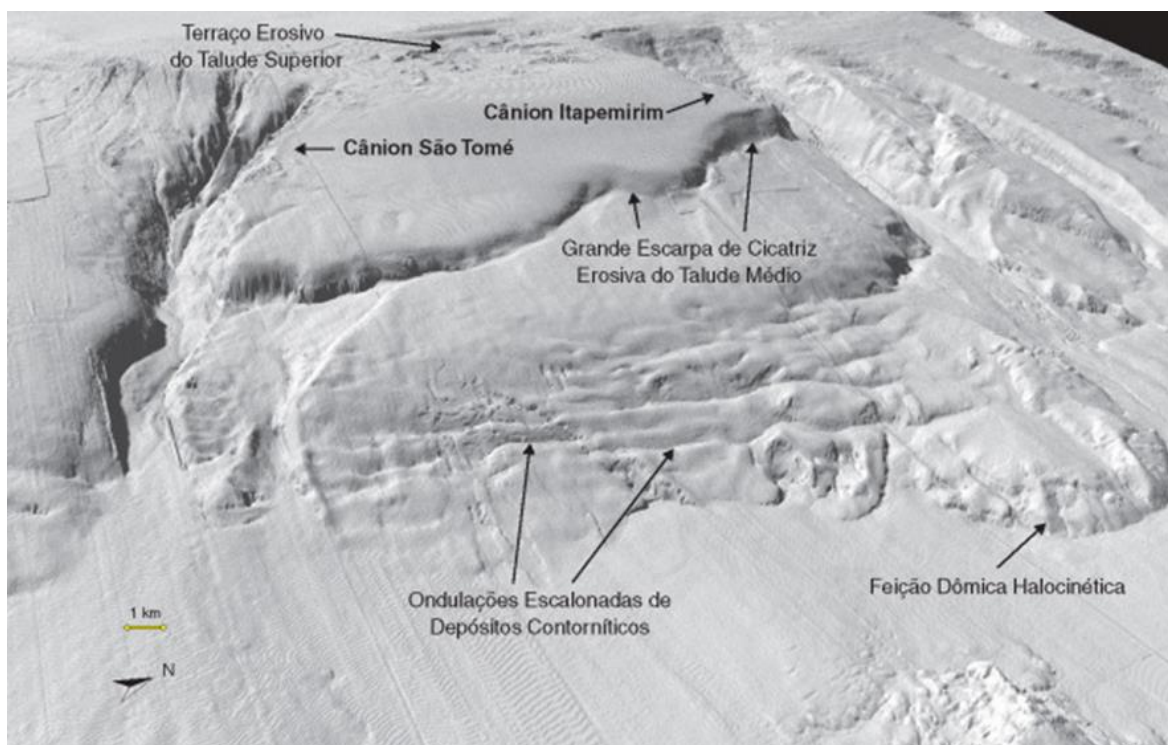


Figura II.4.1.1.2-3 – Imagem do relevo sombreado do fundo do mar em perspectiva do cânion São Tomé (exagero vertical x 5, escala varia conforme a profundidade na imagem).

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

O Cânion Tupinambá (**Figura II.4.1.1.2-4**) apresenta calha retilínea, medindo 35.820 m de comprimento, e perfil transversal em forma de U. A cabeceira está situada na região sul do talude continental da bacia, a 508 m. As paredes são marcadas por cicatrizes e ravinas.

O Cânion Temiminó (**Figura II.4.1.1.2-4**) apresenta calha retilínea, medindo 30.974 m de comprimento, e perfil transversal em forma de U. A cabeceira está situada na região sul do talude continental da bacia, a 863 m. As paredes são marcadas por cicatrizes e ravinas.

O Cânion Tamoio (**Figura II.4.1.1.2-4**) apresenta calha retilínea, medindo 30.320 m de comprimento, e perfil transversal em forma de U. A cabeceira está situada na região sul do talude continental da bacia, a 875 m. As paredes são marcadas por cicatrizes e ravinas.

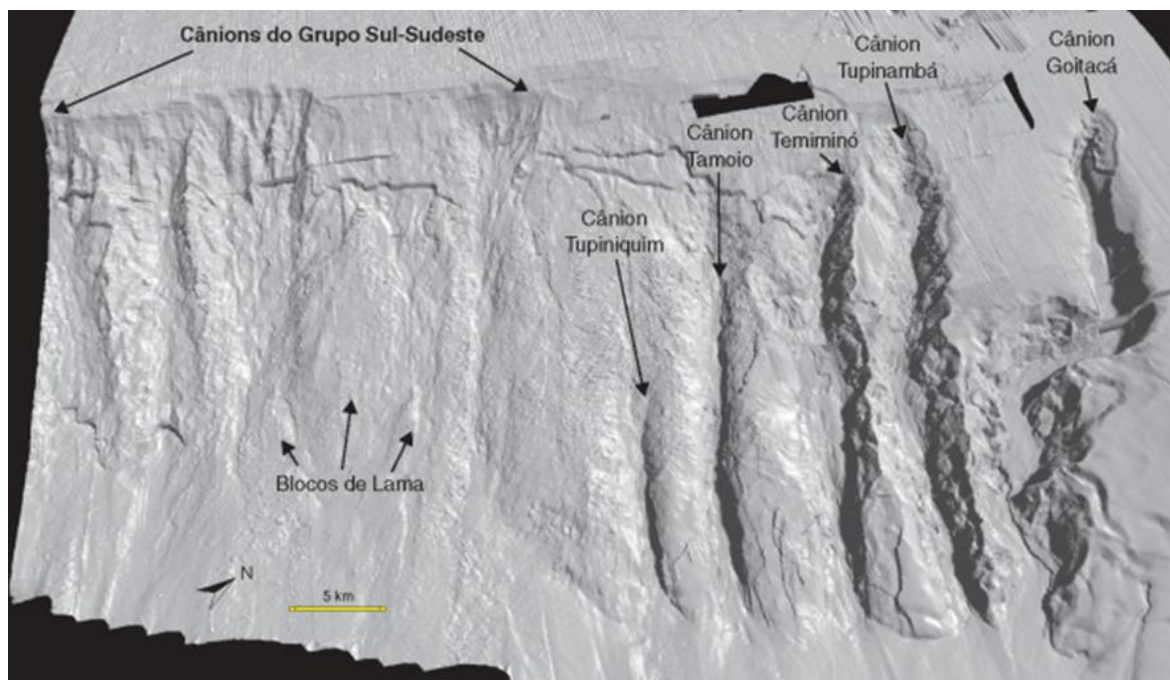
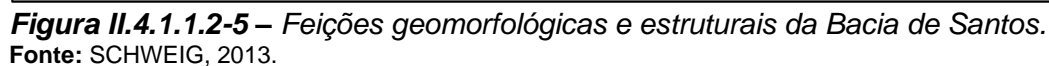


Figura II.4.1.1.2-4 – Imagem 3D em perspectiva do relevo sombreado do fundo do mar dos cânions do Grupo Sudeste e dos cânions do Grupo Sul-Sudeste (exagero vertical x 5, escala varia com a profundidade na imagem).

Fonte: ALMEIDA & KOWSMANN, 2015.

O Embaiamento São Paulo (Cabo Frio a Santos) possui relevo monótono e superfície geralmente regular, cujo desnível não ultrapassa 20 m (ZEMBRUSCKI, 1979). Goya (2011) admite a existência de feições negativas e positivas mesmo em uma morfologia tão suave. As negativas geralmente compostas por canais, vales submarinos, bacias e depressões lineares, enquanto as positivas são constituídas por bancos, cristas, terraços, escarpas de falhas, recifes e bancos costeiros. Paleocanais também são encontrados neste embaiamento, associados por Conti e Furtado (2006) à atual localização dos estuários modernos do local.

A **Figura II.4.1.1.2-5** ilustra as feições estruturais e geomorfológicas observadas na Bacia de Santos.



No Atlântico Sul os ventos são controlados por sistemas atmosféricos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), localizada próximo ao Equador e

responsável pelos ventos alísios; a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), centro de alta pressão semi-permanente sobre o oceano com circulação anti-ciclônica; ciclones migratórios e, próximo à costa, por fenômenos de menor escala como a circulação de brisas.

A região da Área de Estudo está situada na parte oeste do giro anticiclônico ASAS, sistema que gera ventos de E a NE sobre o sudeste brasileiro durante todo ano. A variação na posição do ASAS gera ventos de N-NE no verão com velocidade entre 4,5 e 5 m/s e no inverno de NE com velocidade entre 3,0 e 3,5 m/s no sudeste brasileiro, conforme **Figura II.4.1.2.1-1** (DERECZYNSKI & MENEZES, 2015).

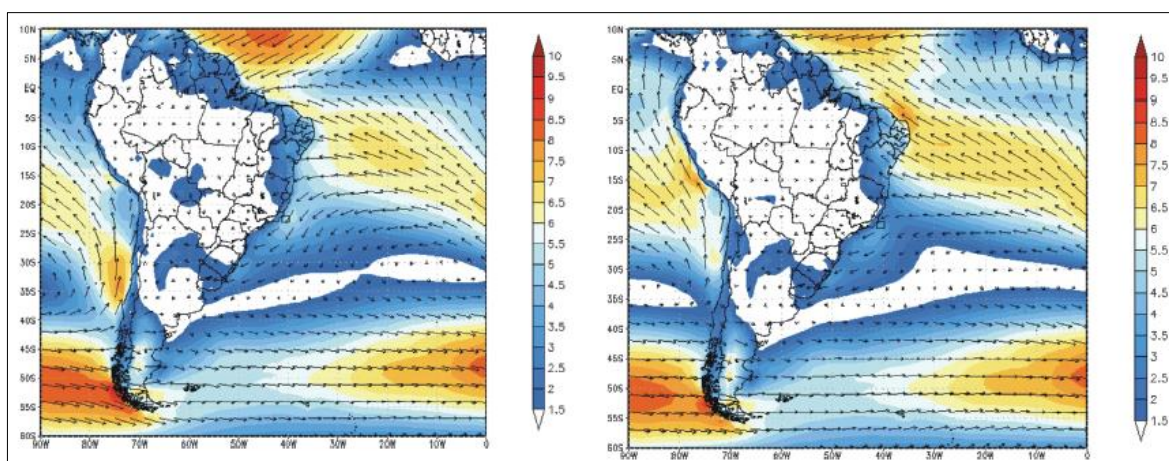


Figura II.4.1.2.1-1 – Campo de intensidade (m/s) e direção do vento a 10 m – valores médios para o período de 1989 a 2010 para (a) verão – dez/jan/fev e (b) inverno – jun/jul/ago.

Fonte: Dados derivados da Reanálise ERA-Interim *apud* DERECZYNSKI & MENEZES, 2015.

Dereczynski & Menezes (2015) analisaram os campos mensais de intensidade e direção dos ventos e da pressão atmosférica ao nível médio do mar e verificaram que em janeiro o ASAS está localizado em aproximadamente 32° S/7° O, gerando ventos mais intensos na região da Bacia de Campos. Em maio o ASAS se desloca para aproximadamente 28° S/5° O, deixando a região da Bacia de Campos numa faixa de ventos mais fracos. Em agosto/setembro, o centro do ASAS desloca-se ainda um pouco mais para NW, aumentando o gradiente de pressão e gerando ventos mais intensos na área da Bacia de Campos.

O ASAS gera situação de estabilidade sobre a Área de Estudo, que pode ser interrompida com a passagem de sistemas meteorológicos frontais (frentes frias), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos de altos níveis e sistemas convectivos de

mesoescala (DERECZYNSKI & MENEZES, 2015). As frentes frias se propagam em direção ao Equador, apresentando deslocamento preferencial de SW para NE ao longo da costa leste do Brasil. Em geral, atingem a latitude de 20°S com pouca energia, embora possam atingir latitudes menores, especialmente durante o inverno (KOUSKY, 1979). Sobre o litoral do sudeste brasileiro são observadas cerca de 4 frentes frias por mês, sendo a frequência levemente reduzida no verão (DERECZYNSKI & MENEZES, 2015).

II.4.1.3 - Oceanografia

Os oceanos são governados por processos que atuam em diferentes escalas. As diferenças de temperatura e salinidade formam estratificações que estruturam os oceanos em camada superior, intermediária e abissal. A circulação profunda, ou termohalina, transporta água entre altas latitudes e baixas latitudes e é responsável por interligar os oceanos. A circulação atmosférica governa em larga escala a camada superior oceânica, onde são formados os giros oceânicos. Estes têm sentido de rotação horária no Hemisfério Norte e anti-horária no Hemisfério Sul. Tanto a circulação termohalina como os giros oceânicos formam os processos de macroescala atuantes ao largo da costa brasileira.

O Oceano Atlântico Sul é governado pelo Giro Subtropical do Atlântico Sul, onde a Corrente do Brasil fecha esta circulação em sua porção oeste. Esta corrente e os meandros e vórtices associados são responsáveis por modificar as características oceanográficas da Área de Estudo.

II.4.1.3.1 - Regime de Correntes

O regime de correntes da área de estudo tem como principal feição a Corrente do Brasil (CB). Segundo Silveira *et al.* (2000), a CB origina-se em torno de 10°S, devido à bifurcação do ramo sul da Corrente Sul Equatorial (CSE) gerando também a Corrente Norte do Brasil (CNB). Posteriormente, a CB flui para sul até a região da Convergência Subtropical (33-38°S), onde conflui com a Corrente das Malvinas (CM) e se separa da costa, como pode ser observado na **Figura II.4.1.3.1-1**.

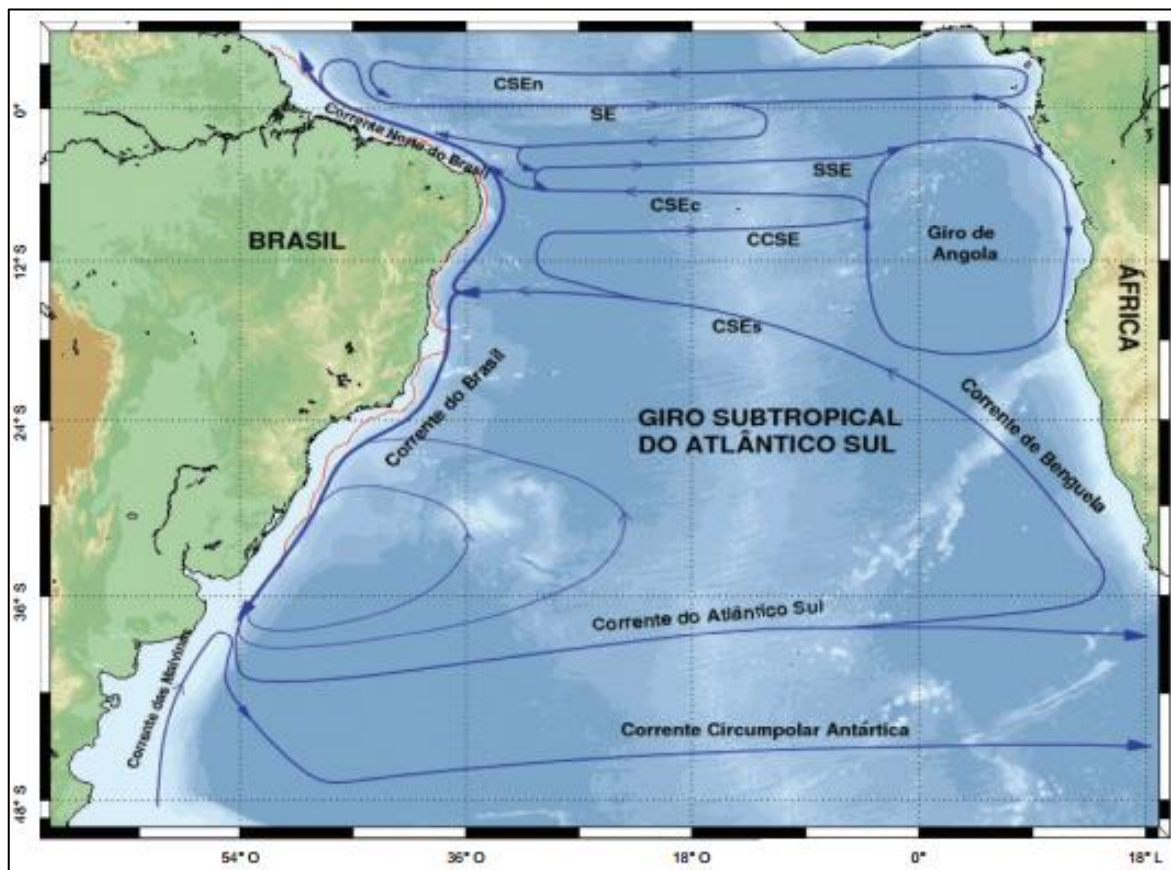


Figura II.4.1.3.1-1 – Representação esquemática da circulação do oceano Atlântico sul integrada nos primeiros 500 m. As abreviações constantes se referem a: Corrente sul Equatorial em seus ramo sul (CSEs), ramo central (CSEc), ramo norte (CSEn); Contracorrente sul Equatorial (CCSE), subcorrente sul Equatorial (SSE) e subcorrente Equatorial (SE). A isóbata de 200 m está assinalada em vermelho.

Fonte: SILVEIRA et al., 2009.

A Área de Estudo é composta pelo sistema de correntes de contorno oeste do Oceano Atlântico Sul. Em profundidade, as correntes são a Corrente do Brasil (CB) entre superfície e topo da picnoclina (0-400 m); a Corrente de Contorno Intermediária (CCI) em nível intermediário (400-1800 m) e a Corrente de Contorno Profunda (CCP) em nível profundo (1800-3000 m). Enquanto CB e CCP fluem na direção sul, a direção do escoamento da CCI é em direção ao equador (PETROBRAS, 2015).

Como as correntes de contorno oeste são jatos geofísicos organizados, definidos lateralmente e verticalmente, estas transportam ordenadamente massas de água ao longo da borda oeste do oceano Atlântico Sul. A CB transporta Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) em direção ao sul-sudoeste.

A CCI transporta Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Circumpolar Superior (ACS) para norte-nordeste; e a CCP carrega Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Circumpolar inferior (ACI) em direção ao sul. Na Bacia de Campos são observadas a AT, ACAS, AIA, ACS e APAN (SILVEIRA *et al.* 2015).

Uma representação esquemática da distribuição das correntes de contorno oeste e das massas de água transportadas ao longo da costa brasileira por estas é apresentada na **Figura II.4.1.3.1-2** a partir do trabalho de Soutelino *et al.* (2005).

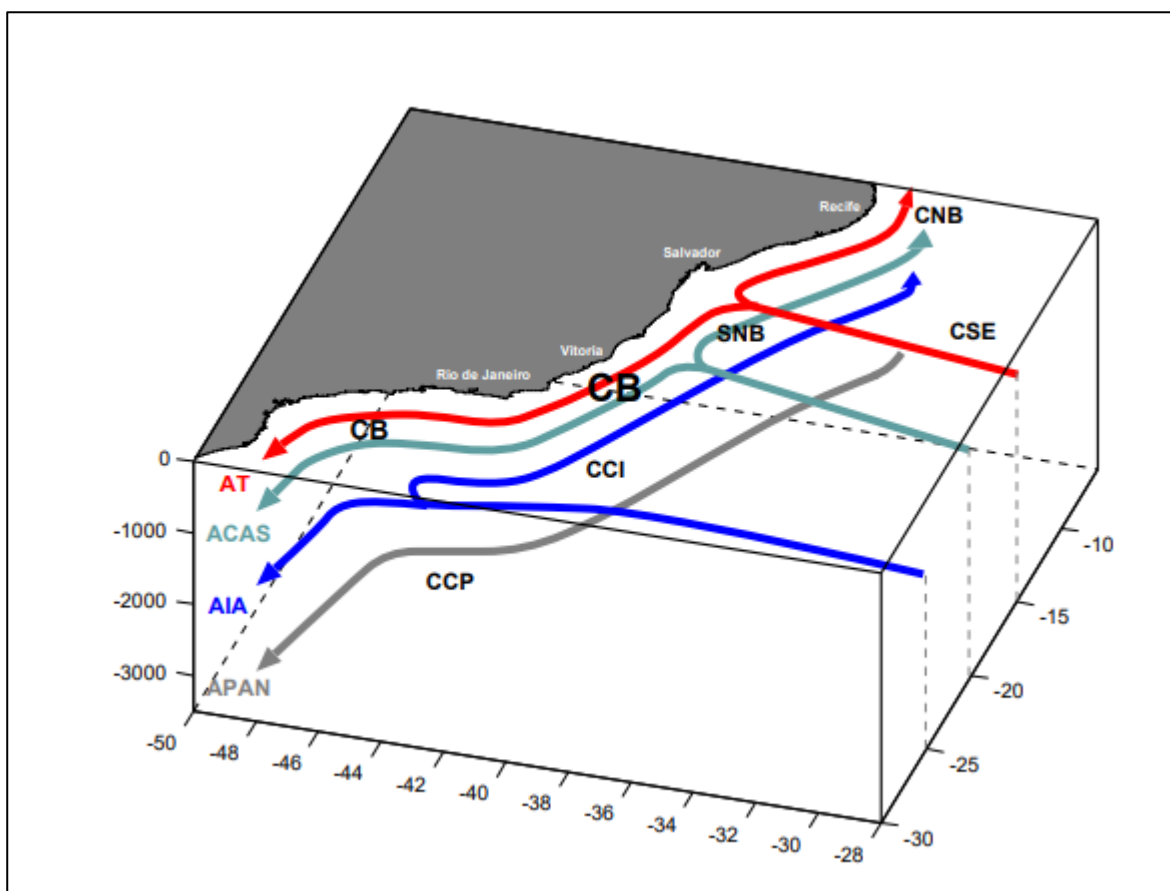


Figura II.4.1.3.1-2 – Representação esquemática das correntes de contorno oeste e das massas de água por estas transportadas ao longo da margem continental brasileira. As massas de água são: Água tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). As correntes são: Corrente Norte do Brasil (CNB), Corrente Sul Equatorial (CSE), subcorrente Norte do Brasil (sNB), Corrente do Brasil (CB), Corrente de Contorno Oeste intermediária (CCi) e Corrente de Contorno Oeste Profunda (CCP).

Fonte: SOUTELINO, 2005.

Castro Filho *et al.* (2015) caracterizaram as correntes sobre a Plataforma Continental da Bacia de Campos com dados de ADCP em PPG1 (22,25°S e 40,33°W), em águas de 100 m de profundidade, em dois períodos:

- Período 1: 05/06/2006 a 31/08/2006;
- Período 2: 01/09/2007 a 31/12/2007.

No período 1, as correntes a 16 e 20 m mais frequentes fluem no quadrante norte-leste, com sentido predominante para nordeste, enquanto que nas profundidades entre 24 e 28 m ocorrem tanto a norte-leste quanto sul-oeste, como pode ser observado na **Figura II.4.1.3.1-3**. Já no período 2 (**Figura II.4.1.3.1-4**), as correntes mais frequentes fluem com sentido predominante para SW. Nos dois períodos as correntes preponderantes são aproximadamente paralelas à isóbata local.

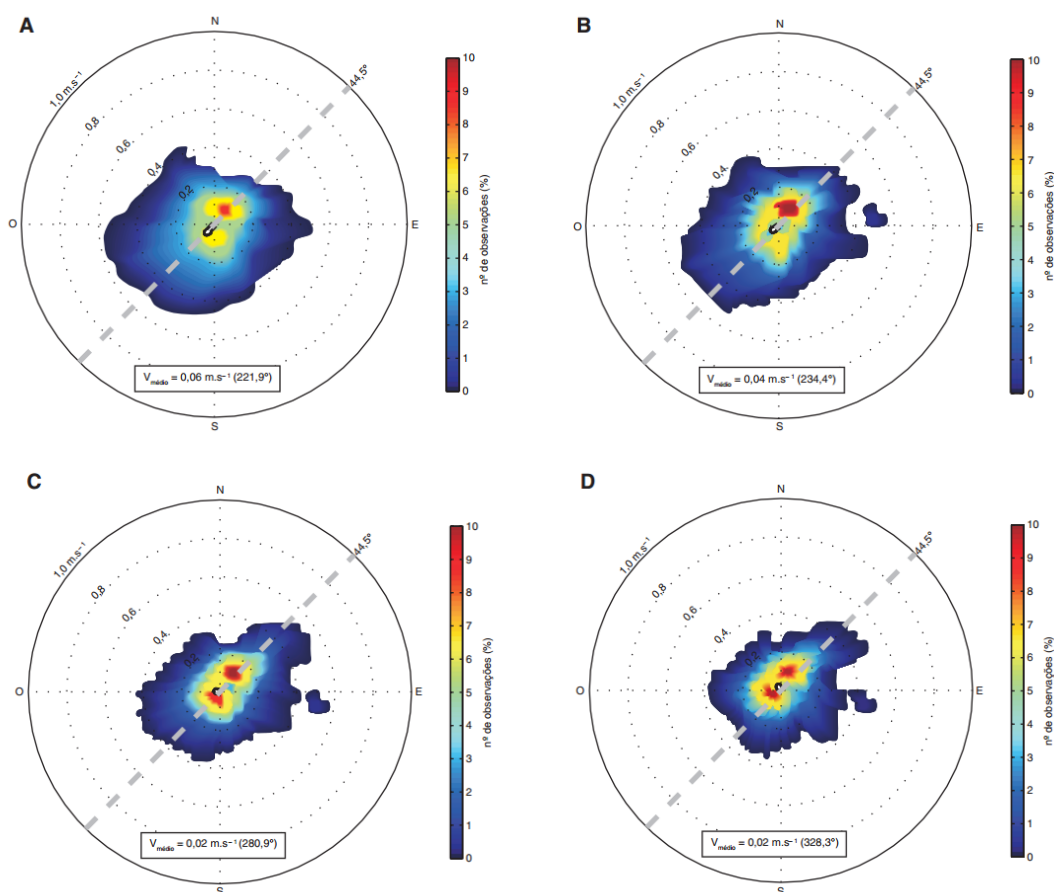


Figura II.4.1.3.1-3 – Intensidade ($m.s^{-1}$), direção (graus) e frequência de ocorrência (%) das correntes observadas no fundo PPG1 no período 1, sendo a profundidade amostrada: (a) 16m, (b) 20m (c) 24m e (d) 28m.

Fonte: CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

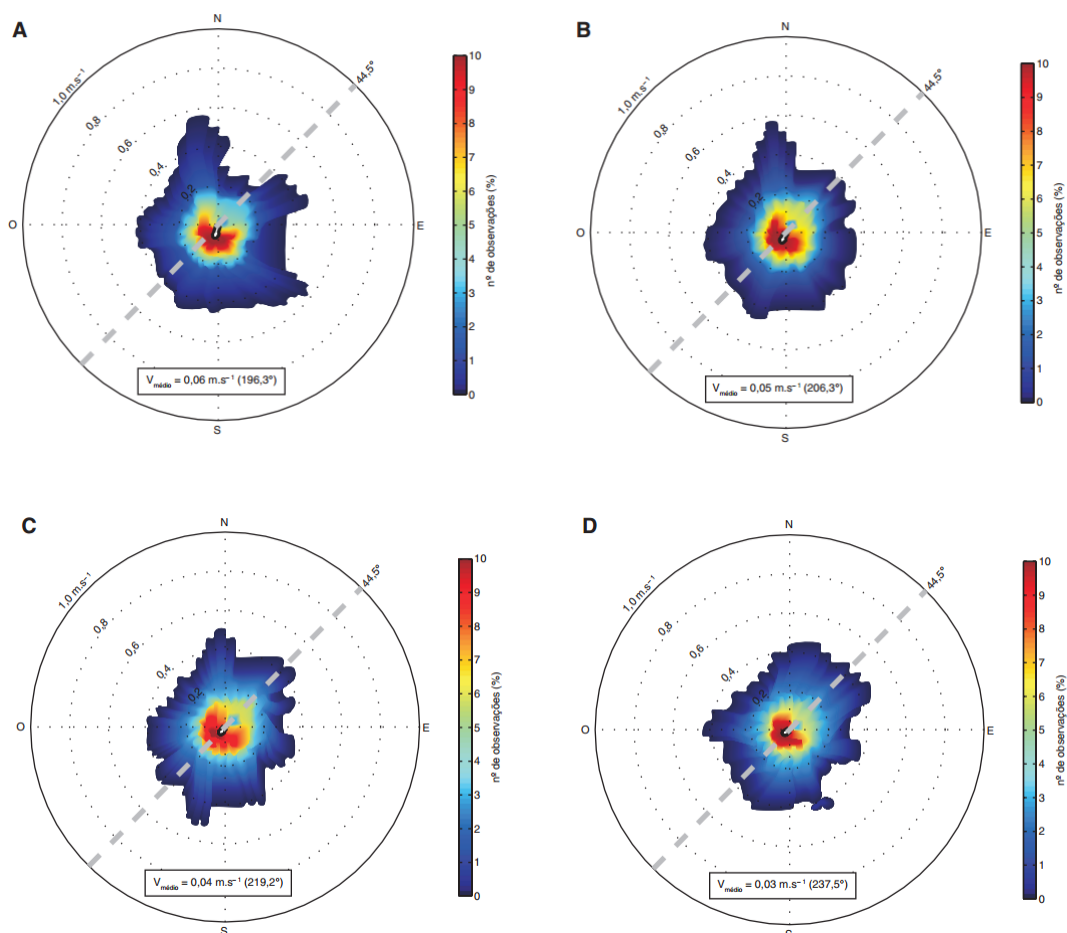


Figura II.4.1.3.1-4 – Intensidade ($m.s^{-1}$), direção (graus) e frequência de ocorrência (%) das correntes observadas no fundo PPG1 no período 2, sendo a profundidade amostrada: (a) 16m, (b) 20m (c) 24m e (d) 28m.

Fonte: CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

Em seus limites, a CB apresenta uma intensa atividade de meso-escala entre as latitudes de 20° S e 28° S. Particularmente, meandros ciclônicos instáveis se desenvolvem recorrentemente nos entornos do Cabo de São de Tomé (22° S) e de Cabo Frio (23° S) (GARFIELD, 1990 *apud* SILVEIRA, 2015). A **Figura II.4.1.3.1-5** exibe uma imagem de temperatura da superfície do mar (TSM), estimada por satélite, representando meandros da CB, que podem elevar as velocidades das correntes e invertê-las de sentido, por vezes se desprendendo ou sendo reabsorvido pela CB (SILVEIRA *et al.*, 2008).

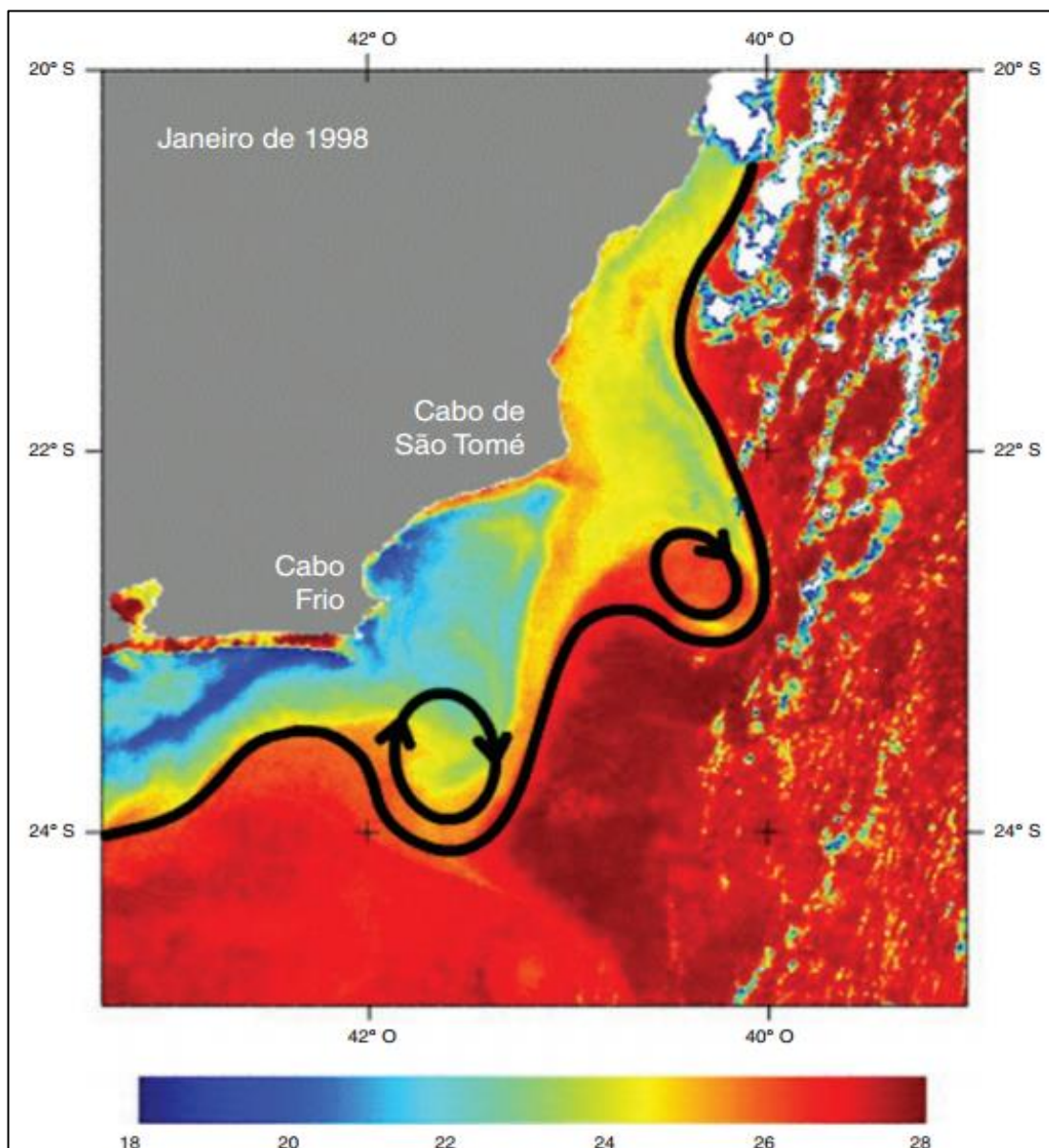


Figura II.4.1.3.1-5 – Imagem da temperatura da superfície do mar em janeiro de 1998 referente à região da Bacia de Campos. A curva espessa negra denota a posição da frente interna da Corrente do Brasil e ilustra o vigoroso meandramento e formação de vórtices.

Fonte: MAHIQUES *et al.*, 2005 *apud* SILVEIRA *et al.*, 2015.

Em termos da gênese dessas estruturas de mesoescala, a ocorrência dos meandros se deve a mudança de orientação da costa e ao gradiente da topografia (plataforma continental relativamente estreita e abrupta ao norte de Cabo Frio, extensa e suave na Bacia de Santos). Sua interpretação é que a CB, fluindo mais ao norte ao longo da quebra de plataforma, dirija-se por inércia às águas mais profundas na latitude de Cabo Frio, por conta da mudança de direção da linha de

costa. Com base na conservação de vorticidade potencial, os autores sugerem que a CB meandre ciclonicamente e passe a se comportar como uma onda topográfica de Rossby na Bacia de Santos (CAMPOS, 1995 *apud* SILVEIRA *et al.*, 2000). Adicionalmente, o processo de instabilidade baroclínica parece contribuir significativamente para o crescimento dessas feições vorticiais nos domínios entre o Cabo de São Tomé (CST) e o Cabo Frio (CF) (SILVEIRA, 2006; SILVEIRA *et al.*, 2008).

II.4.1.3.2 - *Temperatura, Salinidade e Massas d'água*

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

Em termos gerais, a distribuição térmica superficial do oceano varia de valores elevados no equador até temperaturas próximas a zero em regiões polares. Como exemplo, temos a Corrente do Brasil, que transporta calor da região equatorial para a tropical, e a Corrente de Benguela, que transporta águas mais frias para regiões equatoriais.

Abaixo da superfície é possível distinguir três camadas com diferentes padrões:

- Camada superficial: região que se inicia na superfície e que chega a atingir os 200 primeiros metros de profundidade em algumas localidades. É a chamada camada de mistura, uma camada de água onde a temperatura é aproximadamente igual à temperatura registrada na superfície;
- Camada intermediária: região da termoclina, onde se observa um declínio acentuado na temperatura; esta camada se estende até profundidades entre 500 m e 1.000 m; e
- Camada profunda: região caracterizada por menores temperaturas (aproximadamente 4°C) e pequeno gradiente, em especial quando comparado à camada superficial.

A seguir, apresenta-se uma caracterização sucinta das massas d'água presentes na Área de Estudo: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul

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

Água Tropical (AT): Foi caracterizada por Emilsson (1961) apud Silveira *et al* (2015) como parte da massa de água quente e salina que ocupa a superfície do Atlântico sul tropical, à qual é transportada para o sul pela CB. A intensa radiação e excesso de evaporação em relação a precipitação são origem a formação desta camada superficial, que é característico do Atlântico tropical. No decorrer do trajeto para o sul, mistura-se com águas costeiras mais frias e de mais baixa salinidade.

Água Central do Atlântico Sul (ACAS): De acordo Silveira *et al* (2015), a ACAS é encontrada fluindo na região da picnoclina-termoclina e apresenta um intervalo grande de temperatura e salinidade. Ainda, de acordo com o trabalho desenvolvido por Sverdrup *et al.* (1942) apud Silveira *et al* (2015), mencionam que a ACAS é formada por subducção rasa das águas na região da Convergência Subtropical, e subsequente espalhamento ao longo da superfície de densidade adequada a seu ajustamento hidrostático.

Água Intermediária Antártica (AIA): É uma massa de água intermediária, moderadamente fria, rica em oxigênio e menos salina que as demais. Segundo Zemba (1990) apud Silveira *et al* (2015), existe um mínimo de salinidade e um máximo de oxigênio associado a essa massa de água.

Água Profunda do Atlântico Norte (APAN): De acordo com Zemba (1990) apud Silveira *et al* (2015) esta massa d'água possui níveis mais altos de oxigênio e salinidade, contudo é caracterizada como baixa concentração de nutrientes, quando comparada à Água Circumpolar (superior e inferior).

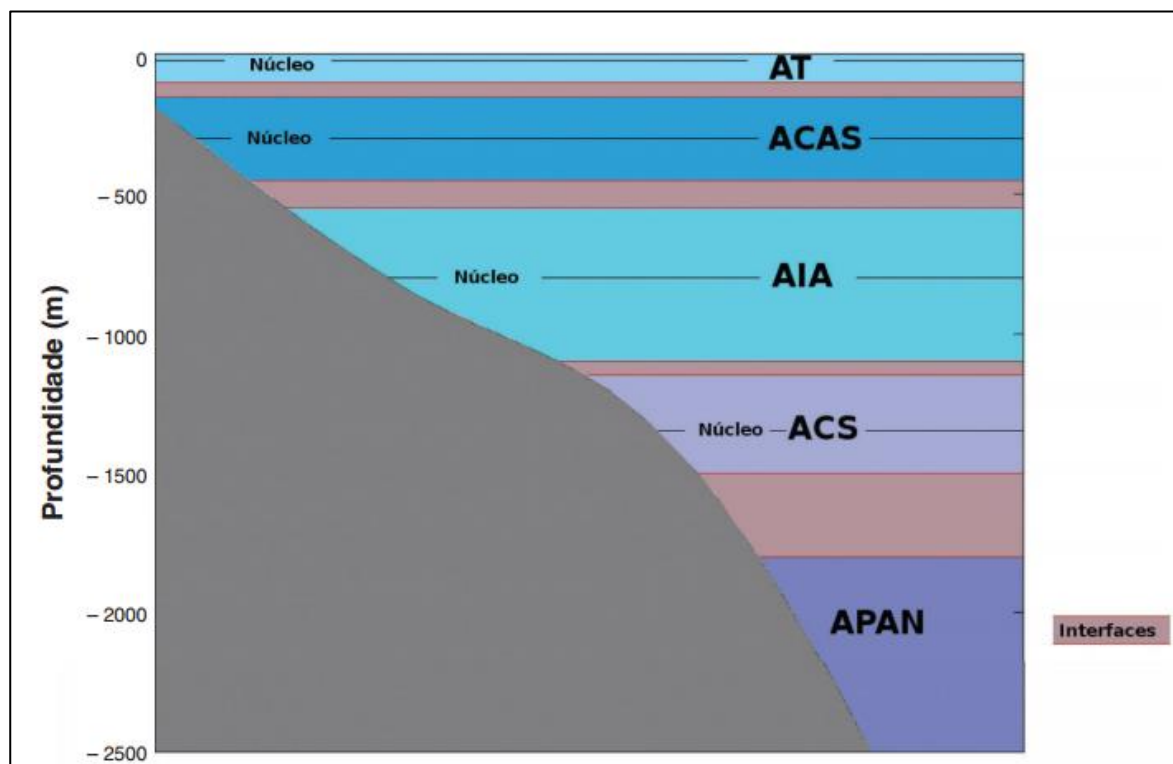
Buscando melhor caracterizar a estrutura de massas de água da Bacia de Campos, Silveira *et al.* 2015 apresentaram uma síntese da Análise Multiparamétrica Ótima (AMO) desenvolvida originalmente por Tomczak (1981), que analisa parâmetros não conservativos, combinados com dados hidrográficos clássicos. Os resultados da AMO são apresentados no **Quadro II.4.1.3.2-1** e **Quadro II.4.1.3.2-2**, bem como na **Figura II.4.1.3.2-1**.

Quadro II.4.1.3.2-1 – Zonas de interface médias entre as massas de água da Bacia de Campos obtidas pela AMO.

Interfaces	Profundidade Média (m)
AT-ACAS	100-150
ACAS-AIA	450-550
AIA-ACS	1.100-1.150
ACS-APAN	1.500-1.800

Fonte: SILVEIRA *et al.*, 2015.**Quadro II.4.1.3.2-2** – Profundidades médias dos núcleos das massas de água sobre o talude continental da Bacia de Campos, obtida pela AMO.

Massa de água	Profundidade Média do Núcleo (m)
AT	20
ACAS	300
AIA	800
ACS	1350
APAN	Não Atingido

Fonte: SILVEIRA *et al.*, 2015.**Figura II.4.1.3.2-1** – Representação gráfica da posição dos núcleos e interfaces entre as massas de água oceânicas sobre a Bacia de Campos em seção vertical média, de acordo com os resultados da Análise Multiparamétrica Ótima (AMO), para os 18 transectos dos cruzeiros oceanográficos do Projeto HABITATS.

Os resultados da AMO são apresentados no Diagrama T-S com todos os pares de temperatura e salinidade medidos pelo perfilador CTD durante os dois cruzeiros HABITATS, sendo apresentados na **Figura II.4.1.3.2-2**.

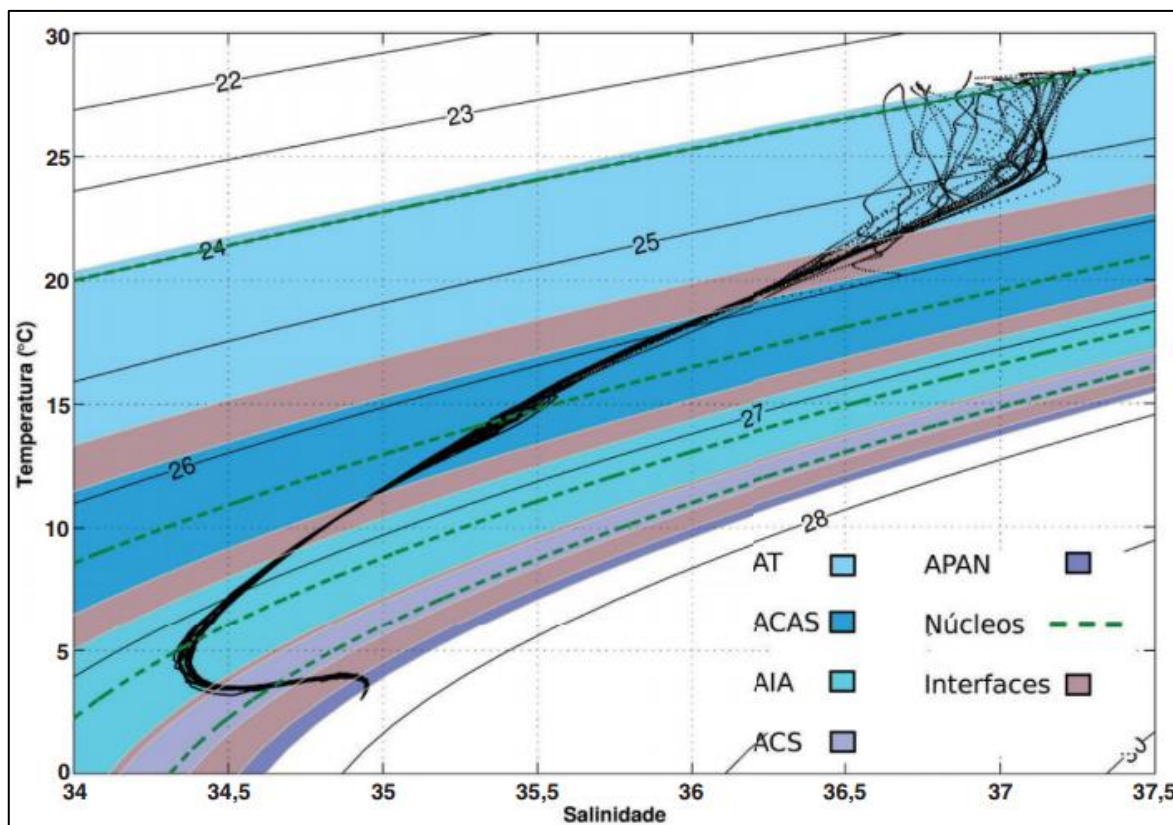


Figura II.4.1.3.2-2 – Representação gráfica da posição dos núcleos e interfaces entre as massas de água oceânicas sobre a Bacia de Campos no diagrama de estado ou T-S, de acordo com os resultados da Análise Multiparamétrica Ótima (AMO) para os 18 transectos dos cruzeiros oceanográficos do Projeto HABITATS. Nota: As linhas contínuas são as isopícnas em unidades de σ_t (kg m^{-3}).

Fonte: SILVEIRA *et al.*, 2015.

A **Figura II.4.1.3.2-3** apresenta as massas d'água presentes na área de aquisição sísmica, geradas a partir da climatologia do NODC nas coordenadas do FPSO Cidade de Campos dos Goytacazes (23,12°S e 40,62°W). Na área próxima à aquisição de pesquisa sísmica são observadas nas quatro estações do ano a AT, ACAS, AIA e APAN.

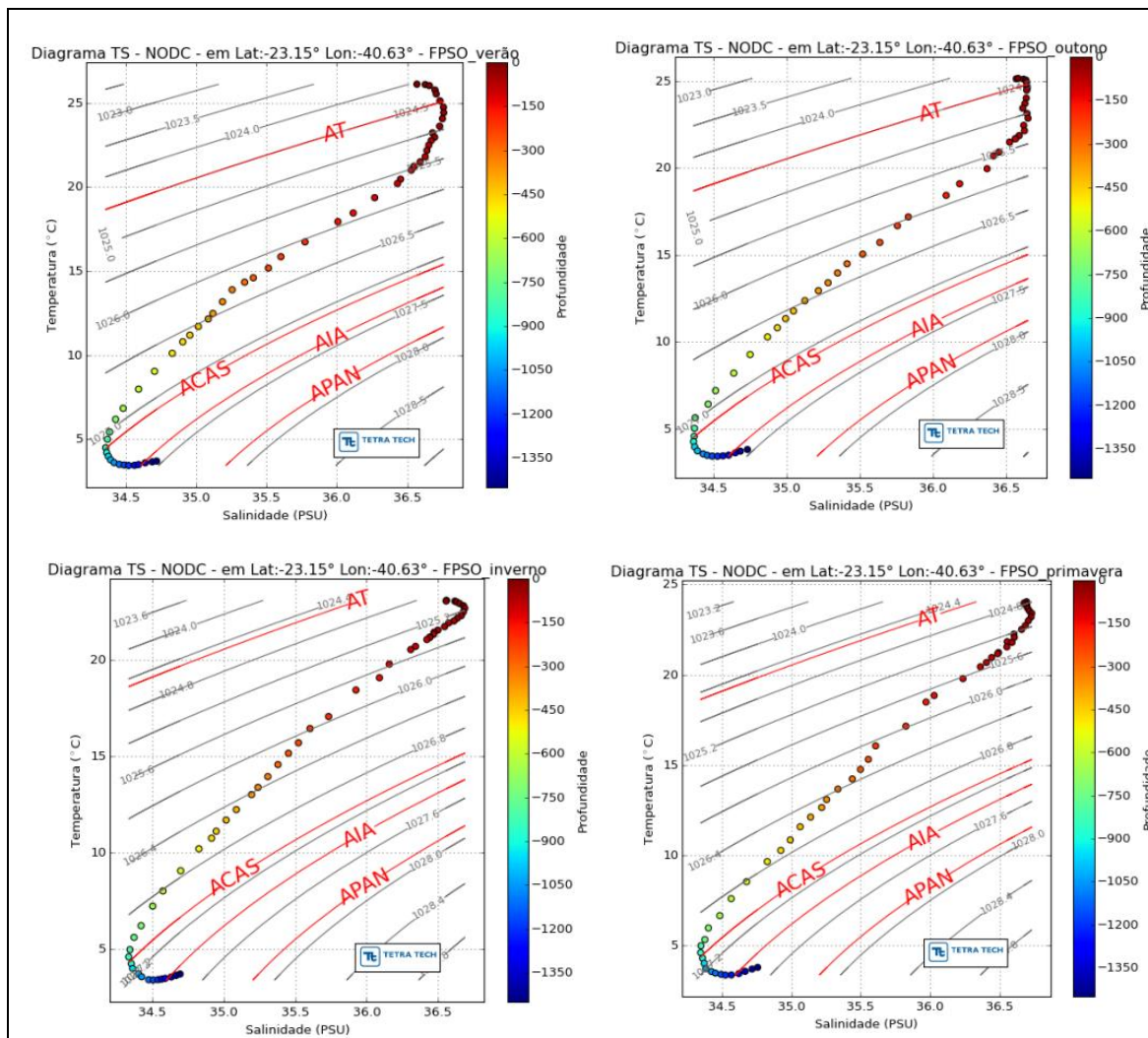


Figura II.4.1.3.2-3 – Diagrama T-S espalhado obtido do conjunto de dados da NODC para verão (superior esquerdo), outono (superior direito), inverno (inferior esquerdo) e primavera (inferior direito) no ponto da FPSO Cidade de Campos dos Goytacazes, na Bacia de Campos.

Fonte: TETRA TECH, 2015.

Na Área de Estudo são observados a intrusão e consequente afloramento da ACAS na plataforma continental, resfriando as águas costeiras. Núcleos de baixa temperatura da superfície do mar na região costeira e plataforma continental, ocorridos principalmente na primavera e verão, são associados à ascensão de águas frias e ricas em nutrientes antes posicionadas em subsuperfície, em que a principal forçante é o vento e o transporte de *Ekman* associado. Na costa sudeste a ressurgência costeira foi observada em Vitória (20°S), Cabo de São Tome (22°S) e Cabo Frio (23°S), como discutido por Mascarenhas *et al.* (1971) e Martins (2015). Além do vento, a mudança na orientação da linha de costa e a interação fluxo-

batimetria são alguns fatores importantes para ressurgência de Cabo Frio, na qual águas com temperaturas inferiores à 20°C são observadas (CALADO *et al.*, 2010).

Para avaliação da distribuição de temperatura e salinidade na Plataforma Continental da Área de Estudo foram utilizados os dados de Amor (2004) apresentados em Castro Filho *et al* (2015). Foram analisados dados de diferentes projetos, principalmente HABITATS e DEPROAS, entre o Cabo de São Tomé (RJ) e Ilha de São Sebastião (SP) e elaboradas climatologias de temperatura e salinidade na plataforma continental sudeste (PCSE). A porção da Bacia de Campos (PCBC) foi dividida em duas regiões com características distintas: a parte ao norte do Cabo de São Tomé (PN-PCBC) e a parte entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio ou parte sul da plataforma continental da Bacia de Campos (PS-PCBC).

A **Figura II.4.1.3.2-4** apresenta as temperaturas próximas à superfície e ao fundo, para verão e inverno, de acordo com Amor (2004).

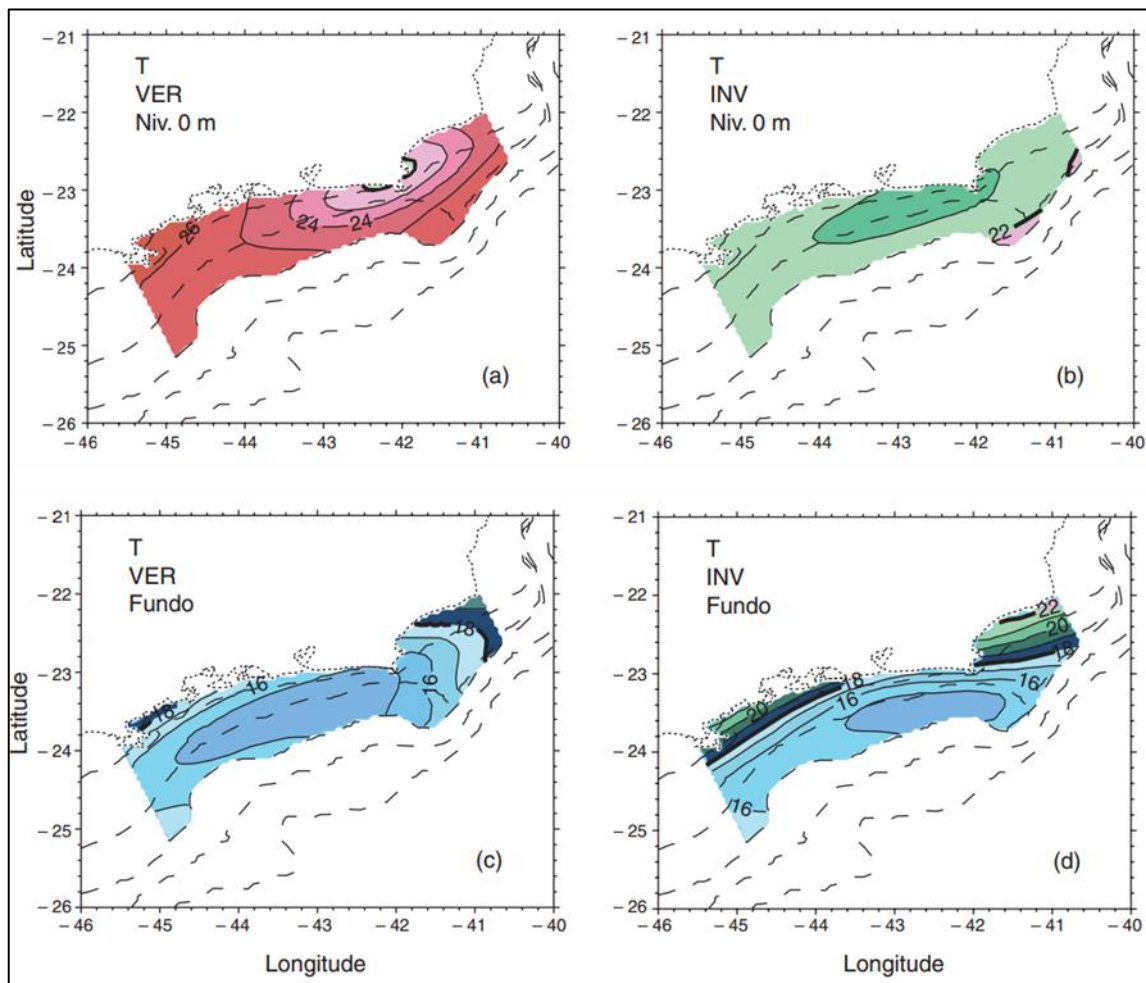


Figura II.4.1.3.2-4 – Climatologia de temperatura (°C) na plataforma continental da bacia de Campos e norte da bacia de Santos: verão, superfície (a); inverno, superfície (b); verão, fundo (c) e inverno, fundo (d). isotermas desenhadas com intervalo de 1°C. isóbatas de 50, 100, 200, 500 e 1.000 m são mostradas em linhas tracejadas.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 *apud* CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

Nota-se que na superfície da PCSE, as temperaturas médias de verão ficam entre 21°C e 26°C, os menores valores são observados na região mais costeira de Cabo Frio e suas imediações nordeste, refletindo a influência da intermitente ressurgência costeira. A maior porção da parte sul da plataforma continental da Bacia de Campos atinge, nessa época do ano, temperaturas superficiais acima de 23°C, ao passo que, no inverno, as temperaturas superficiais variam pouco espacialmente, ficando entre 20°C e 22°C.

As temperaturas climatológicas no fundo da parte sul da plataforma continental da Bacia de Campos mostram valores compreendidos entre 16°C e 20°C no verão,

com as isotermas médias praticamente perpendiculares à linha de costa, aumentando de sul para norte e máximo de 22°C no inverno.

A **Figura II.4.1.3.2-5** apresenta as salinidades próximas à superfície e ao fundo, para verão e inverno, de acordo com Amor (2004) *apud* Castro Filho *et al* (2015).

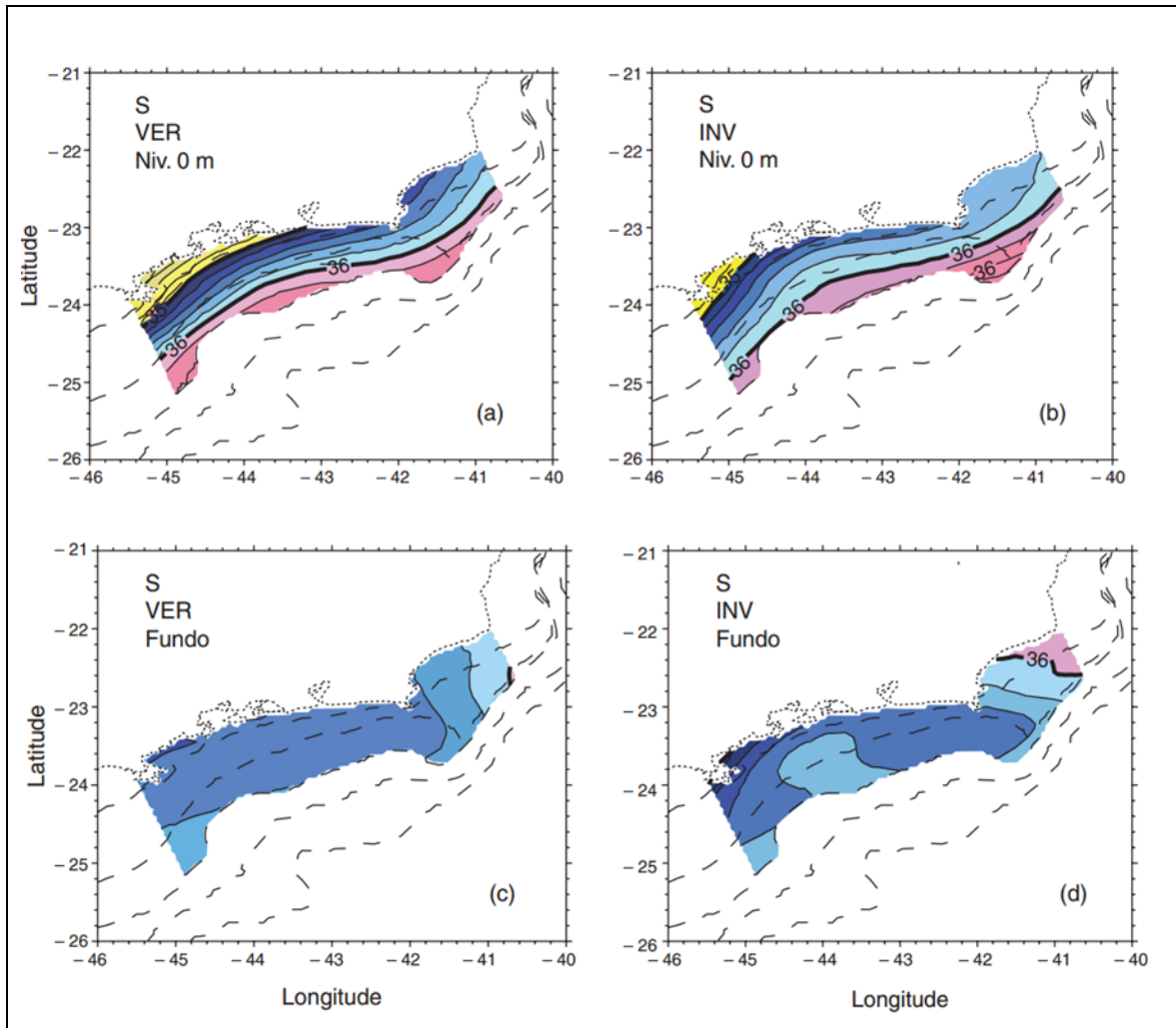


Figura II.4.1.3.2-5 – Climatologia de salinidade na plataforma continental da bacia de Campos e norte da bacia de Santos: : verão, superfície (a); inverno, superfície (b); verão, fundo (c) e inverno, fundo (d). isohalinas desenhadas com intervalo de 0,2. isóbatas de 50, 100, 200, 500 e 1.000 m são mostradas em linhas tracejadas.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 *apud* CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

Castro Filho *et al.* (2015) analisando Amor (2004), notaram que, durante o verão, as salinidades médias superficiais na região mais afastada do continente apresentam valores superiores a 36, indicativos da presença da Água Tropical (AT) da Corrente do Brasil, apenas na parte mais externa da plataforma continental, nas

proximidades da quebra. Salinidades inferiores a 35,4 são observadas na região mais interna da plataforma continental, imediatamente ao norte de Cabo Frio. Próximo ao fundo, durante o verão, as salinidades médias ficam entre 35,6 e 36,0, aumentando ao longo da costa em direção nordeste.

Castro Filho *et al.* (2015) analisou os perfis apresentados em Amor (2004) e elaboraram perfis de temperatura e salinidade para as seções verticais de 10 a 14, que se estendem desde o Cabo Frio (10) até o Cabo de São Tomé (14), representados na **Figura II.4.1.3.2-6**.

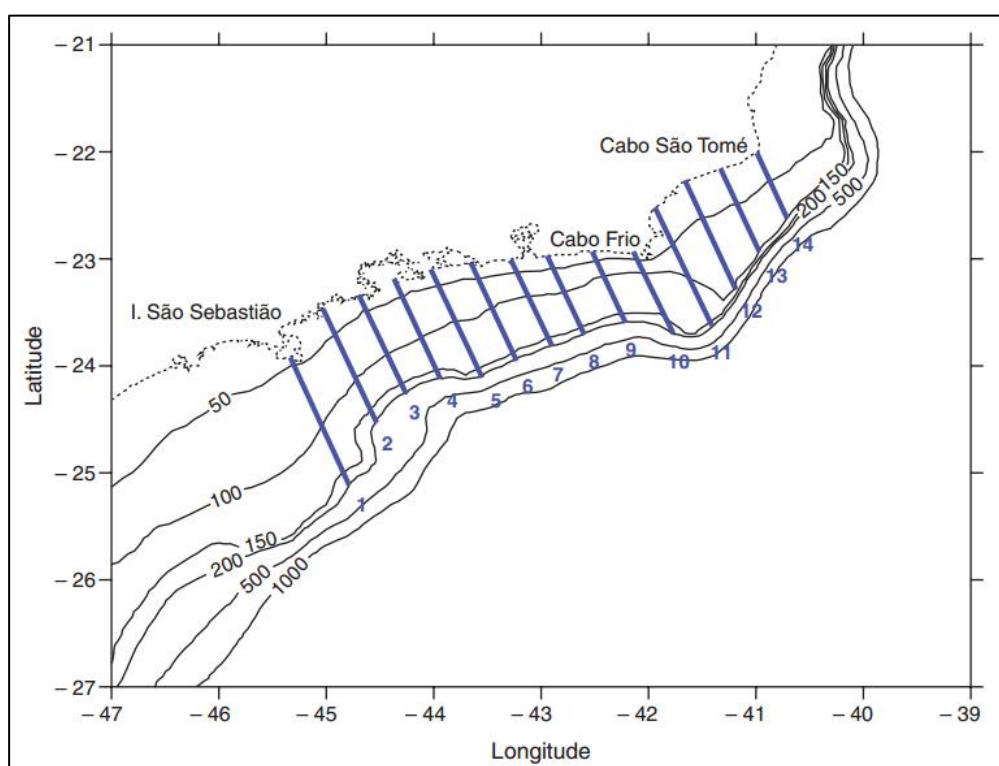


Figura II.4.1.3.2-6 – Seções verticais para as quais Amor (2004) construiu climatologias.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 *apud* CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

As **Figura II.4.1.3.2-7** e **Figura II.4.1.3.2-8**, construídas por Amor (2004), apresentam as climatologias de verão enquanto as **Figura II.4.1.3.2-9** e **Figura II.4.1.3.2-10** apresentam as de inverno, para as seções selecionadas (10 a 14).

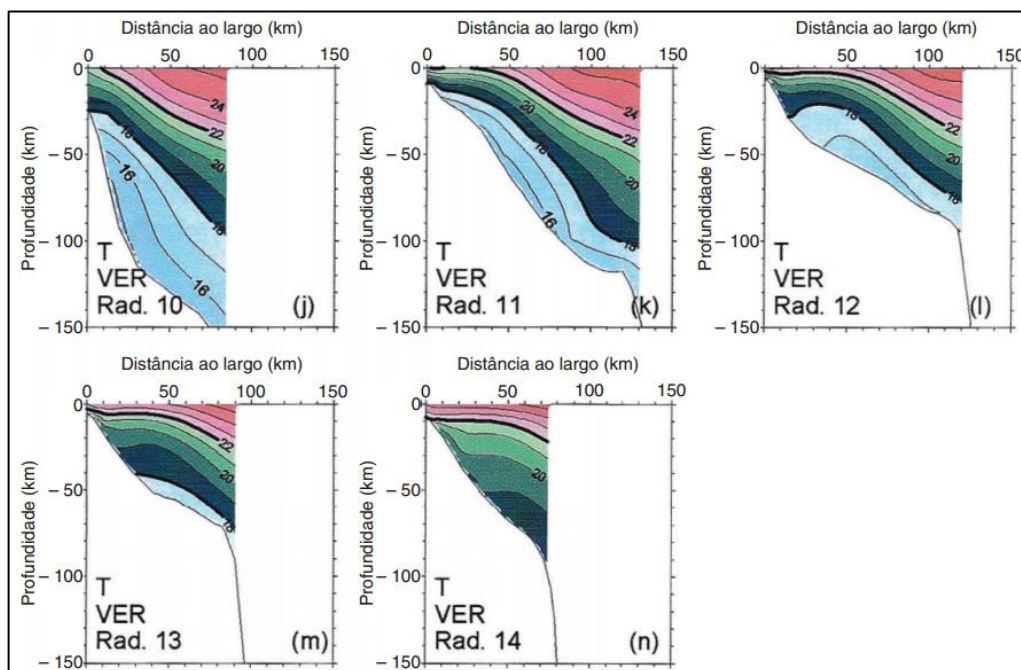


Figura II.4.1.3.2-7 – Seções verticais da climatologia de verão da temperatura (°C) nas seções 10 a 14. Isotermas representadas em intervalo de 1°C. A distância a partir da costa é representada no eixo x em km.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 apud CASTRO FILHO et al., 2015.

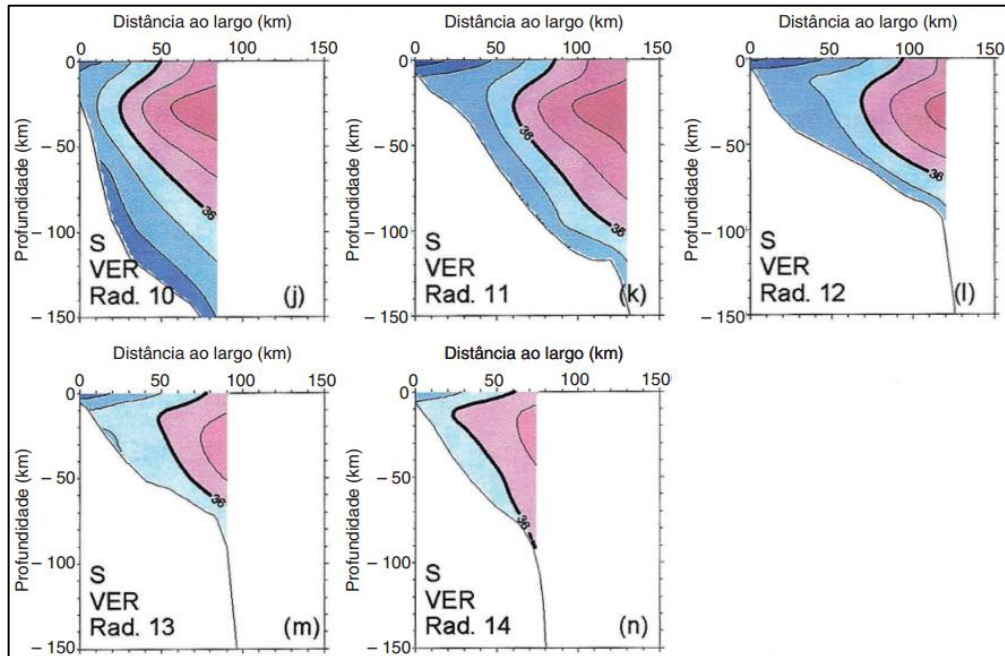


Figura II.4.1.3.2-8 – Seções verticais da climatologia de verão da salinidade nas seções 10 a 14. Isohalinas desenhadas com intervalo de 0,2. A distância a partir da costa é representada no eixo x em km.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 apud CASTRO FILHO et al., 2015.

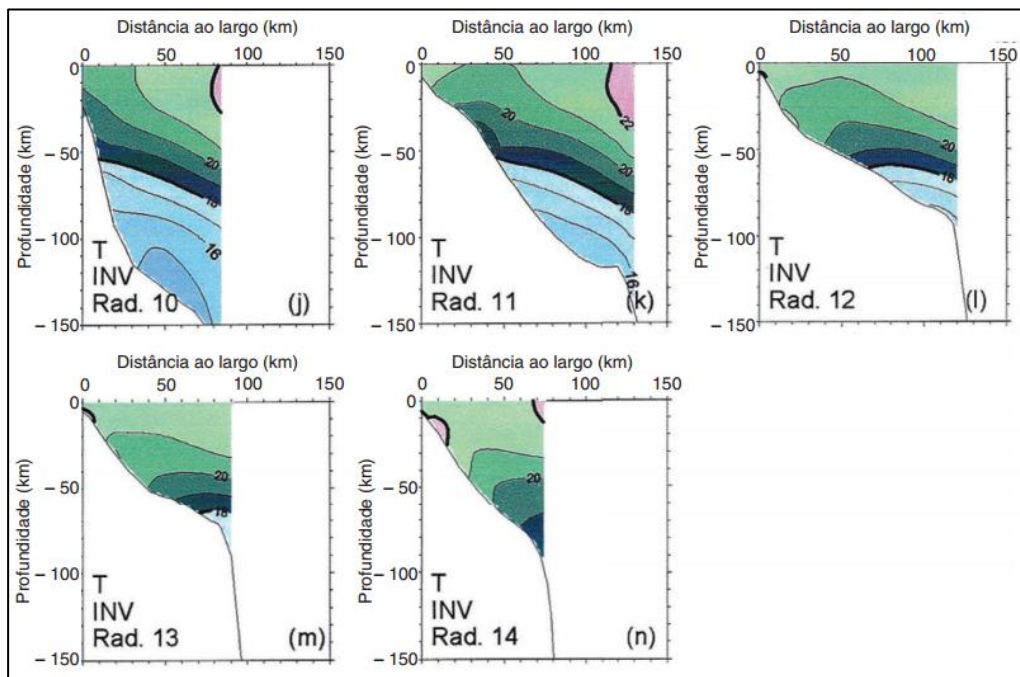


Figura II.4.1.3.2-9 – Seções verticais da climatologia de inverno da temperatura (°C) nas seções 10 a 14. Isotermas representadas em intervalo de 1°C. A distância a partir da costa é representada no eixo x em km.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 apud CASTRO FILHO et al., 2015.

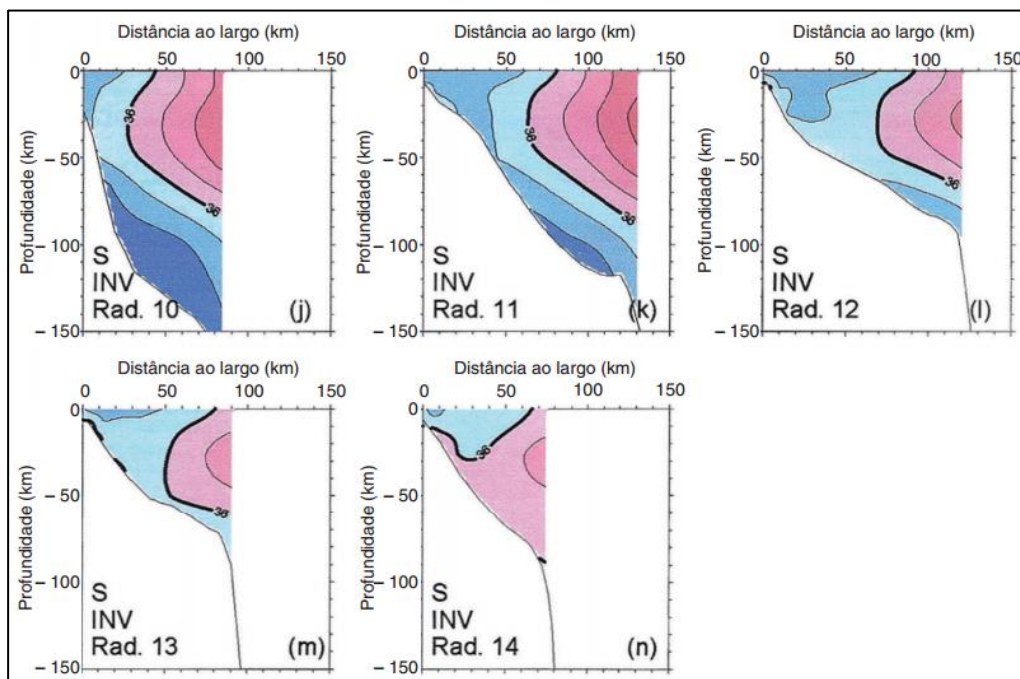


Figura II.4.1.3.2-10 – Seções verticais da climatologia de inverno da salinidade nas seções 10 a 14. Isohalinas desenhadas com intervalo de 0,2. A distância a partir da costa é representada no eixo x em km.

Fonte: Adaptada de AMOR, 2004 apud CASTRO FILHO et al., 2015.

Para as climatologias de verão, verifica-se que, no sentido de sul para norte, nas proximidades do fundo as temperaturas aumentam e, na camada superficial, temperaturas mais altas aproximam-se cada vez mais da costa (**Figura II.4.1.3.2-7**). As salinidades também aumentam de sul para norte (**Figura II.4.1.3.2-8**), havendo intrusões subsuperficiais na forma de línguas, com núcleo no nível de 20 a 30 m, do máximo de salinidade da Água Tropical.

As climatologias de inverno nas seções verticais (**Figura II.4.1.3.2-9 e Figura II.4.1.3.2-10**) também apresentam aumento de temperatura de sul para norte, da mesma forma que no verão. Entretanto, observa-se que na estação fria as águas com temperaturas menores ($T < 18^{\circ}\text{C}$) afastam-se da costa, pela camada de fundo, e, também, que as temperaturas na camada superficial são menores (**Figura II.4.1.3.2-9**). Quanto à variação sazonal da salinidade média, pode-se observar que no inverno aumenta a área ocupada pelo núcleo subsuperficial de salinidade máxima, típico da Água tropical (**Figura II.4.1.3.2-10**), chegando o mesmo a interceptar o fundo no extremo norte da parte sul da plataforma continental da Bacia de Campos.

Em síntese, o trabalho de Amor (2004) indica que, climatologicamente, as águas superficiais nessa parte sul estudada são mais quentes e um pouco menos salinas no verão do que no inverno. Por outro lado, nas proximidades do fundo as águas são mais frias e, também, um pouco menos salinas no verão do que no inverno. Sinais da Água Tropical da Corrente do Brasil sobre a parte sul da plataforma continental da Bacia de Campos são mais destacados no inverno do que no verão, principalmente no setor nordeste.

II.4.1.3.3 - *Marés*

Para caracterização do comportamento da maré na área de estudo, foram usados como referências as constantes harmônicas de maré das estações de Arraial do Cabo, praia de Itaipu (Niterói) e Ponta Negra (Maricá), todas no estado do Rio de Janeiro, obtidas junto à Fundação Estudos do Mar - FEMAR (2000).

Para a estação de Arraial do Cabo, foi verificado que, as principais as constantes harmônicas são:

- Maré principal lunar (M_2) = 32,6 cm;

- Componente principal solar (S_2) = 17,2 cm.

Na estação de Ponta Negra:

- Maré principal lunar (M_2) = 28,6 cm;
- Componente principal solar (S_2) = 14,2 cm.

Na Praia de Itaipu:

- Maré principal lunar (M_2) = 27,0 cm;
- Componente principal solar (S_2) = 16,8 cm.

Segundo Femar (2000), Castro (2007), Egbert e Erofeeva (2002) na Plataforma Continental da Bacia de Campos (PCBC), a componente M_2 da maré é a dominante nas oscilações maregráficas do nível do mar, seguida pelas componentes S_2 , O_1 e K_1 .

A **Figura II.4.1.3.3-1** e a **Figura II.4.1.3.3-2** apresentam o mapeamento das características gerais das componentes M_2 e O_1 na região da Bacia de Campos a partir do modelo TPXO7.1 proposto por (EGBERT & EROFEEVA, 2002).

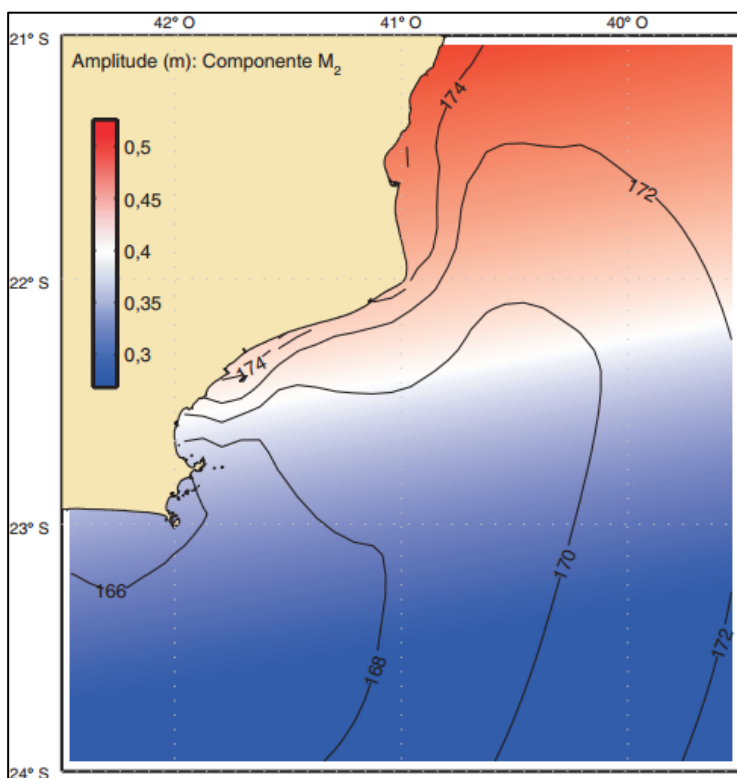


Figura II.4.1.3.3-1 – Amplitude (m) e fase em relação a Greenwich (graus) da componente M_2 da maré barotrópica na região da Bacia de Campos a partir do modelo TPXO7.1.

Fonte: Fonte: CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

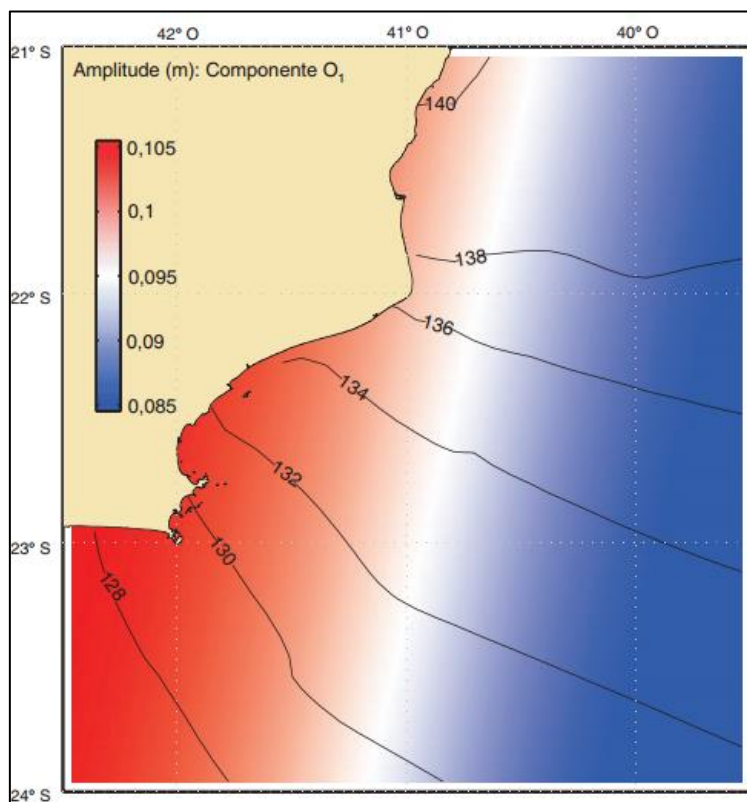


Figura II.4.1.3.3-2 – Amplitude (m) e fase em relação a Greenwich (graus) da componente O_1 da maré barotrópica na região da Bacia de Campos a partir do modelo TPX07.1.

Fonte: CASTRO FILHO *et al.*, 2015.

As componentes semidiurna, S_2 , e diurna, K_1 , apresentam distribuições de amplitude similares àquelas das frequências M_2 e O_1 , respectivamente. Entretanto suas amplitudes são cerca de 2/3 das amplitudes das respectivas componentes M_2 e O_1 . Para a componente M_2 (**Figura II.4.1.3.3-1**), as amplitudes aumentam de sul para norte na região do talude e mantêm valores de cerca de 0,40 m na plataforma continental ao norte de Cabo Frio. Já a amplitude da componente O_1 (**Figura II.4.1.3.3-2**) decresce de norte para sul na área do talude, tendo valor máximo de 0,06 m na plataforma continental localizada entre o Cabo de São Tomé e o Cabo Frio. Ambas as ondas de maré, semidiurna e diurna, propagam-se de sudoeste para nordeste na região mais profunda da Bacia de Campos.

Para caracterização do comportamento da maré na área de estudo, são apresentadas, a seguir, as médias preamares baixa-mares, superior e inferior, obtidas junto à Fundação Estudos do Mar - FEMAR (2000), das Estações de Arraial

do Cabo, Praia de Itaipu e Ponta Negra, todas no estado do Rio de Janeiro (**Quadro II.4.1.3.3-1**).

As máximas e mínimas foram selecionadas de forma a mostrar os valores extremos em cada condição, por ex: a maior preamar observada será atingida durante o período de sizígia enquanto a menor preamar observada acontecerá durante o período de quadratura.

Quadro II.4.1.3.3-1 – Valores médios, superiores e inferiores, de preamar e baixamar, para as estações maregráficas da região de interesse.

Elevação (cm)	Estação		
	Arraial do cabo	Ponta Negra	Praia de Itaipu
Média das Preamares Superiores	125 acima do NR ¹	110 acima do NR ²	116 acima do NR ³
Média das Preamares Inferiores	106 acima do NR ¹	99 acima do NR ²	98 acima do NR ³
Média das Baixa-mares Superiores	22 acima do NR ¹	30 acima do NR ²	27 acima do NR ³
Média das Baixa-mares Inferiores	11 acima do NR ¹	8 acima do NR ²	11 acima do NR ³
Nível médio	66 acima do NR ¹	66 acima do NR ²	63 acima do NR ³

¹ Referência de nível: RN IBGE no quinto degrau da escada da igreja em frente ao porto.

RN2 DHN colocado no primeiro pilar do enrocamento do Porto

RN 04 na soleira da porta do entreposto de pesca

² Referência de nível: RN-1 situada em um pedra a 100 m do farol de Ponta Negra no lado esquerdo de quem olha para o mar.

³ Referência de nível: RN implantada em pedra, entre a praia e a ilha da menina.

Fonte: Adaptado de FEMAR, 2000.

A partir dessas informações, pode-se concluir que todas as estações apresentam elevações similares na região, sendo a estação de Arraial do Cabo a que apresenta maiores amplitudes e a de Praia de Itaipu a que apresenta as menores amplitudes. A média de preamar superior foi de 117 cm, enquanto a média de baixa-mar superior foi de aproximadamente 26 cm. Já durante as marés de preamar inferior, a média foi de 101 cm enquanto a média de baixa-mar foi de 10 cm.

II.4.1.3.4 - Clima de Ondas

Na Bacia de Campos, as ondas típicas da região são as de gravidade superficiais, sendo as consideradas nesse capítulo. Podem ser classificadas como vagas e marulhos. Vagas (ou *sea*) são ondas que ainda estão na zona de geração, sendo capazes de receber energia do vento. O marulho (ou *swell*) é composto por

ondas que, ou se propagaram para fora da zona de geração original ou não são mais capazes de receber energia do vento.

De acordo com Parente (1999) podem ser citados os seguintes processos de formação dessas ondas:

- I. A turbulência do vento causando flutuações aleatórias de pressão, gerando ondas capilares;
- II. O vento soprando sobre essas ondas, provocando o seu crescimento;
- III. As interações não lineares entre as ondas, que produzem transferência de energia de frequências maiores para menores.

Os principais fatores que determinam e limitam a altura das ondas são a velocidade do vento, a duração (tempo de ação) e a pista do vento (área do mar sobre a qual sopra o vento).

Parente *et al.* (2015) analisaram dados de uma boia meteo-oceanográfica de 1991 a 1993 no Campo de Marlim e de 1994 a 1995 no Campo de Barracuda e dados de reanálise do o ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Os resultados são apresentados de forma sucinta nesse estudo.

O clima de ondas na Bacia de Campos pode ser classificado em situações típicas de ondas associando-as às condições meteorológicas atuantes na região: Bom Tempo e Mau Tempo, podendo ser dividido em quatro categorias:

- a) Bom Tempo:
 - a.i. Sea;
 - a.ii. Pistas de Norte;
 - a.iii. Intensificação do vento;
 - a.iv. Quasi-sea;
- b) Bom Tempo com swell distante;
- c) Mau Tempo - sudeste/Anticiclones;
- d) Mau Tempo - sudoeste/Ciclones.

Segundo Parente *et al.* (2015), a condição de Bom Tempo está associada à presença do ASAS que gera ventos do quadrante norte a leste. A condição de Bom Tempo pode ocorrer simultaneamente à presença de um centro de baixa pressão, ou ciclone gerando ondulações (*swell*) que podem atingir a Bacia de Campos.

As duas situações de Bom Tempo em conjunto ocorreram em 59,14% dos registros na BC entre 1991 e 1995 (PARENTE *et al.*, 2015). A maior altura

significativa em condição de bom tempo foi de 3,5 m e a faixa com maior energia teve período de 7,10 s e direção de norte (4°).

A situação de Bom Tempo é perturbada pela entrada de frentes frias, que chegam recorrentemente à Bacia de Campos com ventos do quadrante sudeste-sul-sudoeste, configurando uma situação de Mau tempo. Estas, indicam a presença de um centro de baixa pressão, ou ciclone, gerando ondas de sudoeste e a presença de um centro de alta pressão, ou anticiclone, gerando ondas de sudeste, respectivamente (**Figura II.4.1.3.4-1**).

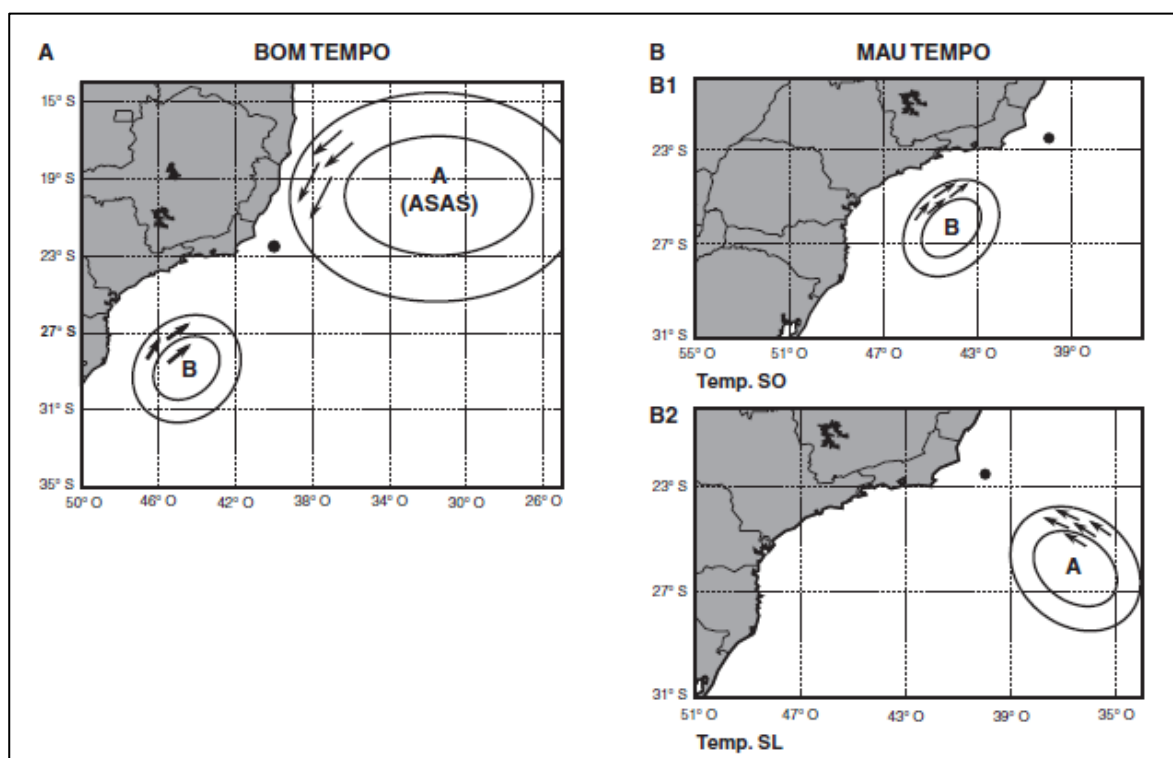


Figura II.4.1.3.4-1 – (A) Situação de Bom Tempo indicada pela posição do ASAS simultaneamente à presença de um ciclone que produz swell que pode chegar à Bacia de Campos; B1) Situação de Mau Tempo, com tempestade de sudoeste produzida por ciclone; B2) Mau Tempo com tempestade de sudeste produzida por anticiclone. O ponto em preto representa a posição aproximada da boia fundeada na Bacia de Campos.

Fonte: PARENTE *et al.*, 2015.

a) Situações de Bom Tempo

O ASAS gera ondas de Bom Tempo com pistas de NE, N-NE, NE-E e E. Essa categoria é dividida em subcategorias, como o mar local de alta frequência, a

presença do *quasi-sea*, as pistas de norte e intensificação do vento. Essa situação ocorreu em 28,29% dos registros totais na BC entre 1991 e 1995.

As subcategorias são definidas da seguinte forma:

a.i) Bom Tempo – sea

É a situação de Bom tempo, considerando apenas o mar local (sea), corresponde a 31,46% das ocorrências de Bom Tempo, sendo caracterizada pela presença do mar local de alta frequência (sea) na região.

a.ii) Bom Tempo com pista de norte

É identificada pela ocorrência de pistas e ventos de norte. Essa situação ocorre ao final de uma passagem de frente fria, quando a associação de um anticiclone pós-frontal com o ASAS chega a provocar pistas maiores de norte e maiores valores de altura significativa de onda (Hs). São as situações mais severas de Bom Tempo na Bacia de Campos.

Os períodos de pico associados a essa situação podem chegar a quase 10 s e as alturas significativas, a 3,50 m e representa cerca de 16,37% das situações de Bom Tempo.

a.iii) Bom Tempo com intensificação do vento norte-nordeste

Ocorre quando há intensificação do vento norte-nordeste com a aproximação de uma frente fria ou mesmo por reposicionamento do ASAS, no entanto não gera ondas com alturas significativas visto que as pistas são reduzidas. Essa situação representa menos de 1% das situações de Bom Tempo.

a.iv) Bom Tempo com *quasi-sea*

É a situação que corresponde à condição de mar também gerado pelo ASAS, mas que vem mais de nordeste e leste, com períodos e alturas um pouco maiores

do que o sea em função das maiores pistas. Representa 51,89% das ocorrências de Bom Tempo.

b) Situações de Bom tempo com Swell distante

A situação de Bom tempo em que pode chegar à Bacia de Campos uma ondulação (*swell*) distante pode ocorrer com a aproximação de uma frente fria antecedendo um ciclone ou anticiclone, quando a onda gerada se desloca mais rapidamente do que a frente e, portanto, chega à Bacia de Campos antes de ocorrer a inversão dos ventos provocada pela chegada da frente fria. A chegada do *swell* com condição de Bom tempo pode ocorrer também quando este for gerado no sul do Atlântico Sul por um ciclone que não chega à Bacia de Campos.

O maior registro de altura significativa no período analisado é de 3,64 m. Essa situação ocorreu em 30,85% dos registros totais entre 1991 e 1995 (PARENTE *et al.*, 2015).

c) Situações de Mau tempo - Sudeste/Anticiclone

A situação é associada a entrada de um anticiclone (alta migratória ou pós-frontal) na Bacia de Campos, em que o anticiclone produz, em geral, ventos e ondas que evoluem de sul-sudeste para leste, e depois até nordeste-norte, no processo de fusão com o Anticiclone subtropical do Atlântico sul.

Nos registros de 1991 a 1995 foram observadas ondas de 4,45 m e período de 12,8 s. Essa situação ocorreu em 28,45% dos registros totais na BC entre 1991 e 1995 (PARENTE *et al.*, 2015).

d) Situações de Mau tempo - Sudoeste/Ciclones

Esta situação está associada à entrada de um ciclone na Bacia de Campos que, quase sempre, é proveniente de sudoeste, trazendo nebulosidades e chuvas. O cenário típico dessa situação está ligado aos centros de baixa pressão que se deslocam sobre o litoral do Estado do Rio de Janeiro configurando as frentes frias comumente noticiadas por jornais e revistas.

Essa situação ocorreu em 12,41% dos registros totais na BC entre 1991 e 1995, quando a altura significativa chegou a 6,4 m e período de 14,2 s (PARENTE *et al.*, 2015).

O clima de ondas na região de apresenta as seguintes características sazonais, de acordo com Pianca *et al.*, (2010), através da análise utilizando uma série temporal (1997 – 2007) obtida a partir de resultados de *hindcast*₁₃ do modelo WAVEWATCH III no setor central W3:

- Verão: ondas predominantemente de leste com alturas variando entre 1 m e 2 m e períodos entre 10 s a 12 s para as ondas de sul e entre 6 s a 8 s para as ondas de leste. A altura máxima alcançou no verão 4,3 m proveniente de norte;
- Outono: ondas predominantemente de sudeste, com altura variando entre 1,0 m e 3,0 m e períodos entre 10 s e 12 s. Ondas de leste alcançaram o setor com alturas entre 1 m e 2 m com períodos associados entre 6 s e 8 s. As máximas alturas encontradas foram provenientes de sudoeste com 4,4 m;
- Inverno: ondas predominantes de leste, com alturas variando entre 1,0 m e 3,0 m e períodos entre 6 s a 10 s. As ondas de sudoeste variaram entre 2 m e 3 m com períodos associados entre 10 s e 12 s. As alturas máximas de onda alcançaram aproximadamente 5 m e foram provenientes de sudoeste;
- Primavera: ondas predominantes de leste, com alturas entre 1,0 m a 2,0 m e períodos entre 6 s e 8 s. As ondas de sul incidiram sobre a região com alturas entre 1 m e 2 m, com períodos que variaram entre 8 s e 12 s. Já as máximas foram de sul e atingiram o ponto de análise com 4 m.

Além disso, foi realizada uma caracterização na Bacia de Santos a partir de resultados do modelo WW3, entre 2001 e 2010, nas coordenada 25,09S e 43,25W. Na **Figura II.4.1.3.4-2**, é apresentada a altura significativa e o período de pico apresentado pela **Figura II.4.1.3.4-3**. Os períodos sazonais referem-se aos meses de janeiro a março (verão – quadro superior esquerdo), abril a junho (outono – quadro superior direito), julho a setembro (inverno – quadro inferior esquerdo) e outubro a dezembro (primavera – quadro inferior direito). As direções referem-se à incidência das ondas (segundo a convenção meteorológica, portanto indicando de

onde a onda vem), a distância radial representa a frequência de ocorrência (%) e a escala de cores indica a magnitude do parâmetro avaliado (altura significativa em metros, período de pico em segundos).

Nos meses de verão a maioria das ondas foram provenientes da direção E, seguidas das ondas de direção SE. Na direção E predominante, a altura significativa média variou entre 1,0 m e 1,5 m, o período de pico médio esteve na faixa de 6 s a 8 s.

Nos meses de outono a maior predominância das ondas veio da direção S, seguidas pelas ondas provenientes da direção SE. As alturas médias nas direções mais frequentes variaram entre 1,0 m a 2,0 m e o período de pico médio na direção S esteve na faixa de 10 a 12 s. Este padrão evidencia a influência da incidência de sistemas frontais, mais frequentes nesta estação. Esses fenômenos meteorológicos criam as condições ideais para a formação de marulhos ou *swells* em altas latitudes, que se propagam até Sul-Sudeste do Brasil.

Nos meses de inverno a predominância das ondas foi das direções E e S, refletindo a influência das frentes frias, também frequentes nesta estação em latitudes mais altas. A altura significativa de maior predominância esteve na faixa entre 1,5 m e 2,0 m e o período de pico entre 8,6 s e 10,3 s. A faixa predominante de períodos de pico foi de 8,0 s a 10,0 s.

Os meses de primavera foram caracterizados por ondas predominantemente das direções E e SE. A altura significativa média nestas direções variou entre 1,5 m e 2,0 m e o período de pico médio entre 6,0 s e 8,0 s.

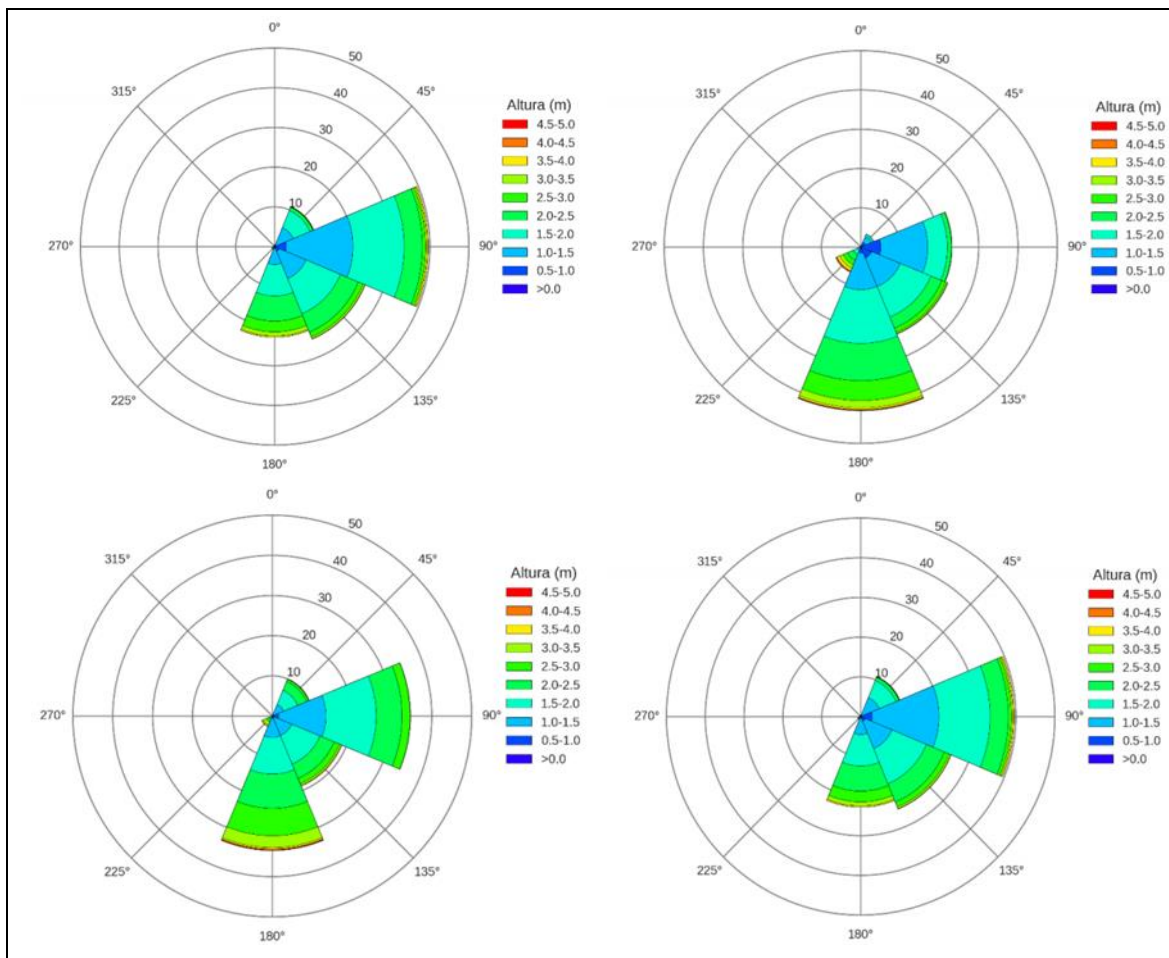


Figura II.4.1.3.4-2 – Histograma direcional de altura significativa (m) e direção das ondas (°), para as estações do ano: Verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Fonte: TETRA TECH/PETROBRAS, 2015.

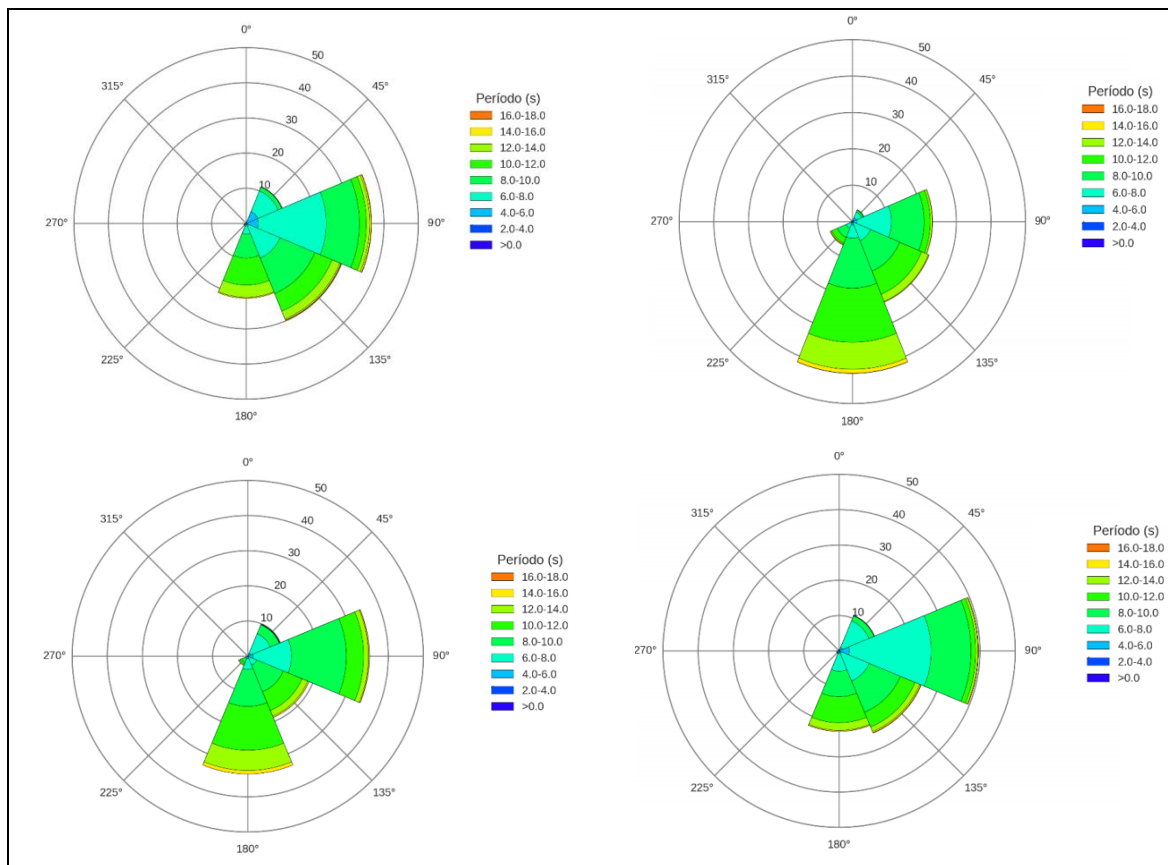


Figura II.4.1.3.4-3 – Histograma direcional de período de pico (s) e direção das ondas (°), para as estações do ano. Verão, outono, inverno e primavera, respectivamente.

Fonte: TETRA TECH/PETROBRAS, 2015.

Referências Bibliográficas

Meteorologia e Oceanografia

AMOR, C.C. (2004). Intrusões da Água Central do Atlântico Sul sobre a plataforma continental situada entre a ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé (RJ) [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, G. A. (2018). Fácies, estratigrafia e dinâmica sedimentar do quaternário no talude continental da porção sul da bacia de campos: uma integração de dados geofísicos de alta resolução, perfis de propriedades físicas e testemunhos geológicos. Tese de doutorado. UFF. Niterói/RJ.

CALADO, L. (2010). Dinâmica da formação dos meandros e vórtices da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 95 pp.

CASTRO, B.M., (1997). Correntes e Massas de Água da Plataforma Continental Norte de São Paulo. Tese de Livre Docência, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 248 pp.

CASTRO FILHO, B.M., PEREIRA, A.F., DE CAROLI, A., FOLONI NETO, H., PASCHOAL, G.C.A., SILVEIRA, I.C.A., AMOR, C.C. (2015). Correntes e massas de água na plataforma continental. In: MARTINS, R.P., Grossmann-Matheson, G.S., editores. Meteorologia e oceanografia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2. p. 189-252.

COELHO DA SILVA, F. (2008). Investigações sobre a chegada de ondulações (swell) na Bacia de Campos [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia oceânica do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE).

DEACON, G. E. R. (1937). The hydrology of the Southern Ocean. Discovery Reports 15, 1 Ed. p 124.

DERECZYNSKI, C.P., MENEZES, W.F. (2015). Meteorologia da Bacia de Campos. R.P., Grossmann-Matheson, G.S., editores. Meteorologia e oceanografia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2. p. 55-96.

EGBERT, G.D., EROFEEVA, S.Y. (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. Journal of Atmospheric and oceanic technology. 19(2): 183-204.

EMILSON, I. (1961). *The shelf and coastal waters off Southern Brazil*. Boletim do Instituto Oceanográfico. 11(2): 101-112.

FERRERO, B. AND WAINER, I., (2008). Estudo Comparativo da Temperatura e Salinidade entre os Resultados do *Community Climate System Model*, os Dados

Hidrográficos do World Ocean Data Atlas 2001 e da Reanálise Oceânica Simple Ocean Data Assimilation. Revista Atlântica, 30(2) 89 – 100, 2008.

FEMAR (2000). Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras, Salles, F.J.P., Bentes, F.C.M., Santos, J.A. (ed.), Rio de Janeiro, Brasil, 280 pp

GODOI, S. S. (2005). Dinâmica Quase-Geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no Embaio de São Paulo. Tese de doutorado apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

KOUSKY, V.E. 1979. Frontal influences on northeast Brazil. Monthly Weather review. 107(9): 1140-1153.

LAURINDO, L., A. MARIANO, E R. LUMPKIN (2017). Uma climatologia de velocidade próxima à superfície melhorada para o oceano global a partir de observações de deriva Deep-Sea, pp.73-92.

LIMA, J.A.M. (1997). *Oceanic circulation on the Brazil Current shelf break and slope at 22°S* [tese]. Sydney: University of New South Wales.

LOPES, A.L.M. (2004). Análise da evolução sedimentar quaternária da plataforma continental sul da Bacia de Campos com base em estratigrafia sísmica e sonografia [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense.

MARTINS, B.S. 2015. A Ressurgência de Vitória. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro – RJ.

MASCARENHAS, A., MIRANDA, L., ROCK, N. 1971. *A study of the oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. Fertility in the Sea*, Gordon & Breach, v. 1, pp. 285–308.

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

NIMER, E. 1989. Climatologia do Brasil. 2ª ed. Rio de Janeiro, IBGE.

PARENTE, C. E. 1999. Uma nova técnica espectral para análise direcional de ondas [tese]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PARENTE, C.E., NOGUEIRA, I.C.M., MARTINS, R.P., RIBEIRO, E.O. (2015). Climatologia de ondas. In: Martins, R.P., Grossmann-Matheson, G.S., editores. Meteorologia e oceanografia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2. p. 55-96.

PETROBRAS (2015). Relatório Final do Projeto de Caracterização Ambiental Regional da Bacia do Espírito Santo e parte norte da Bacia de Campos. Volume II. Revisão 00. Novembro.

PETROBRAS (2015). Análise comparativa de conjuntos de perfis de CTD para elaboração do EIA da Etapa 3 do Pré-Sal. CT TEO 041/2015. CENPES/PDEP/TEO.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F. & SIEGLE, E. (2010). *Brazilian Offshore Wave Climate Based on NWW3 Reanalysis*. Brazilian Journal of Oceanography, 58(1): 53-70.

SILVEIRA, I.C.A., A.C.K. SCHMIDT., E.J.D. CAMPOS., S.S. GODOI E Y. IKEDA. – (2000). A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia, 48: 171 -183.

SILVEIRA, I. C. A., (2006): O Sistema Corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ. Tese de Livre Docência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 160 pp.

SILVEIRA, I.C.A. (2007). O sistema corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, I.C.A. LIMA, J.A., SCHMIDT, A.C.K., CECCOPIERI, W., SARTORI, A., FRANCISCO, C.P.F., FONTES, R.F.C. (2008). *Is the meandre growth in the Brazil Current system off southeast Brazil due to baroclinic stability? dynamics of Atmospheres and oceans*. 45(3/4): 187-207.

SILVEIRA, I.C.A. CASTRO, B.M., SOUTELINO, R.G. (2009). Circulação oceânica: a dinâmica das correntes. São Paulo: Scientific American Brasil. Coleção oceanos, v.3.

SILVEIRA, I.C.A., FOLONI NETO, H., COSTA, T.P., SCHMIDT, A.C.K., PEREIRA, A.F., CASTRO FILHO, B.M., SOUTELINO, R.G., GROSSMANN-MATHESON, G.S. (2015). Caracterização da oceanografia física do talude continental e região oceânica da Bacia de Campos. In: Martins, R.P., Grossman-Matheson, G.S., editores. Meteorologia e oceanografia. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 2. p. 133-188

SOUTELINO, R.G, GANGOPADHYAY, A., SILVEIRA, I.C.A. (2013). *The roles of vertical shear and topography on the eddy formation near the site of origin of the Brazil Current. Continental shelf research*, 70: 46-60.

SOUTELINO, R.G (2008). A Origem da Corrente do Brasil. Tese de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 120 pp.

TALLEY, L. D. *et al.* (1996). *Descriptive physical oceanography: an introduction*. Ed Elsevier.

TETRA TECH (2015). Diagnóstico do Meio Físico - Estudo de Impacto Ambiental Gasoduto Rota 3. Relatório Técnico, Revisão 01 (janeiro de 2014). 2233 p.

TETRA TECH/PETROBRAS (2015). Diagnóstico do Meio Físico para a Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos - II.5.1.2 Oceanografia. Relatório Técnico, Revisão 00 (15 de janeiro de 2016). 321 pp.

TETRA TECH/PETROBRAS (2015). Desenvolvimento da Produção da Jazida de Tartaruga Verde e Jazida Compartilhada de Tartaruga Mestiça, Campo de Tartaruga Verde - Bacia de Campos. Relatório Técnico, 2015.

TOLMAN, H. L. (1999). *User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 1.18*. NOAA/NWS/NCEP/OMB. Tech. Note 166. 110 p.

TOMCZAK JR., M. (1981). *A multiparameter extension of temperatura/salinity diagram techniques for the analysis of non-isopycnal mixing*. Progress in oceanography. 10(3): 147-171.

TOMCZAK, M., LARGE, D.G.B. (1989). *Optimum multiparameter analysis of mixing in the thermocline of the Eastern indian ocean*. Journal of Geophysical research. 94(C11): 16141-16149.

UNESCO (1983). *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Unesco Tech. Pap. in Mar. Sci., Nº. 44, 53 pp.

VIANA, A.R., FAUGÈRES, J.C., KOWSMANN, R.O., LIMA, J.A.M., CADDAAH, L.F.G., RIZZO, J.G. (1998). *Hydrology, morphology and sedimentology of the Campos continental margin, offshore Brazil*. sedimentary Geology. 115(1/4): 133-157.

Geologia e Geomorfologia

ALMEIDA, A.G., KOWSMANN, R.O., 2015. Geomorfologia do talude continental e do Platô de São Paulo. In: Kowsmann, R.O, editor. Geologia e Geomorfologia: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Série Habitats, v. 1. p. 33-66

ARAÚJO, T. C. M., SEOANE, J. C., COUTINHO, P. N., 2004. Geomorfologia da Plataforma Continental de Pernambuco, in: Leça, E. E., Neumann, S. L., Costa, M. F. (Orgs.), Oceanografia: Um cenário Tropical. Editora Bagaço, Recife, pp. 39-58.

BAPTISTA NETO, J. A., SILVA, C. G., 2004. Morfológica dos oceanos, in: Baptista Neto, J.A., Ponzi, V.R.A., Sichel, S.E. (orgs.). Introdução à Geologia Marinha. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, pp. 31-52

CASTELLO, J. P.; *et al.*, 2017. Introdução às Ciências do Mar. Editora Textos. Pelotas. ISBN: 978-85-68539-00-2

CASTRO, D. D., 1992. Morfologia da Margem Continental Sudeste-Sul Brasileira e Estratigrafia Sísmica do Sopé Continental. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências – UFRJ, 220p.

CAVALCANTI, G.H., ARANTES, R.C.M., FALCÃO, A.P.C., CURBELO-FERNANDEZ, M.P., SILVEIRA, M.A.S., POLITANO, A.T., VIANA, A.R., HERCOS,

C.M., BRASIL, A.C.S. 2017. Ecossistemas de corais de águas profundas da Bacia de Campos. In: Curbelo-Fernandez, M.P., Braga, A.C., editoras. Comunidades Demersais e Bioconstrutores: caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Rio de Janeiro: Elsevier. Habitats, v. 4. p. 43-85.

CORREA, I. C. S, 2021. Morfologia do Ambiente Marinho. [e-book] Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica-IG/UFRGS. Porto Alegre.

DELLA GIUSTINA, I.D. 2006. Sedimentação carbonática de algas vermelhas coralináceas da plataforma continental da Bacia de Campos: Um modelo carbonático análogo para o Terciário. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 134p

DIAS M.S; BASTOS, A.C; VITAL, H., 2019. Plataforma Continental Brasileira, Estados do Rio de Janeiro, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Programa De Geologia E Geofísica Marinha, 1ª Edição Rio de Janeiro.

FIGUEIREDO, A.G Jr.; PACHECO, C.E.P.; VASCONCELOS, S.C.; SILVA, F.T. 2015. Geomorfologia e sedimentologia da plataforma continental. In: KOWSMANN, R.O. (Ed). Caracterização ambiental regional da Bacia de Campos, Atlântico Sudoeste. Geologia e Geomorfologia. 152p.

FIGUEIREDO JR., A.G.; PACHECO C.E.P. E VASCONCELOS S.C. 2011. Geomorfologia Da Plataforma Continental Da Bacia De Campos. XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA.

GAMBOA, L.A.P., MACHADO, M.A.P., SILVEIRA, D.P., FREITAS, J.T.R., E SILVA, S.R.P., 2008. Evaporitos estratificados no Atlântico Sul. In: W.U. Mohriak , P. Szatmari , S. Anjos (Orgs.). Sal: Geologia e Tectônica. Exemplos nas Bacias Brasileiras (pp. 91-163). São Paulo: Beca Edições.

GASALLA, M. de L. A., ET AL. Modelo de equilíbrio de biomassas do ecossistema marinho da Região Sudeste-Sul do Brasil entre 100-1000 m de profundidade. Série Documentos Revizee – Score Sul. São Paulo: Instituto Oceanográfico - USP, 2007

KOWSMANN R. O., COSTA M. P. A., VICALVI, M. A., COUTINHO, M. G. M., GAMBOA, L. A. P. (1977). Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira. In Projeto REMAC – Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do Sul do Brasil. Série Projeto REMAC: v.2, p. 7–26. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES, DINTEP.

LABOREL-DEGUE, F. *et al*, 2019. Recifes brasileiros: o legado de Laborel. Museu Nacional. Série Livros; 64. 376 p.

LOPES, A. L. M. (2004). Análise da Evolução Sedimentar Quaternária da Plataforma Continental Sul da Bacia e Campos Com Base em Estratigrafia Sísmica e Sonografia. Dissertação Mestrado. Universidade Federal Fluminense.

MAIA, R.M.C., REIS, A.T., ALVES, E.C., SILVA, C.G., GUERRA, J.V., GORINI, C., SILVA, A., ARANTES-OLIVEIRA, R. 2010. Architecture and stratigraphic framework of 871 shelf sedimentary systems of Rio de Janeiro state, northern Santos basin-Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*. 58 (n.s.2), p.15-29.

MODICA, C.J.; BRUSH, E.R. 2004. Postrif sequence stratigraphy, paleogeography, and fill history of the deep-water Santos Basin, offshore southeast Brazil. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 88, 923-945.

MOREIRA, J. L. P.; CARMINATTI, M. 2004. Sistemas deposicionais de talude e bacia no Eoceno da Bacia de Santos. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 73-87

MORIAK, W.U. & BARROS, A.Z.N. 1990. Novas evidências de tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil: o Gráben de Barra de São João na plataforma de Cabo Frio, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 20, n. 1-4, p. 187-196.

MUEHE, DIETER & CARVALHO, V. G. DE., 1993. Geomorfologia, cobertura sedimentar e transporte de sedimentos na plataforma continental interna entre a Ponta de Saquarema e o Cabo Frio (RJ). *Boletim do Instituto Oceanográfico* [online], v. 41, n. 1-2 [Acessado 16 agosto 2021], pp. 01-12. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0373-55241993000100001>>. Epub 14 maio 2012. ISSN 0373-5524. <https://doi.org/10.1590/S0373-55241993000100001>.

PETROBRAS (2022). Caracterização geológica e geotécnica para estudo de licenciamento ambiental. Relatório técnico, RL-1000.00-9311-986-PIP-032.

REIS, A.T., 1994. O Grupo Sudeste de cânions e sua relação com a progradação do Leque São Tomé, RJ. Dissertação de Mestrado, Observatório Nacional, Rio de Janeiro.

SCHWEIG, C. 2013. Caracterização tectonoestratigráfica da porção adjacente ao epicentro do sismo São Vicente na Bacia De Santos. Tese de mestrado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro (SP).

TESSLER, M.G. E MAHIQUES, M.M. 2000. Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos. In: CASTELLO, J. P.; et al. *Introdução às Ciências do Mar*. Editora textos. Pelotas, 2017. ISBN: 978-85-68539-00-2

VIANA, A.R; ALMEIDA, W; MACHADO, L.C., 1999. Different styles of canyon infill related to gravity and bottom current processes: examples from the upper slope of the SE Brazilian margin. 6th International Congress of the Brazilian Geophysical Society; Rio de Janeiro, Brasil, Sociedade Brasileira de Geofísica.

Zembruski, S.G., 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. Relatório final. Rio de Janeiro: Petrobras/Cenpes/Dintep. Série Projeto REMAC; 7. p. 129-177.