

II.5.1 – Meio Físico

No presente capítulo estão caracterizados os comportamentos meteorológicos e oceanográficos, a qualidade da água e dos sedimentos que compõem o assoalho oceânico, a geologia e geomorfologia, e a paisagem acústica submarina da Bacia de Santos.

As caracterizações meteorológica e oceanográfica tiveram como objetivo contribuir com a identificação e avaliação de processos e fenômenos que possam causar ou intensificar impactos e/ou riscos associados aos outros compartimentos do meio ambiente, assim como a obtenção e estruturação de conhecimentos sobre a área de interesse.

O subitem **II.5.1.1 Meteorologia e Oceanografia** foi desenvolvido através da descrição das características intrínsecas e dos processos do meio físico que são influenciados ou que podem influenciar as atividades, normais ou decorrentes de acidentes, das atividades da Etapa 4. Para melhor entendimento, este foi subdividido em duas seções sendo essas **II.5.1.1.1 Meteorologia** e **II.5.1.2 Oceanografia**.

Dessa forma, a seção **II.5.1.1.1 Meteorologia** visou caracterizar os mecanismos da circulação atmosférica considerando-se os sistemas de macroescala (América do Sul e Oceano Atlântico), escala regional ou mesoescala e local (microescala). Estas três escalas espaciais são importantes para o entendimento das variações atmosféricas da área de interesse.

Para a seção **II.5.1.1.2 Oceanografia**, a descrição foi elaborada para os compartimentos fisiográficos plataforma continental, talude continental e oceano profundo, sendo que para cada uma destas feições foram descritos os principais processos oceanográficos e que são importantes para o completo entendimento dos movimentos e das características da região oceanográfica da área de estudo, considerando-se os fenômenos de macro, meso e microescala.

No subitem **II.5.1.2 Qualidade de Água e Sedimentos**, diversos parâmetros foram consolidados e avaliados, a partir dos resultados dos Projetos de Monitoramento Ambiental (PMAEpro, PMAEper e PM500) desenvolvidos pela PETROBRAS, visando caracterizar os compartimentos água e sedimento da área

de interesse, sua variabilidade espacial, vertical e temporal, quando possível e pertinente.

O subitem **II.5.1.3 Geologia e Geomorfologia** caracterizou a geologia e geomorfologia da Bacia de Santos em escala regional, sobretudo com relação aos aspectos estruturais, estratigráficos e fisiográficos, sendo que para cada novo licenciamento será encaminhada a caracterização geológica e geomorfológica da área do empreendimento em questão.

Por fim, no subitem **II.5.1.4 Paisagem Acústica Submarina** foi descrita uma síntese da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (BS) baseada, em sua maior parte, nos resultados do Programa de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (PMPAS-BS) executado pela PETROBRAS, que tem por objetivos principais quantificar e caracterizar os ruídos hidroacústicos de origem antropogênica associados às atividades de E&P na região.

II.5.1.1 – Meteorologia e Oceanografia

II.5.1.1.1 Meteorologia

Este documento tem como objetivo apresentar os resultados alcançados através das análises realizadas em diversos parâmetros meteorológicos obtidos por meio de levantamentos de informações secundárias pretéritas disponíveis e, desta maneira, caracterizar meteorologicamente a região da Bacia de Santos, com foco no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS).

A Bacia de Santos, com uma área de aproximadamente 350 mil km², é uma bacia sedimentar e está situada na Margem Continental Brasileira, na região adjacente à costa dos estados do Rio de Janeiro, onde faz fronteira com a Bacia de Campos, de São Paulo, do Paraná e de Santa Catarina, onde faz fronteira com a Bacia de Pelotas. Do ponto de vista meteorológico, esta é uma região de transição dos climas das regiões Sul e Sudeste do Brasil (CPRM, 2003; SILVA-DIAS e MARENGO, 1999).

A sazonalidade da temperatura e precipitação é bem definida, devido à sua localização em latitude mais distante do Equador. A variação de temperatura do ar é caracterizada por mínimos no inverno e máximos no verão, já a pressão atmosférica possui o padrão inverso, com mínimos no verão e máximos no inverno. Como característica temos a estação chuvosa ocorrendo durante o verão e a de seca durante o inverno (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Para o completo entendimento de todos os processos atmosféricos que podem influenciar a área de estudo, é necessária a descrição de fenômenos de diferentes escalas espaciais e temporais. Devido às características da área de estudo, as escalas que influenciam diretamente a meteorologia são: global (sistemas e fenômenos da circulação global atuantes na América do Sul e Oceano Atlântico: células de Hadley e Walker), sinótica (Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sistema frontal e ciclone e anticiclone extratropical), mesoescala (brisa terra-oceano, tornados, linhas de instabilidade ou tempestades isoladas) e microescala (formação de gotas de nuvem e de chuva, dispersão de poluentes, interações no sistema solo-atmosfera, subvórtices em tornados, trombas d'água e roda-moinhos) (BLUESTIEN, 1992).

Sendo assim, no presente instrumento apresenta-se a caracterização dos fenômenos de macro, meso e microescala, além da identificação da sazonalidade e de fenômenos meteorológicos extremos. Dentre os parâmetros meteorológicos analisados estão: temperatura do ar, precipitação, insolação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e regime de ventos (direção e intensidade). Os conjuntos de dados utilizados para execução do diagnóstico meteorológico, bem como sua representatividade, estão discutidos a seguir.

II.5.1.1.1 Caracterização dos fenômenos de macroescala

Devido à sua extensão territorial, posicionamento geográfico e relevo, a América do Sul apresenta características climáticas distintas ao longo de seu território, principalmente quanto ao seu regime de chuvas e temperaturas. Essa variabilidade climática está diretamente relacionada com as condições

atmosféricas decorrentes da interação entre fenômenos pertencentes a várias escalas de tempo e espaço, que vão desde a planetária até a escala local.

A meteorologia na região da Bacia de Santos e na região próxima ao Polo Pré-Sal é influenciada por fenômenos de grande escala (ou escala sinótica) que atuam sobre a América do Sul e oceanos adjacentes. Os sistemas de escala sinótica têm dimensões maiores que algumas centenas de quilômetros e escala temporal na ordem de um dia a meses. Na área de estudos, destaca-se a atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e de sistemas transientes, como os sistemas frontais e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), influenciando principalmente na circulação atmosférica e no regime pluviométrico.

O ASAS é um sistema de alta pressão com seu centro localizado aproximadamente a 30° de latitude sobre os oceanos, nos hemisférios norte e sul, formado devido à circulação média meridional da atmosfera (BASTOS e FERREIRA, 2000). Este sistema é responsável pelas condições de céu claro ou com pouca nebulosidade e predomínio de ventos de direção nordeste de fraca intensidade (DERECZYNSKI e MENEZES, 2015). Segundo VAREJÃO-SILVA (2000), o ASAS apresenta como característica variação em seu posicionamento quando comparados os meses de verão e de inverno. Na primeira situação, seu centro encontra-se posicionado mais à leste do Oceano Atlântico (próximo ao continente Africano) e na segunda mais próximo a América do Sul, podendo permanecer temporariamente estacionário e adentrar em parte do Brasil. Como consequência, o ASAS está mais distante da área de interesse nos meses de verão e mais próximo nos meses de inverno. Esta maior penetrabilidade nos meses de inverno, resulta em uma condição de maior estabilidade atmosférica. A oscilação leste-oeste ocorre porque, durante o inverno, as temperaturas são menores sobre os continentes e, em consequência, os centros de alta pressão migram em direção ao continente, enquanto no verão, as temperaturas sobre os continentes são maiores e, portanto, os centros de alta pressão encontram-se mais afastados. O fortalecimento do ASAS está associado principalmente à sua migração para norte, apresentando máximos climatológicos em torno de 1026 hPa nos meses de agosto (HASTENRATH, 1985).

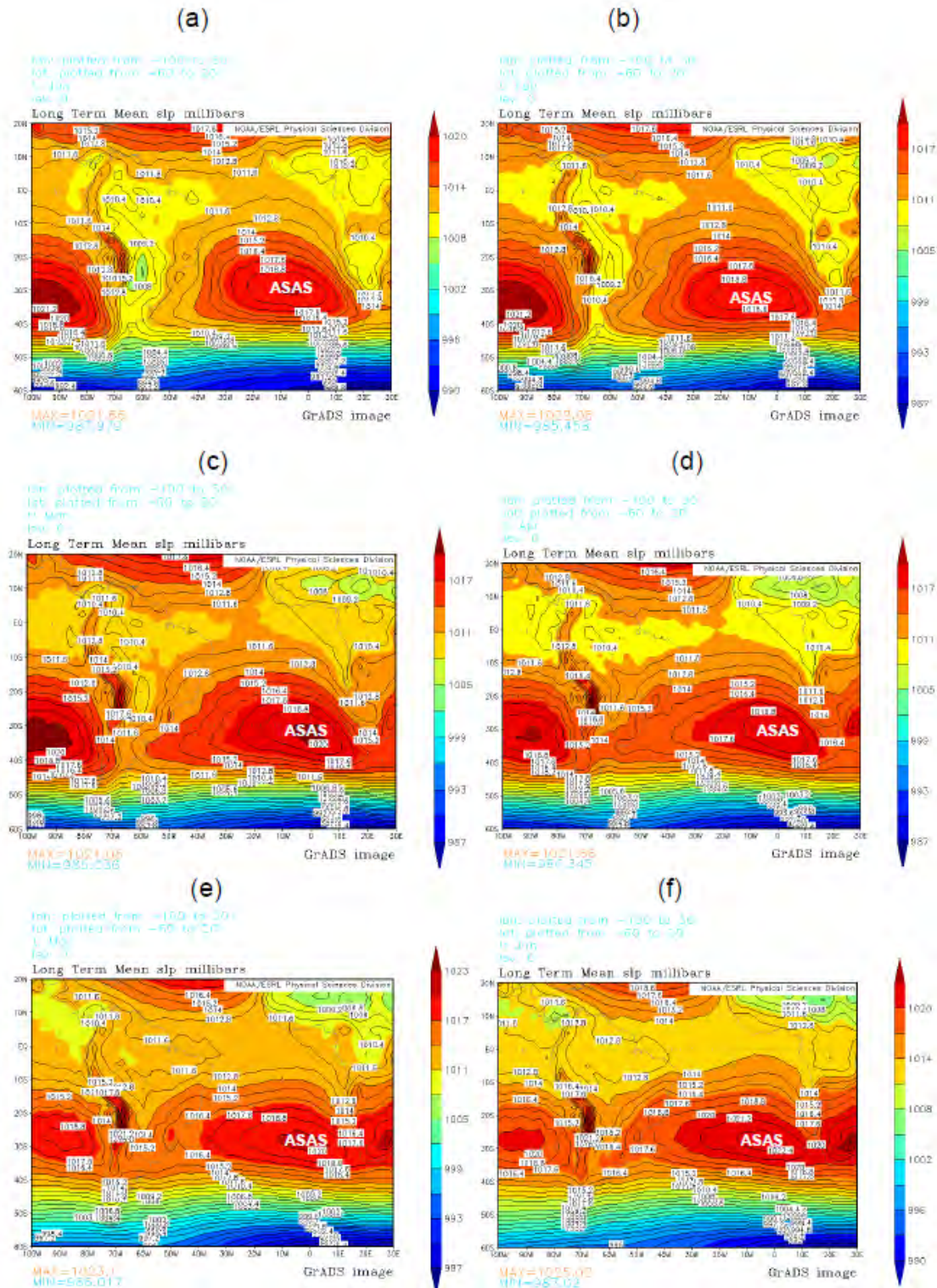
Outra informação pertinente sobre esse sistema é que segundo KOUSKY (1988), a estabilidade termodinâmica estabelecida pelo ASAS é interrompida pela

chegada de sistemas transientes, tais como: sistemas frontais (SFs), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis (VCANs) de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala (SCMs) e outros sistemas que promovem o aumento da nebulosidade, a ocorrência de precipitação e intensificação dos ventos. Em especial, durante os meses de novembro a março, é comum o estabelecimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que se caracteriza por uma banda de nebulosidade convectiva, estendendo-se em geral desde a Amazônia até o Oceano Atlântico, numa direção noroeste-sudeste.

Outro aspecto importante sobre o ASAS é que sistemas de alta pressão exercem forte influência sobre o tempo e o clima. Quando um anticiclone persiste numa região por vários dias, pelo menos 6 dias no hemisfério sul conforme descrito por VAN LOON (1956) e WRIGHT (1974), impedindo a progressão normal de sistemas frontais, diz-se que ele atua como um sistema de bloqueio, frequentemente provocando condições climáticas extremas. Dependendo da sua posição, o ASAS pode ocasionar a redução dos índices pluviométricos e o aumento das temperaturas acima da média em determinadas áreas como na região Sudeste, e favorecer a precipitação em outras como na região Nordeste, até que os sistemas frontais consigam se sobrepor ao ASAS.

A série de mapas abaixo (**Figura II.5.1.1.1.1-1**) de autoria do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) (KALNAY *et al.*, 1996) ilustra o comportamento climatológico mensal da pressão média ao nível do mar (superfície) na América do Sul e oceanos próximos no período 1968-1996. Os mapas permitem observar a configuração do centro do ASAS no Oceano Atlântico e sua influência na área de estudos ao longo do ano. Dezembro (**Figura II.5.1.1.1.1-1i**), janeiro (**Figura II.5.1.1.1.1-1a**) e fevereiro (**Figura II.5.1.1.1.1-1b**) se destacam como meses em que o sistema se encontra mais fraco, com sua área de influência praticamente reduzida ao oceano. Entre dezembro e abril são registrados os valores mínimos de pressão em seu centro – em torno de 1021 hPa (ITO e AMBRIZZI, 2000). Durante o inverno austral, quando se encontra fortalecido, o ASAS expande sua influência no sentido oeste-leste em direção a Alta Subtropical do Pacífico Sul. A partir de março (**Figura II.5.1.1.1.1-1c**) é possível observar a aproximação do Anticiclone sobre a América do Sul, sendo os meses de julho (**Figura II.5.1.1.1.1-1g**) e agosto (**Figura II.5.1.1.1.1-1h**) aqueles que melhor

exibem essa influência. ITO e AMBRIZZI (2000) e HASTENRATH (1985) destacaram que em agosto o sistema pode atingir um valor de pressão próximo a 1026 hPa.



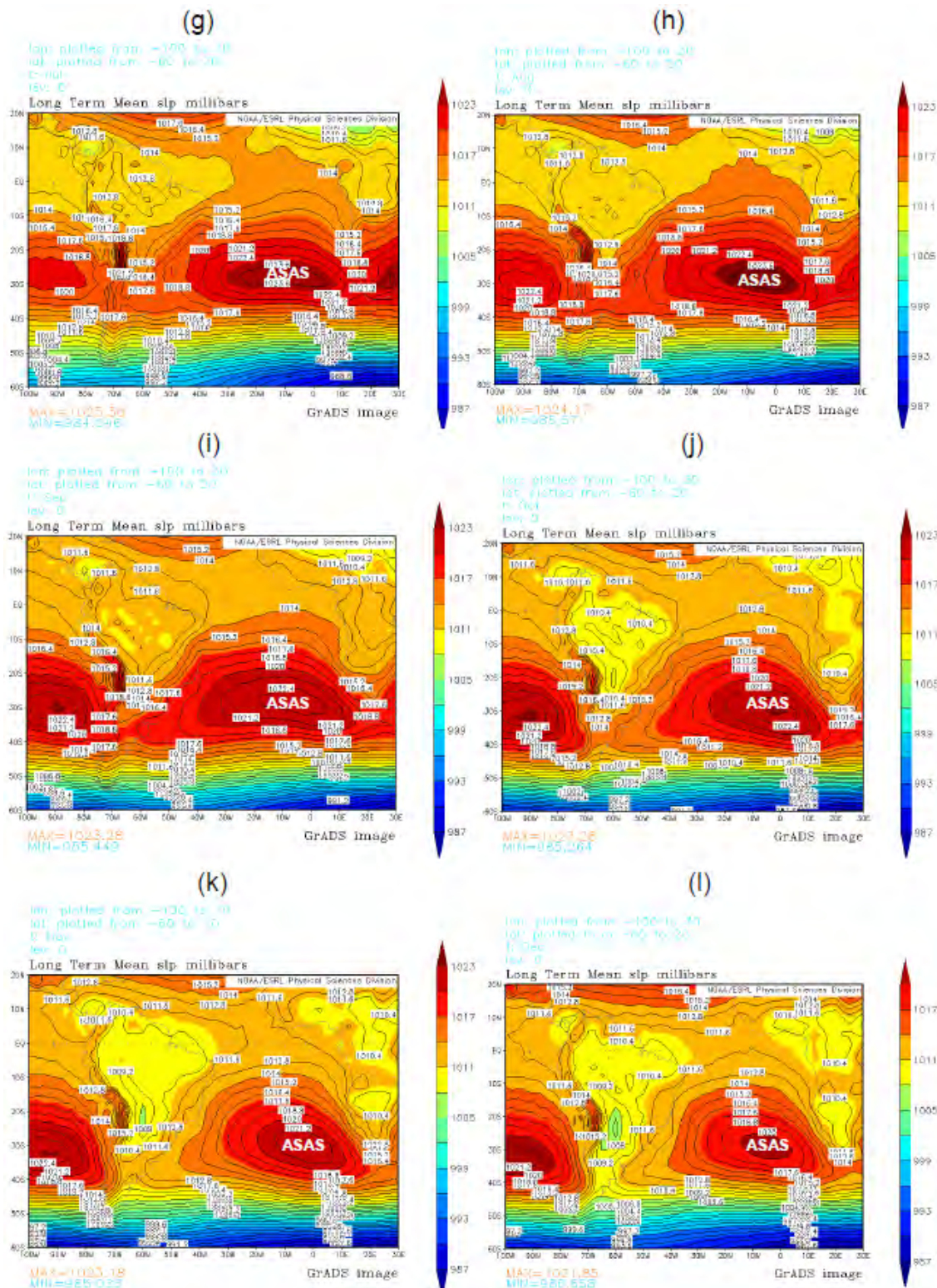


Figura II.5.1.1.1-1 – Climatologia do ASAS em janeiro (a), fevereiro (b), março (c), abril (d), maio (e), junho (f), julho (g), agosto (h), setembro (i), outubro (j), novembro (k) e dezembro (l) – Período de 1968 a 1996. Fonte: KALNAY et al. (1996).

Essa situação de estabilidade, entretanto, é modificada com a passagem de frentes frias (ou sistemas frontais) na região, na qual os ventos mais atuantes são do quadrante Sul. A penetração desses sistemas é um mecanismo de grande impacto durante todo o ano e possui importante papel na transferência de calor, momentum e umidade das altas para as baixas latitudes, modificando o padrão de ventos, que passam de nordeste (NE) para sul-sudoeste (SSO), e ocasionando uma queda da temperatura e da precipitação.

O deslocamento de sistemas frontais está associado ao escoamento ondulatório de grande escala na atmosfera, transportando massas de ar polares em direção aos trópicos. A intensificação ou dissipação desses sistemas está relacionada às características atmosféricas sobre o continente. Conforme citado por SATYAMURTY e MATTOS (1989), a região Sudeste do Brasil apresenta características frontogenéticas, e dessa forma, nela as frentes frias podem se formar ou se intensificar. Uma vez que nesta região o vento em baixos níveis da atmosfera tem direção predominante de NE (devido à influência do ASAS), numa situação pré-frontal este torna-se tipicamente de noroeste (NO) e à medida que a frente se desloca ele gira de sudoeste (SO) e sudeste (SE). A sazonalidade na ocorrência de passagens de frentes frias aponta maior frequência de sistemas entre maio e setembro com menor frequência durante o verão (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A entrada de sistemas frontais na América do Sul é influenciada por diversos fatores. Durante o inverno, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ocupa a sua posição mais setentrional. Esta configuração colabora para que os sistemas frontais atuem com maior frequência sobre a região Sudeste brasileira. Neste período, os sistemas frontais estão mais relacionados com a penetração de massas de ar frio. No verão, o deslocamento da ZCIT mais para sul favorece a predominância dos ventos alísios de NE. Nesse período, os sistemas frontais raramente chegam a ultrapassar o Trópico de Capricórnio. Durante o outono, a ZCIT encontra-se em sua posição mais ao sul. Porém, os sistemas frontais voltam a atuar com certa frequência, devido ao posicionamento mais a leste do ASAS neste período, e os ventos alísios passam a ser de SE (FERREIRA, 1996).

Apesar de se observar sistemas frontais durante todo o ano, é no verão que eles atuam de modo a causar muita precipitação ao se associar a outros tipos de

sistemas que provocam chuvas na região: os sistemas convectivos. A convecção é provocada pela associação das altas temperaturas com a umidade do ar. Estes dois fatores favorecem a formação de nuvens, causando instabilidades e chuvas isoladas em forma de pancadas, principalmente no final da tarde (FERREIRA, 1996). Este tipo de chuva ocorre quando o ar úmido e quente se torna instável, elevando-se rapidamente e encontrando porções mais frias da atmosfera, gerando precipitação.

Outro sistema típico de verão, que pode provocar chuvas intensas no sudeste do Brasil é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Este fenômeno semi-estacionário pode ser caracterizado pela presença de uma banda de nebulosidade orientada de NO-SE que se estende desde o sul da região Amazônica até a área central do Atlântico Sul (QUADRO, 1994). É característica deste tipo de sistema a persistência por vários dias com condições de nebulosidade e precipitação elevadas.

A **Figura II.5.1.1.1.1-2** apresenta uma carta sinótica meteorológica com a ilustração dos principais fenômenos meteorológicos de macroescala atuantes na área de estudo. Nesta carta observam-se sistemas frontais, ao sul de 30°S, o posicionamento da ZCAS sobre a área de estudos, a atuação da ZCIT em torno de 01°N e 03°N no Atlântico e do ASAS sobre o oceano Atlântico Sul que tem seu centro no valor de 1024 hPa à leste de 30°W.

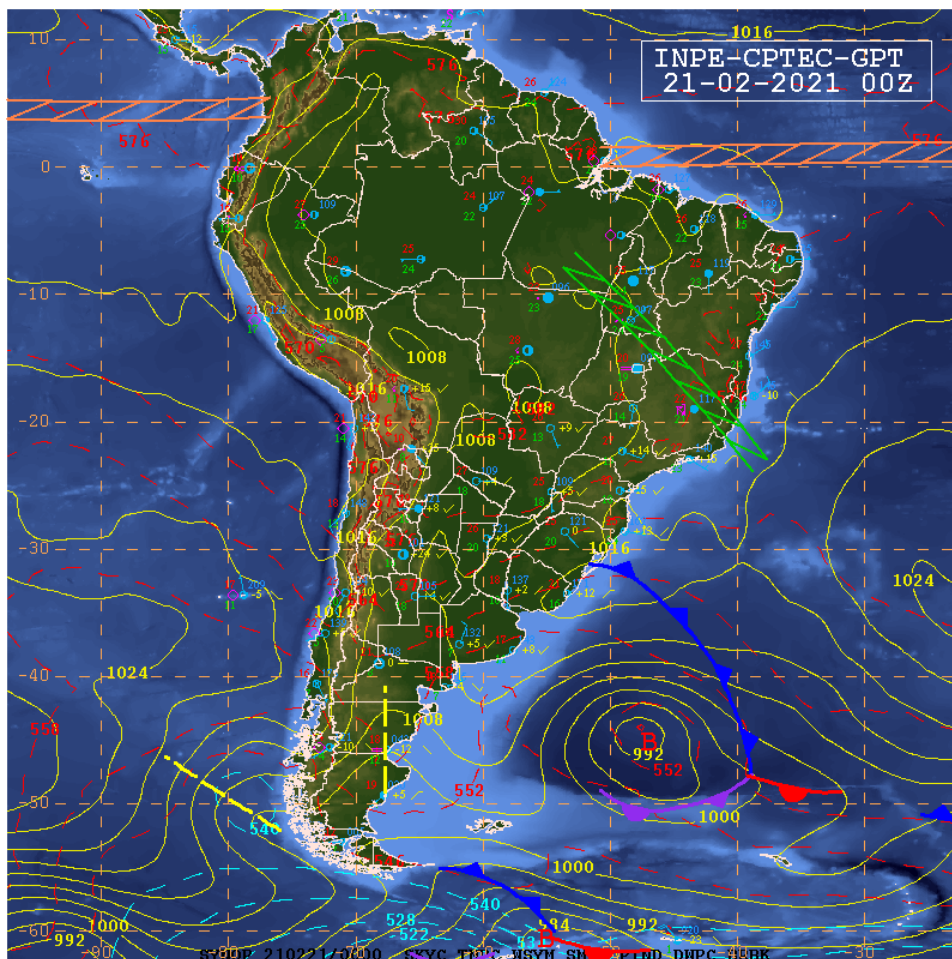


Figura II.5.1.1.1-2 – Carta sinótica do dia 21 de fevereiro de 2021, indicativa do posicionamento de uma ZCAS (linhas verdes), de uma frente fria (linha azul) e da ZCIT (linhas em laranja) e do ASAS (alta pressão de 1024 hPa sobre o Oceano Atlântico Sul). Fonte: CPTEC/INPE.

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 dos fenômenos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) e La Niña. Este fenômeno é caracterizado por uma oscilação entre aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) anômalo das temperaturas da superfície do mar no oceano. O fenômeno ENOS, que afeta fortemente a estação chuvosa do norte do Nordeste do Brasil, do leste do Amazonas e do Cone Sul da América do Sul (ROPELEWSKI e HALPERT, 1987; GRIMM *et al.*, 2000), não apresenta uma resposta linear na Região Sudeste do Brasil. De acordo com GRIMM e FERRAZ (1998), o clima no

Sudeste do Brasil sofre maior influência do Oceano Atlântico do que do Oceano Pacífico. Ainda de acordo com estes autores, a pouca consistência das anomalias de precipitação do sudeste se deve justamente ao caráter de transição desta região, pois as anomalias podem deslocar-se para norte ou para sul de um evento para o outro, podendo com isto alterar o sinal em relação ao evento anterior. Com relação à influência do El Niño na temperatura do ar sobre a região Sudeste, GRIMM (2003) afirma que durante a primavera, especialmente em novembro do ano em que o evento começa, ocorre significativo aquecimento sobre o sudeste do Brasil, com anomalias de temperatura do ar que podem atingir 2°C.

II.5.1.1.2 Caracterização dos fenômenos de mesoescala

Neste item é apresentada a caracterização meteorológica de mesoescala na área de estudos. Os sistemas de mesoescala têm dimensões da ordem de 1 km até aproximadamente de 100 km e temporalmente sua característica é da ordem de 1^h a 1 dia. Nessa categoria são enquadrados os fenômenos: tornados, linhas de instabilidade, tempestades isoladas, conjuntos ou sistemas de nuvens, ilhas de calor e brisas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Para a caracterização meteorológica de mesoescala, este item foi dividido em subitens para cada parâmetro meteorológico analisado: temperatura do ar (A), precipitação (B), insolação (C), evaporação (D), umidade relativa do ar (E), pressão atmosférica (F) e regime de ventos (G).

Com a finalidade de caracterizar a climatologia dos referidos parâmetros meteorológicos foi utilizado um período mínimo de 30 anos de dados, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Quando relevante, e condicionado à disponibilidade de séries mais recentes dos parâmetros analisados, foram realizadas comparações em relação às séries climatológicas a fim de complementar a caracterização.

Deve-se considerar que o presente estudo buscou dar continuidade à caracterização amplamente realizada na Etapa 3 do licenciamento ambiental da área PPSBS e quando pertinente, informações relevantes foram extraídas do documento PETROBRAS/TETRATECH (2016).

As bases de dados e as estações abaixo descritas foram selecionadas com o objetivo de representar de maneira satisfatória a variabilidade espacial e temporal dos parâmetros meteorológicos que atuam sobre a Bacia de Santos. E, dessa maneira, obter uma caracterização meteorológica da região de interesse. Os dados meteorológicos utilizados neste estudo incluem as seguintes bases de dados:

- INMET¹: séries de dados disponíveis das estações do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis (temperatura do ar, precipitação, insolação, umidade relativa e pressão atmosférica);
- INMET: normais climatológicas² das estações do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis (temperatura do ar, precipitação, insolação, umidade relativa e pressão atmosférica);
- METAR: estações no Rio de Janeiro – SBRJ e Florianópolis - SBFL (regime dos ventos - velocidade e direção);
- PCD/INPE: estação de Ubatuba (regime de ventos – velocidade e direção);
- PETROBRAS: FPSO Cidade de Angra dos Reis e Plataforma MLZ1 (regime dos ventos – velocidade e direção);
- ERA 5³: (temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e regime dos ventos - velocidade e direção);

O METAR mantém disponível em seu site para *download* (<http://www.redemet.aer.mil.br>; último acesso em abril de 2021) uma série histórica de 1951 a 2020, no entanto, após analisar os resultados obtidos concluiu-se que os dados apresentavam erros, mesmo após diversos reprocessamentos. Para que dados mais recentes pudessem ser integrados a esta caracterização, também foram avaliados os dados das estações do INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br/>; último acesso em abril de 2021), mas por esta instituição fornecer apenas médias mensais de direção do vento, sua utilização foi inviabilizada, uma vez que para um diagnóstico fidedigno do regime de ventos, séries horárias são fundamentais. Os

¹ Instituto Nacional de Meteorologia, dados fornecidos pelo BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) a partir de <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa>. Acesso em dezembro de 2020.

² Instituto Nacional de Meteorologia, normais climatológicas para o período de 1960 a 1990, dados obtidos a partir de <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em dezembro de 2020.

³ Reanálise ERA 5 (Climate Data Store), ECMWF's Integrated Forecast System (IFS) <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!home>. Acesso em dezembro de 2020.

dados de velocidade e direção do vento referentes ao PCD/INPE (<http://sinda.crn.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>; último acesso em abril de 2021) não se encontram disponíveis na plataforma (apenas pluviosidade, pressão e umidade relativa do ar). Dessa maneira, os referidos dados foram extraídos de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Os dados provenientes do FPSO Cidade de Angra dos Reis e Plataforma MLZ1 também foram obtidos em PETROBRAS/TETRATECH (2016), conforme orientação da PETROBRAS.

É importante ressaltar que a base de dados de reanálise ERA 5 é disponibilizada com variabilidade espacial, em contrapartida, as demais bases listadas apresentam medições pontuais. Outro critério a ser destacado para a caracterização meteorológica de interesse foi a preferência por dados que apresentassem abrangência temporal e histórica relevantes, ou seja séries temporais mais extensas e recentes, que estivessem nos limites geográficos desta área de estudo.

As características e os períodos utilizados para a composição da base de dados formada pelas medições pontuais estão apresentados no **Quadro II.5.1.1.1.2-1**, enquanto o **Quadro II.5.1.1.1.2-2** dispõe das informações referentes a base de dados que apresenta variabilidade espacial. Para os parâmetros obtidos a partir do ERA 5 foi escolhido o ponto na grade global de maior representatividade para a área do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS), tendo a coordenada do seu Ponto de Análise (PA) explicitada no mesmo quadro. Destaca-se que o PA foi utilizado para análises pontuais de séries temporais dos parâmetros meteorológicos extraídos do ERA 5. A **Figura II.5.1.1.1.2-1** ilustra a localização geográfica dos pontos de análise, bem como os blocos em licenciamento na Etapa 4.

Quadro II.5.1.1.1.2-1– Informações das bases de dados com medidas pontuais dos parâmetros meteorológicos utilizados (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS E ESTAÇÃO	PARÂMETRO	COORDENADAS	ALTITUDE	RESOLUÇÃO TEMPORAL	PERÍODO
INMET Rio de Janeiro (normais climatológicas e séries temporal disponível)	Temperatura do ar, Precipitação, Insolação, Evaporação, Umidade relativa, Pressão atmosférica	22,89°S e 43,18°W	4,0 m	3 vezes ao dia (séries recentes) médias mensais (normais)	1961 a 2017 (séries recentes) 1981 a 2010 (normais)
INMET Florianópolis (normais climatológicas e séries temporal disponível)	Temperatura do ar, Precipitação, Insolação, Evaporação, Umidade relativa, Pressão atmosférica	27,58°S e 48,46°W	1,8 m	3 vezes ao dia (séries recentes) médias mensais (normais)	1961 a 2020 (séries recentes) 1981 a 2010 (normais)
INMET Paranaguá (normais climatológicas e séries temporal disponível)	Temperatura do ar, Precipitação, Insolação, Evaporação, Umidade relativa, Pressão atmosférica	25,53°S e 48,51°W	4,5 m	3 vezes ao dia (séries recentes) e médias mensais (normais)	1961 a 2020 (séries recentes) 1981 a 2010 (normais)
INMET Santos (normais climatológicas e séries temporal disponível)	Temperatura do ar, Precipitação, Insolação, Evaporação, Umidade relativa, Pressão atmosférica	23,93°S e 46,33°W	13,5 m	3 vezes ao dia (séries recentes) médias mensais (normais)	1961 a 1996 (séries recentes) 1981 a 2010 (normais)
INMET Ubatuba (normais climatológicas e séries temporal disponível)	Temperatura do ar, Precipitação, Insolação, Evaporação, Umidade relativa, Pressão atmosférica	23,45°S e 45,06°W	8,0 m	3 vezes ao dia (séries recentes) médias mensais (normais)	1961 a 2009 (séries recentes) 1981 a 2010 (normais)

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-1 (Continuação)– Informações das bases de dados com medidas pontuais dos parâmetros meteorológicos utilizados (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS E ESTAÇÃO	PARÂMETRO	COORDENADAS	ALTITUDE	RESOLUÇÃO TEMPORAL	PERÍODO
METAR Rio de Janeiro (SBRJ)*	Vento	22,91°S e 43,16°W	3,0 m	1 h	01/11/2003 a 01/09/2015
METAR Florianópolis (SBFL)*	Vento	27,67°S e 48,56°W	5,0 m	1 h	01/04/2003 a 01/09/2015
PCD/INPE*	Vento	25,36°S e 44,85°W	70,0 m	3 h	01/11/2007 a 01/09/2015
PETROBRAS FPSO Angra dos Reis*	Vento	25,55°S e 42,84°W	Não informado	1 h	01/10/2011 a 30/09/2012
PETROBRAS Plataforma MLZ1*	Vento	25,27°S e 45,25°W	Não informado	1 h	01/04/2006 a 03/03/2007

*informações obtidas de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.2-2– Informações da base de dados dos parâmetros meteorológicos com distribuição espacial (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS	PARÂMETRO	NÍVEL VERTICAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE	PERÍODO
ERA 5	Vento	10 m	Médias mensais	0,25° x 0,25°	25.08°S e 42.85°W	jan 1979 a dez 2020
	Temperatura do ar	2 m				
	Pressão atmosférica	Superfície				
	Umidade relativa	2 m				
	Precipitação	-				
	Evaporação	-				

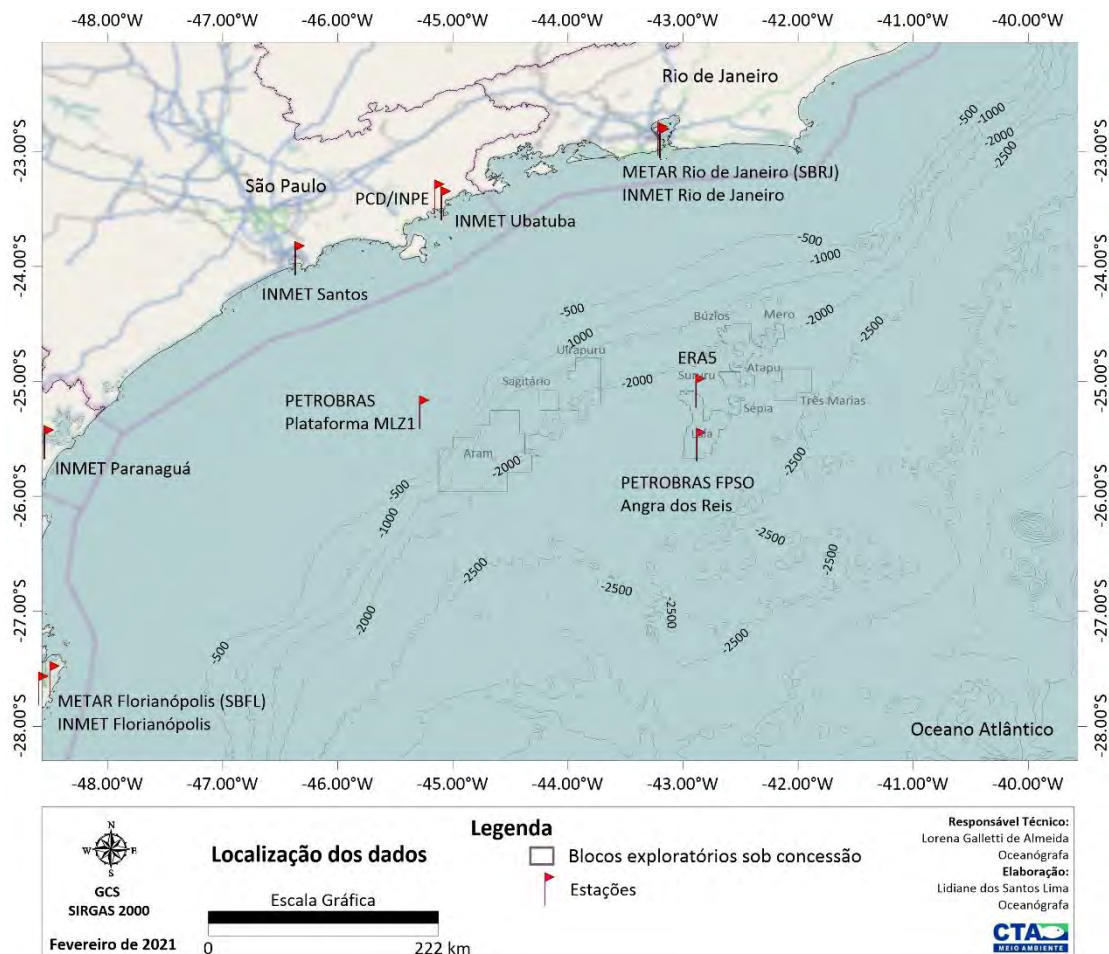


Figura II.5.1.1.1.2-1– Localização geográfica pontos onde os parâmetros meteorológicos foram analisados no projeto do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS) – Etapa 4.

A. Temperatura do ar

A **Figura II.5.1.1.1.2-2** à **Figura II.5.1.1.1.2-17** apresentam mapas das climatologias mensais e por estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) da temperatura do ar, com base nos dados da reanálise ERA5 no período de janeiro de 1979 e dezembro de 2020.

Considerando a área total analisada e interpolada dos dados de reanálise ERA5, a distribuição da temperatura do ar a 2 metros da superfície apresenta pequena variação entre verão (**Figura II.5.1.1.1.2-5**) e inverno (**Figura II.5.1.1.1.2-13**), com valores médios oscilando entre 26,7°C e 20,2°C no verão e 22,5°C e 15,8°C no inverno. Os meses de fevereiro (25,9°C) e setembro (21,3°C)

registraram a maior e a menor média da temperatura do ar, respectivamente, sendo sempre mais elevada na porção continental que na porção oceânica.

A variação anual de temperatura (diferença entre as temperaturas de verão e inverno) é pequena nas latitudes subtropicais, pois nessa região a radiação solar não muda substancialmente ao longo do ano, como também sobre o oceano as flutuações são relativamente pequenas. Nos grandes corpos d'água dos oceanos, os altos valores de calor específico e a forte mistura na camada superficial leva a uma grande inércia térmica dos mesmos, reduzindo as variações de temperatura durante o ano (PEIXOTO e OORT, 1992).

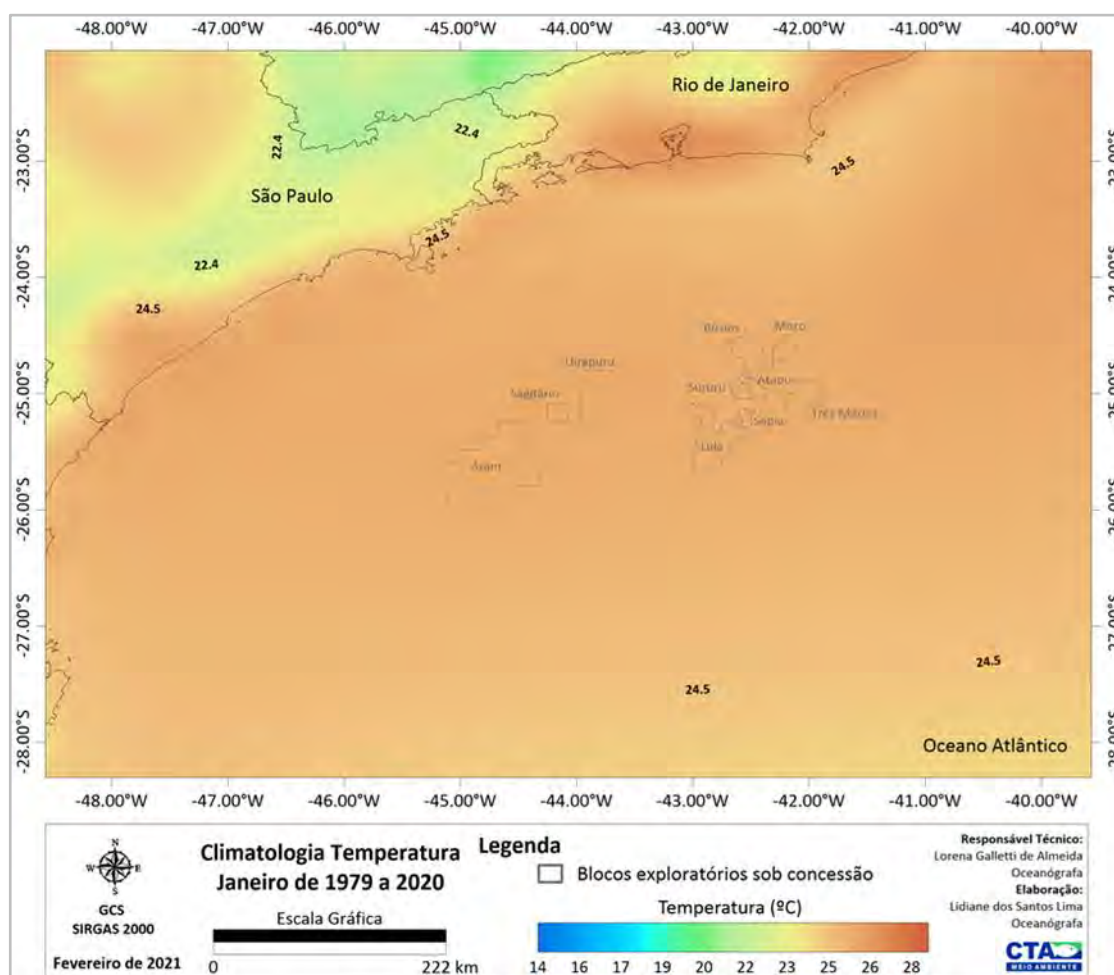


Figura II.5.1.1.1.2-2– Climatologia de janeiro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

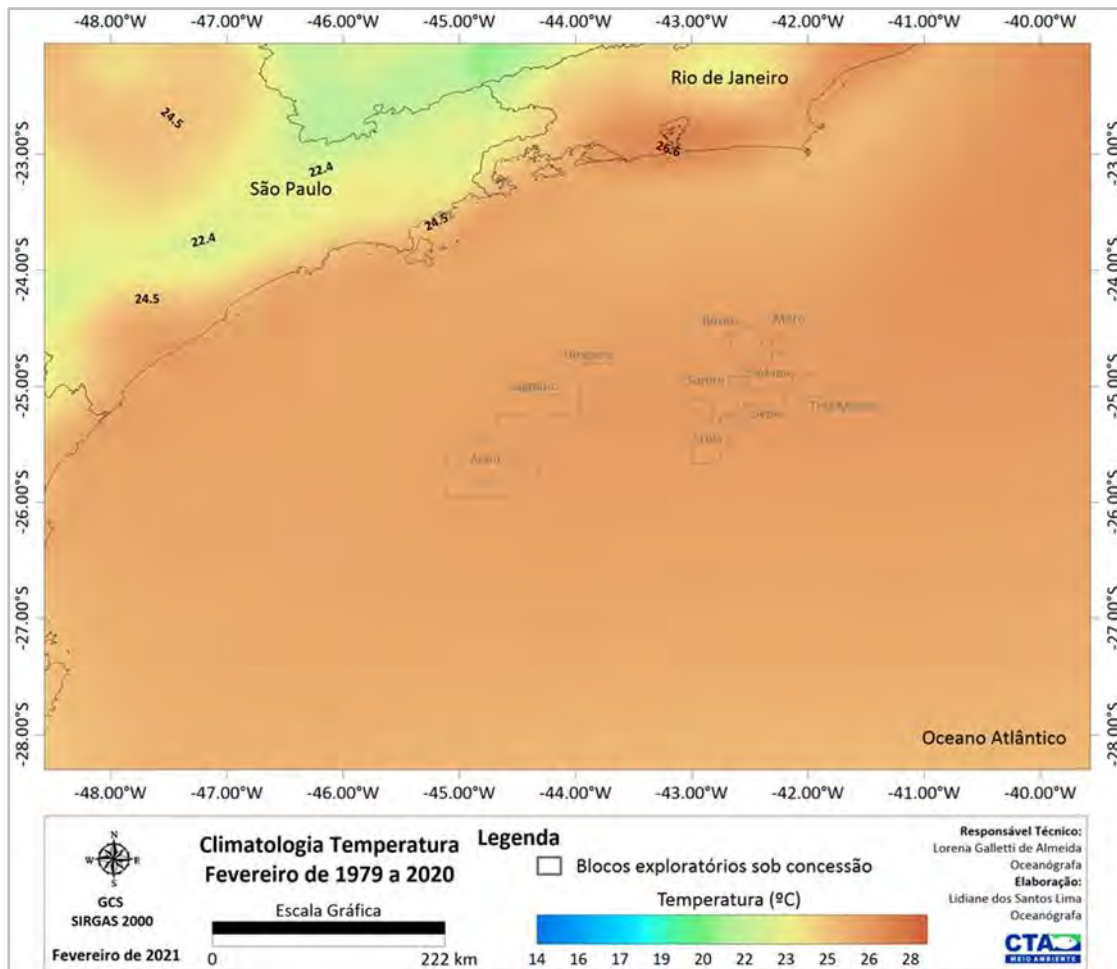


Figura II.5.1.1.1.2-3– Climatologia de fevereiro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

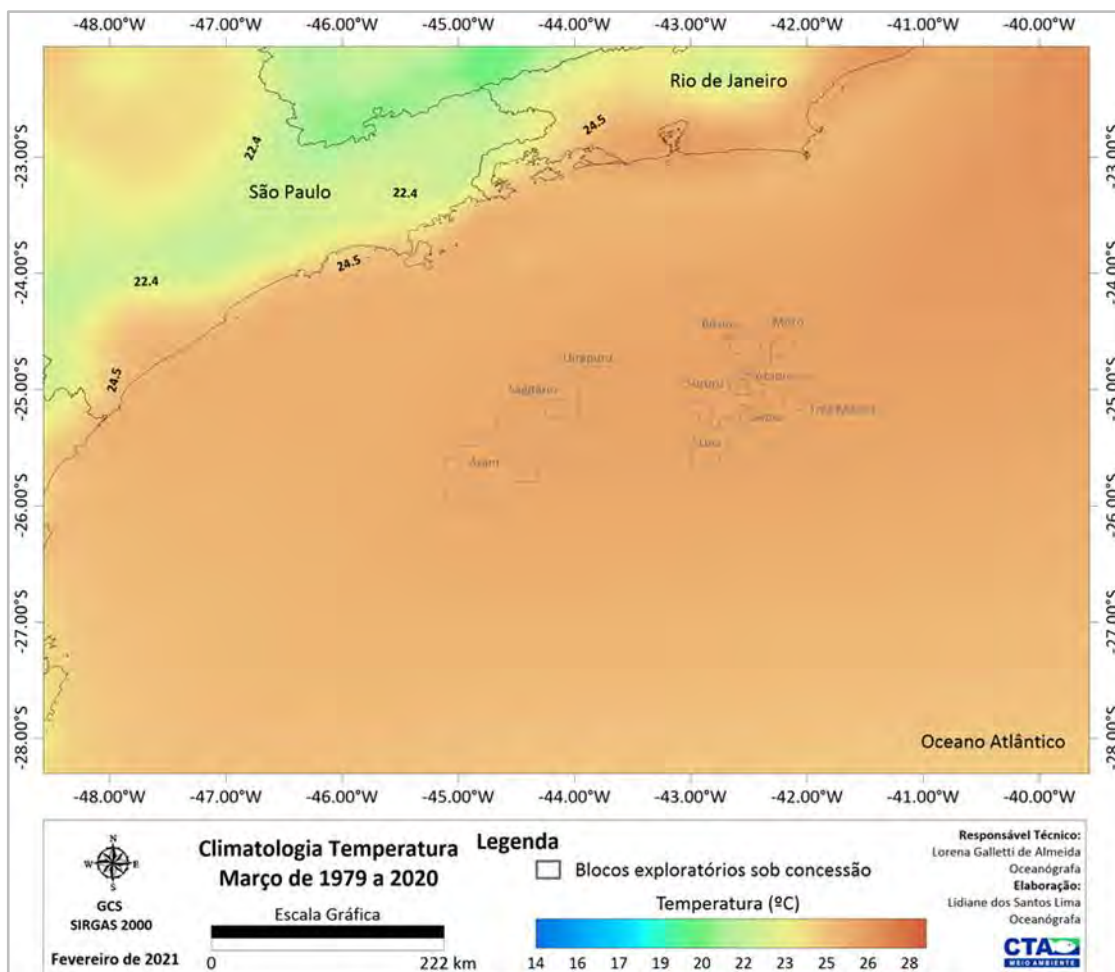


Figura II.5.1.1.1.2-4– Climatologia de março referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

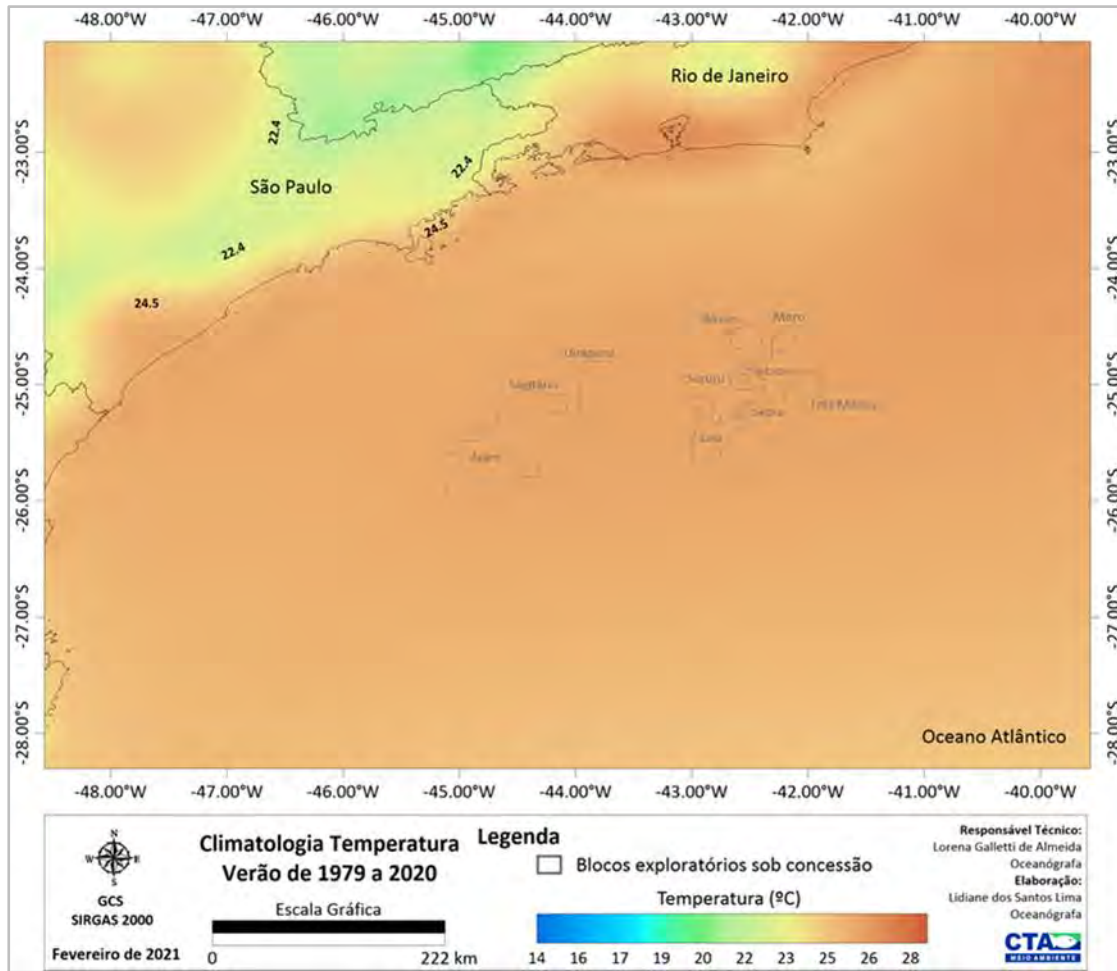


Figura II.5.1.1.1.2-5– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

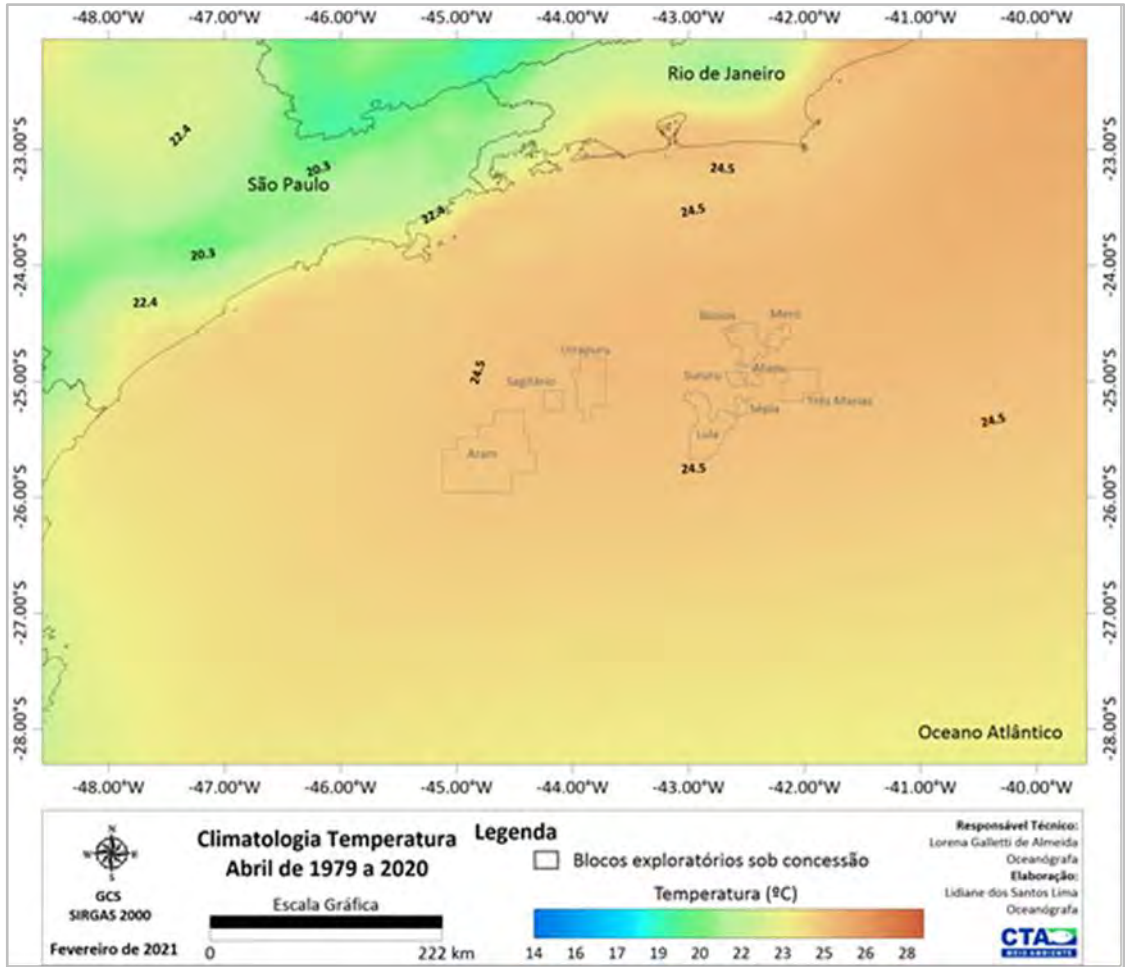


Figura II.5.1.1.1.2-6– Climatologia de abril referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

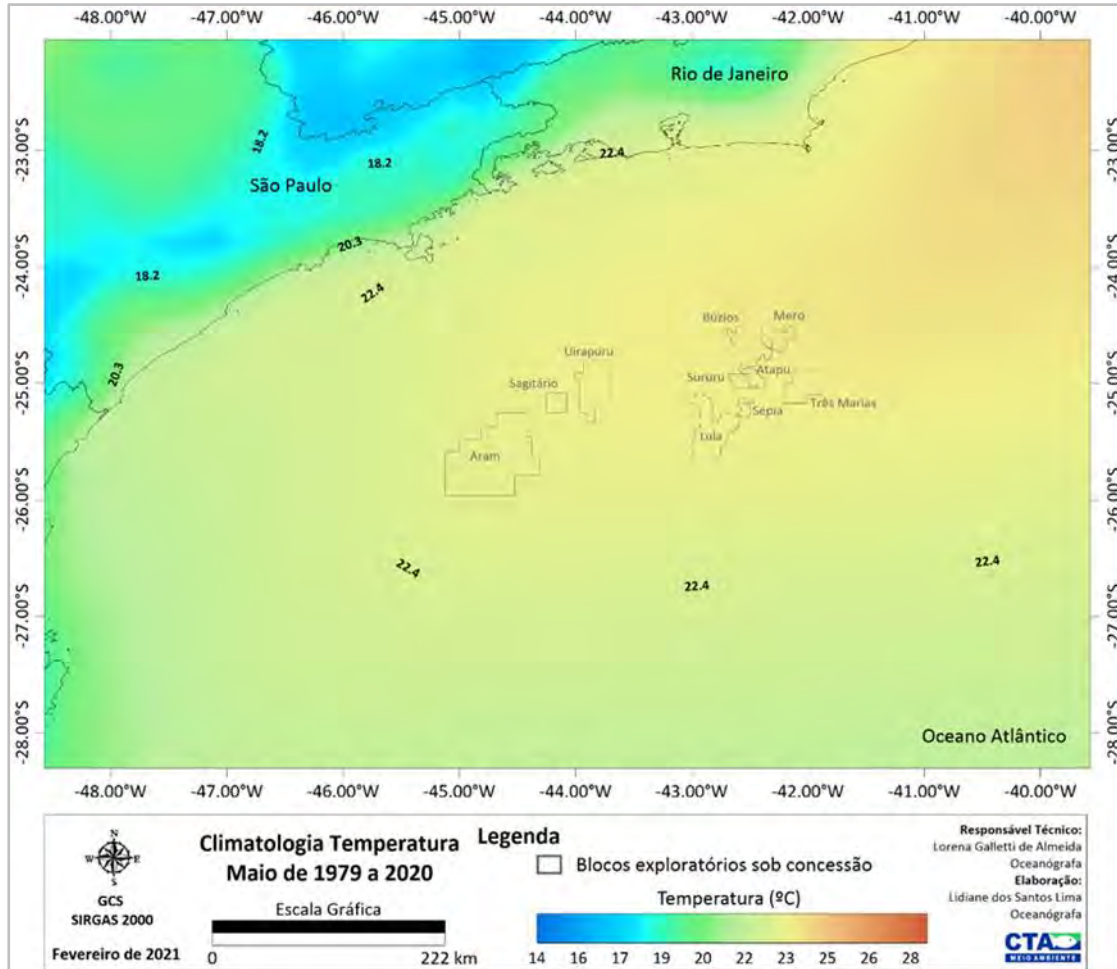


Figura II.5.1.1.1.2-7– Climatologia de maio referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão 4.

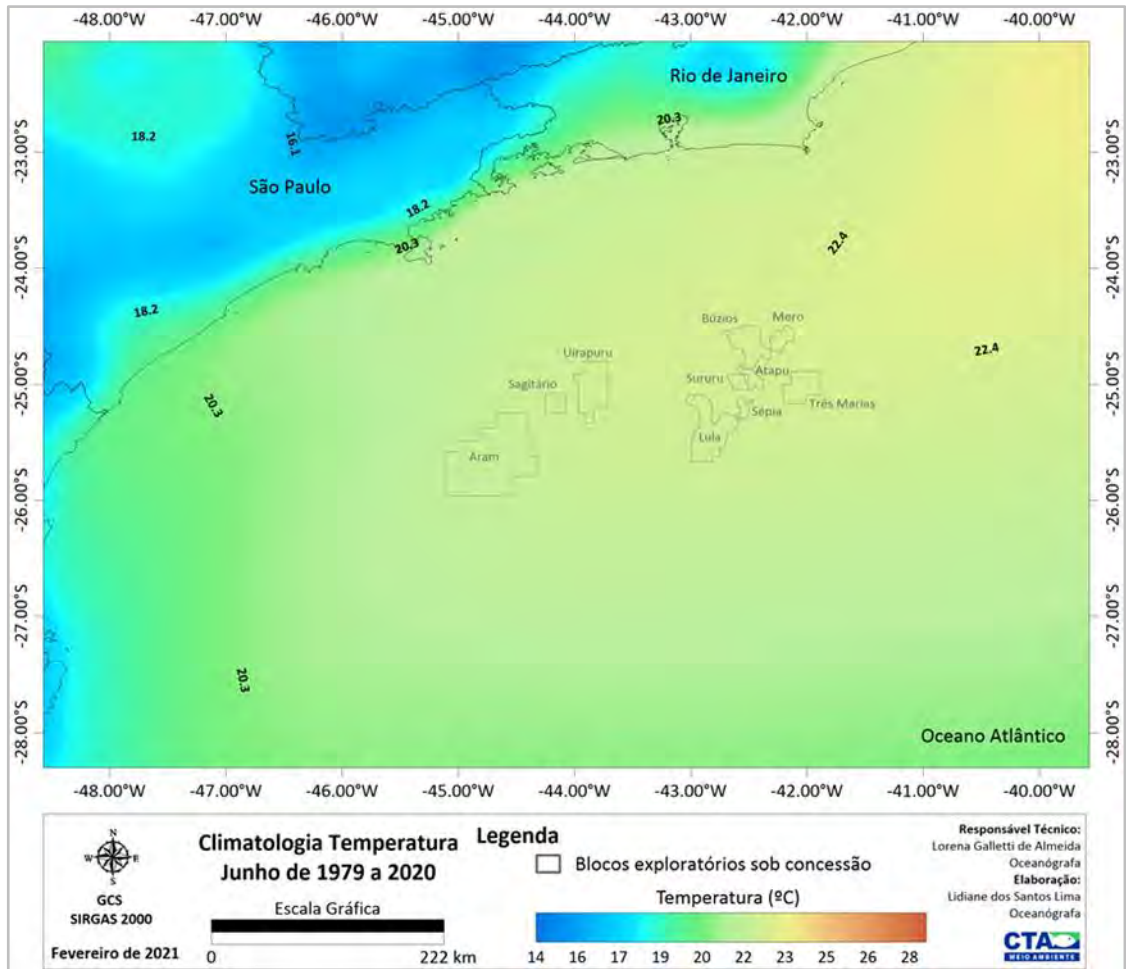


Figura II.5.1.1.1.2-8– Climatologia de junho referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

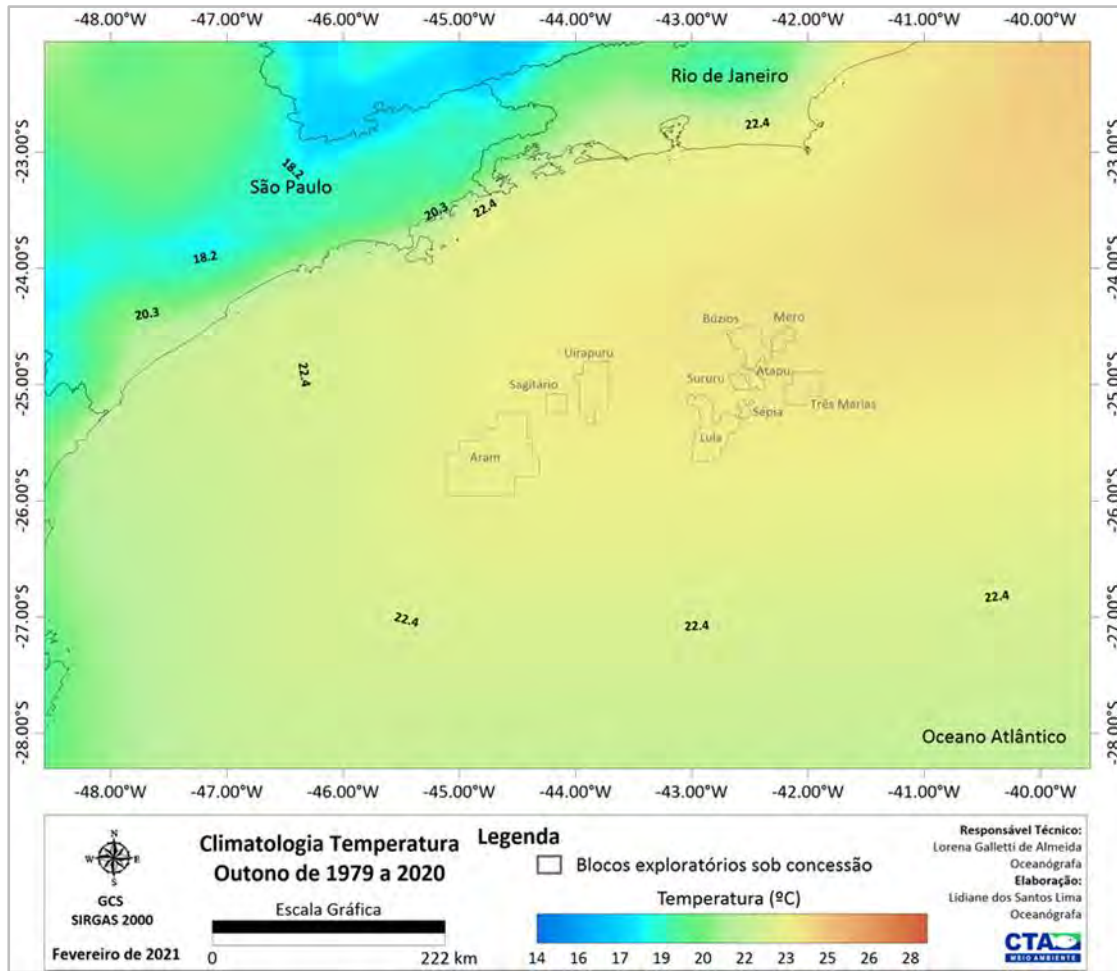


Figura II.5.1.1.1.2-9– Climatologia de outono (abril a junho) referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

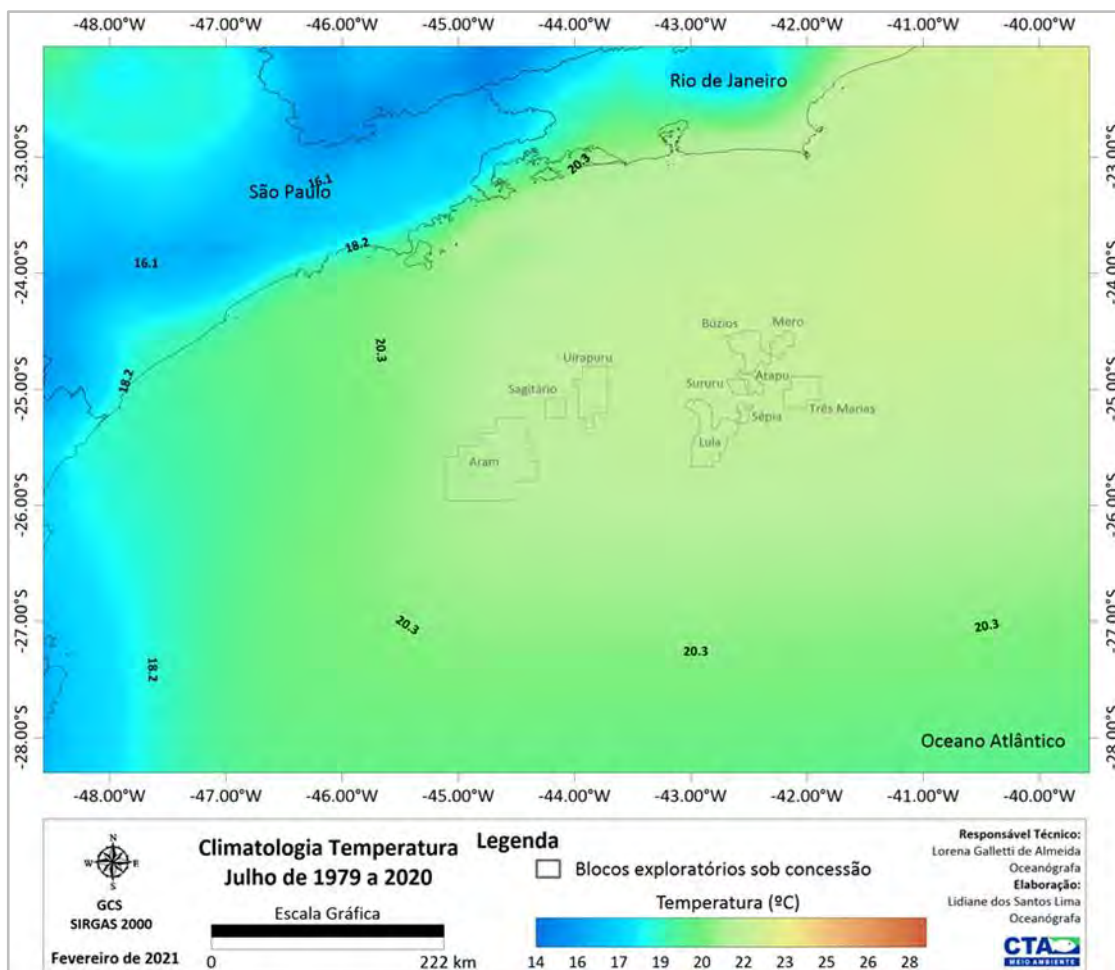


Figura II.5.1.1.1.2-10– Climatologia de julho referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

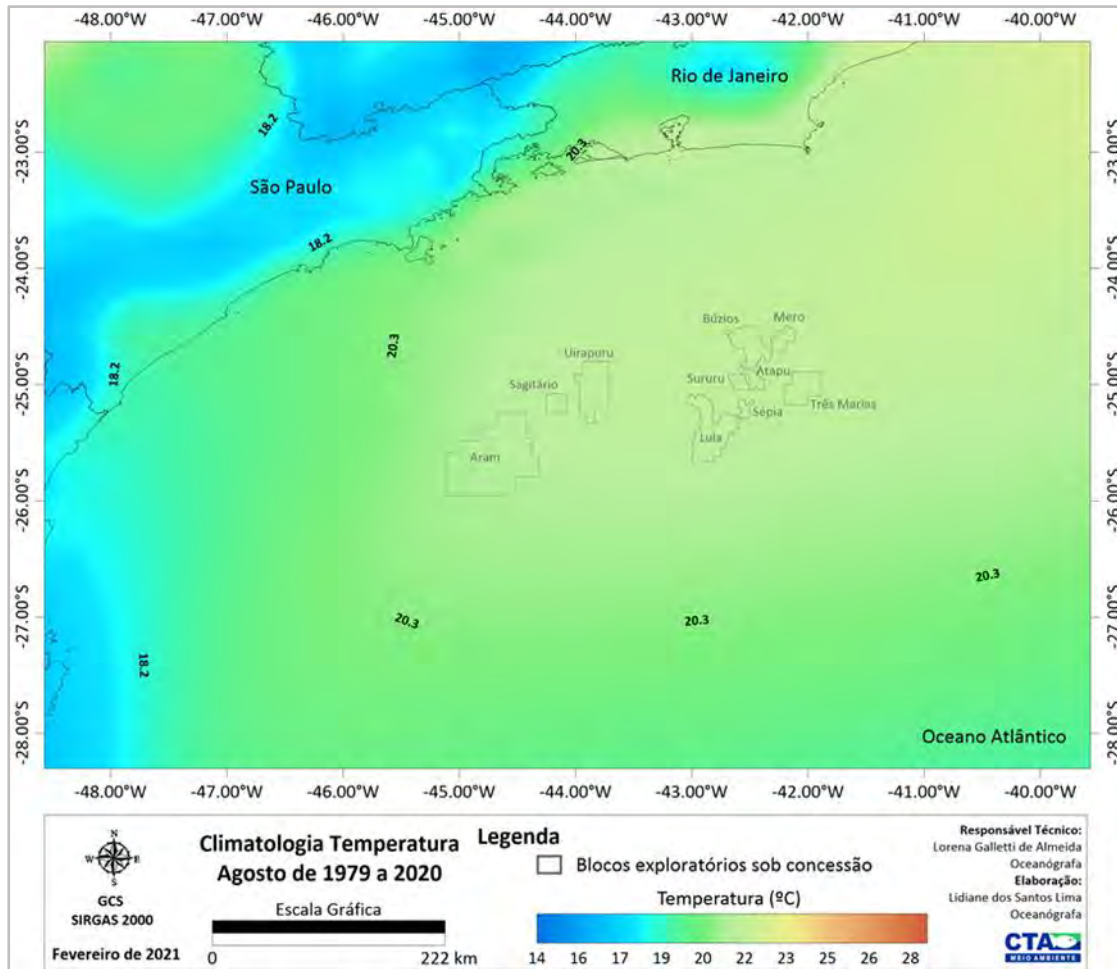


Figura II.5.1.1.2-11– Climatologia de agosto referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

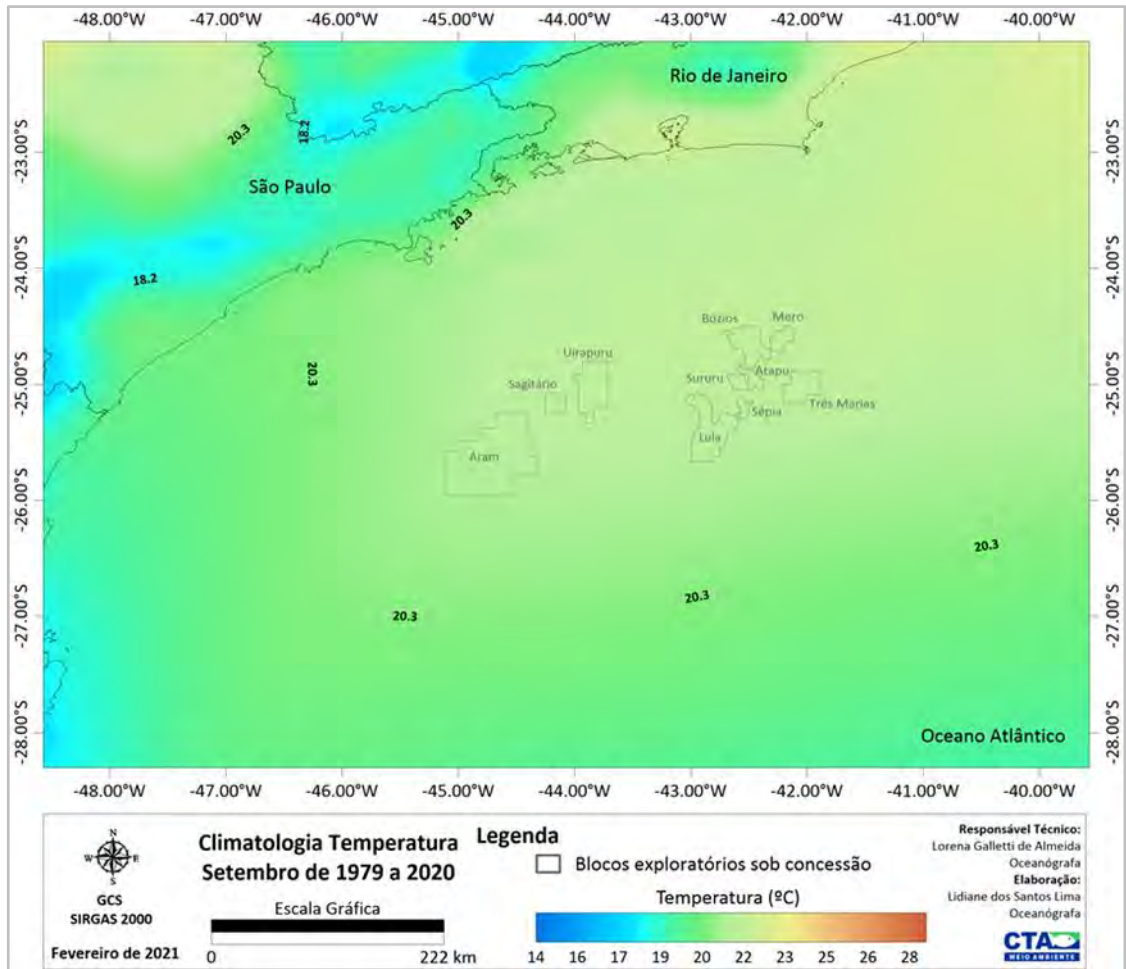


Figura II.5.1.1.1.2-12– Climatologia de setembro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

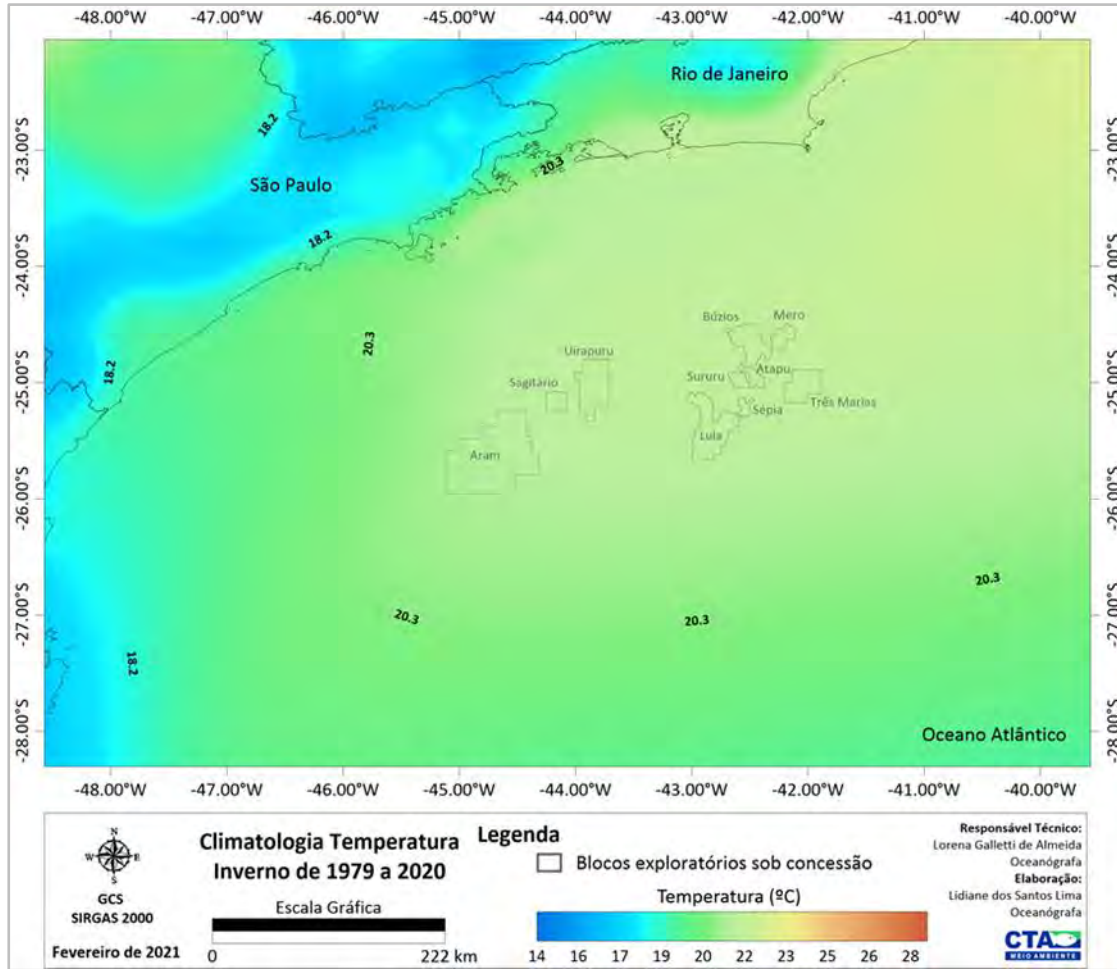


Figura II.5.1.1.1.2-13– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

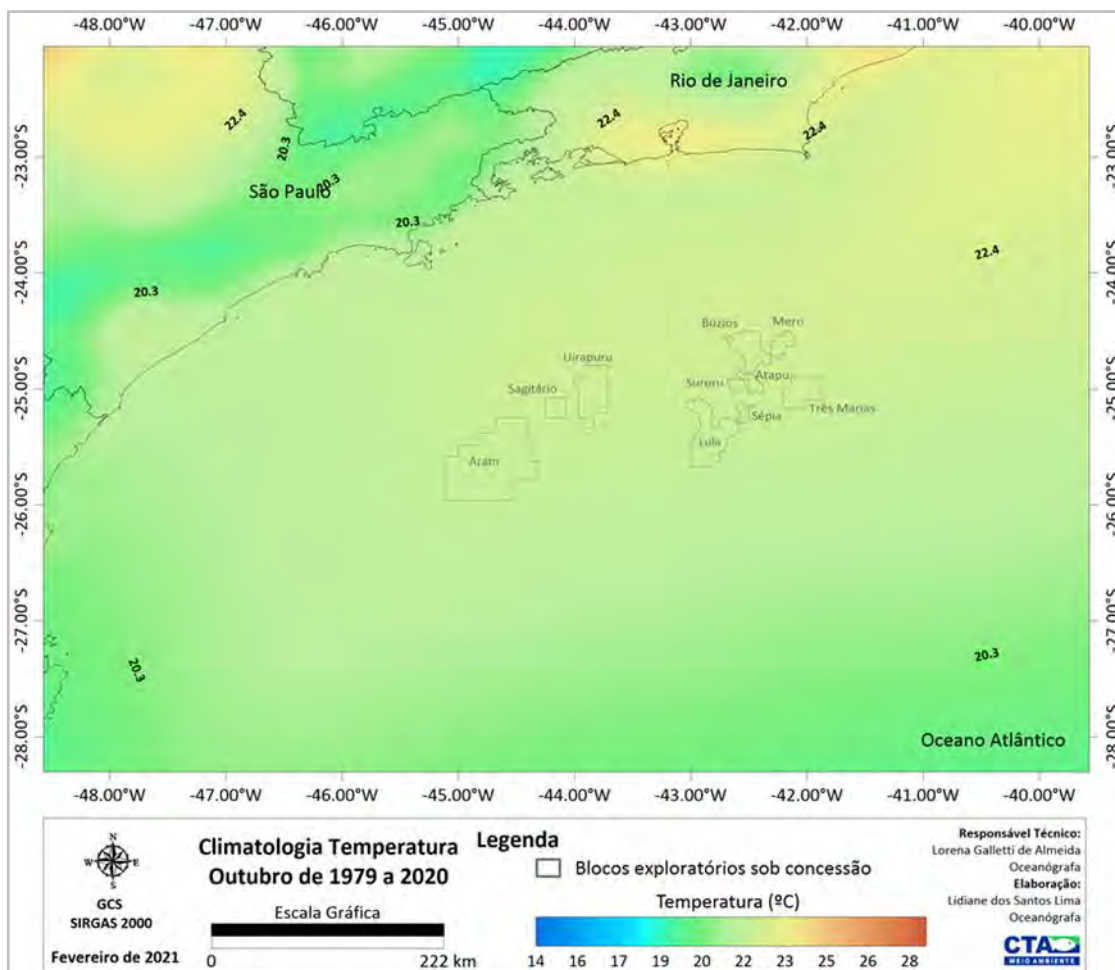


Figura II.5.1.1.1.2-14– Climatologia de outubro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

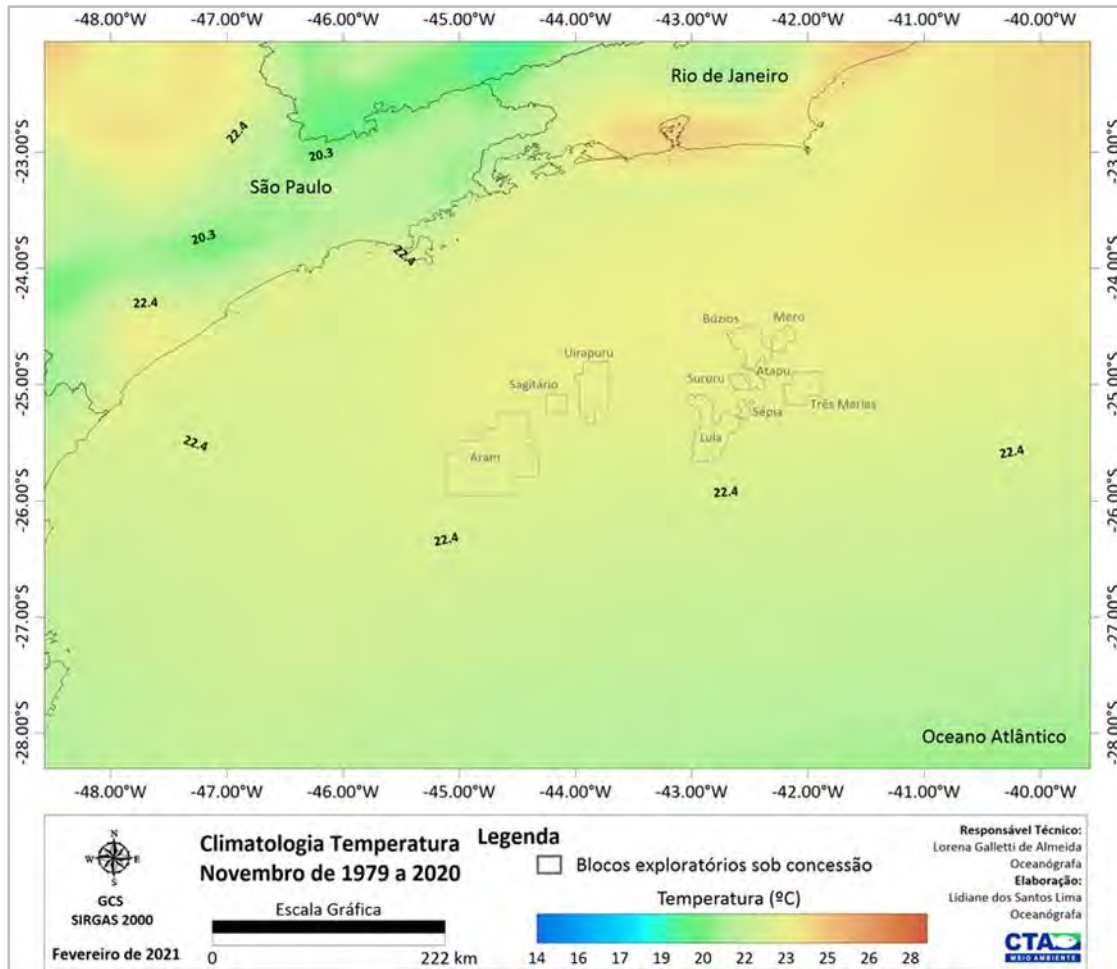


Figura II.5.1.1.2-15– Climatologia de novembro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

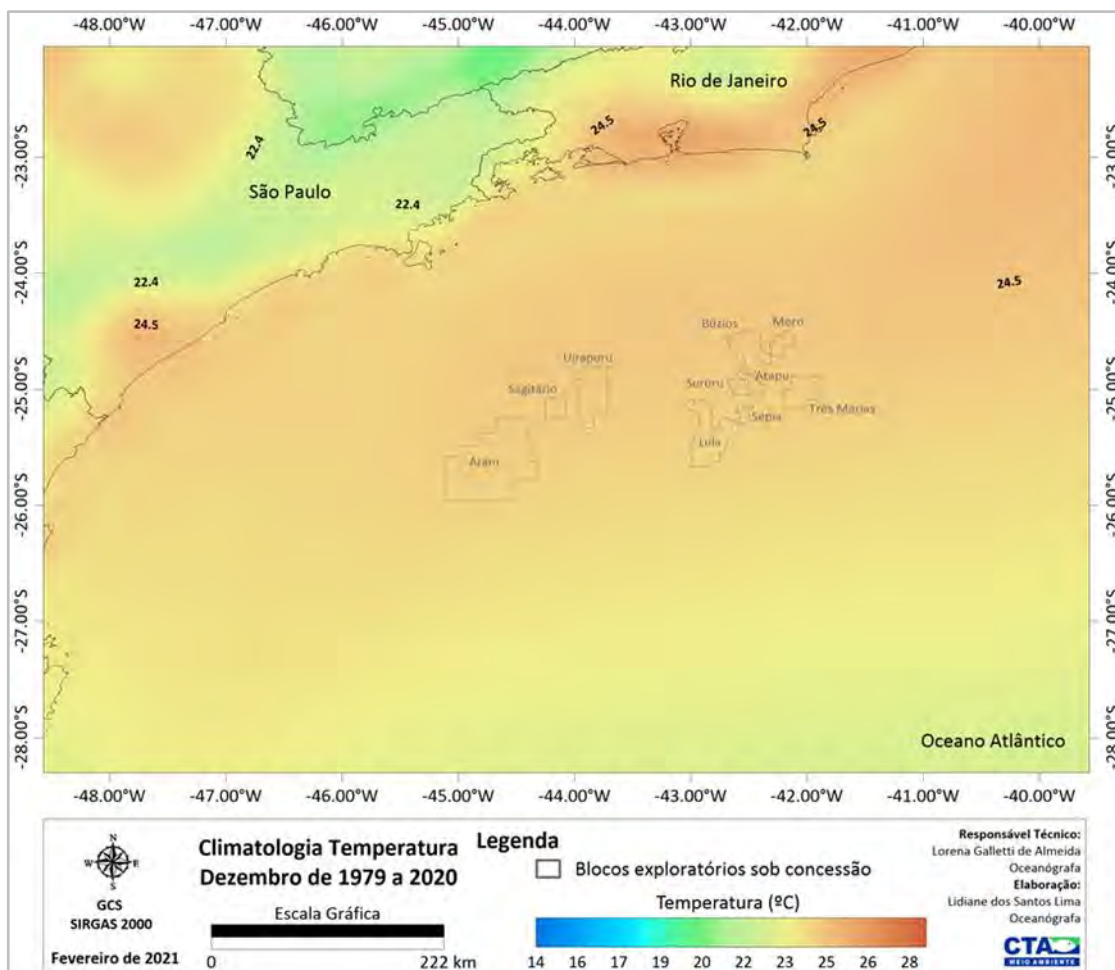


Figura II.5.1.1.1.2-16– Climatologia de dezembro referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

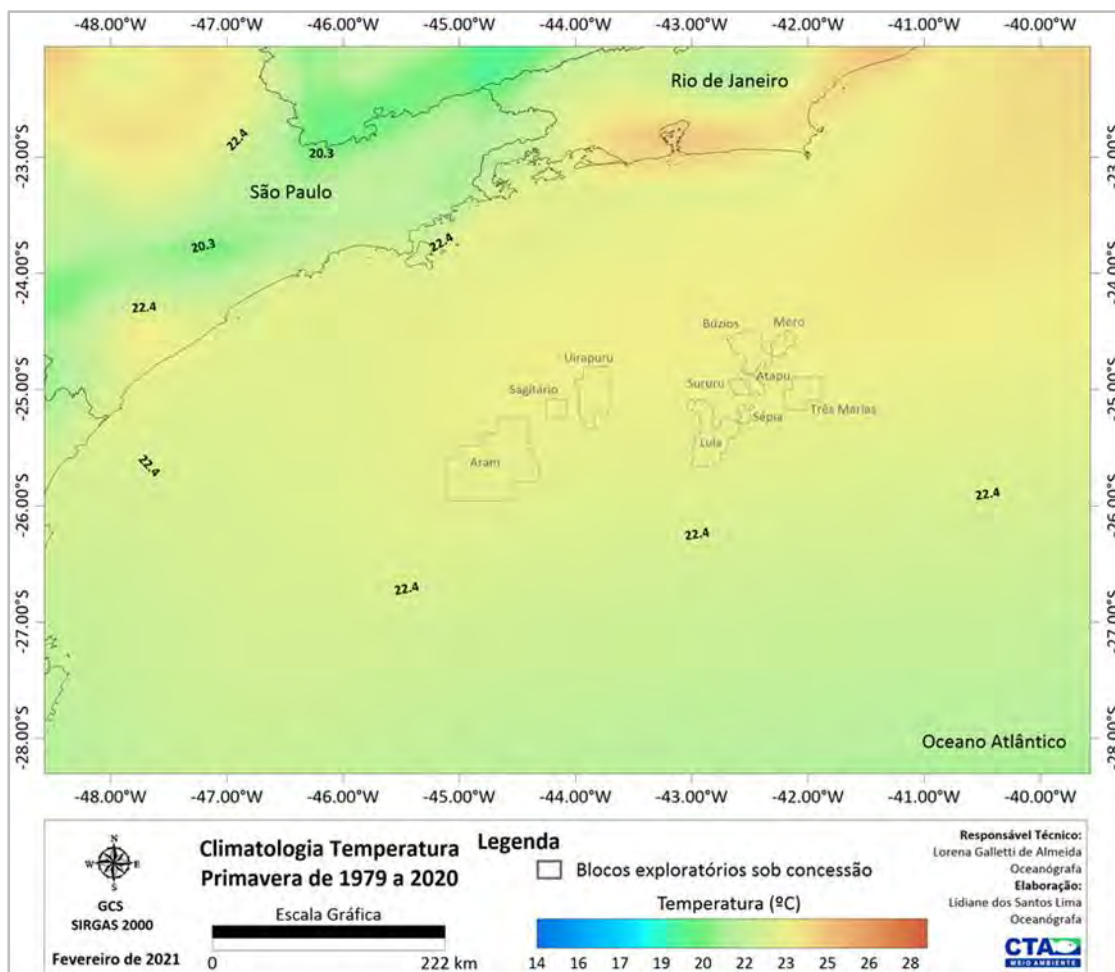


Figura II.5.1.1.2-17– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a temperatura do ar (°C) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Em continuidade à caracterização climatológica da temperatura do ar, é apresentada uma análise das variações interanuais e sazonais, a partir das estações do INMET (**Gráfico II.5.1.1.1.2-1** ao **Gráfico II.5.1.1.1.2-5**Gráfico II.5.1.1.1.2-6), com respectiva normal climatológica, e também no ponto de reanálise do ERA5 (**Gráfico II.5.1.1.1.2-6**).

De maneira geral, as curvas mostram que tanto na área costeira quanto oceânica, o mês de fevereiro é o mês mais quente do ano, sendo alcançadas as maiores médias de temperatura do ar, as quais oscilaram entre 25,0°C e 27,0°C. Julho é o mês mais frio no litoral catarinense, paranaense e paulista, com temperatura média mínima variando entre 16,0°C e 19,0°C, enquanto no litoral do

estado do Rio de Janeiro, os meses de junho, julho e agosto são os meses com as menores temperaturas médias, em torno de 22,1°C. Na região oceânica, as temperaturas médias mais baixas são registradas em agosto e setembro, com valores na ordem de 21,0°C.

Como esperado, as maiores amplitudes térmicas anuais, representadas pelas diferenças entre as temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio, foram observadas nas estações localizadas no continente, atingindo um máximo de 9,0°C, enquanto sobre o oceano a amplitude foi em torno de 5,0°C. Ainda, os locais mais ao norte apresentaram as menores amplitudes e maiores médias e, os mais ao sul, as maiores amplitudes e menores médias, denotando a possível influência da passagem de sistemas frontais e ciclones nesta época do ano, fazendo com que a temperatura varie de forma mais frequente.

Em maior detalhe, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-1a** apresenta a climatologia da temperatura do ar média, máxima e mínima mensal conforme dados registrados na estação do INMET no Rio de Janeiro para o período de 1961 a 2017 e sua respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET (referente ao período de 1981 a 2010, **Gráfico II.5.1.1.1.2-1c**). De acordo com a série temporal disponível, janeiro, fevereiro e março são os meses mais quentes no litoral do estado do Rio de Janeiro, com temperatura do ar média de 27,0°C, enquanto junho, julho e agosto são os meses mais frios, médias em torno de 22,1°C (**Quadro II.5.1.1.1.2-3**). A amplitude térmica é da ordem de 7,0°C. Comparando a série temporal disponível com a normal climatológica é possível observar que esta última se apresenta, de forma geral, 1,0°C mais quente do que a série temporal disponível, sendo a variação sazonal semelhante entre as séries. A partir do **Gráfico II.5.1.1.1.2-1b** e do **Quadro II.5.1.1.1.2-4** que apresentam a distribuição anual da temperatura do ar no Rio de Janeiro é possível observar um aumento de cerca de 0,6°C na temperatura média a partir do ano 2000. Este aumento pode estar relacionado a um erro sistemático ou mudança de localização da estação meteorológica.

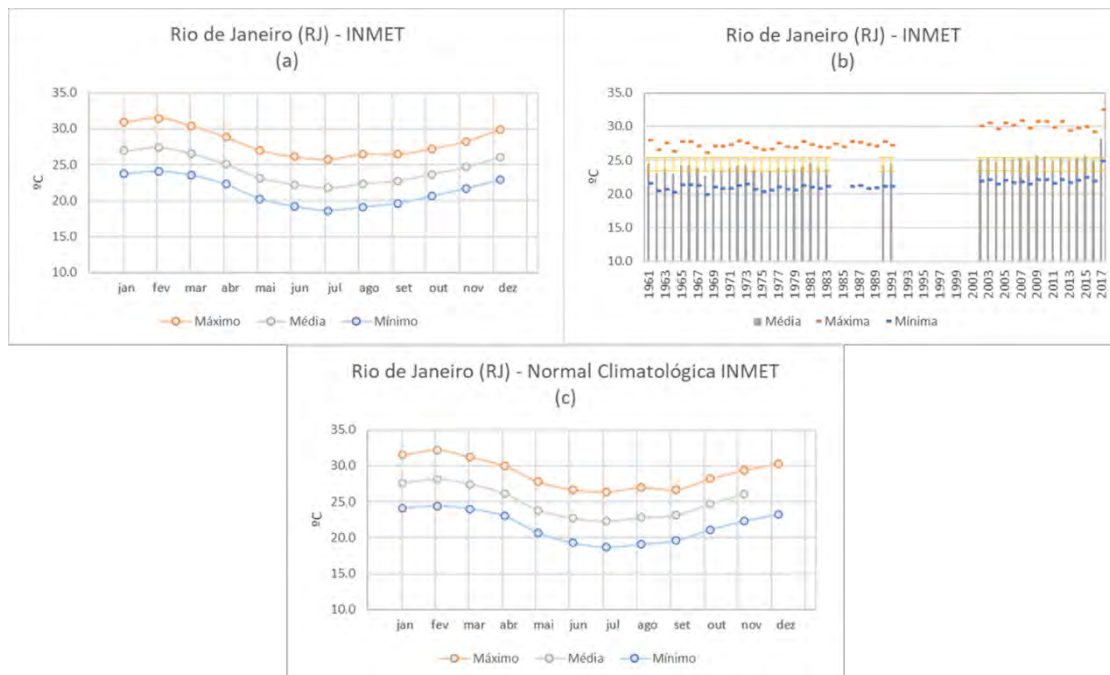


Gráfico II.5.1.1.1.2-1– Temperatura do ar (°C) no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série temporal disponível (1961 a 2017); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série temporal disponível (1961 a 2017), (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-3- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	30.9	31.5	30.4	28.8	27.0	26.1	25.8	26.5	26.4	27.2	28.3	29.8
Média	26.9	27.4	26.5	25.1	23.1	22.2	21.8	22.3	22.8	23.7	24.7	26.1
Mínimo	23.8	24.1	23.6	22.3	20.3	19.2	18.6	19.1	19.6	20.6	21.7	22.9
Desvio Padrão	2.5	2.2	1.9	2.0	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.6

Quadro II.5.1.1.1.2-4- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1961	28.05	24.51	21.63	2.5
1962	26.54	23.17	20.45	2.9
1963	27.54	23.84	20.75	2.8
1964	26.33	22.98	20.23	2.8
1965	27.78	24.19	21.35	2.5

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-4 (Continuação)- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1966	27.77	24.20	21.34	3.2
1967	27.08	23.86	21.28	2.4
1968	26.09	22.74	19.97	3.0
1969	27.08	23.74	21.08	2.8
1970	27.11	23.63	20.77	2.9
1971	27.30	23.75	20.79	3.1
1972	27.86	24.16	21.27	2.6
1973	27.60	24.23	21.52	2.8
1974	26.93	23.58	20.70	2.5
1975	26.60	23.25	20.41	2.7
1976	26.72	23.43	20.63	2.6
1977	27.56	23.94	21.00	2.2
1978	27.02	23.58	20.68	2.4
1979	26.89	23.71	20.59	2.1
1980	27.73	24.05	21.26	2.2
1981	27.38	24.66	20.98	2.3
1982	27.02	23.96	20.81	2.4
1983	26.93	23.68	21.17	2.8
1984	27.46	*	*	*
1985	27.03	*	*	*
1986	27.74	*	21.15	*
1987	27.65	*	21.22	*
1988	27.29	*	20.76	*
1989	27.14	*	20.91	*
1990	27.80	24.18	21.18	3.1
1991	27.26	24.44	21.15	2.6
1992	*	*	*	*
1993	*	*	*	*
1994	*	*	*	*
1995	*	*	*	*
1996	*	*	*	*
1997	*	*	*	*
1998	*	*	*	*
1999	*	*	*	*
2000	*	*	*	*
2001	*	*	*	*
2002	30.08	25.13	21.90	3.1
2003	30.56	25.50	22.16	3.3
2004	29.62	24.76	21.42	2.9
2005	30.57	25.48	22.01	2.9
2006	30.26	25.09	21.68	3.1
2007	30.86	25.47	21.86	3.1
2008	29.80	24.80	21.47	2.8
2009	30.81	25.69	22.19	3.2
2010	30.82	25.59	22.16	3.5
2011	29.88	24.75	21.56	3.3
2012	30.79	25.41	22.11	2.9
2013	29.45	24.88	21.75	3.0
2014	29.79	25.35	22.01	3.2
2015	29.98	25.65	22.49	3.0
2016	29.19	24.96	21.90	3.3
2017	32.56	28.23	24.89	2.1

No litoral paulista, os valores mensais da temperatura do ar obtidos a partir das estações do INMET de Ubatuba (**Gráfico II.5.1.1.1.2-2a**) e Santos (**Gráfico II.5.1.1.1.2-3a**), mostram que para Ubatuba a maior média mensal de 25,3°C ocorre no mês de fevereiro e a menor de 17,9°C em julho (**Quadro II.5.1.1.1.2-5**). O mesmo comportamento é observado na estação Santos com média mensal máxima de 25,9°C e mínima de 19,0°C, nos meses de fevereiro e julho, respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-7**). As normais climatológicas, **Gráfico II.5.1.1.1.2-2c** para Ubatuba e **Gráfico II.5.1.1.1.2-3c** para Santos, para o período de 1981 a 2010, apresentam comportamento bastante similar, com as maiores médias acima dos 25,0°C em fevereiro e as menores médias abaixo dos 19,3°C em julho. Embora haja diferença entre os anos, não foi observada uma variabilidade interanual expressiva na região (**Gráfico II.5.1.1.1.2-2b** e **Gráfico II.5.1.1.1.2-3b**), com exceção do ano de 2009 em Ubatuba que apresentou a maior média ($25,5 \pm 1,9^\circ\text{C}$) para o período analisado no litoral paulista (**Quadro II.5.1.1.1.2-6**).

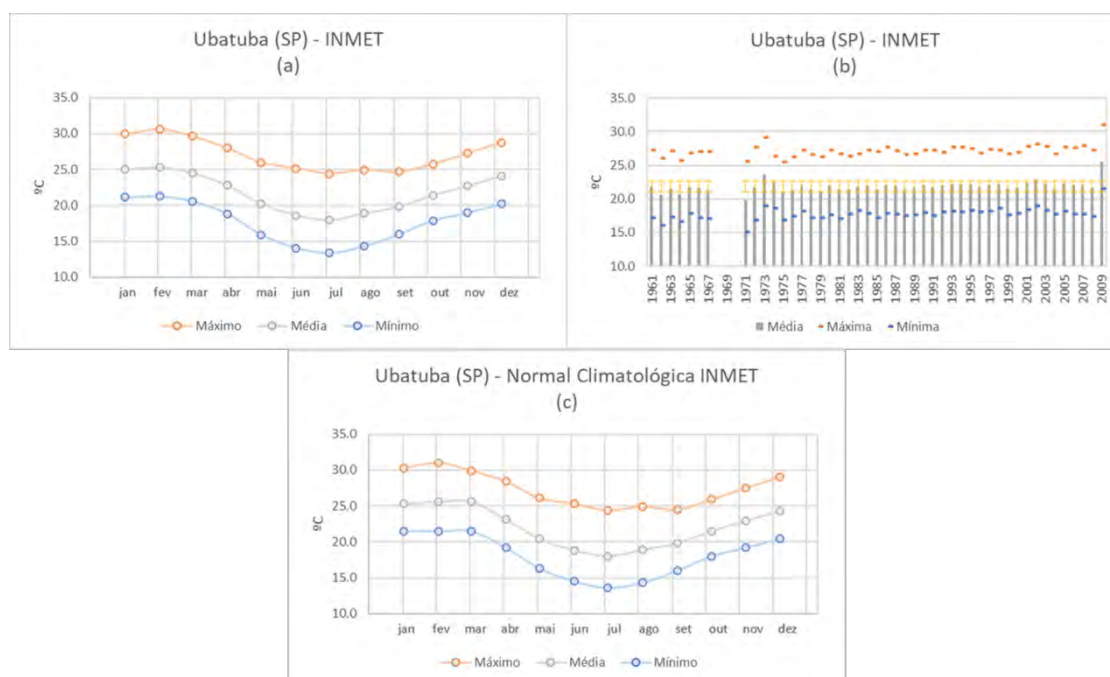


Gráfico II.5.1.1.1.2-2– Temperatura do ar (°C) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série temporal disponível (1961 a 2009); (b) Máxima, média, mínima

e desvio padrão anual para a série temporal disponível (1961 a 2009); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-5- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	29.9	30.6	29.6	28.0	26.0	25.2	24.4	24.9	24.7	25.7	27.3	28.8
Média	25.1	25.3	24.5	22.8	20.2	18.6	17.9	18.9	19.8	21.4	22.8	24.1
Mínimo	21.2	21.3	20.6	18.8	15.9	14.1	13.4	14.3	15.9	17.9	19.0	20.2
Desvio Padrão	1.9	1.6	1.6	1.9	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0

Quadro II.5.1.1.1.2-6- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1961	27.3	21.8	17.2	2.7
1962	26.0	20.6	16.1	3.3
1963	27.2	21.5	17.4	3.4
1964	25.7	20.7	16.6	3.1
1965	26.9	21.8	17.9	2.7
1966	27.1	21.6	17.3	3.2
1967	27.0	21.3	17.1	3.0
1968	*	*	*	*
1969	*	*	*	*
1970	*	*	*	*
1971	25.6	19.9	15.1	2.6
1972	27.7	21.7	16.9	3.0
1973	29.1	23.6	18.9	3.1
1974	26.4	22.5	18.6	2.4
1975	25.6	21.0	16.8	3.2
1976	26.3	21.3	17.4	3.2
1977	27.2	22.0	18.2	2.6
1978	26.6	21.4	17.2	3.0
1979	26.2	21.2	17.2	2.9
1980	27.3	21.9	17.7	3.2
1981	26.8	21.4	17.1	3.2
1982	26.3	21.4	17.7	2.7
1983	26.7	21.8	18.3	3.3
1984	27.3	21.9	17.9	3.2
1985	27.1	21.5	17.2	3.2
1986	27.7	22.1	17.9	3.3
1987	27.2	22.0	17.8	3.4
1988	26.7	21.5	17.5	3.7
1989	26.8	21.6	17.6	3.3
1990	27.3	22.1	18.0	3.8
1991	27.3	21.8	17.6	3.1

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-6 (Continuação)- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1992	27.0	21.9	18.1	2.9
1993	27.7	22.2	18.2	3.3
1994	27.7	22.1	18.1	3.5
1995	27.5	22.2	18.3	2.9
1996	26.8	21.8	18.1	3.6
1997	27.4	22.1	18.2	3.0
1998	27.3	22.3	18.7	3.4
1999	26.8	21.6	17.6	3.3
2000	26.9	21.7	17.8	3.4
2001	27.9	22.4	18.4	3.2
2002	28.2	22.9	19.0	3.0
2003	27.8	22.3	18.3	3.3
2004	26.7	21.5	17.8	2.9
2005	27.7	22.3	18.2	2.8
2006	27.6	22.1	17.8	3.3
2007	27.9	22.1	17.8	3.4
2008	27.2	21.6	17.4	2.7
2009	31.0	25.5	21.6	1.9

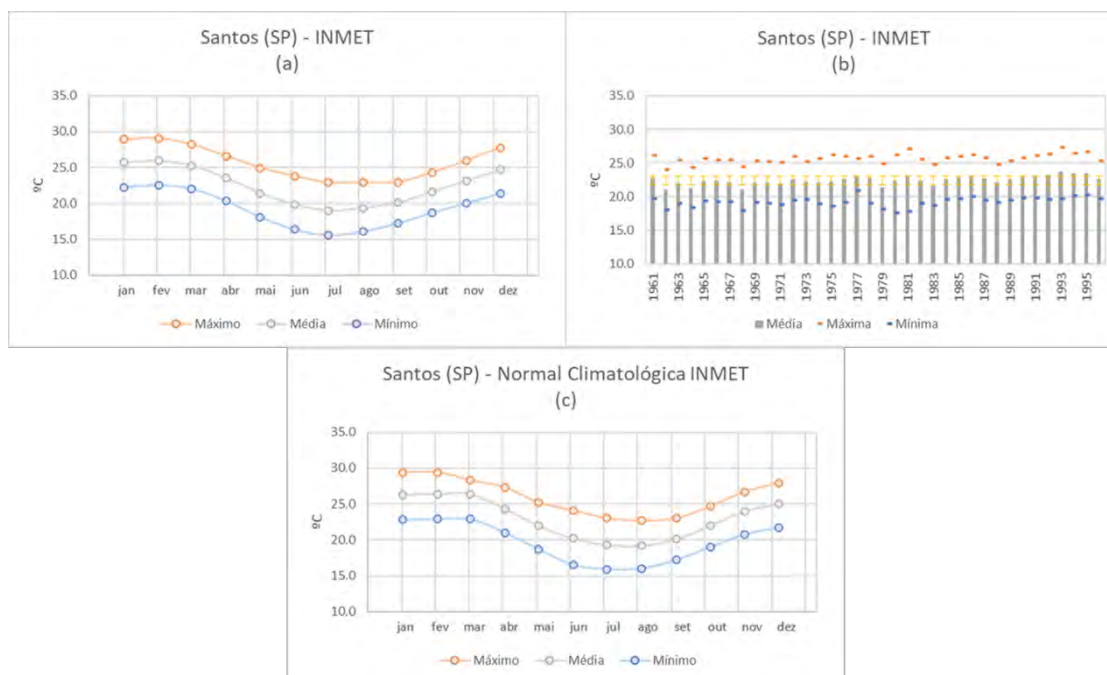


Gráfico II.5.1.1.1.2-3– Temperatura do ar (°C) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série temporal disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série temporal disponível (1961 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-7- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	28.9	29.1	28.2	26.6	25.0	23.8	22.9	22.9	23.0	24.3	26.0	27.7
Média	25.7	25.9	25.2	23.5	21.4	19.8	19.0	19.4	20.1	21.6	23.2	24.7
Mínimo	22.2	22.5	22.0	20.3	18.1	16.4	15.6	16.1	17.2	18.7	20.0	21.4
Desvio Padrão	2.1	1.9	1.6	2.0	2.1	2.3	2.4	2.2	2.0	2.0	2.2	2.1

Quadro II.5.1.1.1.2-8- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1961	26.1	22.8	19.7	2.7
1962	24.0	21.0	18.1	3.1
1963	25.5	22.1	19.0	3.0
1964	24.3	21.3	18.4	3.1
1965	25.7	22.4	19.3	2.7
1966	25.5	22.3	19.3	3.3
1967	25.4	22.2	19.3	2.5
1968	24.5	21.1	17.9	3.1
1969	25.3	22.2	19.2	3.0
1970	25.2	22.1	19.1	2.9
1971	25.1	21.9	18.9	3.4
1972	26.0	22.6	19.5	2.9
1973	25.3	22.3	19.6	3.3
1974	25.7	22.1	18.9	2.9
1975	26.2	22.2	18.6	3.1
1976	26.1	22.6	19.1	3.1
1977	25.7	23.2	20.9	2.2
1978	26.0	22.8	19.1	2.8
1979	24.9	21.4	18.1	3.0
1980	26.2	22.4	17.6	3.3
1981	27.2	23.2	17.9	2.8
1982	25.6	22.3	19.1	2.6
1983	24.9	21.6	18.7	3.6
1984	25.8	22.6	19.6	3.3
1985	26.0	22.9	19.7	3.2
1986	26.3	23.2	20.0	3.1
1987	25.9	22.7	19.5	3.5
1988	24.8	22.1	19.2	3.6
1989	25.4	22.6	19.5	3.2
1990	25.8	23.0	19.9	3.7
1991	26.1	23.1	19.9	3.1
1992	26.4	23.3	19.6	3.3
1993	27.3	23.7	19.7	3.9
1994	26.5	23.5	20.1	3.4
1995	26.7	23.5	20.2	3.1
1996	25.3	22.6	19.8	3.7

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-4a** ilustra a série temporal da climatologia referente a temperatura média, máxima e mínima mensal do ar segundo dados medidos na estação INMET de Paranaguá, no período de 1961 a 2020 (série temporal disponível, à esquerda) e respectiva normal climatológica (**Gráfico II.5.1.1.1.2-4c**). O padrão de sazonalidade no litoral paranaense é o mesmo observado para as estações anteriores no litoral dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, porém as temperaturas são menores, uma vez que essa estação se encontra mais ao sul. Fevereiro é o mês mais quente, com temperatura do ar média de 25,4°C, e julho o mais frio, com média em torno de 17,4°C (**Quadro II.5.1.1.1.2-9**). As diferenças entre máximas e mínimas mensais é em torno de 8,0°C na maioria dos meses, podendo chegar a 9,0°C no mês de maior amplitude térmica média. A série temporal disponível se mostra muito similar a normal climatológica. A variação interanual ilustrada no **Gráfico II.5.1.1.1.2-4b** mostra um incremento na temperatura média ao longo das décadas, com média de 20,9°C nos anos 60 e 22,8°C nos anos de 2010 (**Quadro II.5.1.1.1.2-10**).

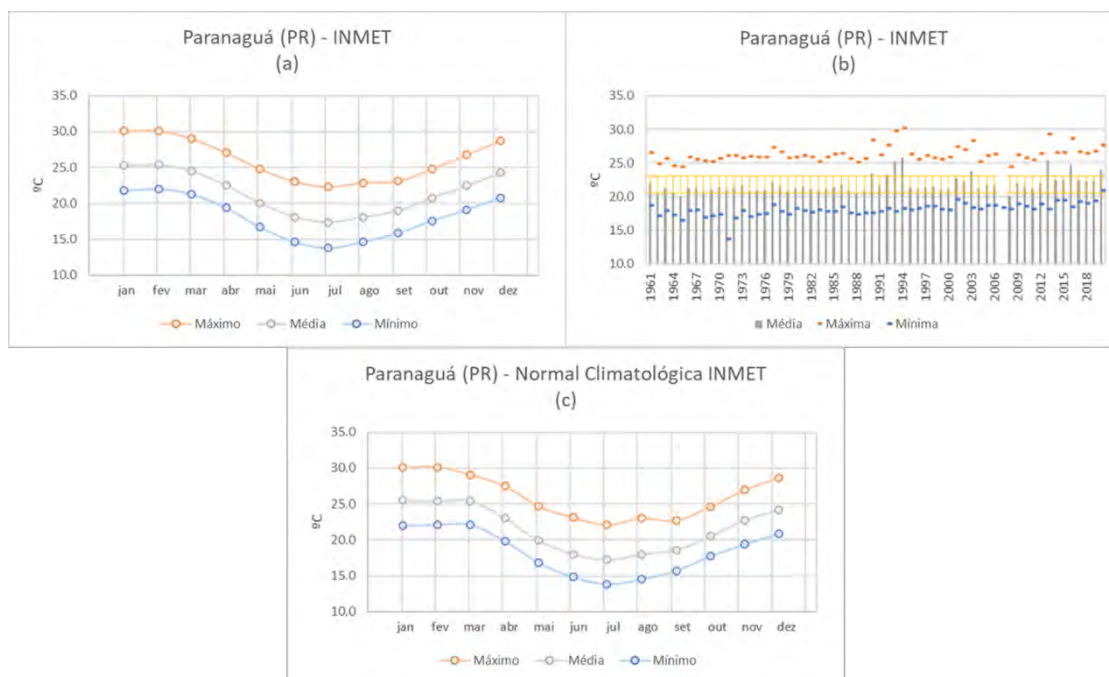


Gráfico II.5.1.1.1.2-4 – Temperatura do ar (°C) em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série temporal disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e

desvio padrão anual para a série temporal disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-9- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	30.0	30.1	29.0	27.1	24.8	23.0	22.3	22.9	23.1	24.8	26.7	28.7
Média	25.3	25.4	24.5	22.5	20.0	18.1	17.4	18.1	18.9	20.7	22.5	24.2
Mínimo	21.8	22.0	21.3	19.4	16.7	14.6	13.8	14.7	15.9	17.6	19.1	20.8
Desvio Padrão	2.1	2.0	1.9	2.2	2.3	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.2

Quadro II.5.1.1.1.2-10- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESvio PADRÃO
1961	26.5	22.0	18.7	3.1
1962	24.9	20.6	17.2	3.7
1963	25.6	21.2	17.9	3.5
1964	24.6	20.5	17.3	3.9
1965	24.5	20.0	16.5	3.2
1966	25.9	21.3	17.9	3.7
1967	25.6	21.4	18.1	2.9
1968	25.3	20.6	16.9	3.4
1969	25.3	21.1	17.2	3.5
1970	25.8	21.5	17.5	3.3
1971	26.1	20.9	13.7	4.4
1972	26.1	21.5	16.8	3.3
1973	25.8	21.7	18.0	4.2
1974	26.1	20.8	17.1	3.6
1975	25.9	20.9	17.5	3.5
1976	25.9	20.9	17.5	3.9
1977	27.3	22.2	18.9	3.3
1978	26.7	21.6	17.8	3.5
1979	25.8	20.8	17.4	3.5
1980	25.9	21.3	18.2	3.9
1981	26.1	21.6	18.0	3.4
1982	25.9	21.2	17.7	3.0
1983	25.2	21.0	18.0	4.0
1984	25.9	21.2	17.9	4.0
1985	26.3	21.4	17.9	3.3
1986	26.5	21.8	18.5	3.4
1987	25.7	21.0	17.6	4.1
1988	25.2	20.6	17.4	4.2
1989	25.6	21.0	17.7	3.5
1990	28.4	23.5	17.7	3.2
1991	26.2	21.7	17.9	3.6
1992	27.7	23.3	18.2	2.9
1993	29.8	25.2	17.9	2.0
1994	30.2	25.9	18.3	1.4
1995	26.4	21.4	18.1	3.5
1996	25.6	21.0	18.3	4.0
1997	26.1	21.4	18.6	3.3

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-10 (Continuação)- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1998	25.8	21.5	18.6	3.5
1999	25.6	21.0	18.1	3.7
2000	25.9	21.1	18.0	4.0
2001	27.4	22.8	19.6	2.2
2002	27.0	22.3	19.0	3.7
2003	28.4	23.8	18.4	2.8
2004	25.3	21.1	18.2	3.3
2005	26.2	21.8	18.7	3.3
2006	26.4	21.6	18.7	3.7
2007	*	*	18.4	*
2008	24.4	20.2	18.2	2.8
2009	26.2	21.9	18.9	3.8
2010	25.8	21.5	18.6	3.8
2011	25.5	21.1	18.2	3.7
2012	26.5	21.9	18.9	3.5
2013	29.4	25.4	18.2	2.9
2014	26.6	22.5	19.5	3.6
2015	26.6	22.5	19.5	3.3
2016	28.7	24.7	18.5	2.5
2017	26.7	22.5	19.3	3.2
2018	26.4	22.2	19.1	3.5
2019	26.9	22.4	19.3	3.7
2020	27.7	24.1	21.0	2.0

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-5a** apresenta a climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal do ar dos dados medidos na estação INMET de Florianópolis no período de 1961 a 2020 e sua respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1981 a 2010 (**Gráfico II.5.1.1.1.2-5c**). O padrão sazonal observado no litoral catarinense é análogo ao litoral do estado do Paraná, com temperaturas ainda menores em relação aos Estados mais ao norte analisados. Fevereiro ($25,0 \pm 1,7^\circ\text{C}$) e março ($25,0 \pm 1,9^\circ\text{C}$) são os meses mais quentes, e julho o mais frio, com temperatura média de $16,4 \pm 2,7^\circ\text{C}$ (**Quadro II.5.1.1.1.2-11**). A amplitude térmica média máxima é da ordem de $8,0^\circ\text{C}$. A série temporal disponível para Florianópolis também se mostra muito similar à série normal. Não se observa uma variabilidade interanual expressiva nas temperaturas médias (**Gráfico II.5.1.1.1.2-5b**), no entanto, as temperaturas máximas apresentaram valores maiores na última década (**Quadro II.5.1.1.1.2-12**).

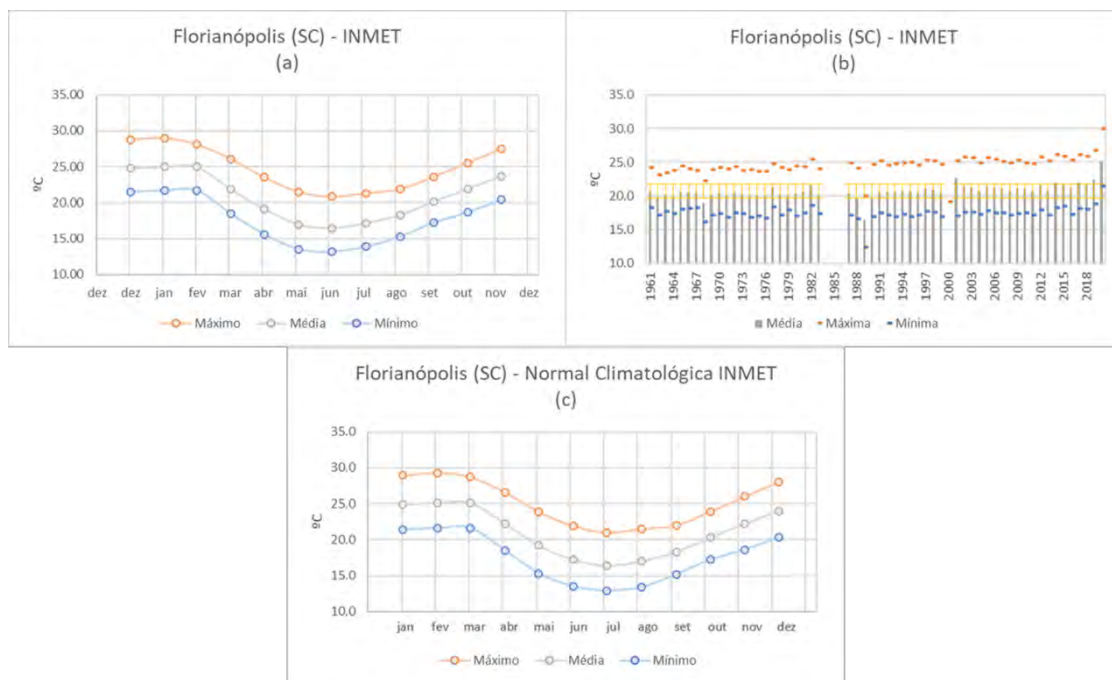


Gráfico II.5.1.1.1.2-5– Temperatura do ar (°C) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a temporal disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série temporal disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-11- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	28.8	29.0	28.1	26.1	23.5	21.5	20.8	21.3	21.9	23.6	25.5	27.5
Média	24.8	25.0	25.0	21.9	19.1	16.9	16.4	17.1	18.3	20.2	21.9	23.7
Mínimo	21.5	21.7	21.7	18.4	15.6	13.5	13.2	13.9	15.3	17.2	18.7	20.4
Desvio Padrão	1.8	1.7	1.9	2.3	2.5	2.8	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.9

Quadro II.5.1.1.1.2-12- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1961	24.2	20.7	18.3	2.8
1962	23.2	19.7	17.2	3.6
1963	23.5	20.1	17.7	3.3
1964	23.8	19.9	17.4	3.5
1965	24.5	20.6	18.1	3.3
1966	24.1	20.5	18.1	3.6
1967	23.8	20.5	18.3	3.1

Quadro II.5.1.1.1.2-12 (Continuação)- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1968	22.3	18.9	16.2	2.9
1969	23.9	20.2	17.2	3.5
1970	24.3	20.5	17.4	3.4
1971	24.1	20.1	16.9	4.0
1972	24.3	20.5	17.5	3.5
1973	23.9	20.3	17.4	4.0
1974	23.9	20.1	16.9	3.7
1975	23.7	20.0	17.0	3.6
1976	23.7	19.9	16.7	3.9
1977	24.8	21.3	18.4	3.4
1978	24.3	20.3	17.1	3.7
1979	23.9	20.0	18.0	3.5
1980	24.5	20.4	17.1	4.0
1981	24.3	20.6	17.5	3.6
1982	25.5	21.6	18.6	3.2
1983	24.0	20.3	17.4	4.1
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	24.9	20.4	17.2	4.5
1988	24.1	19.8	16.6	4.1
1989	20.0	16.4	12.4	1.7
1990	24.7	19.7	16.9	4.2
1991	25.2	20.7	17.5	3.5
1992	24.6	20.6	17.2	3.9
1993	24.9	20.6	16.9	4.3
1994	24.9	20.8	17.3	3.7
1995	25.0	20.6	17.0	3.6
1996	24.6	20.5	17.2	4.2
1997	25.3	21.0	17.8	3.5
1998	25.2	21.0	17.6	3.6
1999	24.7	20.5	16.9	3.9
2000	19.2	*	*	*
2001	25.2	22.6	17.1	1.8
2002	25.8	21.5	17.6	3.8
2003	25.7	21.3	17.6	3.9
2004	24.9	20.8	17.3	3.5
2005	25.6	21.4	17.8	3.5
2006	25.5	21.2	17.5	3.7
2007	25.1	21.1	17.5	4.2
2008	24.9	20.7	17.2	3.4
2009	25.3	21.2	17.5	4.0
2010	25.0	21.0	17.5	3.8
2011	24.8	20.7	17.2	3.9
2012	25.9	21.6	17.9	3.7
2013	25.2	20.8	17.2	3.8
2014	26.1	21.9	18.3	3.7
2015	26.0	21.9	18.5	3.3
2016	25.4	21.0	17.3	4.6
2017	26.2	21.9	18.2	3.4
2018	25.9	21.7	18.1	3.5
2019	26.8	22.5	18.9	3.7
2020	30.0	25.1	21.5	1.8

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-6a** apresenta as médias climatológicas mensais para o ponto de análise na porção oceânica. As curvas de temperatura do ar mostram fevereiro como o mês mais quente, com média em torno de $25,9\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ e, agosto e setembro como os meses mais frios, com médias mínimas na ordem de $21,3^{\circ}\text{C}$ (**Quadro II.5.1.1.1.2-13**). No **Gráfico II.5.1.1.1.2-6b** é possível observar que não há uma variabilidade interanual da temperatura do ar na região oceânica, com médias variando entre $23,1^{\circ}\text{C}$ (anos de 1980) e $23,5^{\circ}\text{C}$ (anos de 2010) (**Quadro II.5.1.1.1.2-14**).

Conforme mencionado anteriormente, a distribuição da temperatura do ar numa área oceânica é influenciada pela quantidade de radiação incidente, que é função da latitude, pelos ventos predominantes, pelas correntes e pela nebulosidade. Sobre os oceanos, como o calor específico da água é elevado (cerca de $0,94\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$) mais energia terá que ser absorvida pela superfície para elevação de sua temperatura. Desta forma, existe um atraso de cerca de dois meses entre o máximo recebimento de radiação solar e a ocorrência das maiores temperaturas anuais sobre os oceanos, assim como o mínimo de recebimento de radiação solar e a ocorrência das menores temperaturas anuais sobre os oceanos, enquanto que em terra este atraso é de apenas um mês (AYOADE, 2006).

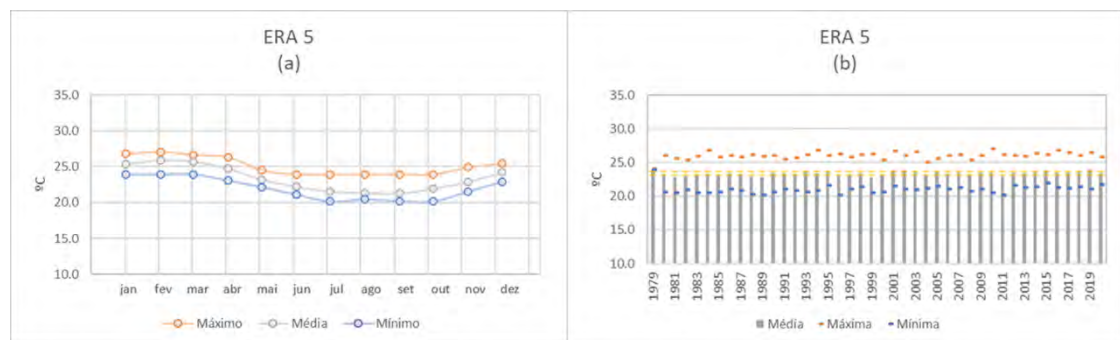


Gráfico II.5.1.1.1.2-6– Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) no ponto de análise, conforme os dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020. (a) Máxima, média e mínima mensal; (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual.

Quadro II.5.1.1.1.2-13- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	26.8	27.0	26.6	26.3	24.5	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	24.9	25.4
Média	25.4	25.9	25.7	24.7	23.2	22.2	21.6	21.4	21.3	21.9	22.9	24.2
Mínimo	23.9	23.9	23.9	23.1	22.2	21.1	20.2	20.5	20.2	20.2	21.6	22.9
Desvio Padrão	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6

Quadro II.5.1.1.1.2-14- Temperatura do ar (°C) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMA	MÉDIA	MÍNIMA	DESVIO PADRÃO
1979	24.0	24.0	23.9	0.0
1980	26.0	23.3	20.6	1.9
1981	25.6	22.9	20.6	1.9
1982	25.4	22.9	21.0	1.4
1983	25.9	23.1	20.5	1.9
1984	26.8	23.3	20.6	2.0
1985	25.8	23.0	20.6	1.8
1986	26.1	23.4	21.1	1.9
1987	25.8	23.3	20.8	1.8
1988	26.2	22.9	20.3	2.1
1989	25.9	22.9	20.2	2.2
1990	26.1	23.4	20.7	2.1
1991	25.5	23.3	21.1	1.7
1992	25.8	23.3	20.9	1.8
1993	26.2	23.6	20.6	1.9
1994	26.9	23.3	20.9	2.0
1995	26.0	23.6	21.7	1.6
1996	26.3	23.0	20.2	2.3
1997	25.8	23.2	21.1	1.8
1998	26.1	23.4	21.5	1.9
1999	26.3	22.9	20.5	2.2
2000	25.4	23.1	20.6	1.8
2001	26.8	23.9	21.5	1.9
2002	26.1	23.8	21.1	1.5
2003	26.6	23.6	21.0	2.0
2004	25.0	23.1	21.2	1.4
2005	25.6	23.7	21.5	1.3
2006	26.1	23.3	21.0	1.9
2007	26.2	23.5	21.3	1.8
2008	25.4	23.1	20.8	1.7
2009	26.0	23.6	21.1	1.9
2010	27.0	23.6	20.5	2.4
2011	26.2	23.0	20.2	2.2
2012	26.1	23.5	21.7	1.6
2013	26.0	23.3	21.3	1.7
2014	26.4	23.7	21.4	1.9
2015	26.1	23.8	22.0	1.6
2016	26.8	23.5	21.3	2.2
2017	26.5	23.5	21.2	1.8
2018	26.1	23.6	21.4	1.6
2019	26.5	23.9	21.1	2.0
2020	25.9	23.4	21.7	1.4

B. Precipitação

Na região Sudeste o total anual de precipitação é de cerca de 1500 mm (aproximadamente 4 mm/dia). É uma região úmida no verão, devido ao Sistema de Monção da América do Sul (SMAS, e seca no inverno conforme descrito por VERA *et al.* (2006). Os baixos totais pluviométricos no inverno estão associados a atuação do ASAS, pois nesta estação tal sistema alcança sua posição mais oeste, se estendendo até a região sudeste do Brasil. Eventos de chuva no inverno são provocados quando sistemas frontais e ciclones subtropicais e extratropicais conseguem se sobrepor ao ASAS (REBOITA *et al.*, 2010). Nas demais estações de transição, outros sistemas comumente atuam nessa região, a exemplo das linhas de instabilidade pré-frontais, Complexos Convectivos de Mesoescala – CCMs, bloqueios atmosféricos e brisas. Apesar da diversidade de sistemas meteorológicos geradores de precipitação, a Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS, um dos componentes do SMAS, é considerada o principal sistema atmosférico causador de precipitação no Sudeste durante o verão (FERREIRA *et al.*, 2004).

Já a região Sul do Brasil tem precipitação mais bem distribuída ao longo do ano com totais pluviométricos elevados entre 1050-1750 mm/ano (aproximadamente 3 - 5 mm/dia). (RAO e HADA, 1990). A precipitação nesta região está associada com: (i) sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para o nordeste do Brasil (KOUSKY, 1979; OLIVEIRA, 1986; RODRIGUES *et al.*, 2004; ANDRADE, 2005), (ii) ciclones e frentes frias que se desenvolvem na região Sul devido à presença de vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis sobre a costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico (MIKY *et al.*, 2004; IWABE e ROCHA, 2009), e também devido a condições frontogenéticas e/ou ciclogénicas originadas na própria região Sul (SATYAMURTY e MATTOS, 1989; REBOITA, 2008; REBOITA *et al.*, 2009), (iii) Complexos Convectivos de Mesoescala (FIGUEIREDO e SCOLAR, 1996; SAULO *et al.*, 2007), (iv) sistemas ciclônicos em níveis médios conhecidos como vírgula invertida (BONATTI e RAO, 1987; HALLAK, 2000), e (v) bloqueios atmosféricos (MARQUES e RAO, 1999; MARQUES e RAO, 2000; NASCIMENTO e AMBRIZZI, 2002). Além disso, há

atuação de sistemas de circulação locais brisas (BRAGA e KRUSCHE, 2000) e a influência indireta da ZCAS (KOUSKY, 1988; KODAMA, 1992; QUADRO, 1994; NOGUÉS-PAEGLE e MO, 1997; FERRAZ, 2004; CARVALHO *et al.*, 2004), uma vez que este sistema apesar de atuar climatologicamente sobre o sudeste do Brasil pode gerar movimentos subsidentes intensos no Sul (CASARIN e KOUSKY, 1996).

Buscando a caracterização da área de interesse, a **Figura II.5.1.1.1.2-18** à **Figura II.5.1.1.1.2-33** ilustram a distribuição espacial da precipitação para os períodos de verão (janeiro a março), outono (maio a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) e seus respectivos meses. Cabe destacar que os dados são derivados da reanálise ERA 5 ao longo do período de 1979 a 2020.

No período de verão, **Figura II.5.1.1.1.2-21**, foram observados os maiores volumes de precipitação na área de interesse, com o mês de março alcançando a maior média mensal com o valor de 3,18 mm/dia. Os altos volumes pluviométricos nesta estação (valor médio acumulado de 3,1 mm/dia) em comparação com as demais estações (outono com valor médio acumulado de 2,3 mm/dia; inverno com valor médio acumulado de 1,8 mm/dia; e a primavera com valor médio acumulado de 2,4 mm/dia) podem ser associados à atuação da ZCAS. Durante os meses de verão, a ZCAS exerce papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, ocasionando altos índices pluviométricos. Sua orientação NO-SE favorece a precipitação desde o centro-sul da Amazônia, passando pelo Centro-Oeste e Sudeste do país, centro-sul da Bahia, norte do Paraná, estendendo-se em direção ao setor sudoeste do Oceano Atlântico (FERREIRA *et al.*, 2004; QUADRO, 2012). Já nos períodos de outono (**Figura II.5.1.1.1.2-25**), inverno (**Figura II.5.1.1.1.2-29**) e primavera (**Figura II.5.1.1.1.2-33**), observa-se a diminuição dos volumes de precipitação. Nestas estações, as maiores médias diárias de precipitação foram registradas nos meses de janeiro (3,1 mm/dia), fevereiro (3,1 mm/dia) e março (3,2 mm/dia), enquanto os meses com os menores volumes médios de chuvas foram junho (2,0 mm/dia), julho (1,8 mm/dia) e agosto (1,4 mm/dia).

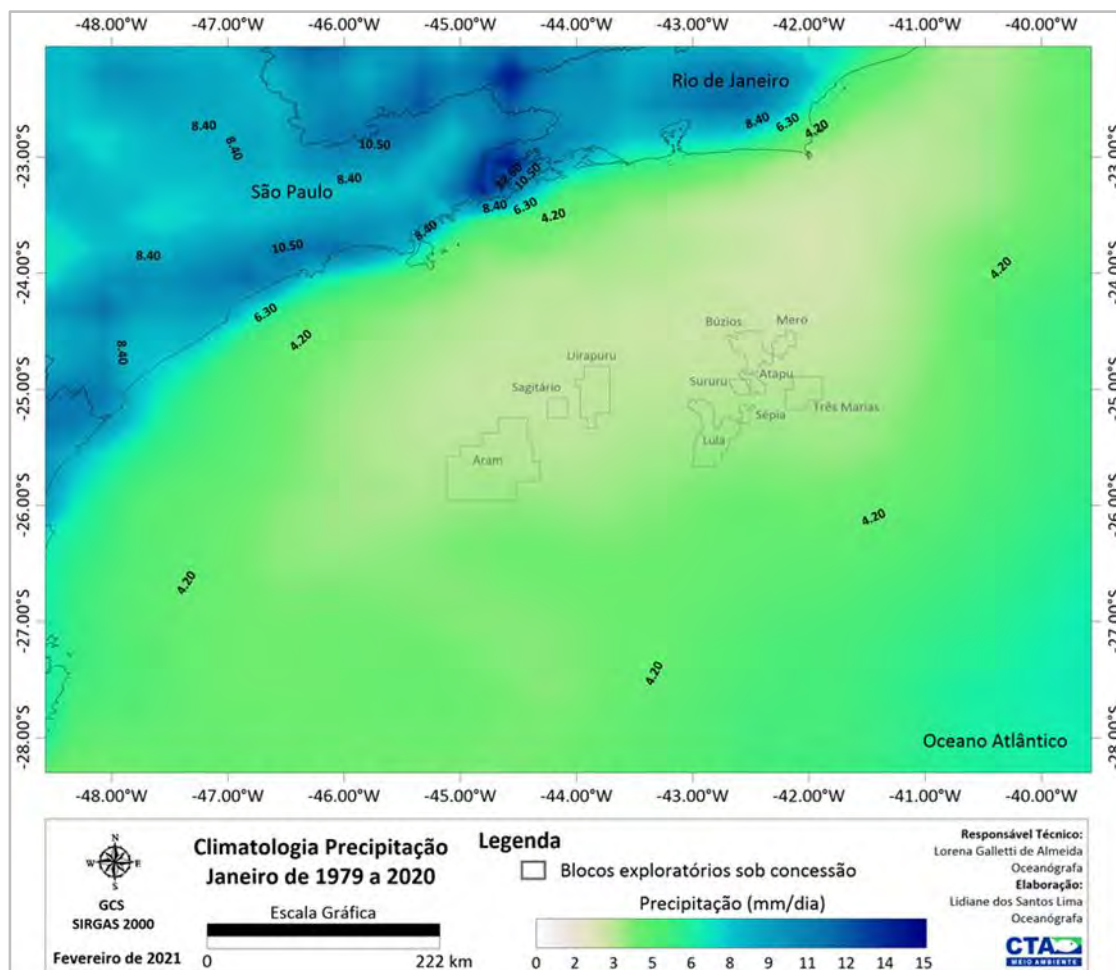


Figura II.5.1.1.1.2-18– Climatologia de janeiro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

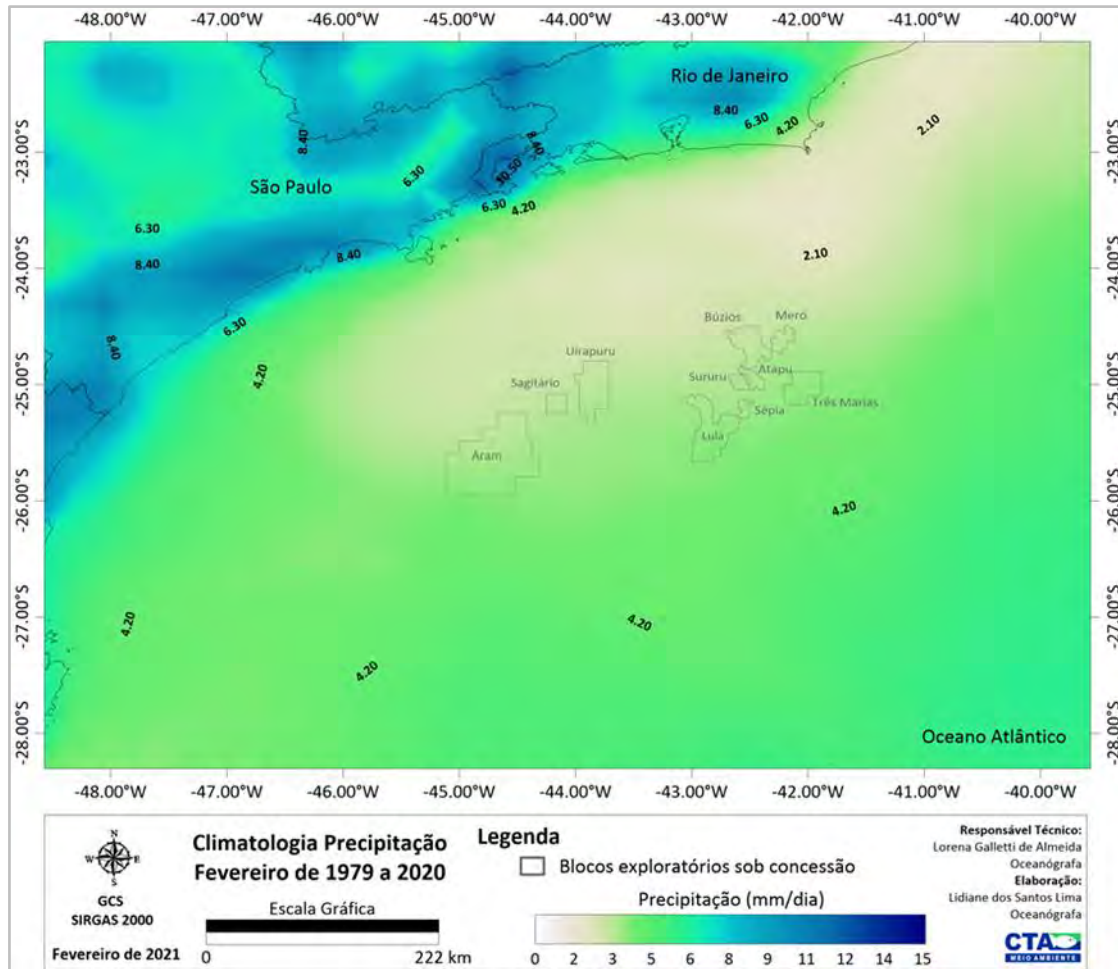


Figura II.5.1.1.1.2-19– Climatologia de fevereiro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

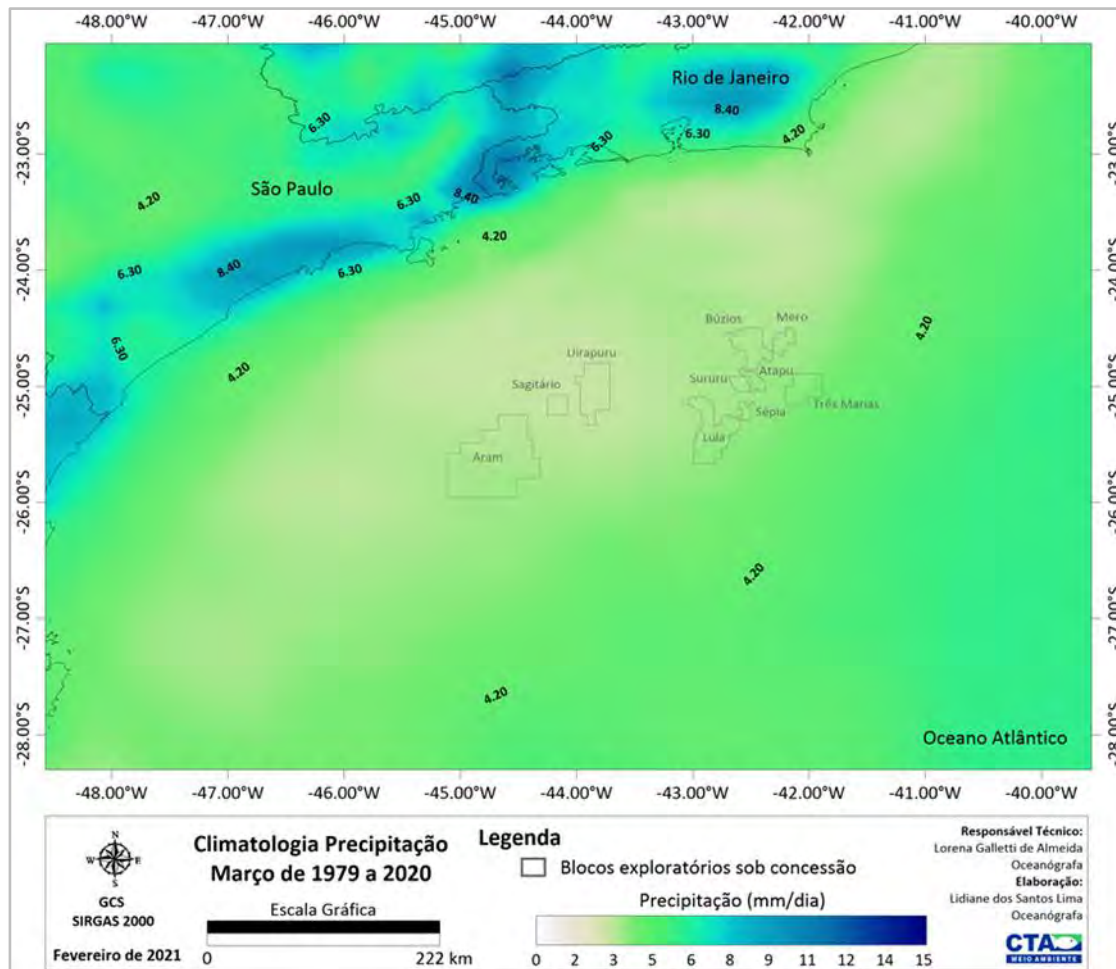


Figura II.5.1.1.1.2-20– Climatologia de março referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

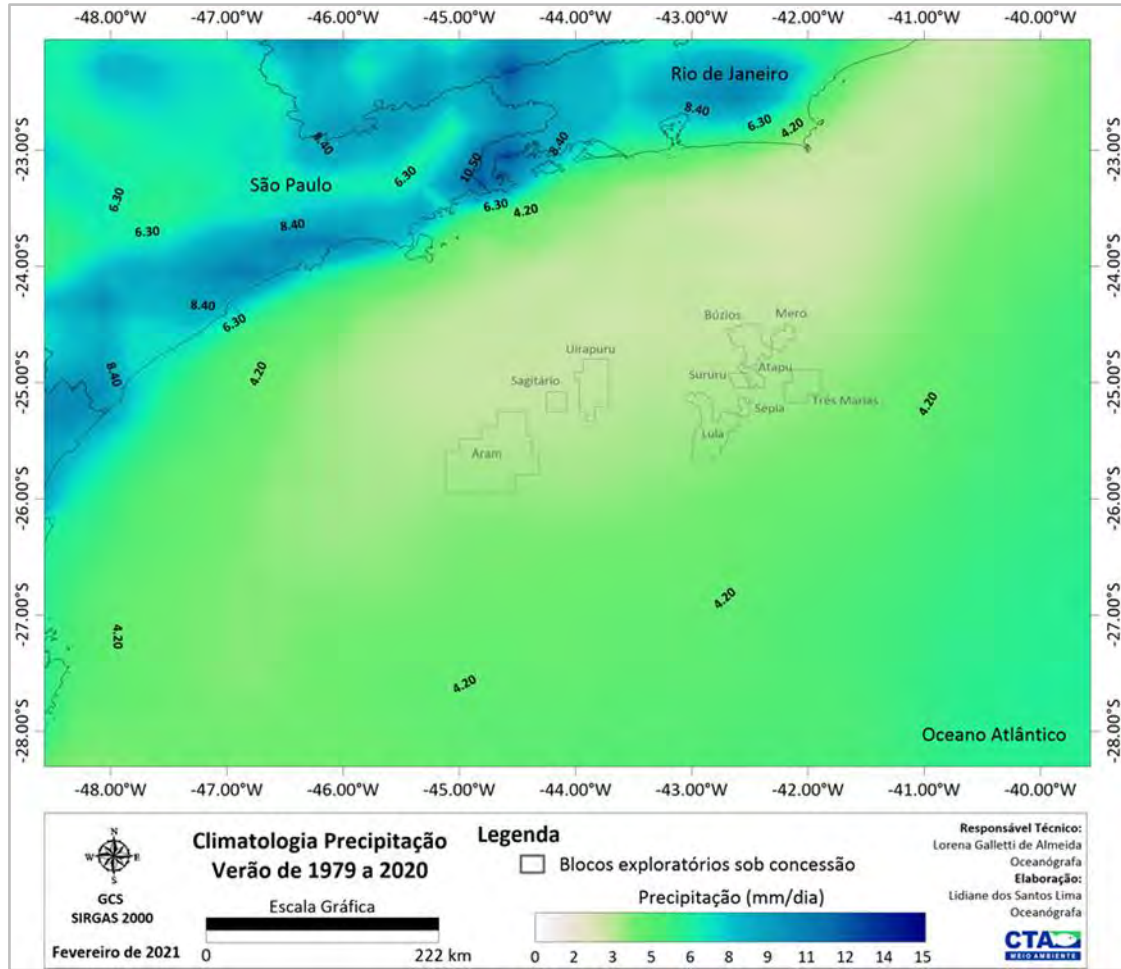


Figura II.5.1.1.1.2-21– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

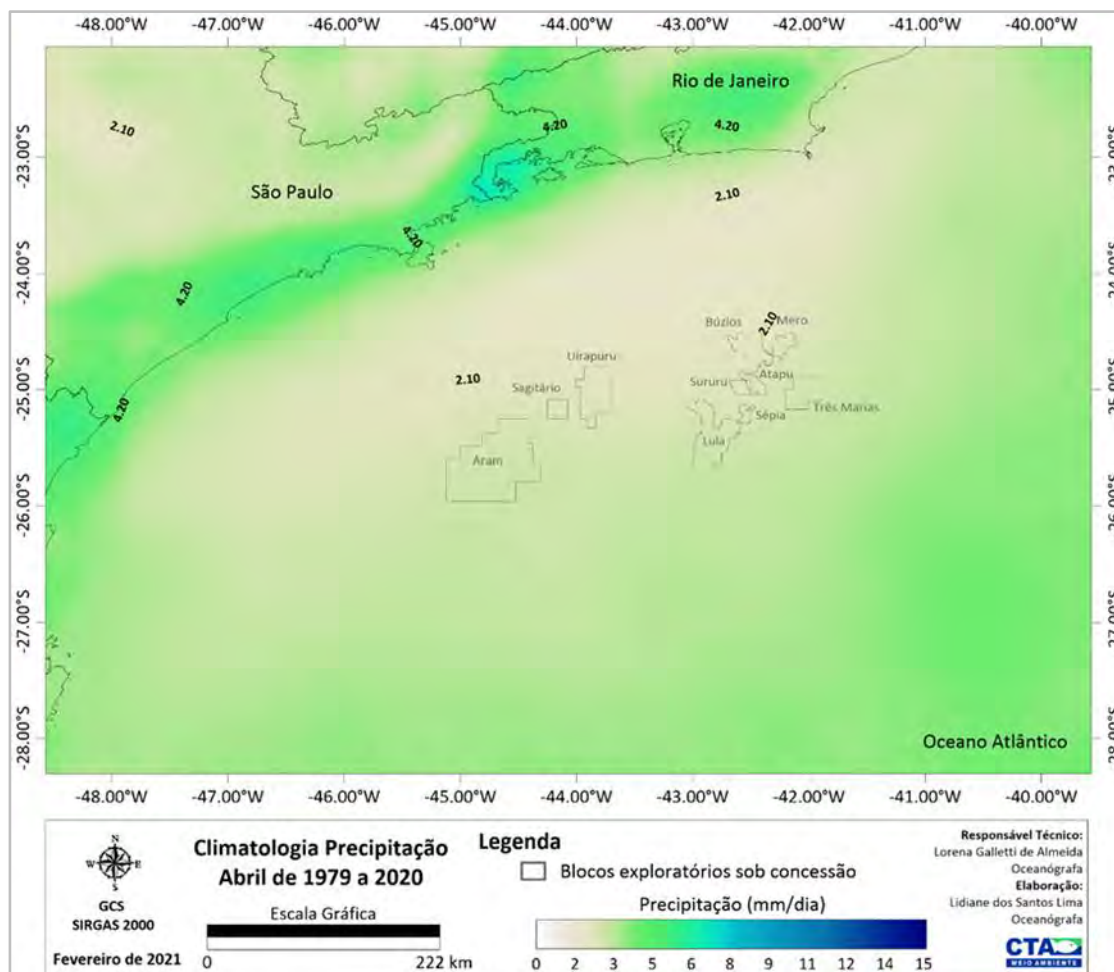


Figura II.5.1.1.1.2-22– Climatologia de abril referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

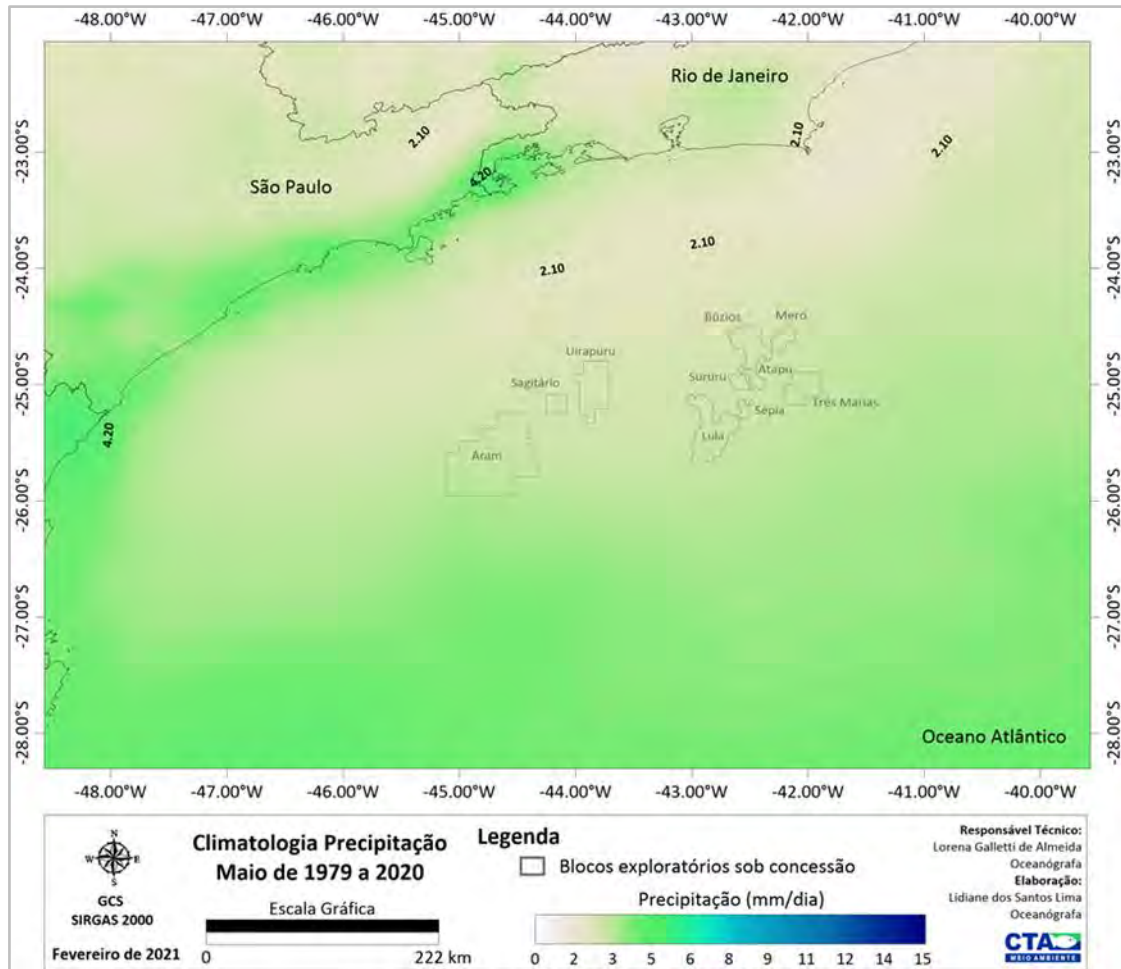


Figura II.5.1.1.1.2-23– Climatologia de maio referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

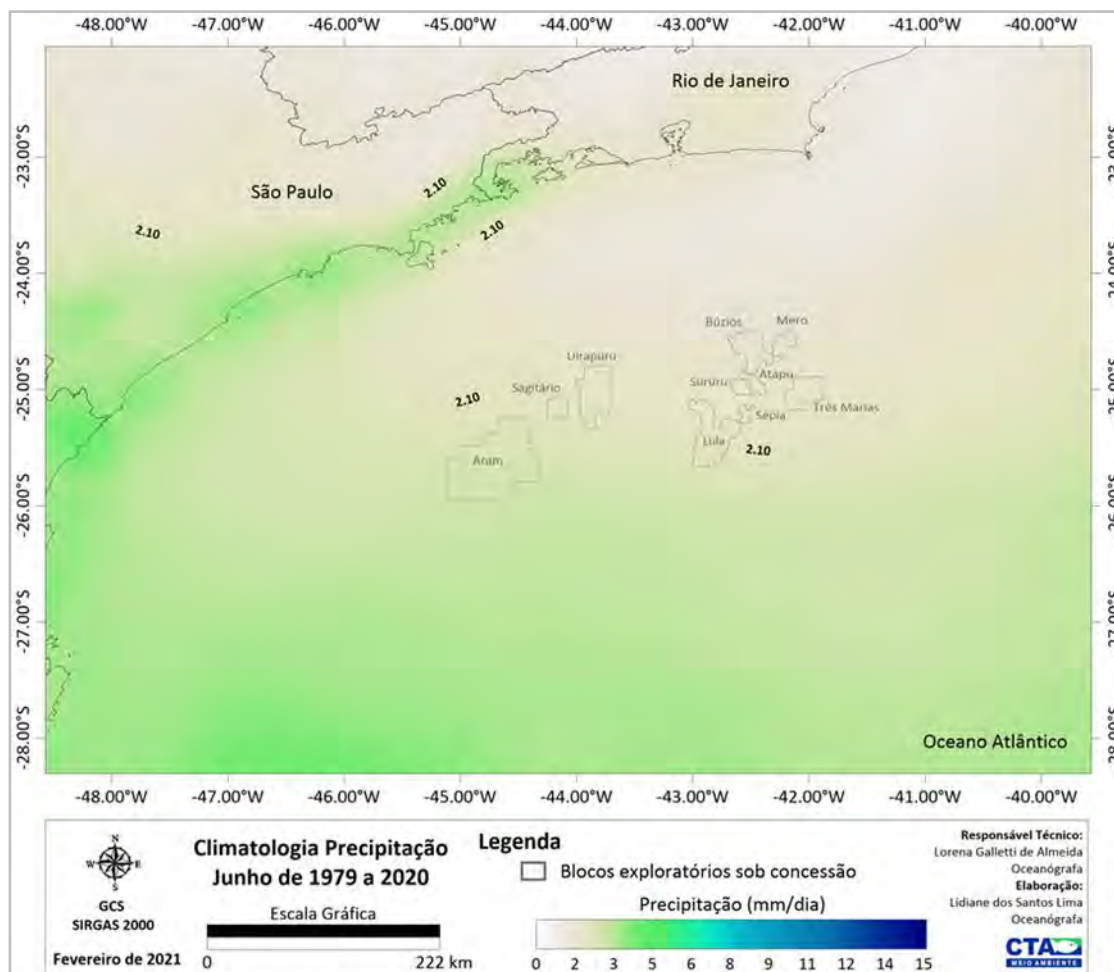


Figura II.5.1.1.1.2-24– Climatologia de junho referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

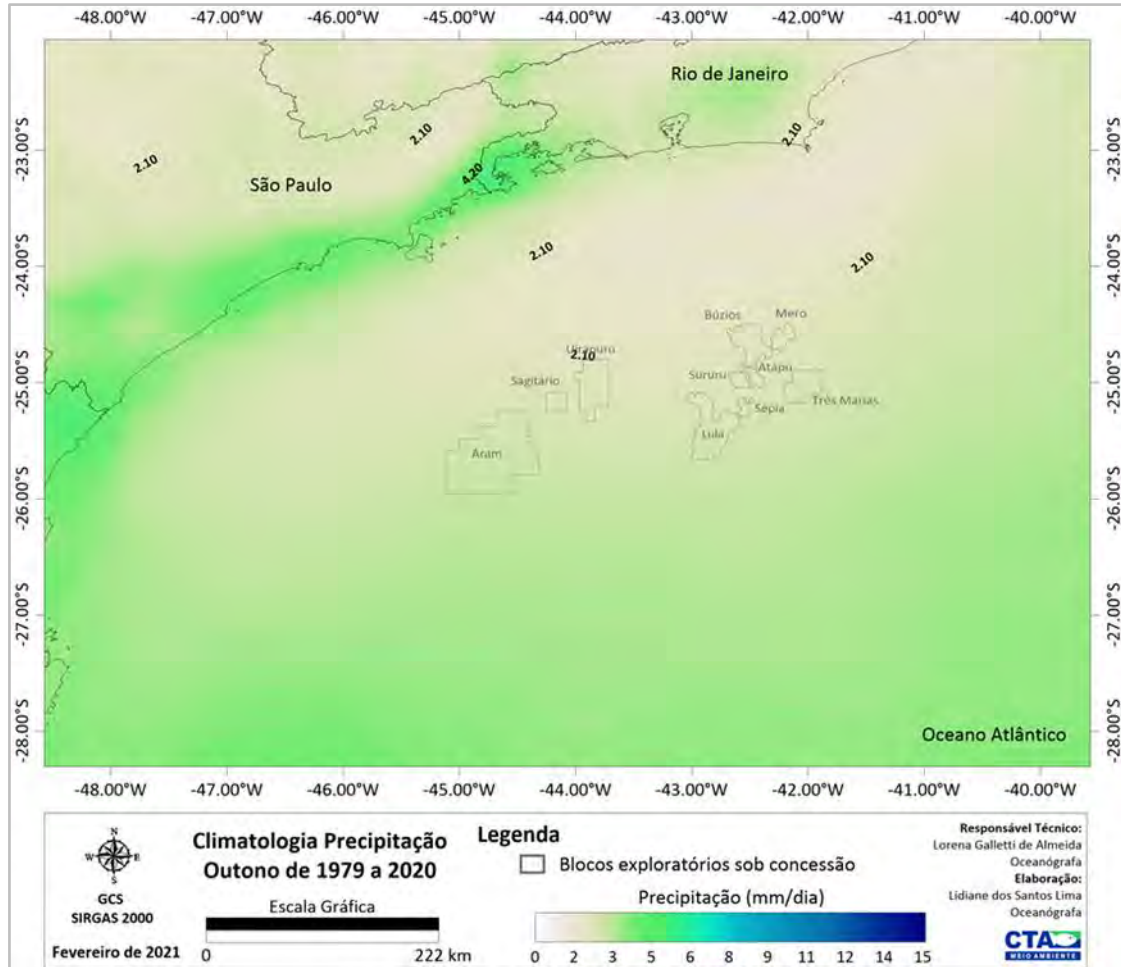


Figura II.5.1.1.1.2-25– Climatologia de outono (abril a junho) referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

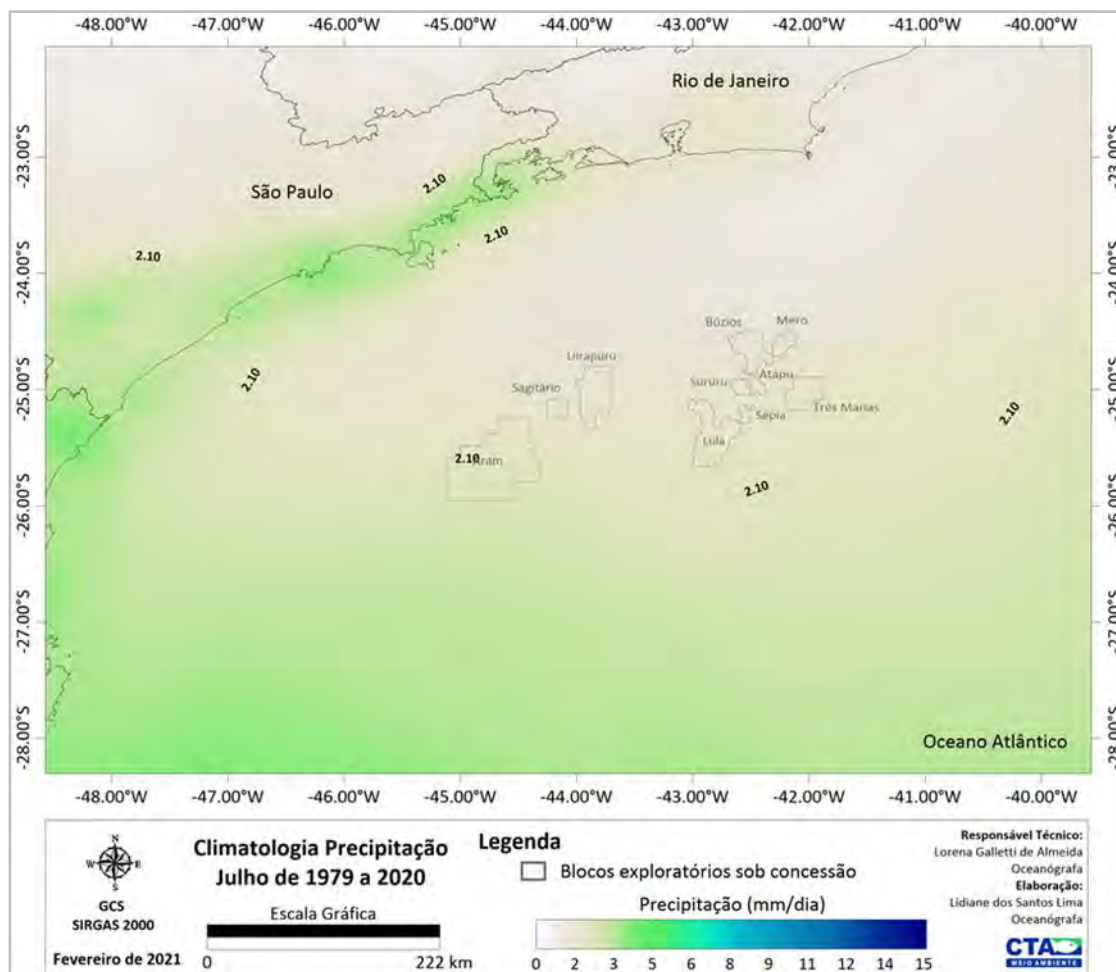


Figura II.5.1.1.1.2-26– Climatologia de julho referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

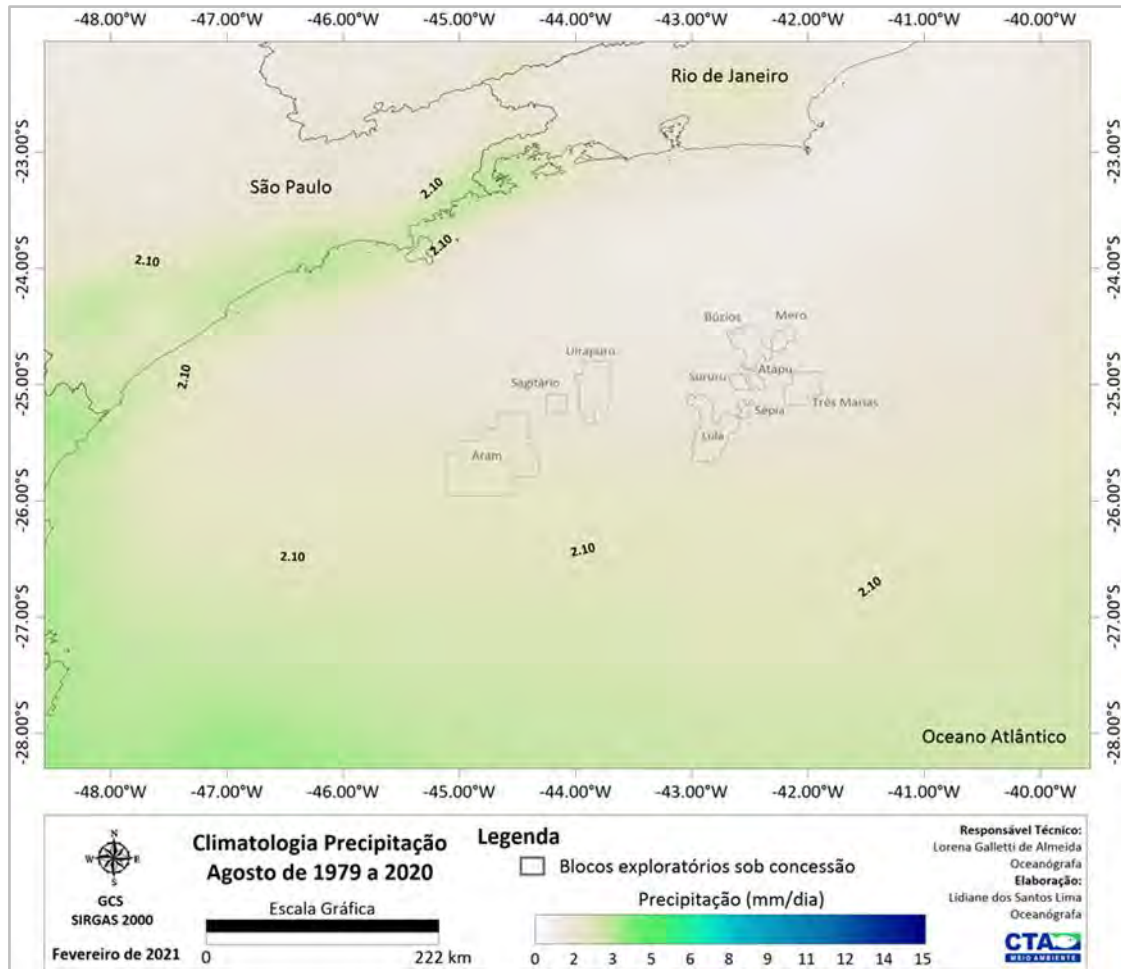


Figura II.5.1.1.1.2-27– Climatologia de agosto referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

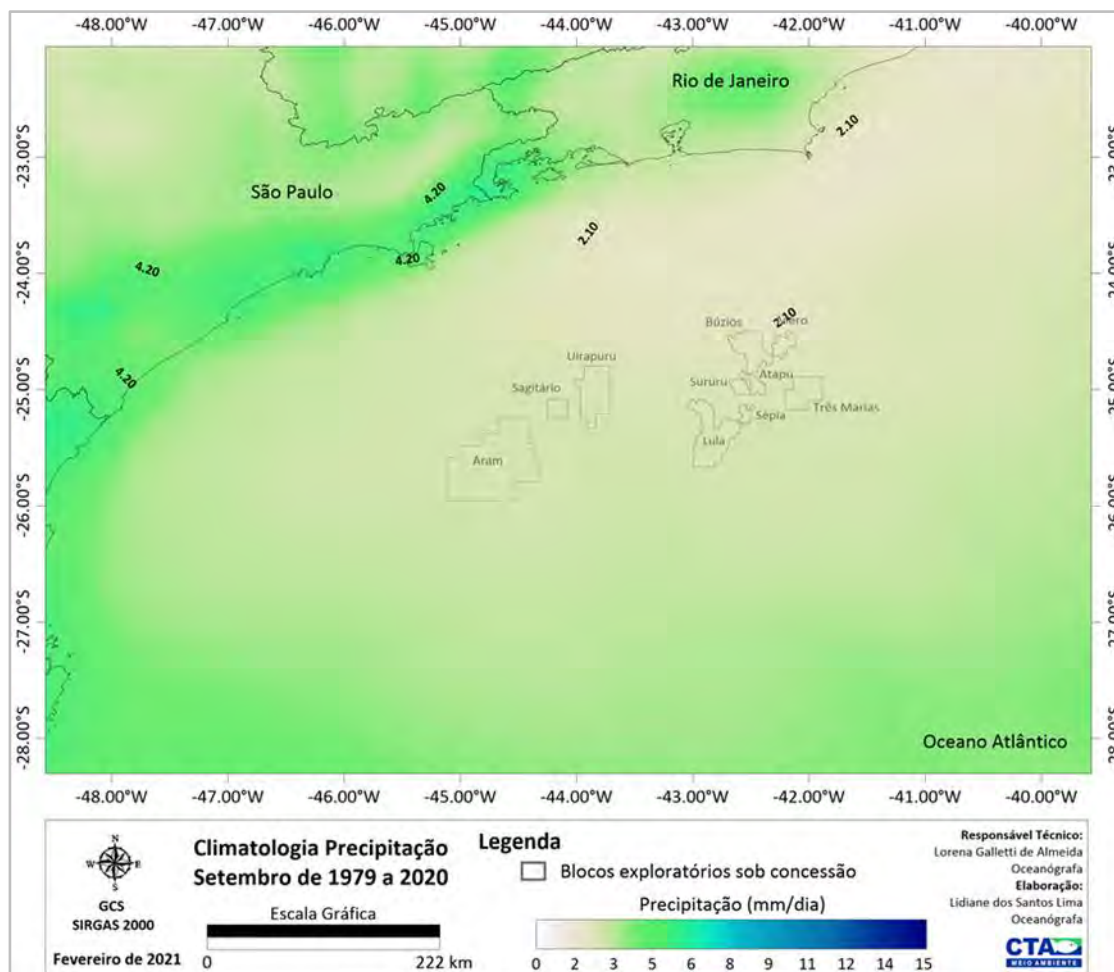


Figura II.5.1.1.1.2-28– Climatologia de setembro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

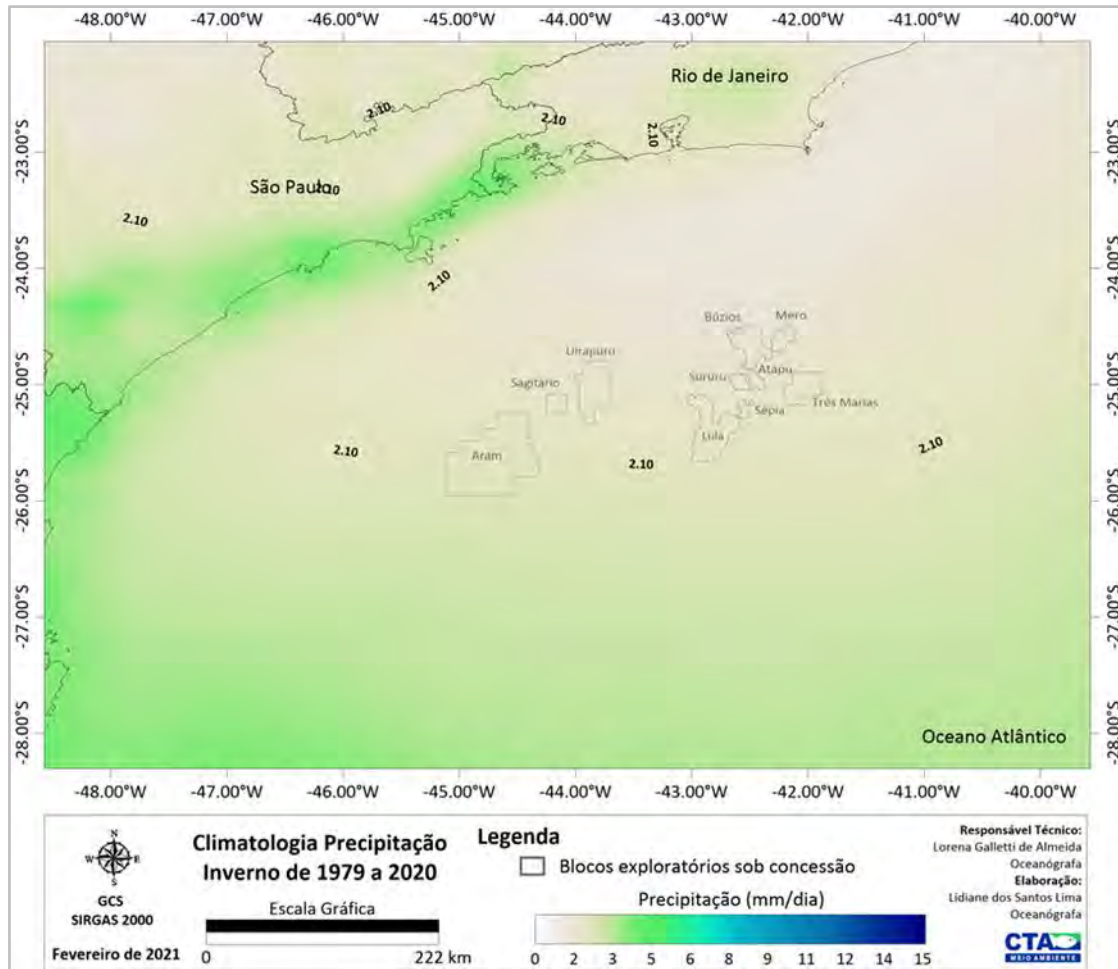


Figura II.5.1.1.1.2-29– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

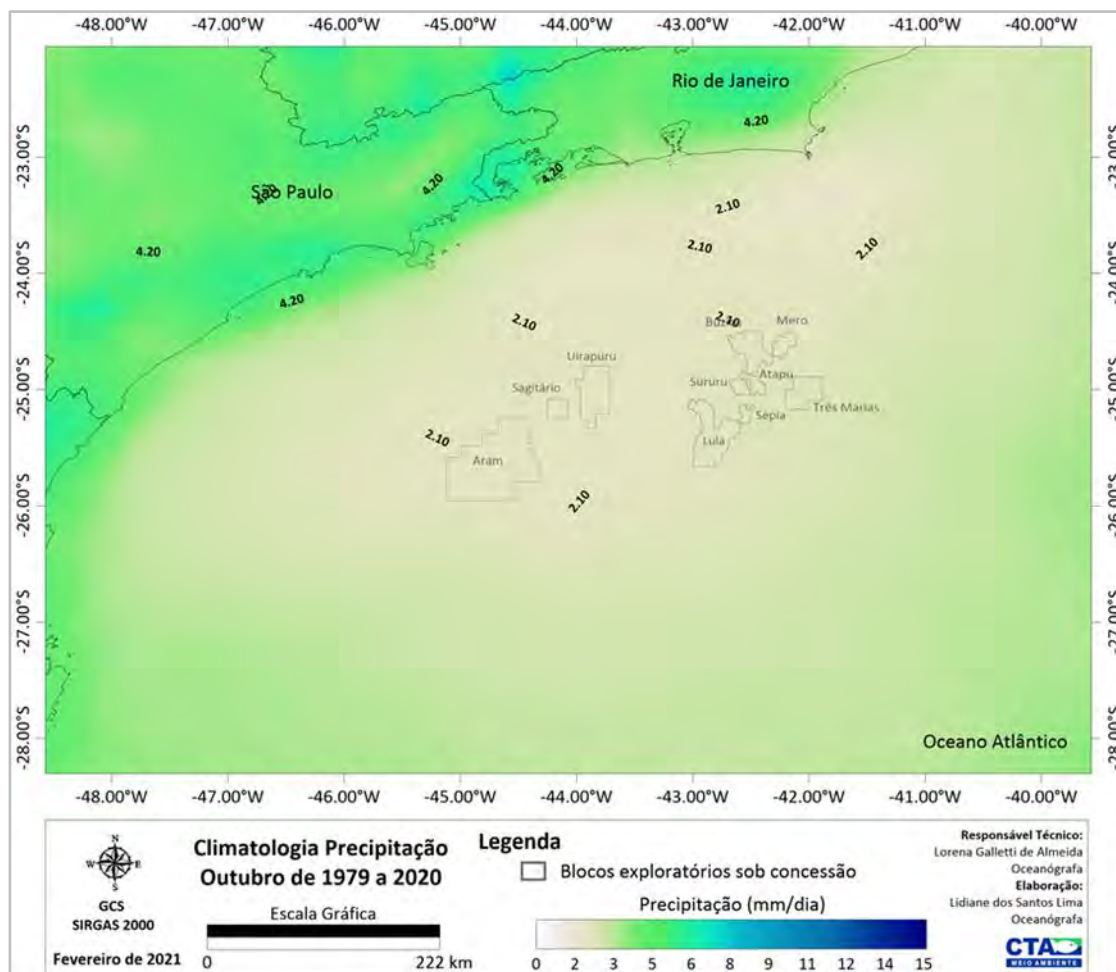


Figura II.5.1.1.1.2-30– Climatologia de outubro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

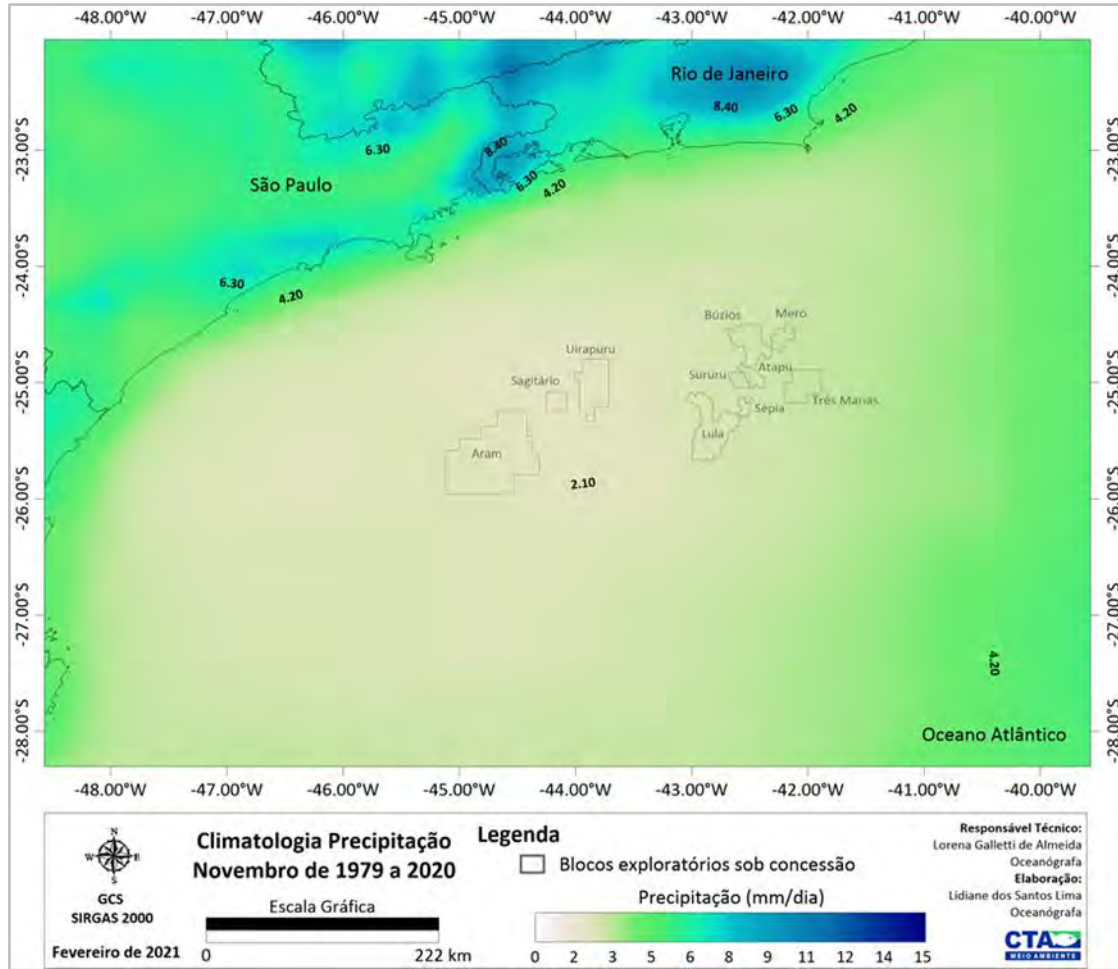


Figura II.5.1.1.2-31– Climatologia de novembro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

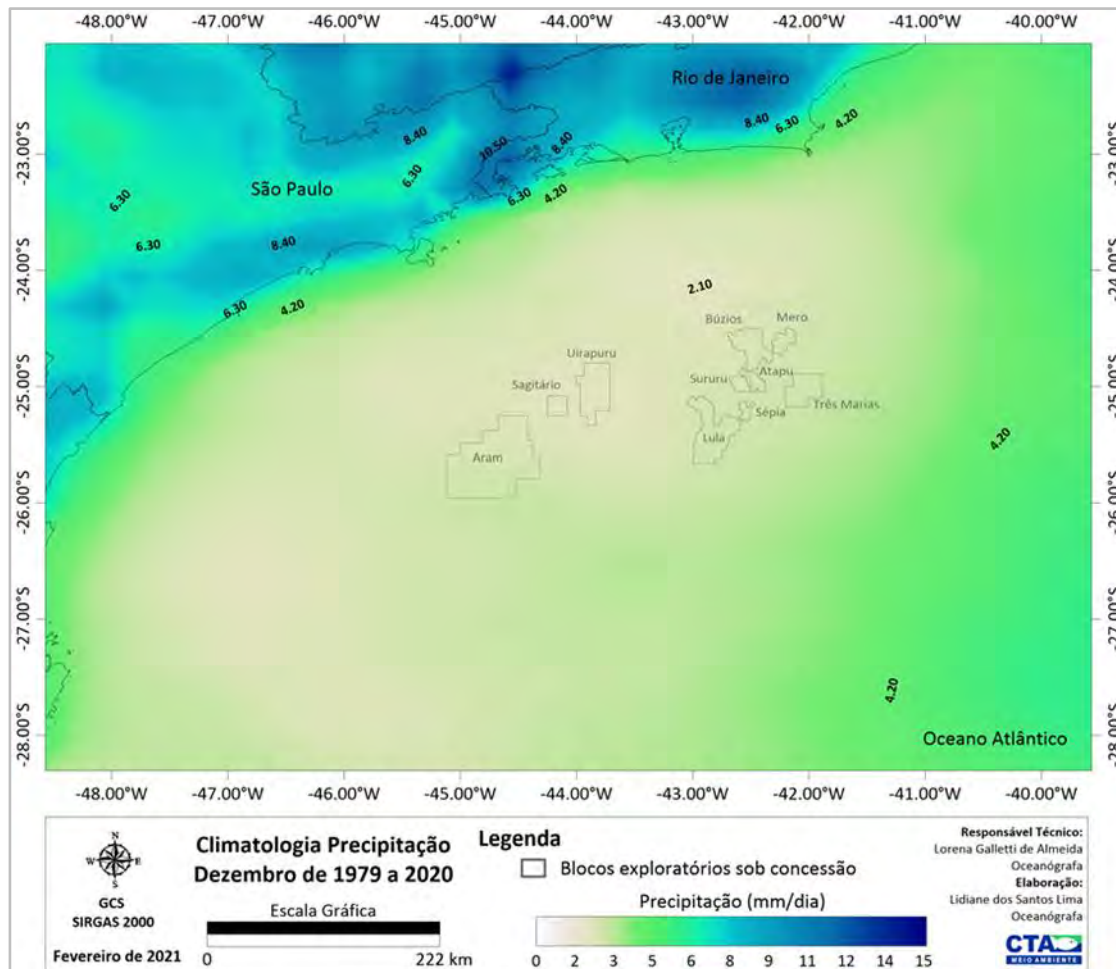


Figura II.5.1.1.1.2-32– Climatologia de dezembro referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

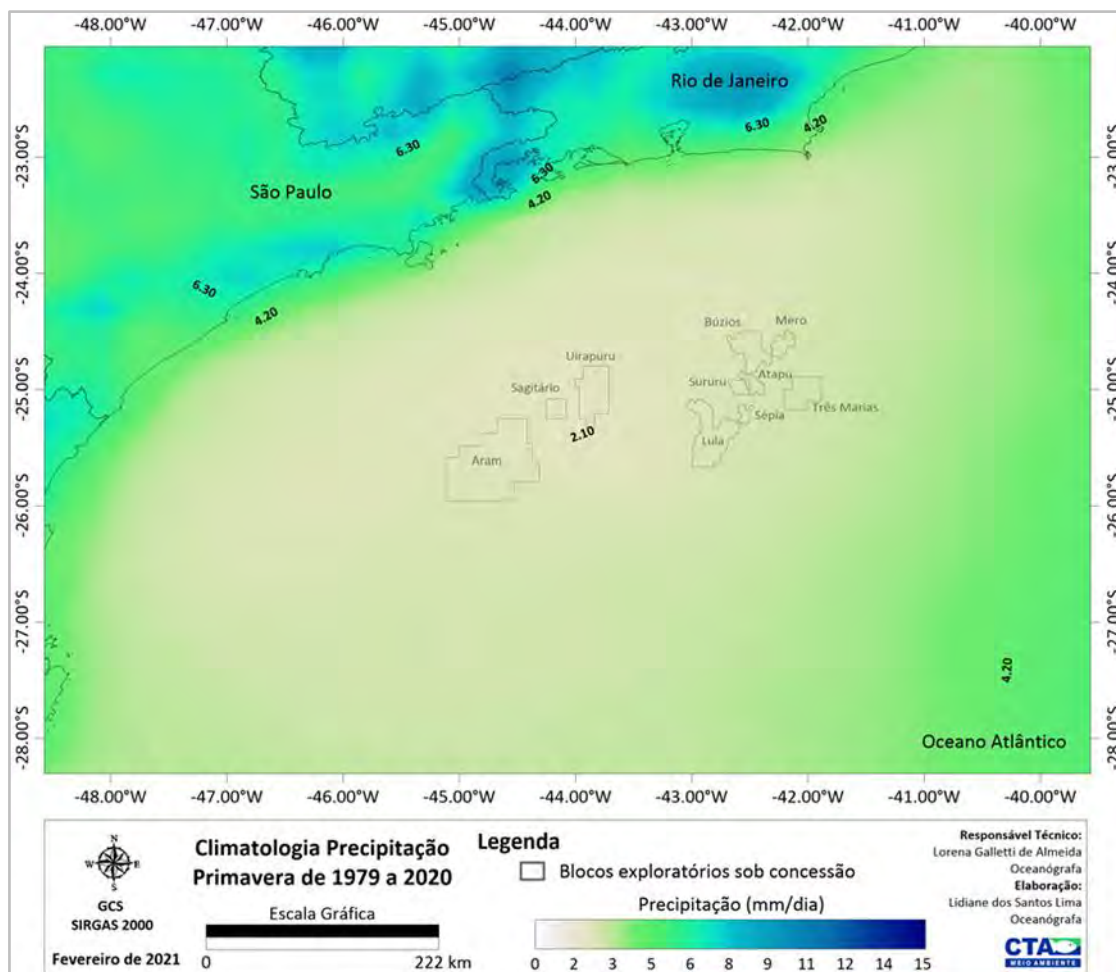


Figura II.5.1.1.1.2-33– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a precipitação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Os resultados de precipitação atmosférica (mínima, média e máxima) distribuída ao longo do ano nas estações costeiras do INMET no Rio de Janeiro (**Gráfico II.5.1.1.1.2-7a**), Ubatuba (**Gráfico II.5.1.1.1.2-8a**), Santos (**Gráfico II.5.1.1.1.2-9a**), Paranaguá (**Gráfico II.5.1.1.1.2-10a**) e Florianópolis (**Gráfico II.5.1.1.1.2-11a**) e na área oceânica a partir dos dados de reanálise do ERA⁵ (**Gráfico II.5.1.1.1.2-12a**), mostraram que o padrão de sazonalidade observado na zona costeira é análogo à zona oceânica, com os meses de inverno (julho a setembro) mais secos que os meses de verão (janeiro a março), período em que foram observadas as maiores precipitações absolutas, em todas as localidades analisadas, conforme descrição a seguir.

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-7a** apresenta a precipitação média diária de acordo com dados medidos na estação do INMET no Rio de Janeiro referente a série recente (1961 a 2017) e no **Gráfico II.5.1.1.1.2-7c** é apresentada a normal climatológica fornecida pelo INMET (1981 a 2010). O período mais chuvoso na região costeira do Rio de Janeiro se estende de novembro a março (primavera e verão). Os máximos de precipitação ocorrem em dezembro e janeiro, com volumes médios de 4,6 e 4,9 mm/dia, respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-15**). Já os meses mais secos se estendem de junho a agosto (fim do outono e início do inverno), com médias diárias de precipitação de 1,5, 1,5, e 1,2 mm/dia, respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-15**). De maneira geral a série recente mostra o mesmo padrão que a normal. A variação interanual da pluviosidade (**Gráfico II.5.1.1.1.2-7b**) mostrou que os anos de 1967 e 2010 foram os mais chuvosos com média de $4,6 \pm 4,6$ mm/dia e $4,6 \pm 3,8$ mm/dia, respectivamente, e o ano de 2014 foi o mais seco com relação à série disponível e analisada (média de $1,6 \pm 0,9$ mm/ano) (**Quadro II.5.1.1.1.2-16**).

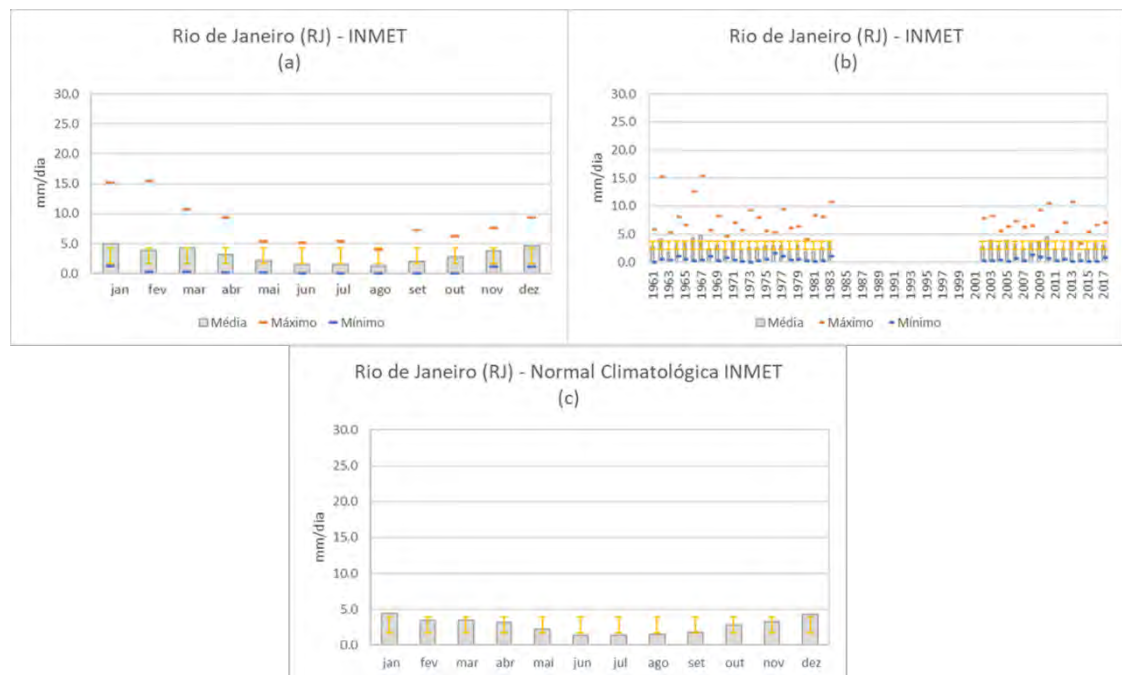


Gráfico II.5.1.1.1.2-7– Precipitação (mm/dia) no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2017); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série disponível (1961 a 2017); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-15– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	15.3	15.4	10.7	9.4	5.4	5.1	5.4	4.0	7.3	6.3	7.6	9.4
Média	5.0	3.8	4.2	3.2	2.2	1.5	1.6	1.2	2.1	2.8	3.8	4.6
Mínimo	1.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	1.1	1.2
Desvio Padrão	3.4	3.1	2.9	2.0	1.3	1.1	1.1	1.0	1.5	1.5	1.5	2.1

Quadro II.5.1.1.1.2-16- Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	5.9	2.8	0.1	2.2
1962	15.3	4.2	0.6	4.6
1963	5.4	1.9	0.4	1.5
1964	8.2	3.3	1.1	2.2
1965	6.6	3.4	0.6	2.0
1966	12.7	4.3	0.2	3.6
1967	15.4	4.8	0.4	4.6
1968	5.8	2.4	1.1	1.2
1969	8.2	3.1	0.3	2.2
1970	4.6	2.3	0.8	1.3
1971	7.0	3.6	0.4	2.0
1972	5.7	2.1	0.1	1.5
1973	9.3	2.7	0.1	2.4
1974	8.0	2.5	0.2	2.2
1975	5.6	2.9	0.5	1.8
1976	5.3	3.0	1.6	1.3
1977	9.4	3.0	1.0	2.4
1978	6.2	1.9	0.5	1.5
1979	6.4	3.0	0.6	1.5
1980	4.2	1.9	0.3	1.2
1981	8.4	1.9	0.1	2.2
1982	8.1	2.5	0.3	2.6
1983	10.7	3.7	1.1	2.8
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	*	*	*	*
1988	*	*	*	*
1989	*	*	*	*
1990	*	*	*	*
1991	*	*	*	*
1992	*	*	*	*
1993	*	*	*	*
1994	*	*	*	*
1995	*	*	*	*
1996	*	*	*	*
1997	*	*	*	*
1998	*	*	*	*
1999	*	*	*	*
2000	*	*	*	*

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-16 (Continuação)- Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2001	*	*	*	*
2002	7.8	2.9	0.3	2.5
2003	8.3	3.9	0.2	2.9
2004	5.6	2.9	0.5	1.9
2005	6.4	3.9	0.2	1.9
2006	7.3	3.2	0.7	1.9
2007	6.3	2.6	0.2	2.1
2008	6.6	3.3	1.4	1.7
2009	9.3	3.8	0.9	2.4
2010	10.5	4.6	0.7	3.8
2011	5.5	2.4	0.3	1.7
2012	7.1	2.6	0.6	1.8
2013	10.8	3.7	0.2	3.0
2014	3.3	1.6	0.3	0.9
2015	5.4	2.3	0.1	1.7
2016	6.6	3.3	0.2	2.1
2017	7.0	3.1	0.8	2.8

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-8a** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-9a** ilustram as médias diárias de precipitação das estações de Ubatuba e Santos, respectivamente, juntamente com suas normais climatológicas do INMET (**Gráfico II.5.1.1.1.2-8c** e **Gráfico II.5.1.1.1.2-9c**). Os resultados mostram que para o litoral paulista, o período chuvoso ocorre entre os meses de dezembro e março, com médias de 10,3 mm/dia em Ubatuba e 7,8 mm/dia em Santos, enquanto o período mais seco é de junho a agosto, sendo agosto o mês com menores volumes pluviométricos, 2,5 mm/dia em Ubatuba (**Quadro II.5.1.1.1.2-17**) e 2,5 mm/dia em Santos (**Quadro II.5.1.1.1.2-19**). No **Gráfico II.5.1.1.1.2-8b** que apresenta a variação anual da pluviometria para Ubatuba mostrou que o ano de 1972 ($3,8 \pm 4,2$ mm/dia) foi o mais seco e 1976 ($11,7 \pm 8,9$ mm/dia) o mais chuvoso (**Quadro II.5.1.1.1.2-18**). Para Santos (**Gráfico II.5.1.1.1.2-9b**), as maiores e menores médias pluviométricas foram verificadas nos anos de 1990 ($2,7 \pm 1,6$ mm/dia) e 1966 ($8,7 \pm 5,2$ mm/dia), respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-20**).

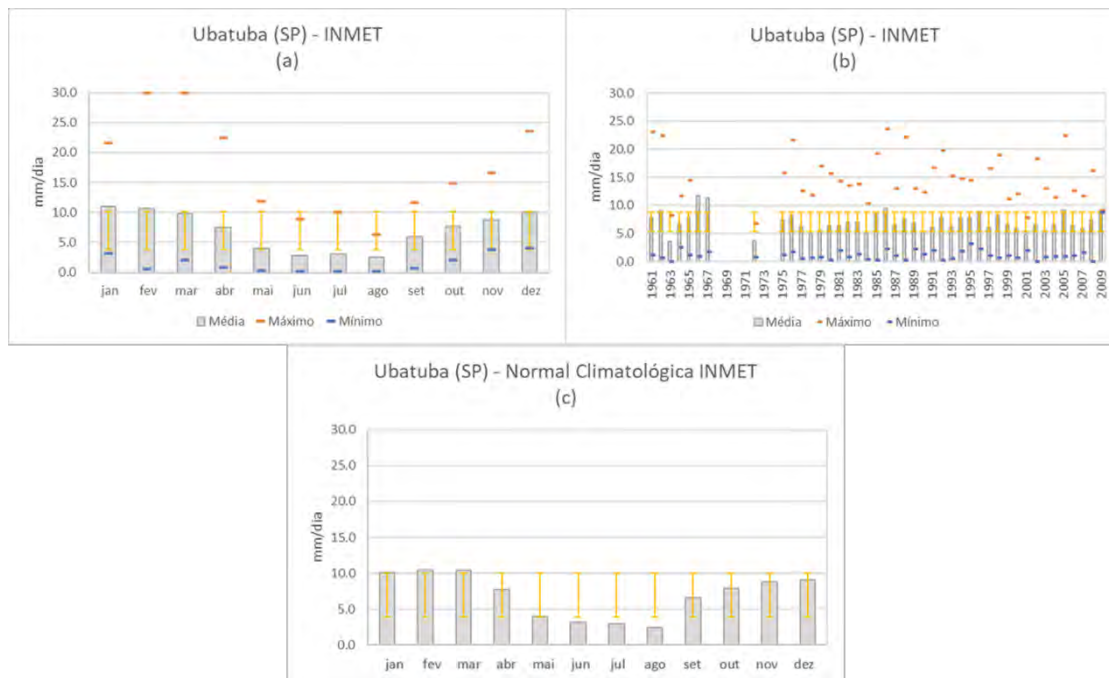


Gráfico II.5.1.1.1.2-8– Precipitação (mm/dia) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2009); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2009); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-17– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	21.7	30.0	30.0	22.4	11.9	9.0	36.1	6.3	11.7	14.9	16.6	23.6
Média	11.1	10.7	9.8	7.6	4.0	2.8	3.9	2.6	6.0	7.7	8.8	10.0
Mínimo	3.1	0.6	2.1	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.7	2.1	3.8	4.1
Desvio Padrão	4.6	6.7	5.4	4.3	2.4	1.8	5.6	1.5	2.6	3.3	3.5	4.5

Quadro II.5.1.1.1.2-18- Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	23.1	7.8	1.2	7.1
1962	22.4	9.0	0.6	6.8
1963	8.2	3.9	0.7	2.4
1964	11.7	6.6	2.6	3.3
1965	14.5	8.0	1.2	3.8
1966	36.1	11.7	1.0	8.9

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-18 (Continuação)- Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1967	30.9	11.4	1.7	10.8
1968	*	*	*	*
1969	*	*	*	*
1970	*	*	*	*
1971	*	*	*	*
1972	6.7	3.8	0.8	4.2
1973	*	*	*	*
1974	*	*	*	*
1975	15.8	7.5	1.2	5.6
1976	21.7	8.3	1.7	5.3
1977	12.6	6.2	0.6	4.7
1978	11.9	4.9	0.6	3.9
1979	17.0	5.6	0.8	4.5
1980	15.6	6.3	0.3	4.7
1981	14.3	6.3	2.0	4.7
1982	13.5	7.1	0.9	4.0
1983	13.8	7.1	1.4	3.7
1984	10.4	5.0	0.4	3.1
1985	19.2	8.5	0.2	7.1
1986	23.6	9.4	2.3	7.2
1987	13.0	6.6	1.1	3.7
1988	22.2	7.6	0.2	5.6
1989	13.0	6.9	2.2	3.0
1990	12.3	5.3	1.4	3.5
1991	16.7	6.1	2.1	4.1
1992	19.8	7.8	0.2	5.9
1993	15.3	6.2	0.6	4.5
1994	14.8	7.8	1.9	4.6
1995	14.5	7.9	3.2	3.9
1996	31.0	8.9	2.2	8.1
1997	16.6	6.1	1.1	4.7
1998	19.0	8.3	0.7	5.7
1999	11.2	6.5	1.1	3.4
2000	12.1	6.0	0.7	4.1
2001	7.9	4.8	2.0	1.9
2002	18.3	7.0	1.1	5.2
2003	13.0	5.5	0.8	4.4
2004	11.4	6.5	1.0	3.3
2005	22.4	9.2	1.0	5.9
2006	12.6	6.4	1.1	3.7
2007	11.7	5.8	1.6	3.4
2008	16.2	8.1	2.4	3.9
2009	9.2	9.0	8.8	0.3

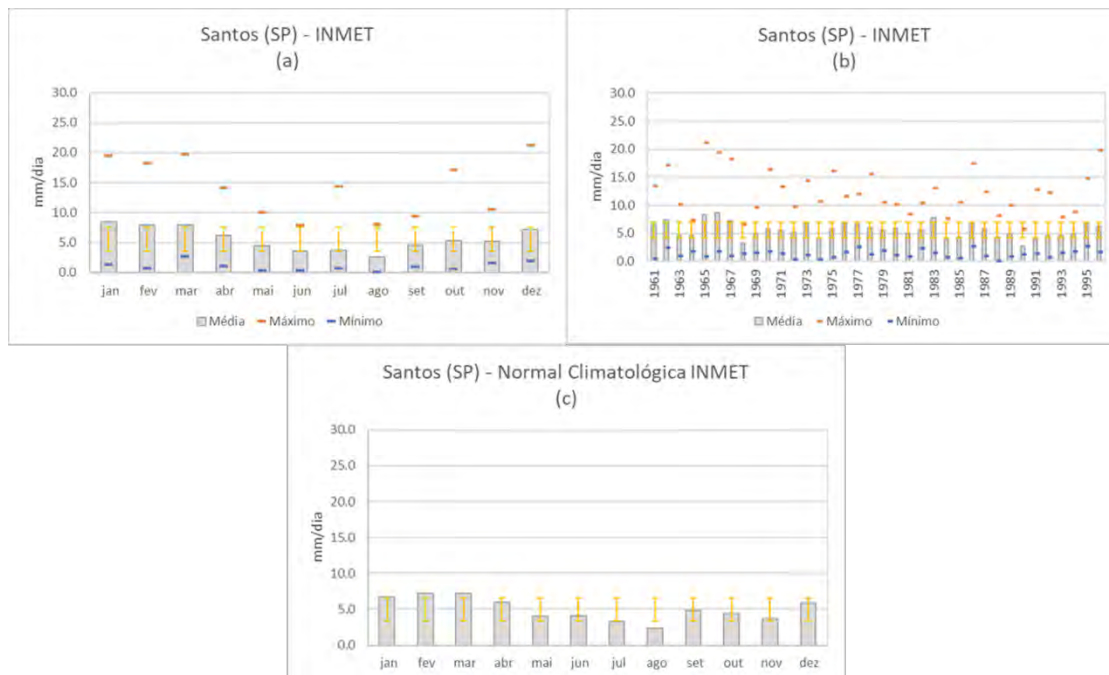


Gráfico II.5.1.1.1.2-9– Precipitação (mm/dia) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-19– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	19.5	18.2	19.8	14.1	10.0	7.9	14.3	8.0	9.4	17.1	10.5	21.2
Média	8.4	7.9	7.9	6.2	4.4	3.5	3.7	2.5	4.6	5.3	5.2	7.2
Mínimo	1.4	0.7	2.7	1.1	0.3	0.3	0.7	0.1	0.9	0.6	1.5	2.0
Desvio Padrão	3.8	4.3	3.8	2.9	2.6	1.9	2.7	1.8	2.3	3.1	2.9	4.5

Quadro II.5.1.1.1.2-20– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	13.5	6.5	0.4	3.9
1962	17.1	7.4	2.4	4.2
1963	10.1	4.6	0.9	3.0
1964	7.3	4.6	1.7	1.6
1965	21.2	8.3	0.8	5.8
1966	19.5	8.7	1.8	5.2
1967	18.2	7.2	1.0	4.9
1968	6.6	3.2	1.4	1.5

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-20 (Continuação)– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1969	9.6	5.0	1.5	2.7
1970	16.3	5.8	1.8	3.9
1961	13.5	6.5	0.4	3.9
1971	13.3	5.5	1.4	3.5
1972	9.7	5.0	0.3	2.8
1973	14.3	6.8	1.1	4.2
1974	10.6	4.2	0.3	3.1
1975	16.1	5.8	0.7	4.8
1976	11.5	6.9	1.7	2.9
1977	11.9	6.6	2.6	3.6
1978	15.6	6.0	1.3	4.7
1979	10.5	5.6	1.9	2.8
1980	10.1	5.9	1.1	2.9
1981	8.4	5.0	0.8	2.3
1982	10.5	5.6	2.4	2.7
1983	13.0	7.7	1.5	4.0
1984	7.6	3.9	0.7	2.4
1985	10.6	4.3	0.6	3.1
1986	17.4	7.0	2.7	4.6
1987	12.4	5.8	0.9	3.4
1988	8.2	4.3	0.1	2.3
1989	9.9	4.9	0.8	2.9
1990	5.7	2.7	1.2	1.6
1991	12.7	3.8	1.4	3.2
1992	12.3	4.6	0.7	3.5
1993	7.9	4.5	1.5	2.1
1994	8.8	4.9	1.7	2.3
1995	14.8	6.6	2.7	3.2
1996	19.8	6.3	1.7	5.1

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-10a** apresenta os valores de precipitação média diária calculados para a série recente e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-10c** a normal climatológica fornecida pelo INMET para a estação de Paranaguá. Os meses de janeiro a março concentram os maiores volumes de chuva no litoral do Paraná, sendo o máximo diário de precipitação em fevereiro, com volume médio de 10,5 mm/dia. Já o período mais seco se estende de junho a agosto, com médias diárias de precipitação de aproximadamente 3,0 mm/dia, sendo agosto o mês mais seco com volume acumulado de 2,4 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-21**). Comparando-se a série recente com a normal climatológica, os padrões apresentam-se coerentes. A variação interanual, **Gráfico II.5.1.1.1.2-10b**, mostrou que o ano de 1965 e de 1998

apresentaram a menor e a maior média pluviométrica com $3,0 \pm 2,2$ mm/dia e $8,7 \pm 5,4$ mm/dia, respectivamente (

Quadro II.5.1.1.1.2-22).

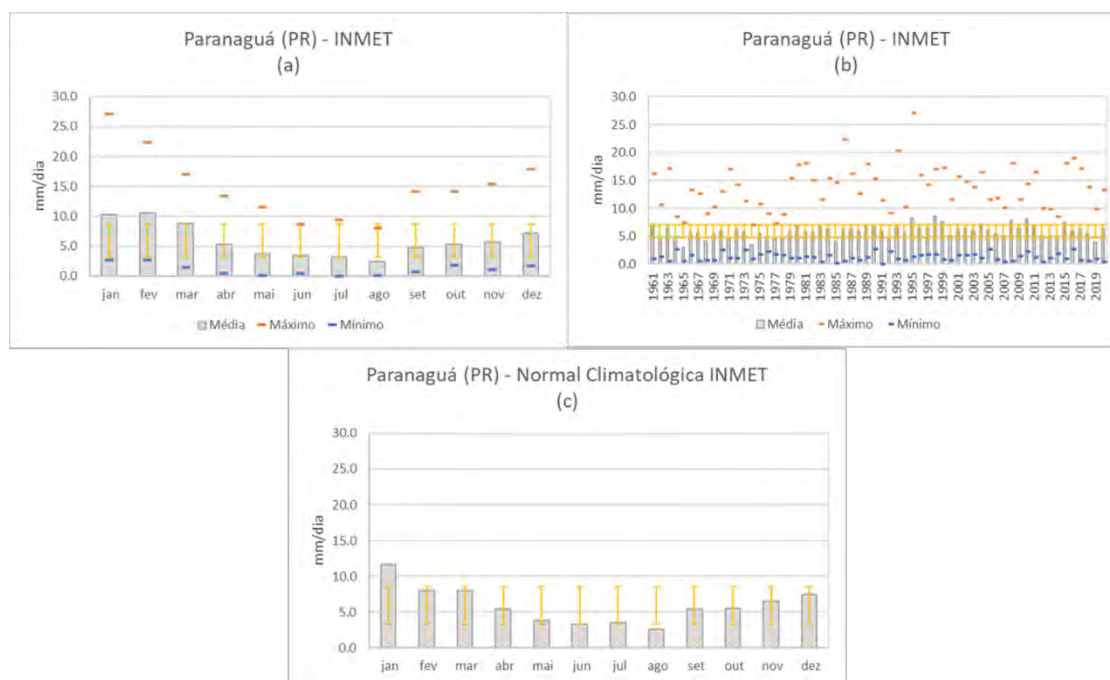


Gráfico II.5.1.1.1.2-10– Precipitação (mm/dia) de Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, mínima, média e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-21– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	27.1	22.4	17.0	13.4	11.5	8.7	9.4	8.1	14.2	14.2	15.4	17.9
Média	10.3	10.6	8.9	5.3	3.8	3.5	3.3	2.5	4.8	5.3	5.8	7.2
Mínimo	2.7	2.7	1.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.1	0.8	1.9	1.1	1.8
Desvio Padrão	4.9	4.6	3.6	2.7	2.3	2.1	2.0	1.6	2.7	2.3	3.0	3.2

Quadro II.5.1.1.1.2-22– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	16.2	7.1	1.0	4.8
1962	10.7	4.6	1.4	3.3
1963	17.2	6.5	0.6	5.8
1964	8.5	4.7	2.6	2.5
1965	7.5	3.0	0.6	2.2
1966	13.4	5.8	1.6	3.7
1967	12.7	5.6	0.6	3.8
1968	9.0	4.2	0.8	2.8
1969	10.3	5.4	0.7	2.8
1970	13.1	6.0	2.5	3.3
1971	17.0	4.5	1.1	4.7
1972	14.3	6.3	1.1	4.2
1973	11.3	5.7	2.5	2.4
1974	7.1	3.4	1.0	1.9
1975	10.8	5.7	1.8	2.7
1976	9.1	4.8	2.3	2.4
1977	7.3	4.6	1.8	2.1
1978	9.0	4.4	1.7	2.2
1979	15.5	5.7	1.2	3.8
1980	17.9	7.0	1.1	5.5
1981	18.0	5.9	1.4	5.1
1982	15.1	5.7	1.2	3.7
1983	11.5	6.6	0.5	2.7
1984	15.4	6.2	1.7	4.4
1985	14.6	4.1	0.1	4.0
1986	22.4	6.3	0.6	5.9
1987	16.2	6.3	1.1	4.6
1988	12.6	5.8	0.7	3.8
1989	18.0	7.0	1.3	4.7
1990	15.3	6.6	2.7	3.9
1991	11.5	6.5	1.5	3.6
1992	9.2	4.4	2.3	1.8
1993	20.3	6.5	1.0	5.4
1994	10.3	5.6	0.7	3.3
1995	27.1	8.3	1.4	8.2
1996	16.0	6.8	1.7	4.4
1997	14.2	6.5	1.8	4.0
1998	17.0	8.7	1.8	5.4
1999	17.2	7.6	0.9	4.9
2000	11.6	5.2	0.7	3.1
2001	15.7	6.3	1.6	4.1
2002	14.8	6.6	1.6	3.7
2003	13.9	6.0	1.7	4.2
2004	16.5	7.2	1.1	4.3
2005	11.6	6.1	2.8	2.9
2006	11.9	5.5	0.9	3.9
2007	10.1	5.2	0.4	2.9
2008	18.2	7.9	0.6	5.2
2009	11.7	6.5	1.5	3.7
2010	14.4	8.2	2.2	4.4
2011	16.5	6.9	1.3	4.6
2012	10.0	5.3	0.5	3.0

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-20 (Continuação)– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2013	9.8	5.1	1.1	2.8
2014	8.5	5.0	2.0	2.5
2015	18.1	7.5	1.0	4.6
2016	19.0	6.1	2.8	4.4
2017	17.2	6.3	0.8	4.8
2018	13.9	5.5	0.5	4.5
2019	9.8	4.0	1.0	2.5
2020	13.3	6.4	0.5	5.0

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-11a** ilustra a série média diária de precipitação e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-11c** a normal climatológica para dados da estação INMET de Florianópolis. Os meses mais chuvosos nesta região costeira são janeiro a março, com os máximos em janeiro e fevereiro, atingindo volumes pluviométricos médios de 6,92 mm/dia. Os meses com os menores volumes de chuva são junho, julho e agosto, com médias diárias de precipitação de, aproximadamente, 2,89 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-23**). Quanto à variação interanual, **Gráfico II.5.1.1.1.2-11b**, a maior média pluviométrica ocorreu no ano de 2008 com $7,9 \pm 5,9$ mm/dia, enquanto a menor média foi verificada no ano de 1964 com $2,3 \pm 1,3$ mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-24**).

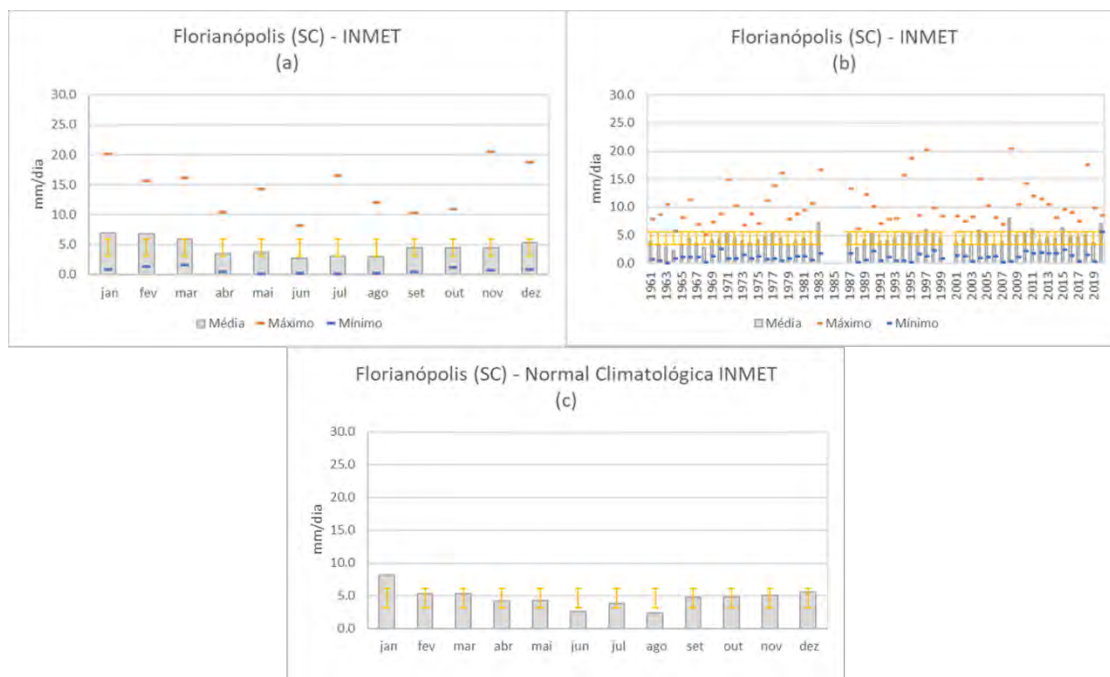


Gráfico II.5.1.1.1.2-11– Precipitação (mm/dia) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2019); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2019); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-23– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	20.2	15.7	16.1	10.5	14.3	8.2	16.6	12.0	10.2	10.9	20.5	18.8
Média	7.0	6.9	5.9	3.5	3.7	2.7	3.0	2.9	4.5	4.4	4.4	5.3
Mínimo	0.9	1.3	1.6	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	1.2	0.8	0.8
Desvio Padrão	3.8	3.3	3.1	2.0	2.6	1.6	2.6	2.3	2.5	2.1	2.9	3.0

Quadro II.5.1.1.1.2-24– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	7.9	3.9	0.7	2.6
1962	8.6	3.1	0.4	2.5
1963	10.5	3.3	0.8	3.0
1964	5.7	2.3	0.8	1.3
1965	8.2	3.2	1.1	1.9
1966	11.3	4.5	1.1	3.1
1967	6.9	3.6	1.1	2.2
1968	5.1	2.8	0.1	1.8
1969	7.3	4.1	1.3	2.0
1970	8.7	4.4	2.5	2.0
1971	15.0	5.3	0.8	3.8
1972	10.2	4.5	0.9	2.5
1973	6.8	4.1	1.5	1.6
1974	8.8	3.6	0.9	2.4
1975	7.1	4.1	1.2	1.9
1976	11.1	4.8	0.8	2.8
1977	13.9	5.3	0.8	3.9
1978	16.1	4.5	0.5	4.2
1979	7.9	3.2	0.9	1.9
1980	8.8	4.0	1.2	2.2
1981	9.4	4.4	1.3	2.2
1982	10.6	3.4	0.5	2.7
1983	16.6	7.2	1.8	4.0
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	13.4	5.2	1.8	3.5
1988	6.2	2.9	0.1	1.7
1989	12.3	4.1	0.6	3.4
1990	10.1	5.4	2.2	2.3
1991	7.0	3.8	0.4	2.3
1992	7.8	4.0	1.2	2.4
1993	8.0	4.5	0.4	2.5
1994	15.7	5.1	0.4	4.1
1995	18.8	5.6	0.2	5.4
1996	8.5	4.9	1.7	2.3
1997	20.2	6.0	1.3	5.5
1998	9.9	5.2	2.3	2.4
1999	8.4	4.5	0.9	2.7
2000	*	*	*	*
2001	8.4	3.7	1.4	2.9

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-24 (Continuação)– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2002	7.4	4.4	1.2	1.8
2003	8.3	3.3	0.4	2.0
2004	15.0	5.9	0.9	3.7
2005	10.2	5.6	1.0	2.9
2006	8.1	3.2	1.2	2.3
2007	6.9	3.9	0.2	1.8
2008	20.5	7.9	0.3	5.9
2009	10.5	5.0	1.1	2.6
2010	14.3	5.6	2.2	3.3
2011	12.0	6.2	1.7	3.6
2012	11.4	4.0	2.0	2.5
2013	10.5	4.6	1.7	2.6
2014	8.2	4.4	1.8	1.8
2015	9.5	6.3	2.4	2.3
2016	9.1	4.6	1.4	2.9
2017	7.5	4.7	0.3	2.0
2018	17.5	5.0	1.5	4.2
2019	9.8	3.6	0.2	2.9
2020	8.5	7.0	5.6	2.1

Quanto à região oceânica da área de interesse, ao analisar o **Gráfico II.5.1.1.1.2-12a** observa-se que assim como na região costeira, o verão caracteriza-se como o período mais chuvoso, com precipitação média de 3,13mm/dia entre os meses de janeiro a março, e o inverno é o período mais seco, com os meses de julho a setembro apresentando médias diárias de, aproximadamente, 1,82 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-25**).

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-12b** mostrou pequena variabilidade interanual média de chuvas na região oceânica, oscilando entre um mínimo de 1,5±0,9 mm/dia registrado para o ano de 1993 e um máximo de 3,3 mm/dia nos anos de 1983 (dp=2,2) e 2020 (dp=4,9). Neste último ano, destaca o valor máximo registrado de 18,6 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-26**).

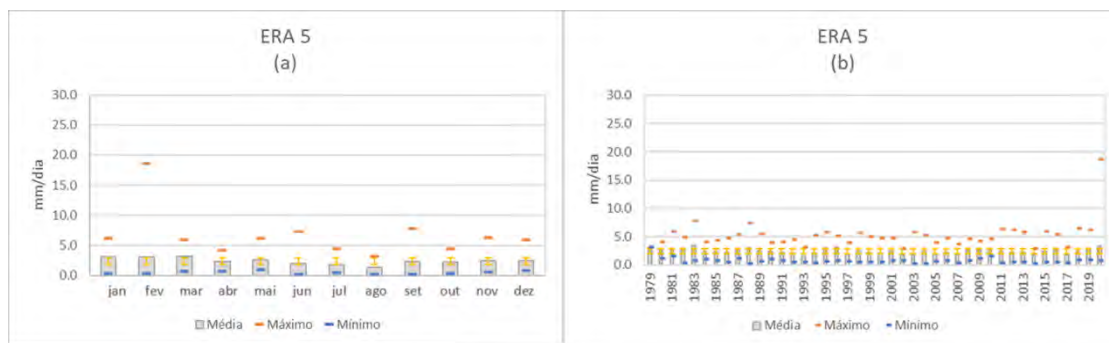


Gráfico II.5.1.1.1.2-12– Precipitação (mm/dia) no ponto de estudo, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. (a) Máxima, média e mínima mensal; (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual.

Quadro II.5.1.1.1.2-25 – Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	6.2	18.6	5.9	4.2	6.2	7.3	4.4	3.2	7.8	4.4	6.4	6.0
Média	3.1	3.1	3.2	2.3	2.5	2.0	1.8	1.4	2.3	2.2	2.5	2.5
Mínimo	0.3	0.3	0.7	0.8	1.0	0.2	0.5	0.2	0.2	0.3	0.6	0.9
Desvio Padrão	1.5	3.0	1.4	1.0	1.3	1.4	1.0	0.9	1.5	1.1	1.3	1.3

Quadro II.5.1.1.1.2-26– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1979	3.2	3.2	3.2	0.0
1980	4.0	2.6	1.2	0.8
1981	6.0	2.8	1.5	1.4
1982	4.9	2.6	0.3	1.3
1983	7.8	3.3	0.8	2.2
1984	4.0	2.3	1.0	1.1
1985	4.4	2.3	0.8	1.1
1986	4.7	2.3	0.4	1.3
1987	5.4	2.9	1.1	1.3
1988	7.4	3.0	0.2	2.2
1989	5.6	2.4	0.6	1.2
1990	4.0	2.3	1.0	1.1
1991	4.1	2.2	0.8	1.1
1992	4.5	2.0	0.5	1.4
1993	3.2	1.5	0.5	0.9
1994	5.2	2.1	0.3	1.6
1995	5.8	3.1	0.6	2.0
1996	5.2	3.2	0.7	1.7
1997	4.0	2.0	0.6	1.1
1998	5.7	2.5	0.5	1.7

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-26 (Continuação)– Precipitação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1999	5.0	2.3	0.4	1.4
2000	4.7	2.1	0.5	1.4
2001	4.8	2.4	0.7	1.3
2002	2.8	1.7	0.7	0.7
2003	5.8	1.8	0.2	1.5
2004	5.3	2.3	0.2	1.4
2005	4.0	2.0	0.7	1.2
2006	4.8	2.2	0.8	1.2
2007	3.7	2.0	0.3	1.2
2008	4.6	2.6	0.8	1.0
2009	4.2	2.6	1.1	1.1
2010	4.6	2.7	1.5	1.0
2011	6.4	2.5	0.3	1.8
2012	6.2	2.2	0.5	1.7
2013	5.7	2.3	0.4	1.4
2014	2.9	1.7	0.3	0.9
2015	5.9	2.4	0.5	1.4
2016	5.4	2.6	0.5	1.7
2017	3.2	1.8	0.4	1.0
2018	6.4	2.4	0.9	1.5
2019	6.2	2.7	0.8	1.5
2020	18.6	3.3	0.8	4.9

C. Insolação

Define-se insolação como a quantidade de radiação solar que ocorreu durante um dia levando em consideração a atenuação da atmosfera (poluição, poeira, aerossóis) e a nebulosidade, ou seja, a quantidade de brilho solar sem interferência que atinge uma certa área da superfície terrestre. Dessa maneira, maiores valores de insolação associam-se, principalmente, a condições de ausência de nebulosidade e precipitação.

Para caracterizar a área de interesse foram analisados os dados de insolação (média de horas de sol por dia) provenientes das estações de medição do INMET, série temporal disponível e normal climatológica, localizadas na região costeira dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Conjuntamente, os resultados mostraram que o mês de fevereiro apresenta, em média, os maiores valores de insolação, com máximo de 11,1 h/dia no litoral do Rio de Janeiro. As menores quantidades de radiação solar ocorrem nos meses de setembro e outubro, com o litoral paranaense registrando a menor média (2,5 h/dia).

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-13a** apresenta a climatologia da insolação, com valores médios, máximos e mínimos diários, de acordo com dados medidos na estação do INMET do Rio de Janeiro no período de 1961 a 1989 (esquerda) e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-13c** a respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1981 a 2010. Nesta área, os máximos valores de insolação ocorrem entre janeiro e março, em torno de 6,7 h/dia, e os mínimos em setembro e outubro, com média de 4,9 h/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-27**). Quando comparada à normal climatológica, a série temporal disponível apresenta valores médios muito próximos. No **Gráfico II.5.1.1.1.2-13b** é apresentada a variação interanual da insolação para a série de dados disponível. Nota-se que apesar das diferenças na quantidade de radiação solar entre os anos, estas não apresentam variabilidade expressiva (**Quadro II.5.1.1.1.2-28**).

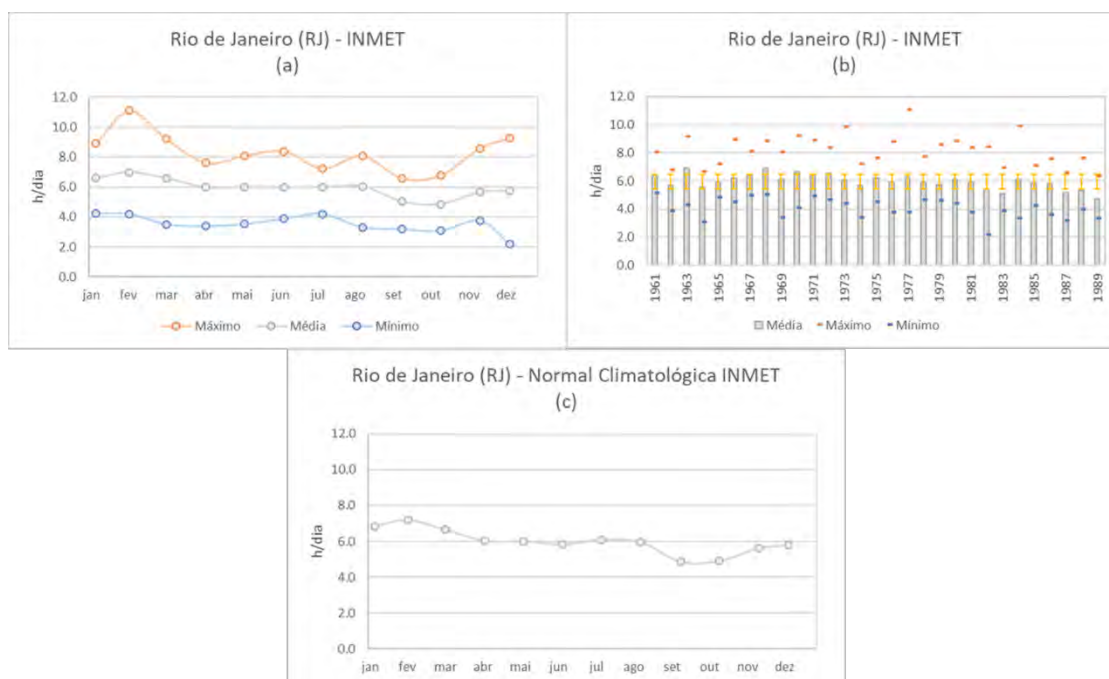


Gráfico II.5.1.1.1.2-13– Insolação (h/dia) no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1989); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 1989); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-27– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1989).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	8.9	11.1	9.2	7.6	8.1	8.4	7.2	8.1	6.6	6.8	8.6	9.2
Média	6.6	7.0	6.6	6.0	6.0	5.8	6.0	6.1	4.9	4.9	5.7	5.7
Mínimo	4.2	4.2	3.5	3.4	3.5	1.0	4.2	3.3	1.4	3.1	3.8	2.2
Desvio Padrão	4.2	4.1	3.6	3.6	3.2	3.3	3.3	3.6	3.9	3.9	4.2	4.3

Quadro II.5.1.1.1.2-28– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1989).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	8.1	6.4	5.1	3.8
1962	6.8	5.7	3.9	4.0
1963	9.2	6.9	4.3	3.6
1964	6.7	5.5	3.1	3.9
1965	7.2	5.9	4.9	3.7
1966	9.0	6.2	4.5	3.9
1967	8.1	6.3	5.0	3.7
1968	8.9	6.9	5.0	3.9
1969	8.1	6.1	3.4	3.9
1970	9.2	6.6	4.1	4.0
1971	8.9	6.5	5.0	4.0
1972	8.4	6.5	4.7	3.9
1973	9.9	6.0	4.4	3.8
1974	7.2	5.2	1.0	3.8
1975	7.7	6.2	4.5	3.8
1976	8.8	5.9	3.8	3.9
1977	11.1	6.3	3.8	3.9
1978	7.7	5.9	4.7	3.6
1979	8.6	5.7	4.6	3.7
1980	8.8	6.1	4.4	3.8
1981	8.4	5.9	3.8	3.8
1982	8.5	5.4	2.2	3.8
1983	7.0	4.8	1.4	3.9
1984	9.9	6.1	3.3	3.8
1985	7.1	5.8	4.2	3.7
1986	7.6	5.8	3.6	3.6
1987	6.6	5.1	3.2	3.8
1988	7.6	5.3	4.0	3.8
1989	6.4	4.7	3.3	3.2

Na região costeira do estado de São Paulo, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-14a,c** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-15a,c** ilustram os valores mensais de insolação das estações de Ubatuba e Santos e as normais climatológicas, respectivamente. As referidas estações apresentam comportamento relativamente similar, com médias anuais de 4,6 h/dia em Ubatuba e 4,3 h/dia em Santos. Os menores valores médios de

insolação ocorreram em outubro para Ubatuba (3,5 h/dia) e em setembro para Santos (3,0 h/dia), enquanto que o mês de fevereiro, para ambas estações, alcançou o maior número médio de horas de radiação solar por dia, com 5,5 h/dia em Ubatuba e 5,1 h/dia em Santos (**Quadro II.5.1.1.1.2-29** e **Quadro II.5.1.1.1.2-31**). A variação interanual da insolação é apresentada no **Gráfico II.5.1.1.1.2-14b** para Ubatuba e **Gráfico II.5.1.1.1.2-15b** para Santos não sendo verificada uma variabilidade significativa no número médio de horas de radiação solar por dia entre os anos analisados (**Quadro II.5.1.1.1.2-30** e **Quadro II.5.1.1.1.2-32**).

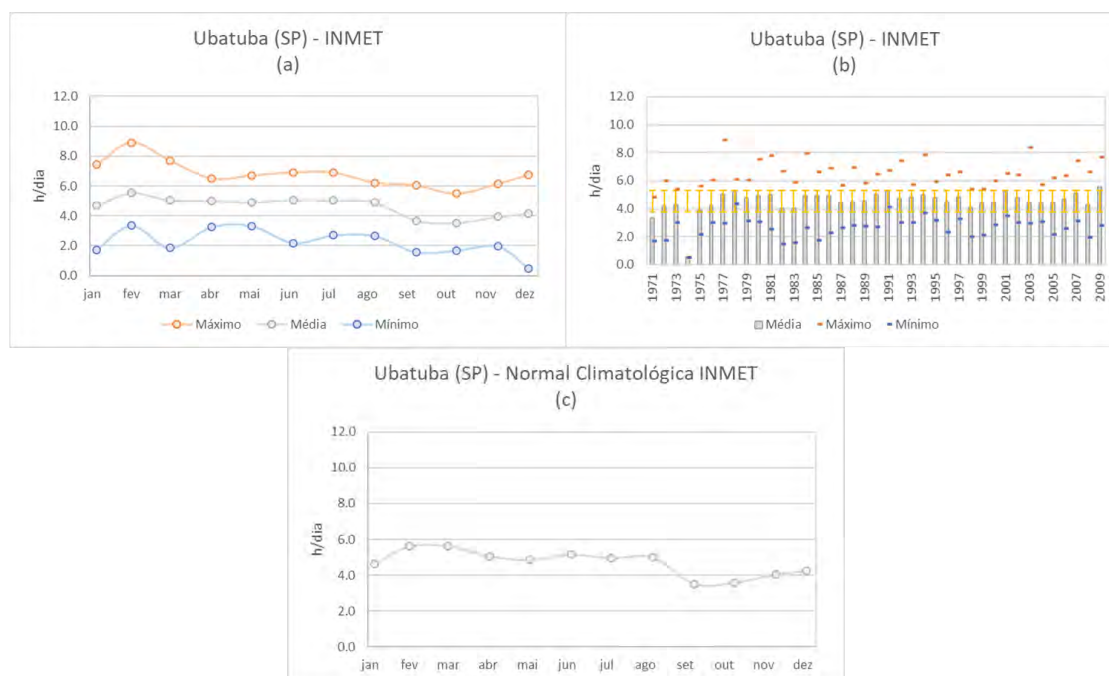


Gráfico II.5.1.1.1.2-14– Insolação (h/dia) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2009); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2009); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-29– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	7.4	8.9	7.7	6.5	6.7	6.9	6.9	6.2	6.0	5.5	6.1	6.7
Média	4.7	5.5	5.0	5.0	4.9	5.1	5.0	4.9	3.7	3.5	3.9	4.1
Mínimo	1.7	3.4	1.9	3.3	3.3	2.2	2.7	2.7	1.6	1.7	2.0	0.5
Desvio Padrão	3.8	3.6	3.3	3.1	3.1	3.0	3.2	3.5	3.6	3.7	3.8	3.7

Quadro II.5.1.1.1.2-30– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1971	4.8	3.3	1.7	3.5
1972	6.0	4.2	1.7	3.3
1973	5.4	4.3	3.0	2.9
1974	0.5	0.5	0.5	
1975	5.6	3.9	2.2	3.4
1976	6.0	4.2	3.0	3.4
1977	8.9	5.0	3.0	3.6
1978	6.1	5.2	4.4	3.5
1979	6.0	4.8	3.1	3.6
1980	7.5	4.9	3.1	3.4
1981	7.8	5.0	2.5	3.4
1982	6.7	4.0	1.5	3.5
1983	5.9	4.1	1.6	3.6
1984	8.0	4.9	2.7	3.7
1985	6.6	4.9	1.7	3.5
1986	6.9	4.9	2.3	3.6
1987	5.7	4.4	2.6	3.6
1988	6.9	4.5	2.8	3.6
1989	5.9	4.6	2.8	3.4
1990	6.5	5.0	2.7	3.5
1991	6.7	5.2	4.1	3.5
1992	7.4	4.7	3.0	3.6
1993	5.7	4.8	3.0	3.5
1994	7.9	5.0	3.7	3.6
1995	6.0	4.8	3.2	3.7
1996	6.4	4.5	2.3	3.5
1997	6.6	4.8	3.3	3.6
1998	5.4	4.1	2.0	3.4
1999	5.4	4.4	2.1	3.3
2000	6.0	4.4	2.9	3.4
2001	6.5	5.2	3.5	3.4
2002	6.4	4.8	3.0	3.4
2003	8.4	4.5	3.0	3.6
2004	5.7	4.4	3.1	3.4
2005	6.2	4.5	2.2	3.5
2006	6.3	4.7	2.6	3.5
2007	7.4	5.1	3.1	3.5
2008	6.6	4.3	2.0	3.5
2009	7.7	5.6	2.8	3.8

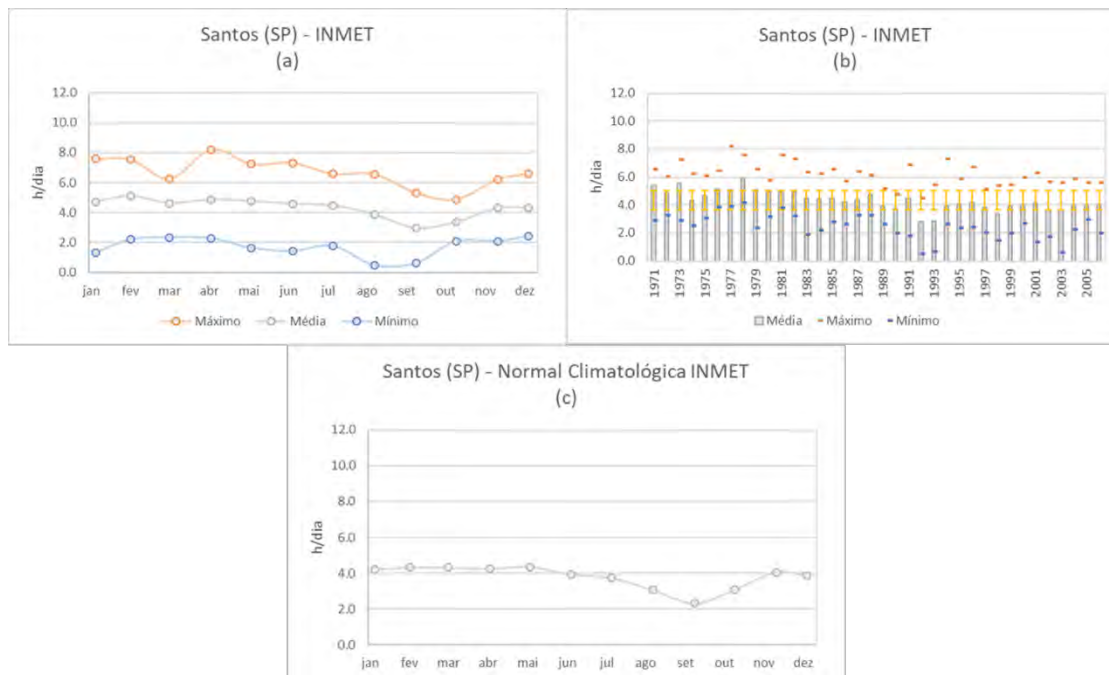


Gráfico II.5.1.1.1.2-15– Insolação (h/dia) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1969 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-31– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	7.6	7.5	6.2	8.2	7.2	7.3	6.6	6.6	5.3	4.9	6.2	6.6
Média	4.7	5.1	4.6	4.9	4.8	4.6	4.5	3.9	3.0	3.4	4.3	4.3
Mínimo	1.3	2.2	2.3	2.3	1.6	1.4	1.8	0.5	0.6	2.1	2.1	2.4
Desvio Padrão	3.9	3.7	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.4	3.5	4.0	3.9

Quadro II.5.1.1.1.2-32– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	6.6	5.4	2.9	3.7
1962	6.0	4.9	3.3	3.9
1963	7.2	5.6	2.9	3.8
1964	6.2	4.3	2.5	3.9
1965	6.1	4.6	3.1	3.8
1966	6.4	5.1	3.9	3.7
1967	8.2	5.1	3.9	3.7
1968	7.5	5.8	4.1	3.9
1969	6.6	5.0	2.3	3.9
1970	5.8	4.9	3.2	3.9
1971	7.6	4.9	3.8	3.8
1972	7.3	5.0	3.2	3.7
1973	6.3	4.5	1.9	3.8
1974	6.2	4.4	2.2	3.7
1975	6.6	4.5	2.8	3.6
1976	5.7	4.2	2.6	3.6
1977	6.4	4.4	3.3	3.5
1978	6.1	4.7	3.3	3.6
1979	5.2	3.9	2.6	3.5
1980	4.7	3.7	2.0	3.3
1981	6.9	4.5	1.8	3.3
1982	4.5	2.8	0.5	3.0
1983	5.5	2.8	0.7	3.3
1984	7.3	3.9	2.6	3.6
1985	5.9	4.1	2.3	3.5
1986	6.7	4.2	2.4	3.4
1987	5.1	3.8	2.0	3.4
1988	5.4	3.4	1.5	3.3
1989	5.5	3.9	2.0	3.4
1990	6.0	4.0	2.7	3.3
1991	6.3	4.1	1.3	3.7
1992	5.7	3.6	1.7	3.3
1993	5.6	3.6	0.6	3.4
1994	5.9	4.0	2.3	3.4
1995	5.6	4.0	2.9	3.6
1996	5.6	4.0	2.0	3.4

No **Gráfico II.5.1.1.1.2-16a** é mostrada variação sazonal para a estação INMET de Paranaguá para o período disponível (1961 a 2004) e no **Gráfico II.5.1.1.1.2-16c** a respectiva a normal climatológica. Analisando a referida série temporal, o valor médio mínimo de insolação ocorre em setembro, 2,5 h/dia, e o máximo ocorre em fevereiro com 5,1 h/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-33**). Na comparação com a normal climatológica, é observado que a série temporal disponível apresenta valores muito próximos. Entre os anos, observa-se pequena variabilidade nos valores médios de insolação (**Gráfico II.5.1.1.1.2-16b** e **Quadro II.5.1.1.1.2-34**).

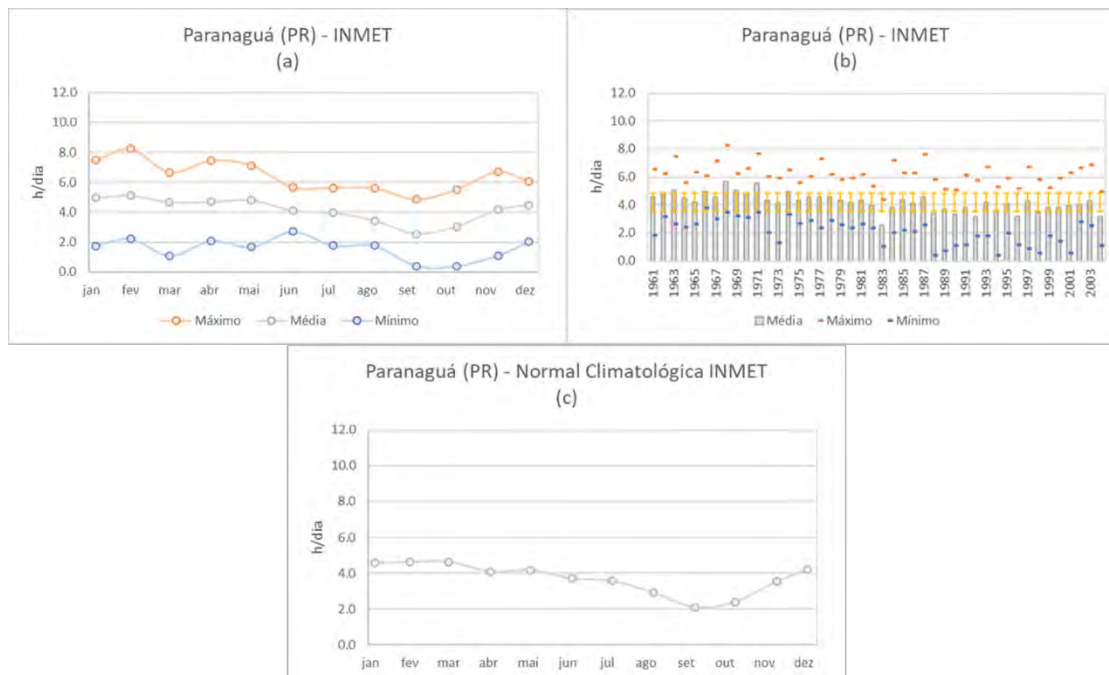


Gráfico II.5.1.1.2-16– Insolação (h/dia) em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2004); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2004); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.2-33– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2004).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	7.5	8.3	6.7	7.5	7.1	5.7	5.6	5.6	4.9	5.5	6.7	6.1
Média	5.0	5.1	4.7	4.7	4.8	4.1	4.0	3.4	2.5	3.0	4.2	4.5
Mínimo	1.8	2.2	1.1	2.1	1.7	2.7	1.8	1.8	0.4	0.4	1.1	2.0
Desvio Padrão	3.8	3.7	3.6	3.6	3.5	3.3	3.4	3.3	3.2	3.5	4.0	3.9

Quadro II.5.1.1.1.2-34– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2004).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	6.5	4.6	1.8	3.7
1962	6.2	4.9	3.2	4.0
1963	7.5	5.0	2.6	3.7
1964	5.6	4.5	2.4	3.8
1965	6.3	4.2	2.6	3.6
1966	6.1	5.0	3.8	3.9
1967	7.1	4.6	3.0	3.9
1968	8.3	5.6	3.5	4.0
1969	6.3	5.0	3.2	4.1
1970	6.6	4.9	3.1	3.9
1971	7.7	5.5	3.5	3.8
1972	6.0	4.3	2.1	3.7
1973	5.9	4.2	1.3	3.8
1974	6.5	5.0	3.3	3.7
1975	5.6	4.3	2.7	3.7
1976	6.0	4.6	2.9	3.8
1977	7.3	4.5	2.3	3.6
1978	6.2	4.6	2.9	3.5
1979	5.8	4.3	2.6	3.6
1980	5.9	4.2	2.4	3.6
1981	6.2	4.3	2.6	3.7
1982	5.3	4.0	2.4	3.3
1983	4.4	2.5	1.0	3.0
1984	7.2	3.8	2.1	3.5
1985	6.3	4.4	2.2	3.5
1986	6.3	4.1	2.1	3.4
1987	7.6	4.5	2.6	3.7
1988	5.8	3.4	0.4	3.6
1989	5.1	3.7	0.7	3.3
1990	5.1	3.3	1.1	3.2
1991	6.1	3.8	1.2	3.4
1992	5.7	3.2	1.8	3.2
1993	6.7	4.2	1.8	3.5
1994	5.3	3.7	0.4	3.3
1995	5.9	4.1	2.0	3.6
1996	5.2	3.1	1.1	3.3
1997	6.7	4.3	0.9	3.6
1998	5.8	3.4	0.6	3.6
1999	5.2	3.8	1.8	3.5
2000	5.9	3.8	1.4	3.5
2001	6.3	4.0	0.6	3.8
2002	6.7	4.0	2.8	3.5
2003	6.9	4.3	2.5	3.6
2004	5.0	3.1	1.1	3.3

Por fim, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-17a** ilustra a análise da insolação média mensal para a estação INMET de Florianópolis. Observa-se que os meses de dezembro a abril apresentam os maiores valores médios de insolação, com média dos referidos meses em torno de 6,2 h/dia, com o máximo em fevereiro e dezembro com 6,3 h/dia. Já o mínimo de insolação acontece em setembro, com média de 4,5 h/dia

(Quadro II.5.1.1.1.2-35). Comparando a série temporal disponível com a normal climatológica (Gráfico II.5.1.1.1.2-17c), nota-se que as séries apresentam comportamento semelhante. Os valores de insolação por ano da série de dados analisada são apresentados no Gráfico II.5.1.1.1.2-17b e mostram que a menor e maior insolação média ocorre no ano de 1983 ($4,2 \pm 3,9$ h/dia) e no ano de 1964 ($6,6 \pm 3,4$ h/dia), respectivamente, indicando reduzida variabilidade interanual (Quadro II.5.1.1.1.2-36).

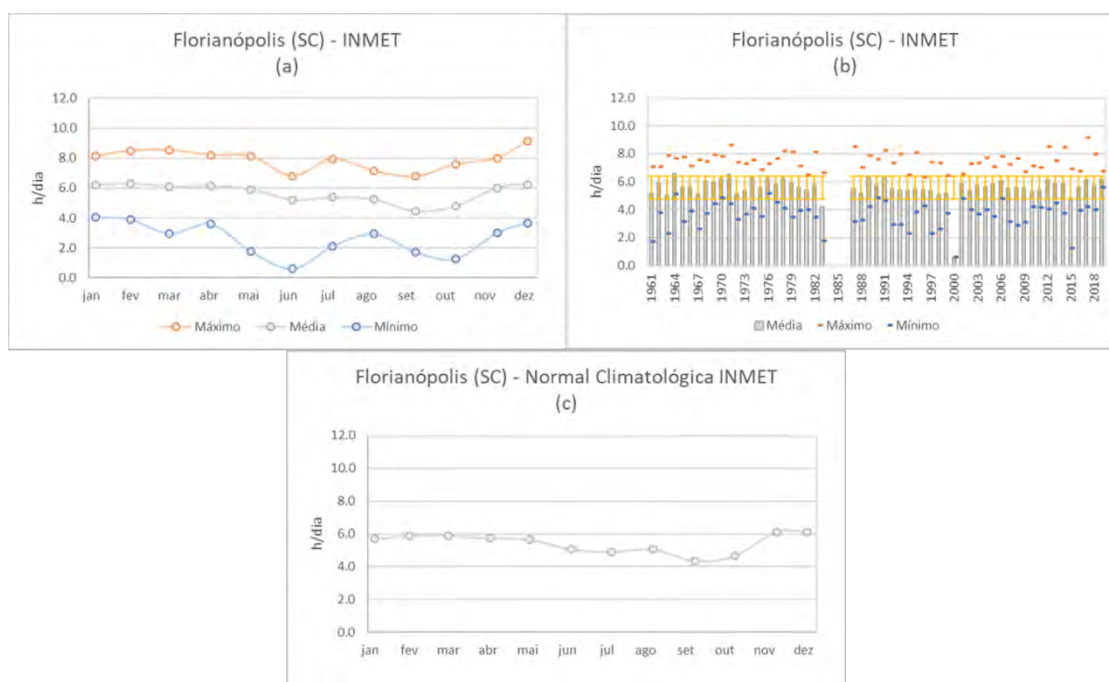


Gráfico II.5.1.1.1.2-17– Insolação (h/dia) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2019); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 2019); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-35– Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	8.1	8.5	8.5	8.2	8.1	6.8	8.0	7.1	6.8	7.6	8.0	9.1
Média	6.2	6.3	6.1	6.1	5.9	5.2	5.4	5.3	4.5	4.8	6.0	6.3
Mínimo	4.1	3.9	3.0	3.6	1.8	0.6	2.1	2.9	1.7	1.3	3.0	3.7
Desvio Padrão	3.9	3.8	3.7	3.7	3.6	3.6	3.7	3.8	4.1	4.1	4.2	4.0

Quadro II.5.1.1.1.2-36– *Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019). *dados não disponíveis.*

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	7.1	5.2	1.7	4.0
1962	7.1	5.9	3.8	3.9
1963	7.9	5.0	2.3	4.0
1964	7.7	6.6	5.1	3.4
1965	7.8	5.6	3.1	4.0
1966	7.1	5.7	3.9	4.0
1967	7.6	5.1	2.6	4.0
1968	7.5	6.0	3.7	3.8
1969	7.9	6.0	4.4	4.1
1970	7.8	6.2	4.8	4.0
1971	8.7	6.5	4.4	4.0
1972	7.4	5.2	3.3	4.1
1973	7.3	5.4	3.7	4.1
1974	7.5	6.3	4.1	3.8
1975	6.9	5.5	3.6	4.0
1976	7.3	6.3	5.2	3.8
1977	7.7	5.8	4.5	3.9
1978	8.2	6.2	4.1	3.8
1979	8.1	5.9	3.5	3.7
1980	7.1	5.6	3.9	3.9
1981	6.5	5.4	4.0	3.8
1982	8.1	5.8	3.5	3.8
1983	6.6	4.2	1.8	3.9
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	8.5	5.5	3.2	3.8
1988	7.1	5.2	3.3	4.0
1989	7.9	6.3	4.2	3.7
1990	7.6	5.8	4.8	3.9
1991	8.3	6.4	4.7	3.6
1992	7.3	5.5	2.9	3.9
1993	8.0	5.4	3.0	3.9
1994	6.5	5.4	2.3	3.9
1995	8.1	5.5	3.8	3.9
1996	6.4	5.4	4.3	3.8
1997	7.4	5.3	2.3	3.8
1998	7.4	5.1	2.6	3.9
1999	6.4	5.2	3.8	3.8
2000	0.6	0.6	0.6	
2001	6.5	5.9	4.8	4.0
2002	7.3	5.4	4.0	3.9
2003	7.4	5.7	3.7	3.9
2004	7.7	5.7	4.0	3.8
2005	7.1	5.8	3.5	3.8
2006	7.8	6.1	4.8	3.8
2007	7.2	5.6	3.1	3.9
2008	7.7	5.6	2.9	3.9
2009	6.7	5.6	3.1	4.0
2010	7.2	5.3	4.2	3.8
2011	7.0	5.5	4.2	3.8
2012	8.5	6.1	4.1	3.8

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-36 (Continuação)– *Insolação (h/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2019). *dados não disponíveis.*

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2013	7.5	5.9	4.5	3.9
2014	8.5	5.9	3.8	4.0
2015	6.9	4.8	1.3	3.8
2016	6.8	5.6	4.0	3.9
2017	9.1	6.1	4.2	3.8
2018	8.0	5.8	4.0	3.8
2019	6.8	6.1	5.6	3.8

D. Evaporação

O entendimento do fenômeno da evaporação está ligado tanto ao estudo hidrológico quanto no meteorológico. Assim, para a compreensão desse processo físico é necessário o conhecimento das variáveis que definem o clima e das variáveis associadas à movimentação da água representada pelo ciclo hidrológico. Os principais fatores meteorológicos para a evaporação são: a radiação solar sobre a superfície que, como mencionado anteriormente, varia com a hora do dia e com o dia do ano, estações, e depende da atenuação da atmosfera e da nebulosidade; a umidade do ar, ou então, da pressão de vapor de ar e pressão de saturação para a temperatura do ar; a temperatura do ar; e, a velocidade do vento. Soma-se a estes fatores, a disponibilidade de água (área da superfície evaporante), os quais se relacionam de forma complexa, interferindo na velocidade com que a água evapora, taxa de evaporação (OLIVEIRA, 2009).

Para a caracterização da evaporação na área de estudos foram utilizados dados do ponto de análise do ERA 5 localizado na região oceânica. Para esta análise, a evaporação se refere a quantidade acumulada de água que evaporou da superfície da Terra, incluindo uma representação simplificada da transpiração (da vegetação), em vapor no ar. Já para os dados pontuais das estações de medição costeiras do INMET, Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis, os valores de evaporação foram obtidos através da técnica do evaporímetro de Piché.

A **Figura II.5.1.1.1.2-34** a **Figura II.5.1.1.1.2-49** apresenta a climatologia referente à distribuição espacial da evaporação para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020 obtidos a partir do ERA 5. Observa-se que, de maneira geral, os valores de evaporação são maiores sobre o oceano do que sobre o continente, podendo estar diretamente relacionada com a disponibilidade de água e ação contínua dos ventos, que deslocam as parcelas de ar mais úmidas encontradas na camada limite superficial, substituindo-as por outras mais secas, renovando a capacidade de absorver vapor de água. Mensalmente, é possível observar um aumento progressivo da evaporação de janeiro até maio (período de verão e outono), seguido de redução ao longo dos demais meses, junho a dezembro, relativos ao fim do outono, inverno e primavera.

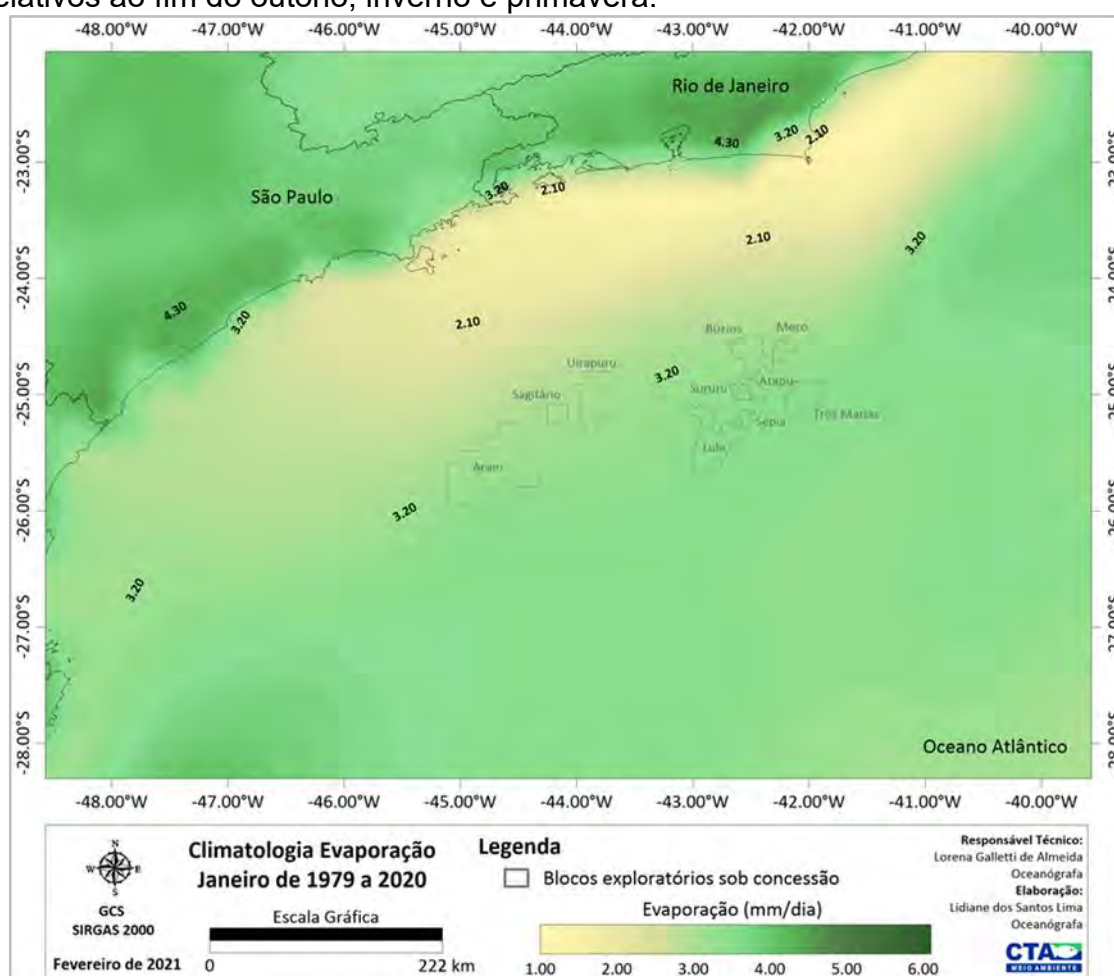


Figura II.5.1.1.1.2-34 – Climatologia de janeiro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

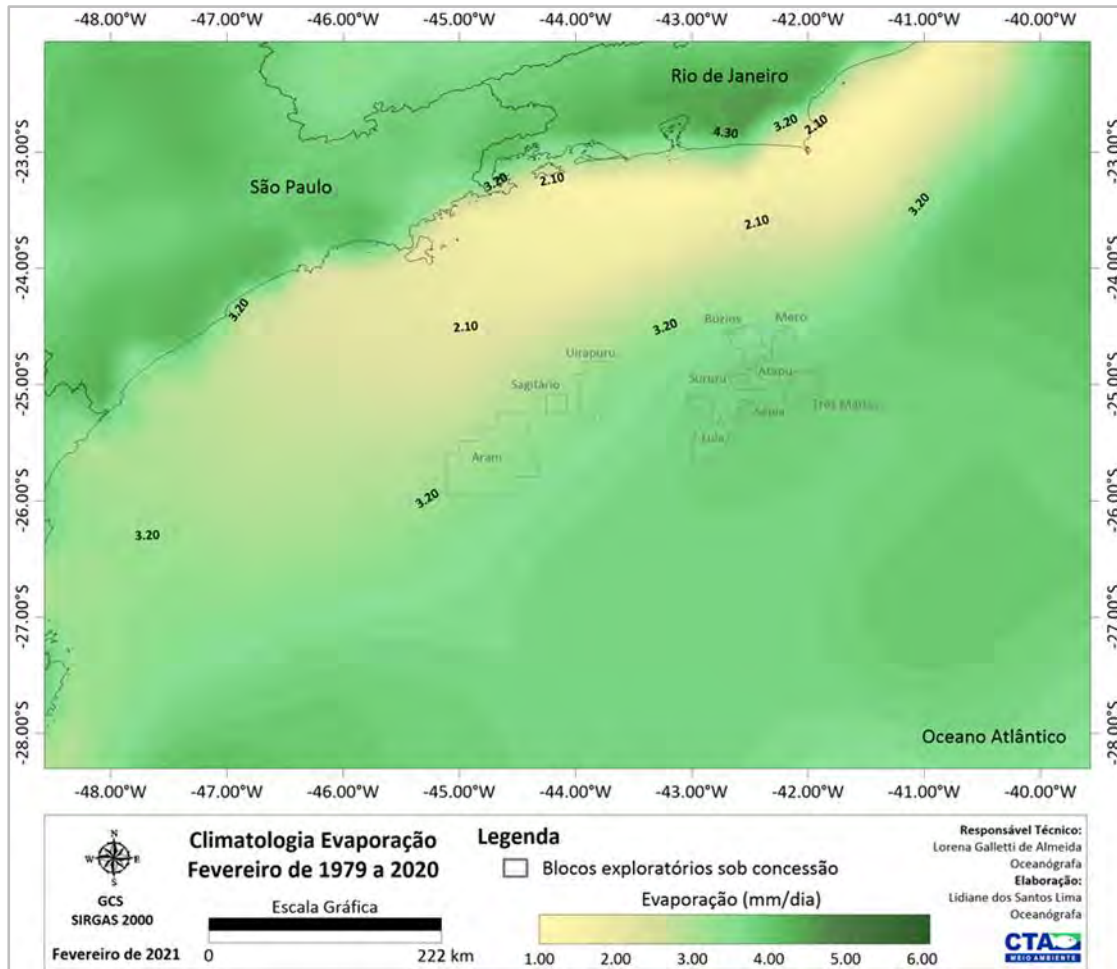


Figura II.5.1.1.2-35– Climatologia de fevereiro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

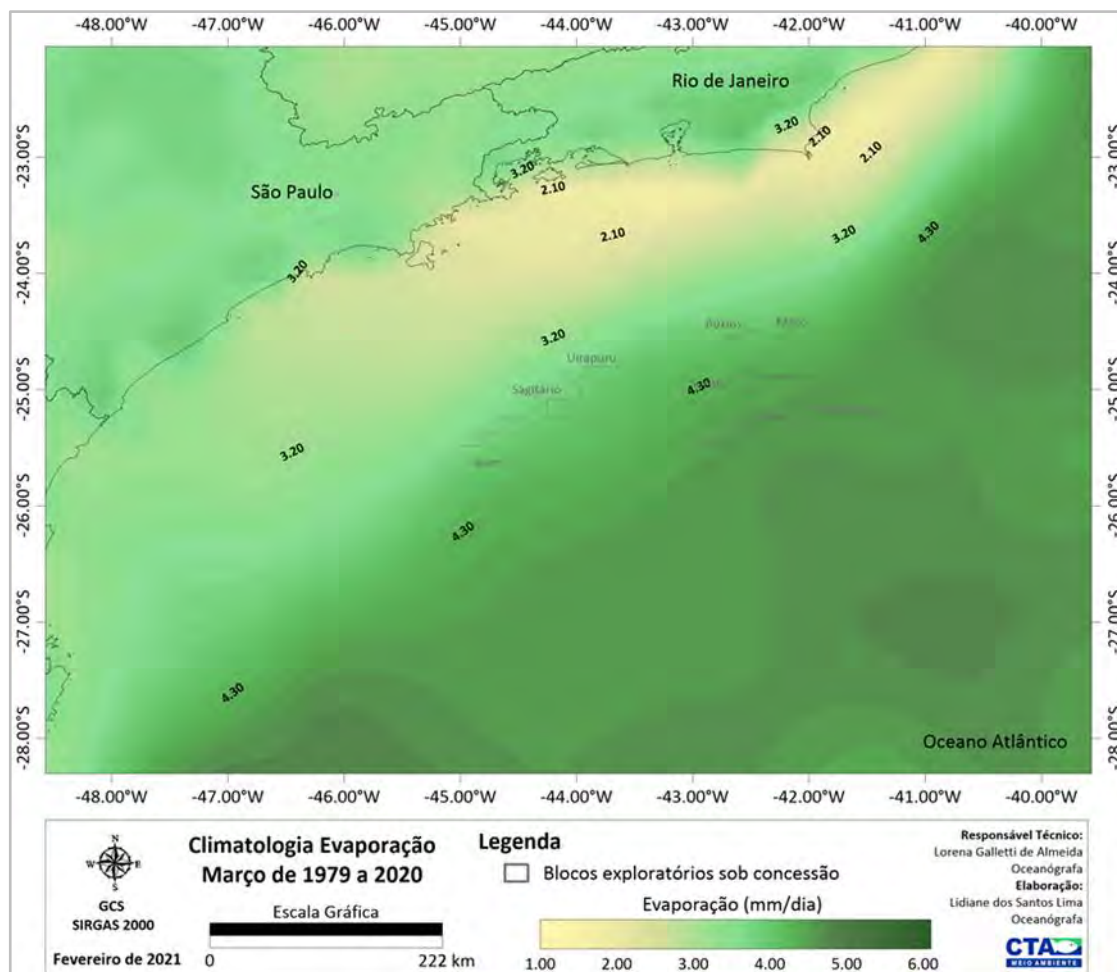


Figura II.5.1.1.1.2-36– Climatologia de março referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

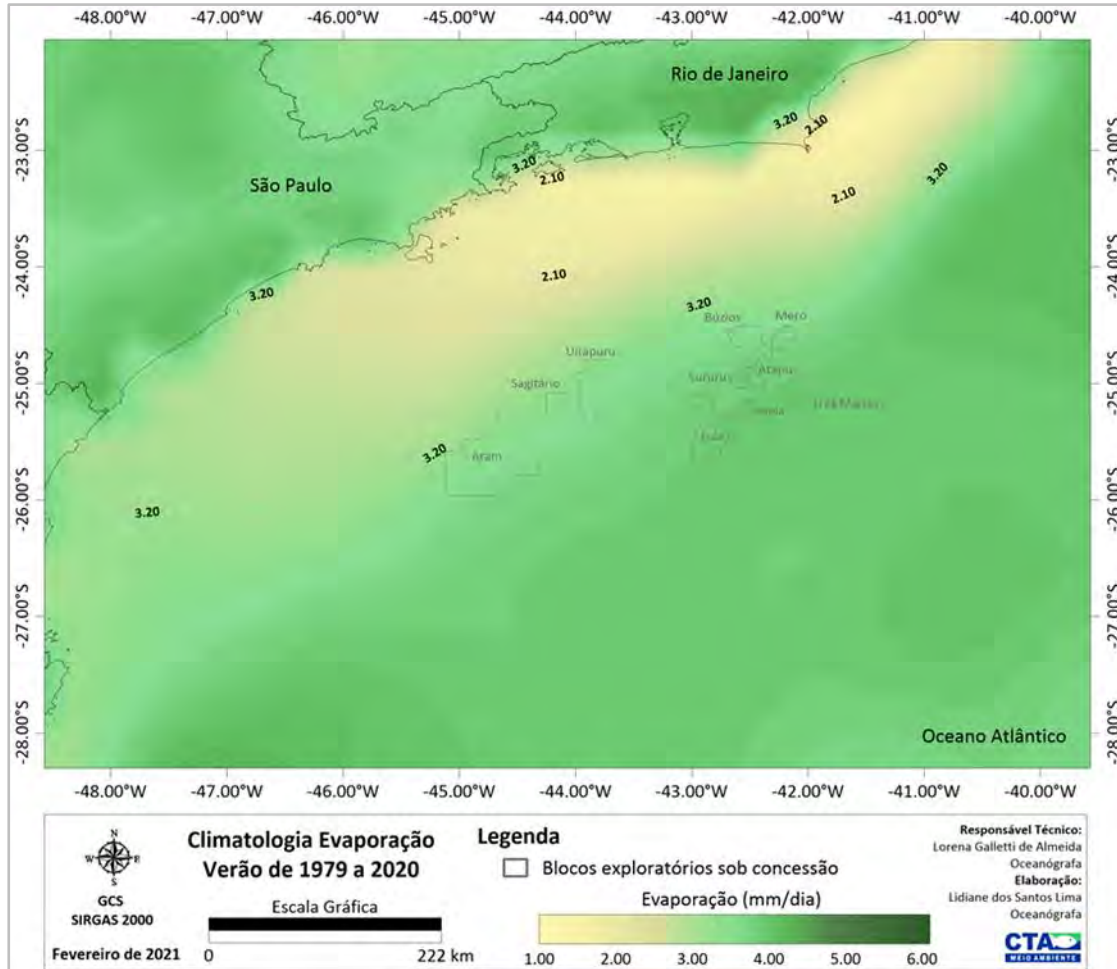


Figura II.5.1.1.1.2-37– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

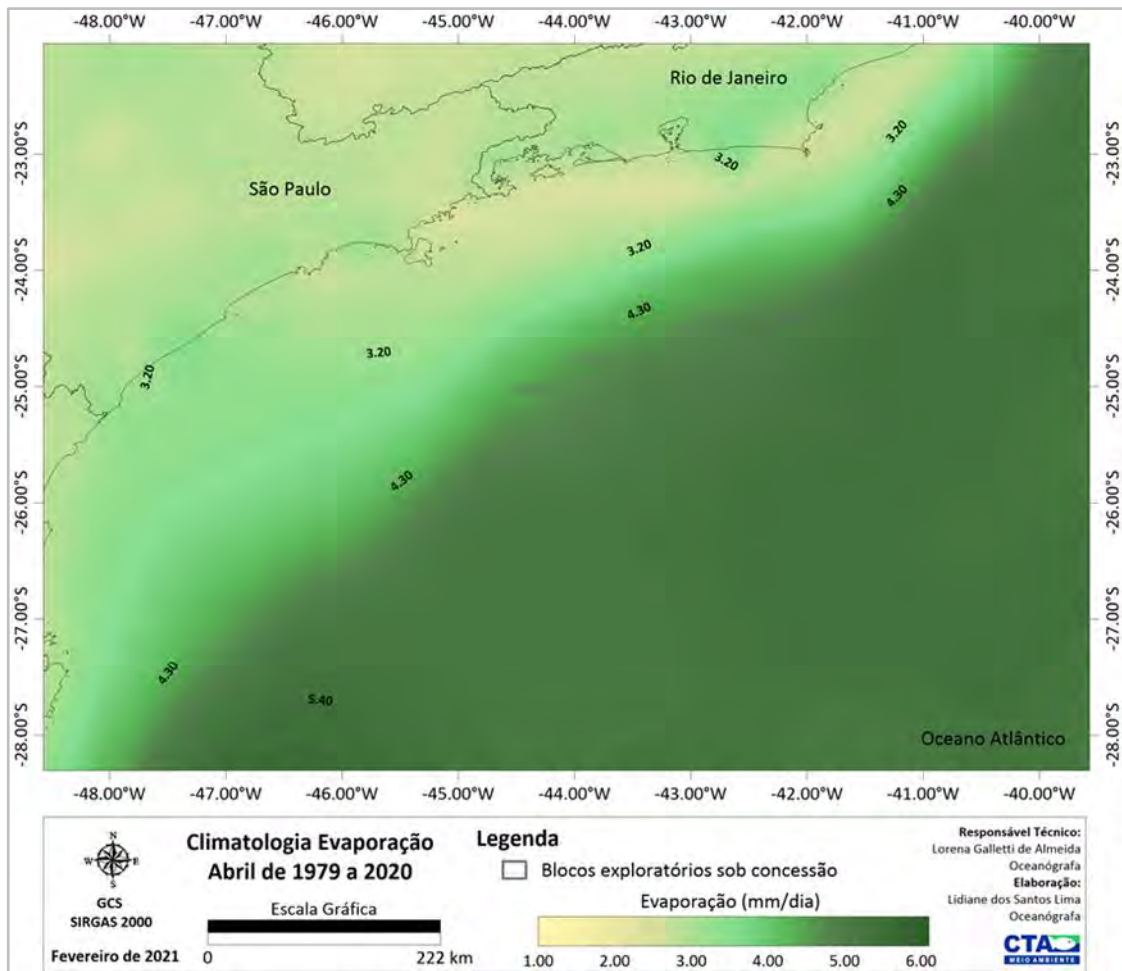


Figura II.5.1.1.1.2-38– Climatologia de abril referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

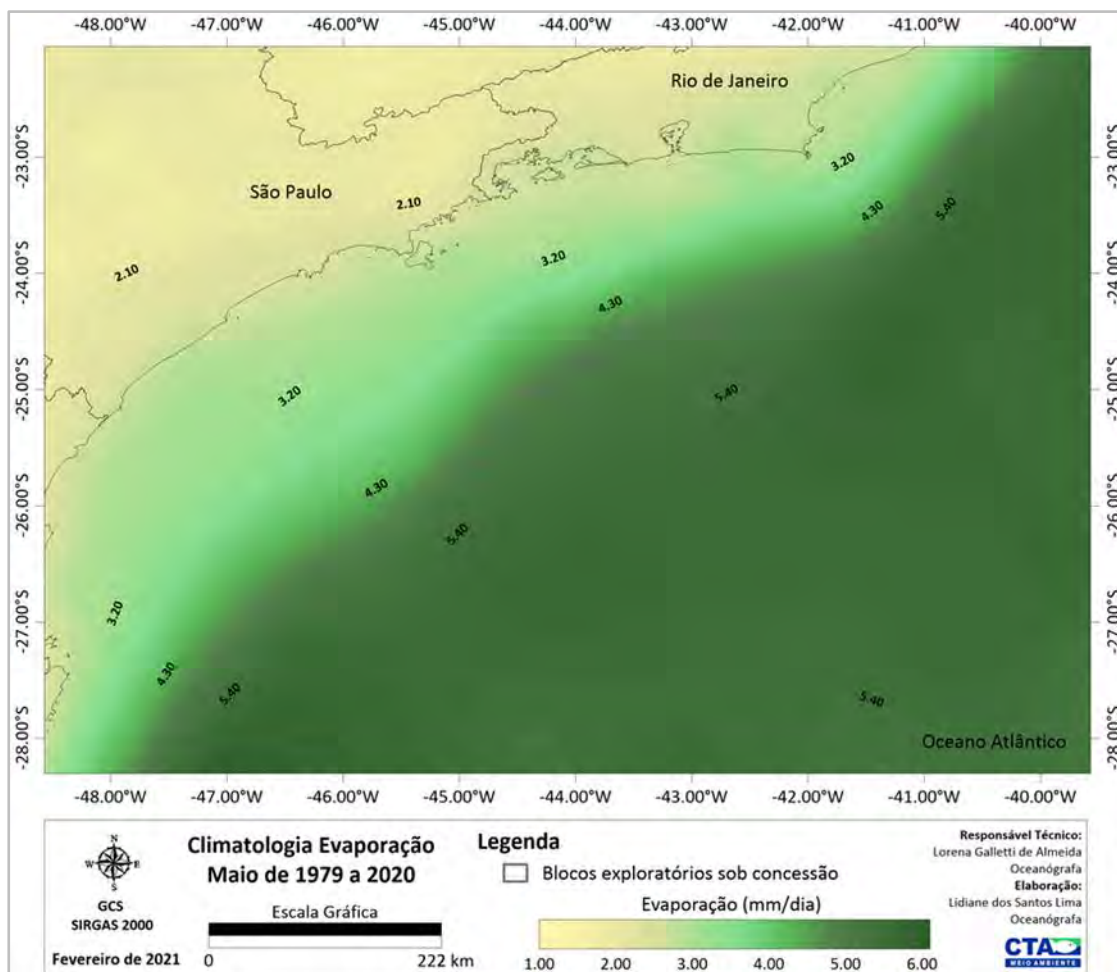


Figura II.5.1.1.1.2-39– Climatologia de maio referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

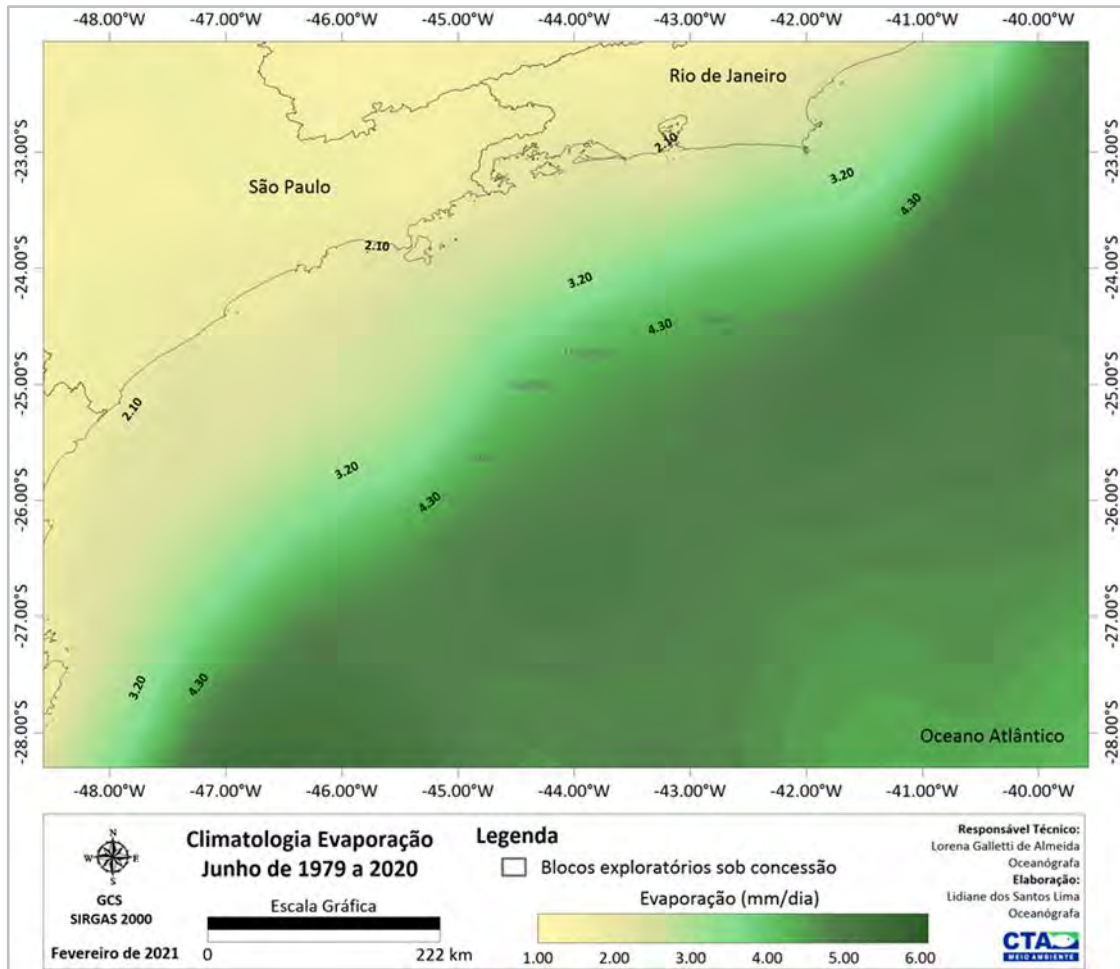


Figura II.5.1.1.1.2-40– Climatologia de junho referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

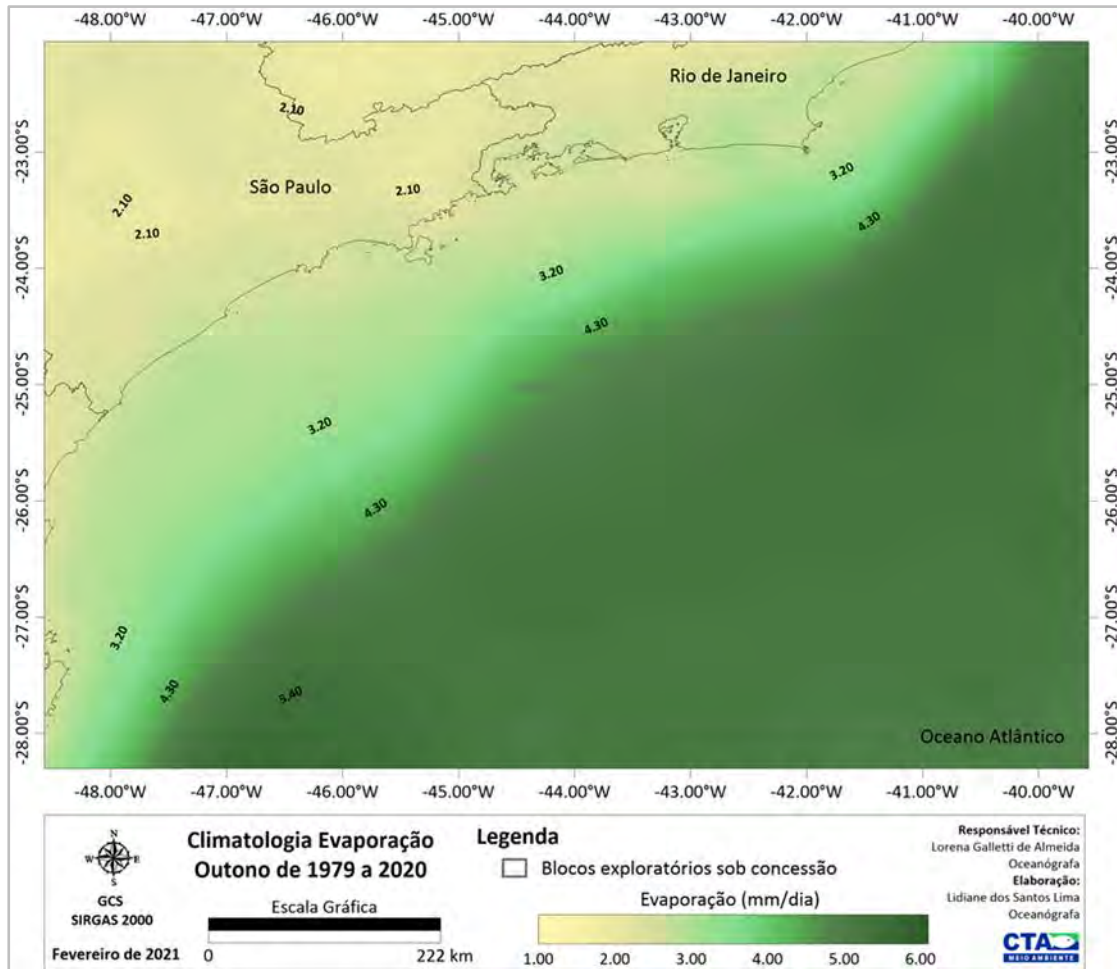


Figura II.5.1.1.1.2-41– Climatologia de outono (abril a junho) referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

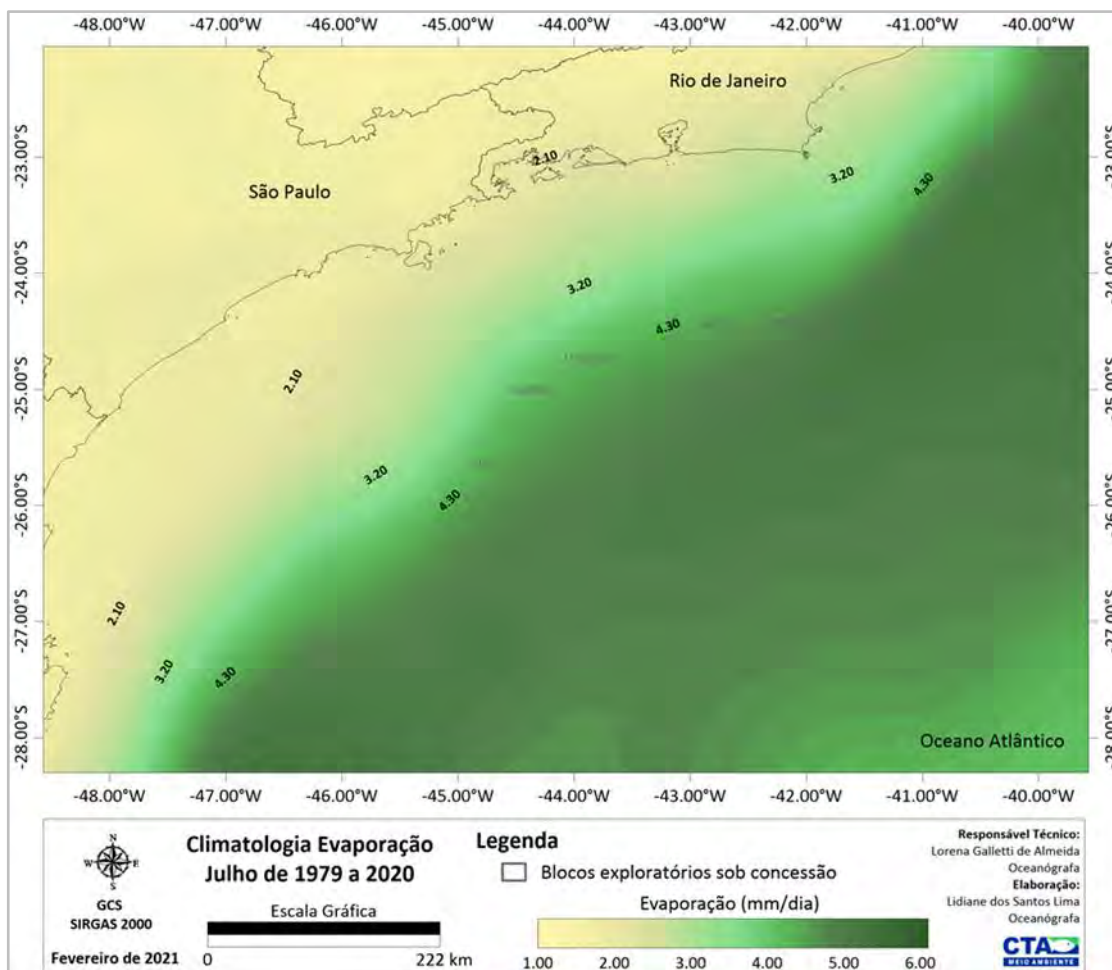


Figura II.5.1.1.1.2-42– Climatologia de julho referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

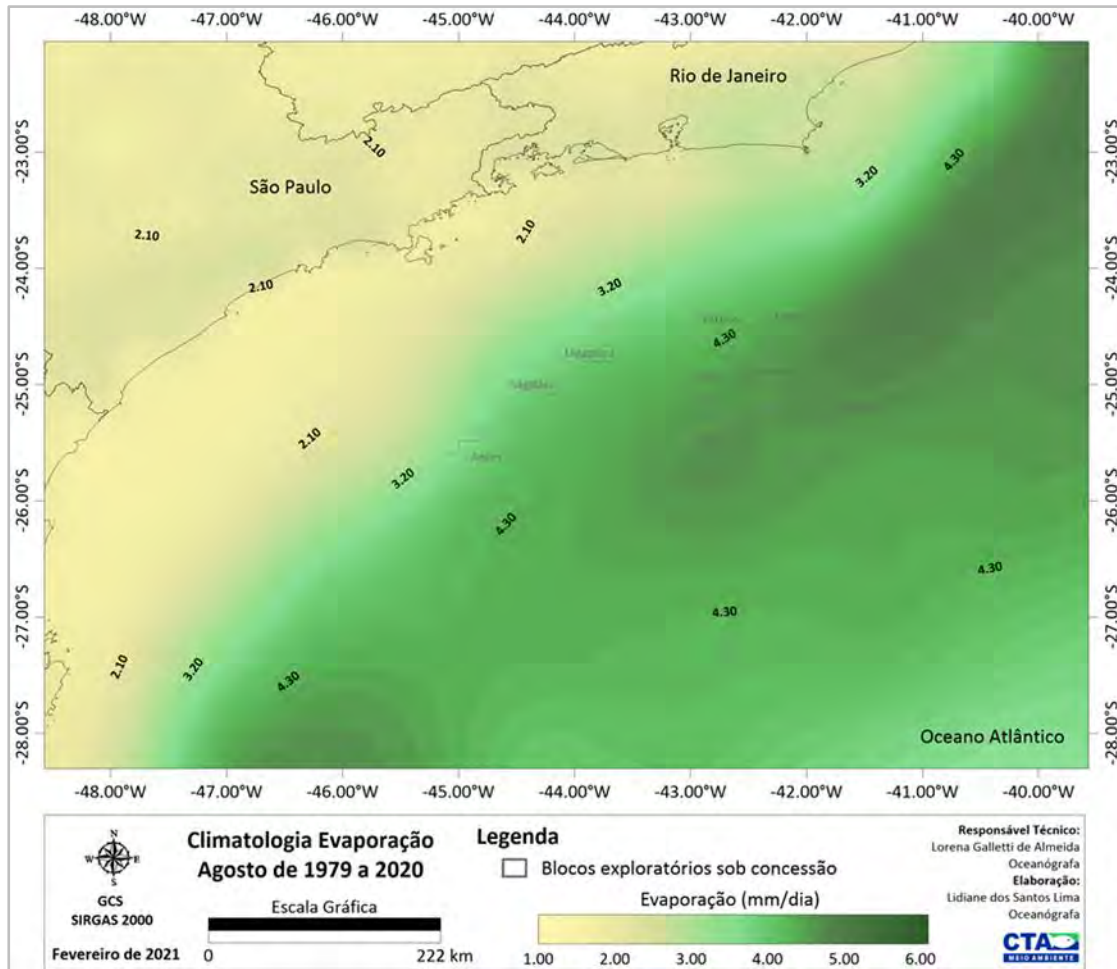


Figura II.5.1.1.1.2-43– Climatologia de agosto referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

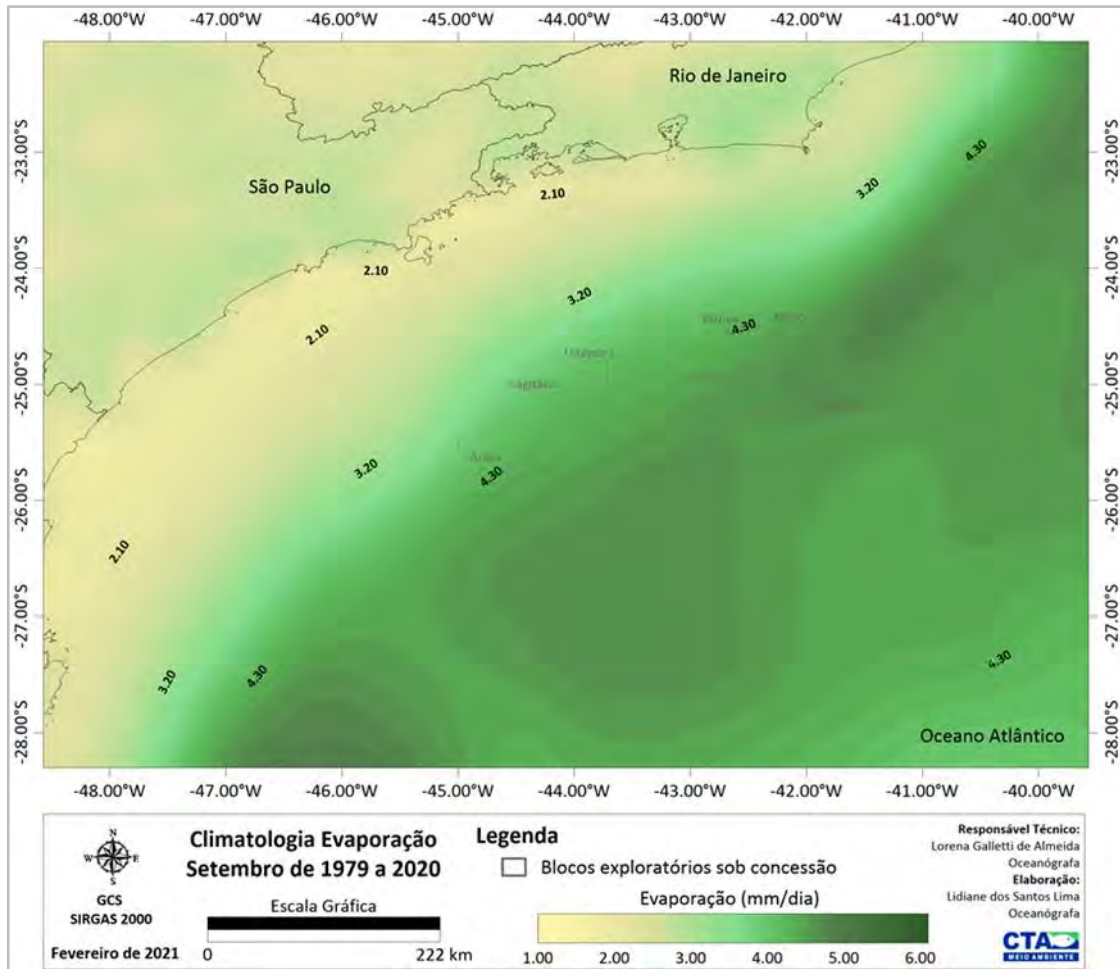


Figura II.5.1.1.1.2-44– Climatologia de setembro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

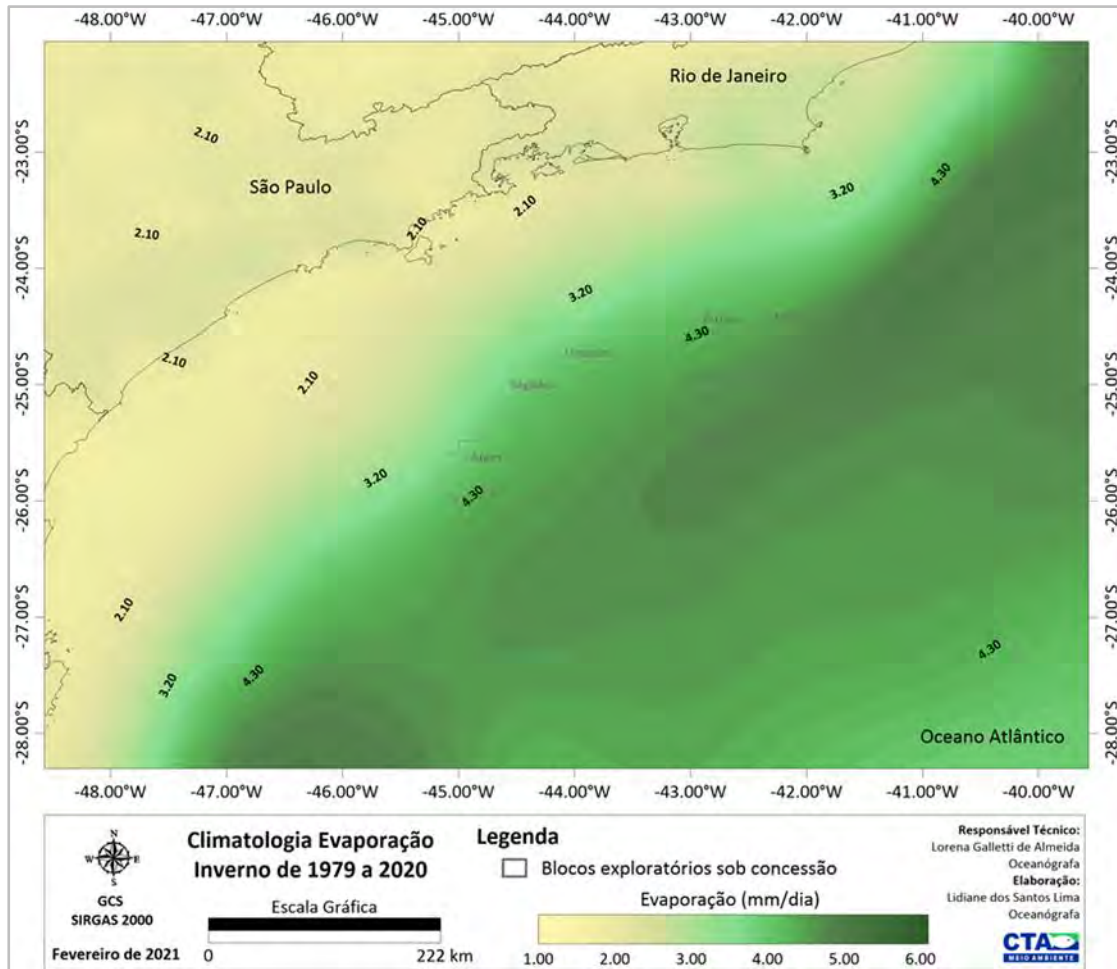


Figura II.5.1.1.1.2-45– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

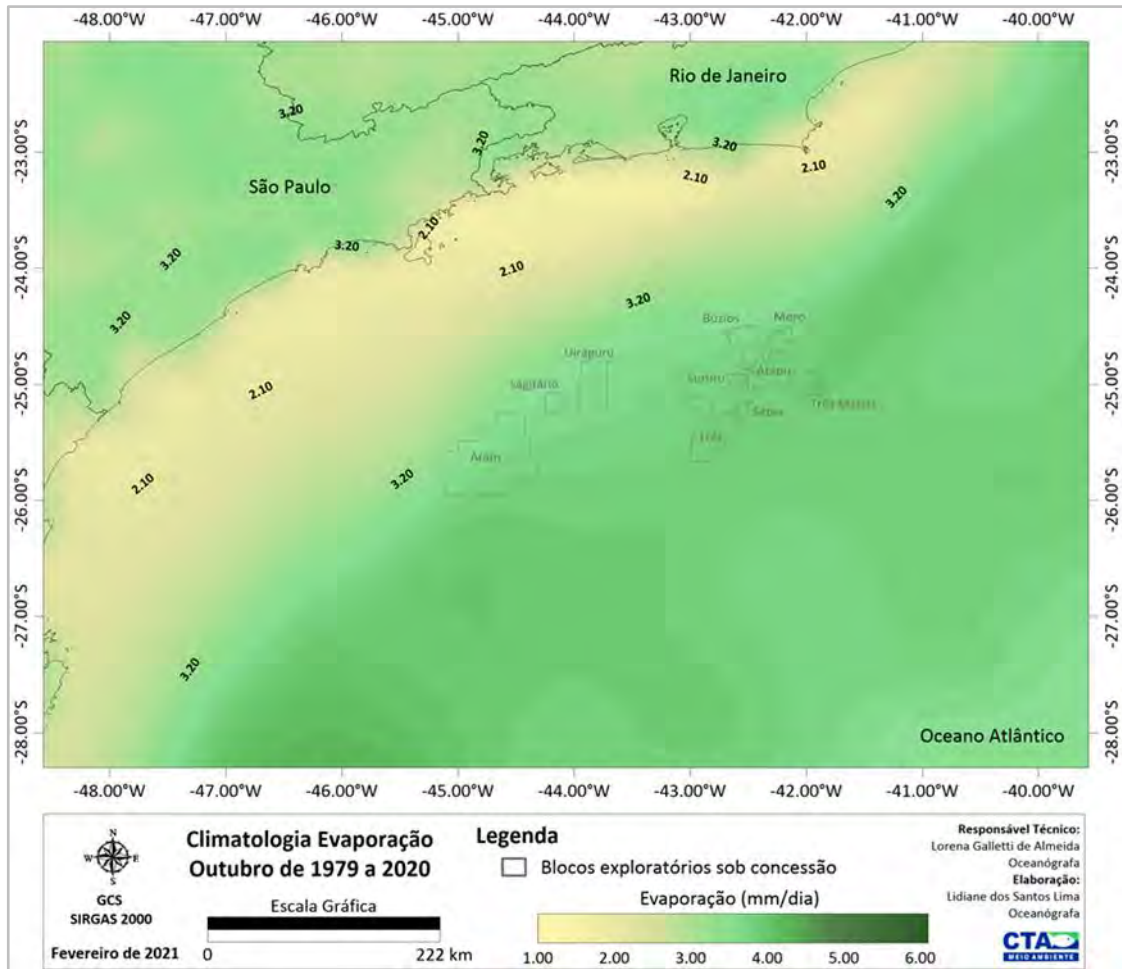


Figura II.5.1.1.1.2-46– Climatologia de outubro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

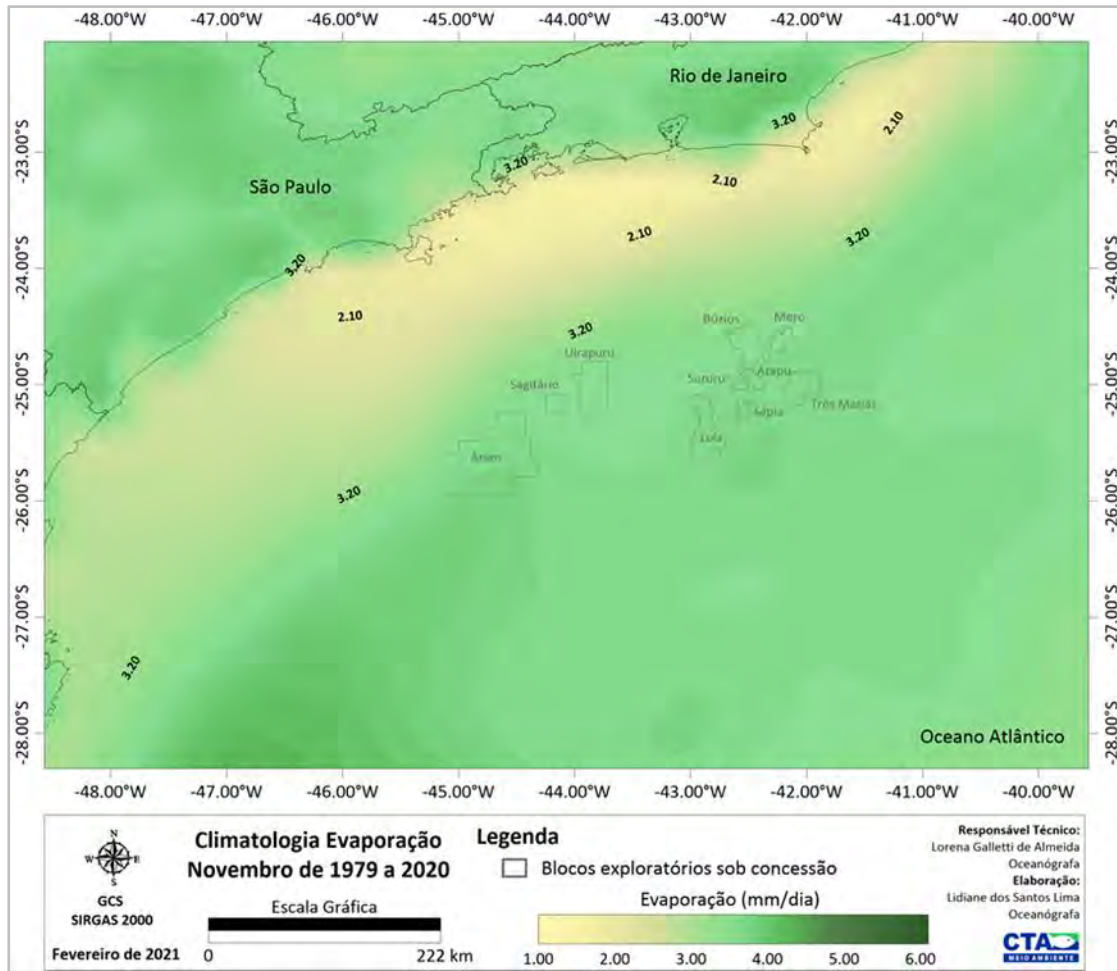


Figura II.5.1.1.2-47– Climatologia de novembro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

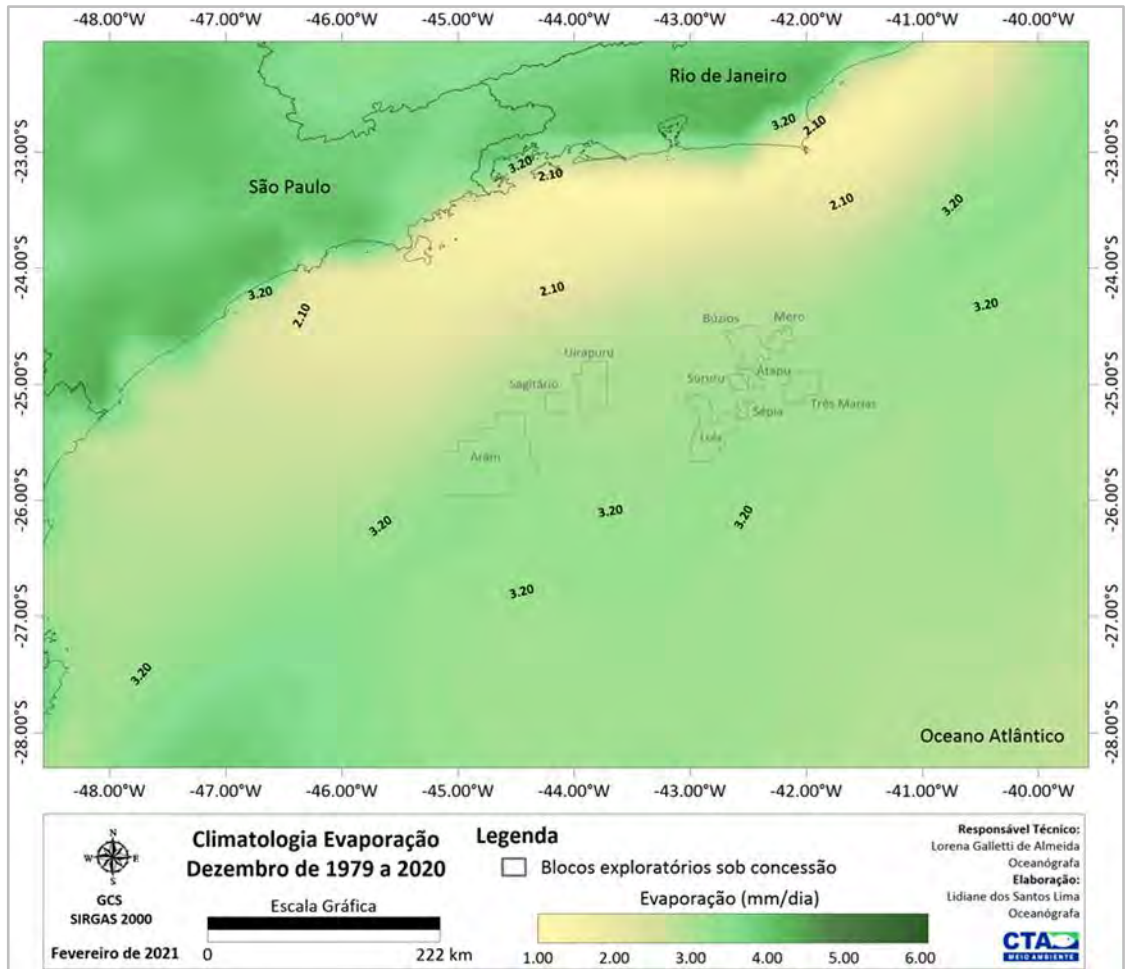


Figura II.5.1.1.1.2-48– Climatologia de dezembro referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

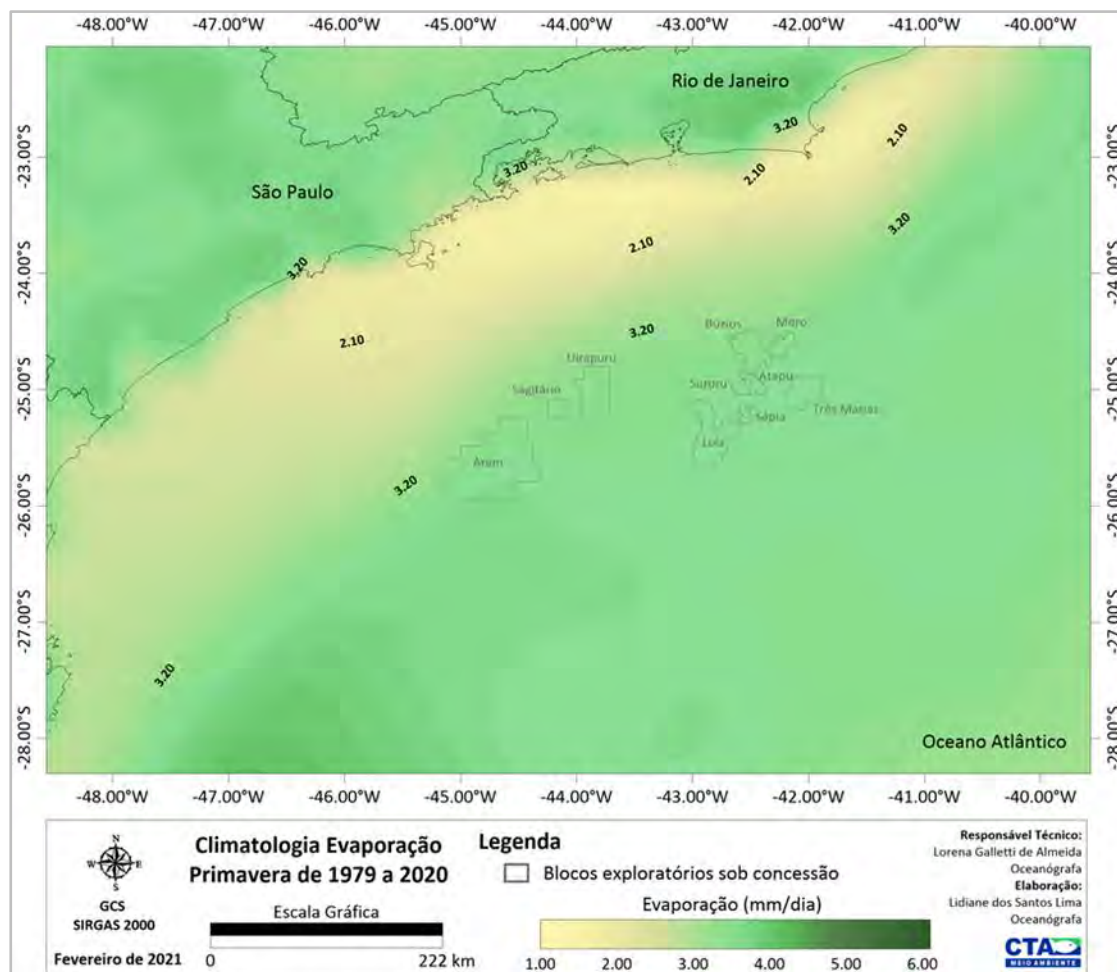


Figura II.5.1.1.1.2-49– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a evaporação (mm/dia) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Os resultados da evaporação referentes às estações de medição costeiras do INMET no Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis (**Gráfico II.5.1.1.1.2-18** ao **Gráfico II.5.1.1.1.2-22**) e ao ponto de análise do ERA 5 na região oceânica (**Gráfico II.5.1.1.1.2-23**) mostram o exposto anteriormente que os valores diários de evaporação na região costeira são, em geral, inferiores à região oceânica, atingindo em média, um máximo de 4,0 mm/dia e 5,4 mm/dia e um mínimo de 1,1 mm/dia e 3,1 mm/dia, respectivamente. Na zona costeira, os meses com maiores valores de evaporação ocorrem marcadamente no período de maior recebimento de radiação solar (verão).

Analisando-se os resultados individualmente, para o litoral do estado do Rio de Janeiro, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-18a** mostra que o período de menor evaporação mensal ocorre entre maio e julho, com valores médios em torno de 2,9 mm/dia, enquanto o de maior evaporação ocorre entre dezembro e março, com valores médios diários de 3,8 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-37**). A variação entre os anos analisados é apresentada no **Gráfico II.5.1.1.1.2-18b**, com maiores valores médios verificados nos anos de 2014 ($5,0 \pm 2,1$ mm/dia) e 2017 ($5,6 \pm 1,7$ mm/dia) (**Quadro II.5.1.1.1.2-38**).

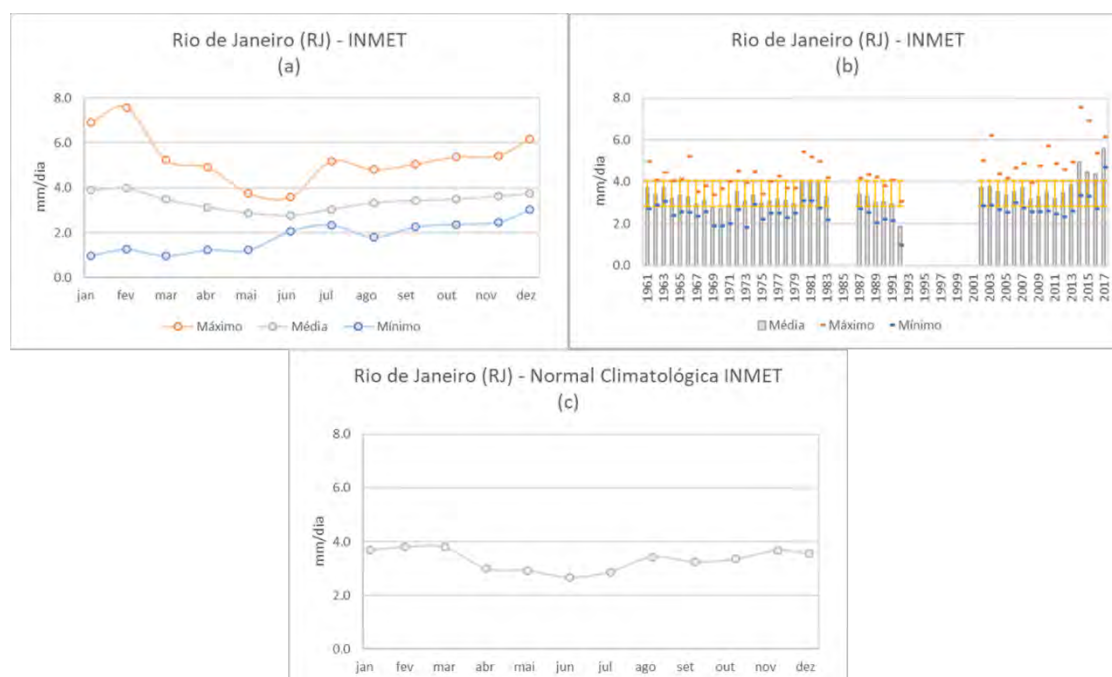


Gráfico II.5.1.1.1.2-18– Evaporação (mm/dia) no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2017); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2017); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-37– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	6.9	7.6	5.2	4.9	3.8	3.6	5.2	4.8	5.1	5.4	5.4	6.2
Média	3.9	4.0	3.5	3.1	2.9	2.8	3.0	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7
Mínimo	1.0	1.3	1.0	1.2	1.2	2.1	2.3	1.8	2.3	2.4	2.5	3.0
Desvio Padrão	1.8	1.8	1.5	1.2	1.1	1.0	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

Quadro II.5.1.1.1.2-38– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	5.0	3.7	2.7	1.6
1962	4.1	3.4	2.9	1.3
1963	4.5	3.7	3.1	1.4
1964	4.0	3.2	2.4	1.4
1965	4.1	3.3	2.6	1.3
1966	5.2	3.3	2.5	1.6
1967	3.5	2.9	2.4	1.3
1968	3.8	3.1	2.6	1.4
1969	3.4	2.8	1.9	1.2
1970	3.7	2.7	1.9	1.2
1971	4.0	2.9	2.0	1.3
1972	4.5	3.5	2.7	1.4
1973	4.0	3.1	1.8	1.3
1974	4.5	3.3	2.9	1.4
1975	3.4	3.0	2.2	1.3
1976	4.0	3.0	2.5	1.3
1977	4.3	3.2	2.5	1.4
1978	3.7	3.1	2.3	1.4
1979	3.7	3.0	2.5	1.2
1980	5.4	4.0	3.1	1.5
1981	5.2	4.0	3.1	1.4
1982	5.0	3.9	2.7	1.5
1983	4.2	3.3	2.2	1.7
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	4.3	3.3	2.5	1.5
1988	4.2	3.0	2.0	1.4
1989	3.8	3.0	2.2	1.2
1990	4.1	2.9	2.1	1.2
1991	3.1	1.9	1.0	1.3
1992	0.0	*	0.0	*
1993	*	*	*	*
1994	*	*	*	*
1995	*	*	*	*
1996	*	*	*	*
1997	*	*	*	*
1998	*	*	*	*
1999	*	*	*	*
2000	*	*	*	*
2001	*	*	*	*
2002	5.0	3.7	2.9	1.6
2003	6.2	3.8	2.9	1.6
2004	4.4	3.5	2.7	1.4
2005	4.2	3.4	2.5	1.4
2006	4.7	3.5	3.0	1.4
2007	4.9	3.7	2.8	1.3
2008	3.9	3.2	2.6	1.3
2009	4.8	3.3	2.6	1.4
2010	5.7	3.5	2.6	1.5
2011	4.9	3.2	2.5	1.2
2012	4.6	3.5	2.3	1.4
2013	4.9	3.8	2.6	1.6
2014	7.6	5.0	3.3	2.1
2015	6.9	4.5	3.3	1.9
2016	5.4	4.4	2.7	1.9
2017	6.1	5.6	4.7	1.7

No litoral de São Paulo, as estações de medição de Ubatuba (**Gráfico II.5.1.1.1.2-19a**) e Santos (**Gráfico II.5.1.1.1.2-20a**) mostraram valores anuais médios de evaporação de 1,2 mm/dia e 2,7 mm/dia, respectivamente, com reduzida variabilidade sazonal. Em Ubatuba, os valores mínimo e máximo de evaporação variaram entre 1,1 nos meses de maio, junho e setembro e 1,5 mm/dia em janeiro e fevereiro (**Quadro II.5.1.1.1.2-39**). Nesta ordem, em Santos os valores estão 2,4 mm/dia em setembro e 3,2 mm/dia em janeiro e dezembro (**Quadro II.5.1.1.1.2-41**). Em Ubatuba e Santos a variabilidade interanual da evaporação diária é baixa, conforme ilustra o **Gráfico II.5.1.1.1.2-19b** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-20b**, respectivamente.

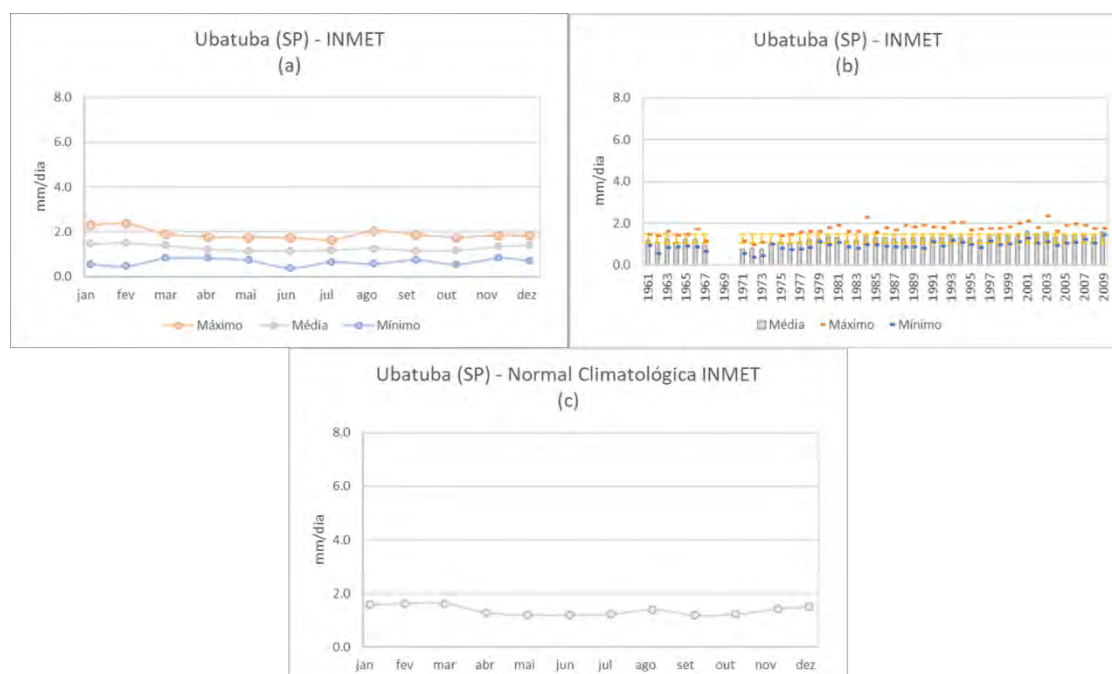


Gráfico II.5.1.1.1.2-19– Evaporação (mm/dia) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2009); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2009); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-39– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	2.3	2.3	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	2.0	1.9	1.7	1.8	1.8
Média	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.2	1.3	1.4
Mínimo	0.5	0.5	0.8	0.8	0.7	0.4	0.6	0.6	0.7	0.5	0.8	0.7
Desvio Padrão	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	1.0	0.8	0.7	0.8	0.8

Quadro II.5.1.1.1.2-40– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	1.5	1.2	0.9	0.6
1962	1.4	1.1	0.6	0.7
1963	1.6	1.3	0.8	0.7
1964	1.4	1.1	0.9	0.7
1965	1.5	1.2	0.9	0.9
1966	1.7	1.2	0.9	0.7
1967	1.2	0.9	0.6	0.8
1968	*	*	*	*
1969	*	*	*	*
1970	*	*	*	*
1971	1.2	0.8	0.5	0.8
1972	1.0	0.8	0.4	0.8
1973	1.1	0.8	0.5	0.8
1974	1.0	1.0	1.0	0.6
1975	1.4	1.1	0.8	0.6
1976	1.5	1.0	0.7	0.5
1977	1.6	1.1	0.8	0.6
1978	1.6	1.2	0.8	0.7
1979	1.6	1.3	1.1	0.7
1980	1.8	1.4	1.0	0.7
1981	1.9	1.3	1.1	1.0
1982	1.6	1.2	0.9	0.6
1983	1.6	1.2	0.8	0.7
1984	2.3	1.4	1.0	0.7
1985	1.6	1.3	1.0	0.7
1986	1.8	1.3	0.9	0.6
1987	1.7	1.3	0.9	0.7
1988	1.9	1.3	0.9	0.7
1989	1.8	1.3	0.9	0.6
1990	1.9	1.3	0.8	0.6
1991	1.8	1.3	1.1	0.7
1992	1.8	1.3	0.9	0.8
1993	2.0	1.4	1.2	0.8
1994	2.0	1.4	1.1	0.7
1995	1.7	1.3	1.0	0.7
1996	1.7	1.2	0.8	0.5
1997	1.8	1.4	1.2	0.9
1998	1.8	1.4	1.0	0.8
1999	1.8	1.4	1.0	1.1

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-40 (Continuação)– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2000	2.0	1.5	1.1	1.2
2001	2.1	1.6	1.3	0.8
2002	1.8	1.5	1.1	0.7
2003	2.3	1.6	1.1	0.8
2004	1.6	1.3	1.0	0.6
2005	1.9	1.4	1.0	0.8
2006	2.0	1.5	1.1	0.8
2007	1.9	1.4	1.2	0.7
2008	1.7	1.4	1.0	0.7
2009	1.7	1.6	1.4	0.8

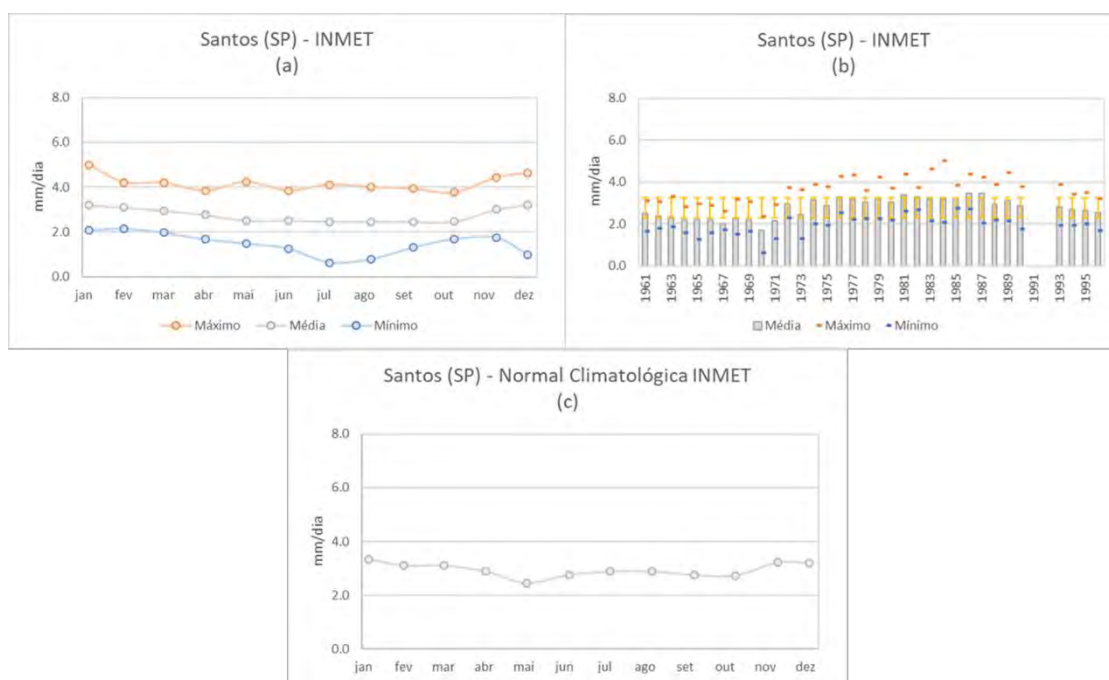


Gráfico II.5.1.1.1.2-20– Evaporação (mm/dia) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-41– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	5.0	4.2	4.2	3.8	4.2	3.8	4.1	4.0	3.9	3.8	4.4	4.6
Média	3.2	3.1	3.0	2.8	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.5	3.0	3.2
Mínimo	2.1	2.2	2.0	1.7	1.5	1.3	0.6	0.8	1.3	1.7	1.8	1.0
Desvio Padrão	1.9	1.7	1.5	1.5	1.7	1.9	2.1	1.9	1.6	1.5	1.8	2.0

Quadro II.5.1.1.1.2-42– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 1996). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	3.1	2.5	1.6	1.4
1962	3.1	2.3	1.8	1.3
1963	3.3	2.3	1.9	1.3
1964	2.8	2.2	1.6	1.4
1965	3.0	2.2	1.3	1.4
1966	2.9	2.2	1.6	1.4
1967	2.6	2.0	1.7	1.0
1968	3.2	2.3	1.5	1.3
1969	3.1	2.2	1.6	1.2
1970	2.4	1.7	0.6	1.1
1971	2.9	2.1	1.3	1.3
1972	3.7	3.0	2.3	1.8
1973	3.6	2.4	1.3	1.5
1974	3.9	3.1	2.0	1.9
1975	3.8	2.9	1.9	1.7
1976	4.2	3.3	2.5	2.0
1977	4.3	3.2	2.2	2.0
1978	3.6	3.0	2.3	1.9
1979	4.2	3.2	2.3	2.2
1980	3.7	3.0	2.2	1.9
1981	4.4	3.4	2.6	2.2
1982	3.7	3.3	2.7	2.0
1983	4.6	3.2	2.1	2.1
1984	5.0	3.2	2.1	2.0
1985	3.8	3.3	2.8	1.8
1986	4.4	3.4	2.7	1.7
1987	4.2	3.4	2.1	2.1
1988	3.9	2.9	2.2	1.8
1989	4.4	3.1	2.1	1.8
1990	3.8	2.9	1.8	2.1
1991	*	*	*	*
1992	*	*	*	*
1993	3.9	2.8	1.9	2.0
1994	3.4	2.7	1.9	1.6
1995	3.5	2.7	2.0	1.7
1996	3.2	2.5	1.7	1.5

Em Paranaguá, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-21a** mostra que os meses de junho e julho apresentam a menor evaporação média diária, em torno de 1,7 mm/dia, e os meses de outubro a março apresentam a maior evaporação, atingindo o máximo de 3,0 mm/dia em dezembro (**Quadro II.5.1.1.1.2-43**). Entre os anos analisados (**Gráfico II.5.1.1.1.2-21b**), é observada reduzida variabilidade com valores médios máximo e mínimo verificados no ano de 1967 ($1,4 \pm 0,9$ mm/dia) e no ano de 2002 ($2,9 \pm 1,4$ mm/dia), respectivamente (

Quadro II.5.1.1.1.2-44).

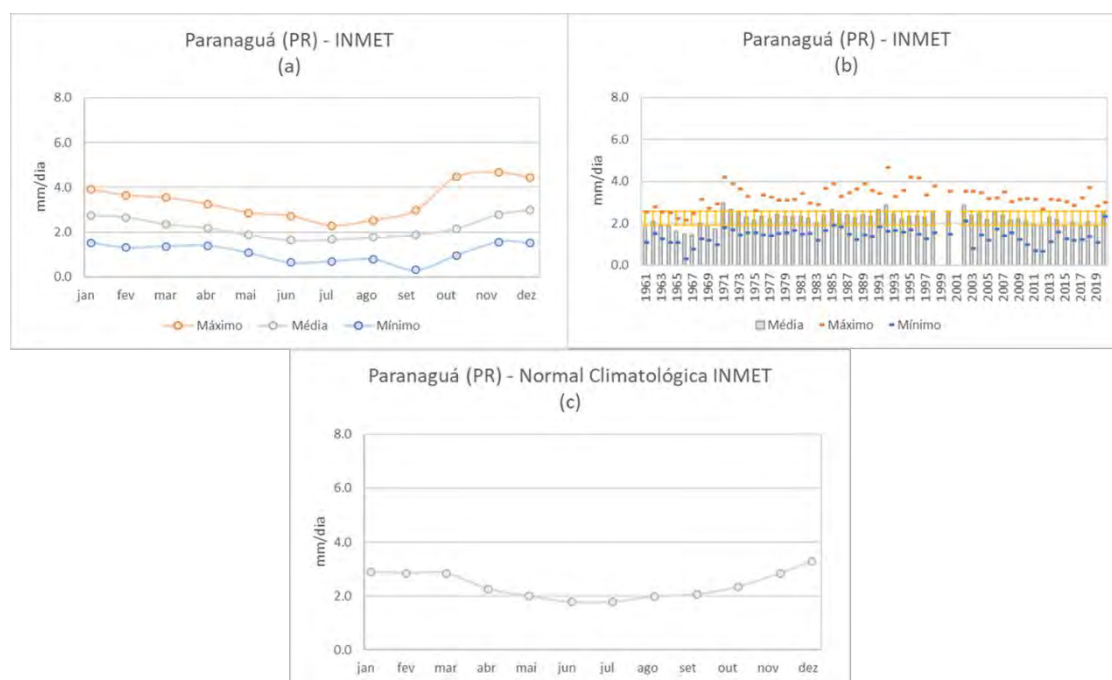


Gráfico II.5.1.1.1.2-21– Evaporação (mm/dia) em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-43– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	3.9	3.6	3.5	3.3	2.9	2.7	2.3	2.5	3.0	4.5	4.7	4.4
Média	2.7	2.7	2.4	2.2	1.9	1.7	1.7	1.8	1.9	2.2	2.8	3.0
Mínimo	1.5	1.3	1.4	1.4	1.1	0.6	0.7	0.8	0.3	1.0	1.6	1.5

Desvio Padrão 1.4 1.3 1.1 1.0 1.1 1.1 1.1 1.2 1.2 1.3 1.5 1.5

Quadro II.5.1.1.1.2-44– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	2.5	1.8	1.1	0.9
1962	2.8	2.1	1.5	1.0
1963	2.5	1.9	1.2	1.0
1964	2.5	1.9	1.1	1.0
1965	2.2	1.6	1.1	0.9
1966	2.2	1.5	0.3	0.9
1967	2.5	1.4	0.8	0.9
1968	3.1	2.0	1.2	1.2
1969	2.7	1.9	1.2	1.0
1970	2.9	1.7	1.0	1.0
1971	4.2	2.9	1.8	1.7
1972	3.9	2.6	1.7	1.4
1973	3.6	2.5	1.4	1.6
1974	3.3	2.3	1.5	1.2
1975	2.6	2.1	1.5	1.2
1976	3.4	2.3	1.4	1.2
1977	3.3	2.2	1.4	1.2
1978	3.1	2.4	1.5	1.1
1979	3.1	2.3	1.5	1.2
1980	3.1	2.3	1.6	1.3
1981	3.4	2.3	1.5	1.3
1982	3.0	2.3	1.5	1.3
1983	2.9	2.0	1.2	1.3
1984	3.7	2.4	1.6	1.4
1985	3.9	2.6	1.9	1.3
1986	3.3	2.5	1.8	1.2
1987	3.4	2.4	1.5	1.4
1988	3.6	2.2	1.2	1.3
1989	3.9	2.4	1.4	1.3
1990	3.6	2.3	1.4	1.2
1991	3.4	2.6	1.8	1.4
1992	4.7	2.8	1.6	1.7
1993	3.3	2.5	1.6	1.3
1994	3.6	2.2	1.6	1.3
1995	4.2	2.3	1.7	1.4
1996	4.1	2.3	1.5	1.3
1997	3.4	2.3	1.2	1.5
1998	3.8	2.5	1.5	1.5
1999	*	*	*	*
2000	3.5	2.5	1.5	1.3
2001	*	*	*	*
2002	3.5	2.9	2.1	1.4
2003	3.5	2.4	0.8	1.6
2004	3.4	2.5	1.4	1.4
2005	3.2	2.2	1.2	1.3
2006	3.2	2.6	1.7	1.3
2007	3.5	2.4	1.4	1.3
2008	3.0	2.1	1.5	1.2
2009	3.1	2.2	1.2	1.2
2010	3.2	2.1	1.0	1.3
2011	3.1	1.9	0.7	1.2
2012	2.7	1.8	0.6	1.3

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-44 (Continuação)– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2013	3.1	2.3	1.1	1.5
2014	3.1	2.2	1.6	1.4
2015	3.0	1.8	1.2	1.1
2016	2.8	2.0	1.2	1.2
2017	3.2	1.8	1.2	1.2
2018	3.7	2.1	1.4	1.3
2019	2.8	1.8	1.1	1.3
2020	3.0	2.6	2.3	1.2

O litoral catarinense, representado pela estação de medição em Florianópolis, apresenta valores médios diários de evaporação que variam ao longo dos meses entre 2,3 mm/dia e 3,8 mm/dia (**Gráfico II.5.1.1.1.2-22a**). A menor evaporação média é observada nos meses de junho e julho (2,3 mm/dia) e os maiores valores ocorrem em dezembro (3,8 mm/dia) e janeiro (3,7 mm/dia) (**Quadro II.5.1.1.1.2-35**). Ao analisar os valores de evaporação entre os anos, observa-se pequena variabilidade interanual (**Gráfico II.5.1.1.1.2-22b**). No ano de 1973, 1975, 1977 e de 1978 verifica-se a menor evaporação média (2,3 mm/dia), por outro lado, a maior evaporação é registrada no ano de 1962, com uma média de $4,4 \pm 2,2$ mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-36**).

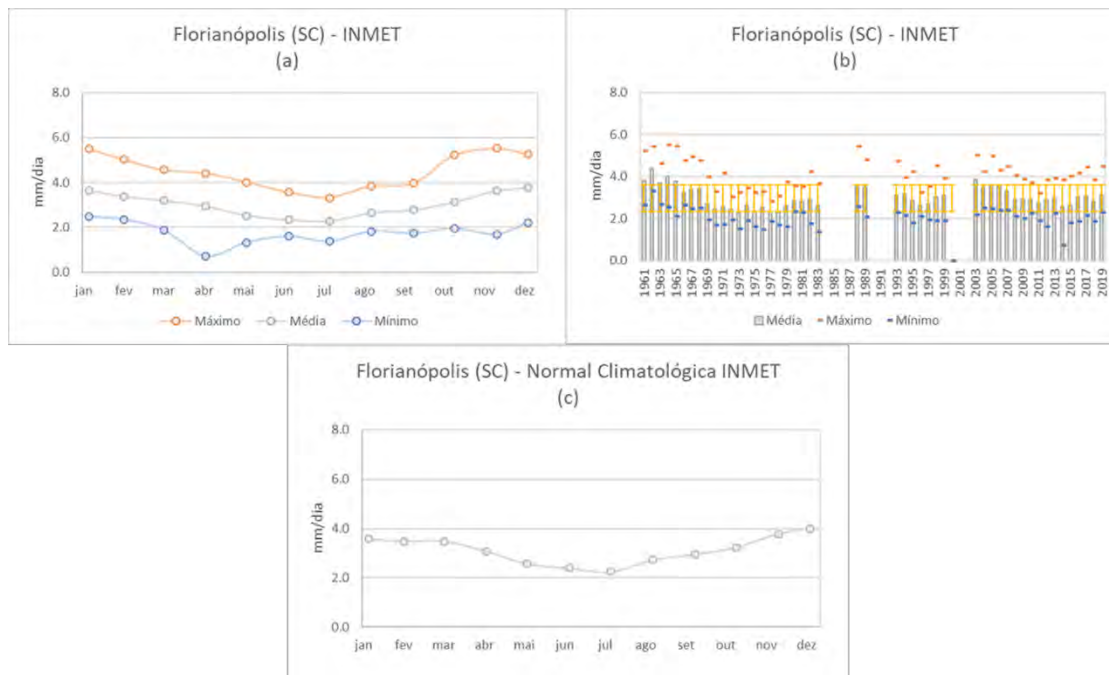


Gráfico II.5.1.1.1.2-22 – Evaporação (mm/dia) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-45– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	5.5	5.0	4.6	4.4	4.0	3.6	3.3	3.8	4.0	5.2	5.5	5.3
Média	3.7	3.4	3.2	2.9	2.5	2.3	2.3	2.6	2.8	3.1	3.6	3.8
Mínimo	2.5	2.4	1.9	0.7	1.3	1.6	1.4	1.8	1.7	2.0	1.7	2.2
Desvio Padrão	1.5	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.2	1.3	1.5	1.5	1.7	1.7

Quadro II.5.1.1.1.2-46– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESvio PADRÃO
1961	5.2	3.8	2.7	1.9
1962	5.4	4.4	3.3	2.0
1963	4.6	3.7	2.7	1.6
1964	5.5	4.0	2.5	1.9
1965	5.4	3.8	2.1	1.8
1966	4.8	3.2	2.6	1.7
1967	4.9	3.4	2.5	1.7
1968	4.8	3.4	2.5	1.5
1969	4.0	2.7	1.9	1.2

1970	3.3	2.5	1.7	1.1
1971	4.2	2.6	1.7	1.3
1972	3.0	2.4	1.9	1.1
1973	3.2	2.3	1.5	1.2
1974	3.4	2.6	1.9	1.2
1975	3.2	2.3	1.6	1.1
1976	3.3	2.5	1.5	1.2
1977	2.8	2.3	1.9	1.0
1978	3.1	2.3	1.7	1.0
1979	3.7	2.6	1.6	1.2
1980	3.6	2.9	2.3	1.2
1981	3.5	2.8	2.3	1.3
1982	4.2	2.9	1.7	1.3
1983	3.7	2.6	1.4	1.4
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	*	*	*	*
1988	5.4	3.5	2.6	1.7
1989	4.8	3.5	2.1	1.6
1990	*	*	*	*
1991	*	*	*	*
1992	*	*	*	1.5

Quadro II.5.1.1.2-46 (Continuação)– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série temporal disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1993	4.7	3.1	2.3	1.5
1994	3.9	3.2	2.1	1.5
1995	4.2	2.9	1.8	1.4
1996	3.2	2.6	2.1	1.2
1997	3.5	2.7	1.9	1.1
1998	4.5	3.0	1.9	1.5
1999	3.9	3.1	1.9	1.4
2000	*	*	*	*
2001	*	*	*	*
2002	*	*	*	1.6
2003	5.0	3.8	2.2	1.7
2004	4.2	3.5	2.5	1.5
2005	5.0	3.5	2.5	1.6
2006	4.3	3.5	2.4	1.4
2007	4.5	3.3	2.4	1.4
2008	4.1	2.9	2.1	1.3
2009	3.9	2.9	2.0	1.3
2010	3.7	2.9	2.2	1.4
2011	3.2	2.8	1.9	1.3
2012	3.9	2.9	1.6	1.3
2013	3.9	3.0	2.3	1.3
2014	3.9	2.6	0.7	1.5
2015	4.0	2.6	1.8	1.2
2016	4.2	3.0	1.9	1.7
2017	4.4	3.1	2.2	1.3
2018	3.8	2.8	1.9	1.3
2019	4.5	3.1	2.3	1.3

Na região oceânica, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-23a** mostra a variação mensal da evaporação para o período analisado. A menor evaporação mensal ocorre de dezembro a fevereiro, com valores médios em torno de 3,4 mm/dia, enquanto o de maior evaporação ocorre entre abril e julho, com valores médios diários na ordem de 5,0 mm/dia (**Quadro II.5.1.1.1.2-47**). Quanto à variabilidade interanual, **Gráfico II.5.1.1.1.2-23b**, assim como verificado para as estações costeiras, a região oceânica também apresentou pequena variação nos valores de evaporação entre os anos, com a menor média verificada no ano de 1983 ($3,6 \pm 0,8$ mm/dia) e a maior nos anos de 1979, 2004, 2014 e 2017 (4,6 mm/dia) (**Quadro II.5.1.1.1.2-48**).

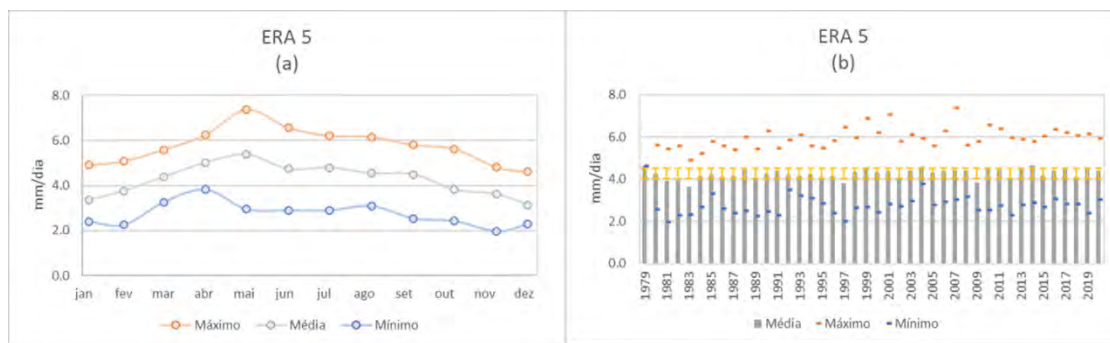


Gráfico II.5.1.1.1.2-23– Evaporação (mm/dia) no ponto de análise, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. (a) Máxima, média e mínima mensal; (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual.

Quadro II.5.1.1.1.2-47– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal para o ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	4.9	5.1	5.6	6.3	7.4	6.6	6.2	6.1	5.8	5.6	4.8	4.6
Média	3.4	3.8	4.4	5.0	5.4	4.7	4.8	4.5	4.5	3.8	3.6	3.1
Mínimo	2.4	2.2	3.3	3.8	3.0	2.9	2.9	3.1	2.5	2.4	2.0	2.3
Desvio Padrão	0.7	0.6	0.7	0.6	1.0	0.8	0.8	0.7	0.8	0.6	0.7	0.6

Quadro II.5.1.1.1.2-48– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual para o ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1979	4.6	4.6	4.6	0.0
1980	5.6	4.3	2.6	0.8
1981	5.5	3.9	2.0	1.1
1982	5.6	4.0	2.3	1.0
1983	4.9	3.6	2.3	0.8
1984	5.2	4.1	2.7	0.9
1985	5.8	4.2	3.3	0.9
1986	5.6	4.1	2.6	1.0
1987	5.4	4.1	2.4	0.9
1988	6.0	4.4	2.5	1.1
1989	5.4	4.0	2.2	0.9
1990	6.3	4.3	2.4	1.2
1991	5.5	4.4	2.3	0.8
1992	5.9	4.2	3.5	0.7
1993	6.1	4.2	3.2	0.8
1994	5.6	4.2	3.1	0.9
1995	5.5	4.1	2.9	0.9
1996	5.8	4.1	2.4	1.1
1997	6.5	3.8	2.0	1.2
1998	6.0	4.4	2.6	1.0

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-48 (Continuação)– Evaporação (mm/dia) máxima, média, mínima e desvio padrão anual para o ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1999	6.9	4.6	2.7	1.2
2000	6.2	4.3	2.4	1.1
2001	7.1	4.4	2.8	1.2
2002	5.8	4.0	2.7	0.9
2003	6.1	4.4	2.9	1.0
2004	5.9	4.6	3.8	0.6
2005	5.6	4.3	2.8	0.9
2006	6.3	4.4	2.9	1.1
2007	7.4	4.4	3.0	1.2
2008	5.6	4.4	3.2	0.7
2009	5.8	3.8	2.5	1.1
2010	6.6	4.5	2.5	1.2
2011	6.4	4.5	2.8	1.1
2012	6.0	4.0	2.3	1.1
2013	5.9	4.5	2.8	0.9
2014	5.8	4.6	2.9	0.9
2015	6.0	4.1	2.7	1.2
2016	6.3	4.4	3.1	1.0
2017	6.2	4.6	2.8	1.2
2018	6.1	4.1	2.8	0.9
2019	6.1	4.5	2.4	1.2
2020	5.9	4.4	3.0	0.9

E. Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar indica quão próximo o ar está da saturação, e não a quantidade de vapor de água real que existe no ar. A umidade relativa do ar pode se elevar pelo aumento de vapor d'água no ar ou pela redução na temperatura do ar, pois quanto mais quente maior a capacidade do ar de conter vapor d'água. As variações sazonais da umidade relativa são mínimas no equador e crescem com o aumento da latitude (AYOADE, 2006).

Da **Figura II.5.1.1.1.2-50** a **Figura II.5.1.1.1.2-65** são ilustradas a distribuição temporal e variabilidade espacial da umidade relativa do ar em % para a região de interesse de acordo com a climatologia da reanálise ERA 5. De maneira geral, nota-se que os valores da umidade relativa variam pouco ao longo do ano, tanto na região costeira quanto oceânica, com média de 79%. No verão predominam valores médios mais elevados (81%) e no inverno, os menores valores (72%). A umidade relativa do ar não depende apenas do teor de umidade do ar, mas também,

inversamente, da temperatura do ar. Assim, no inverno, como as temperaturas são reduzidas, apesar do baixo teor de umidade no ar, a umidade não decresce exageradamente, pois quanto mais frio o ar, menor sua capacidade de conter vapor d'água, atingindo a saturação mais facilmente. Por outro lado, no verão, apesar do aumento das chuvas e da grande disponibilidade de umidade no ar, as elevadas temperaturas acabam por reduzir a umidade relativa, pois quanto mais quente o ar, maior a sua capacidade de conter vapor d'água.

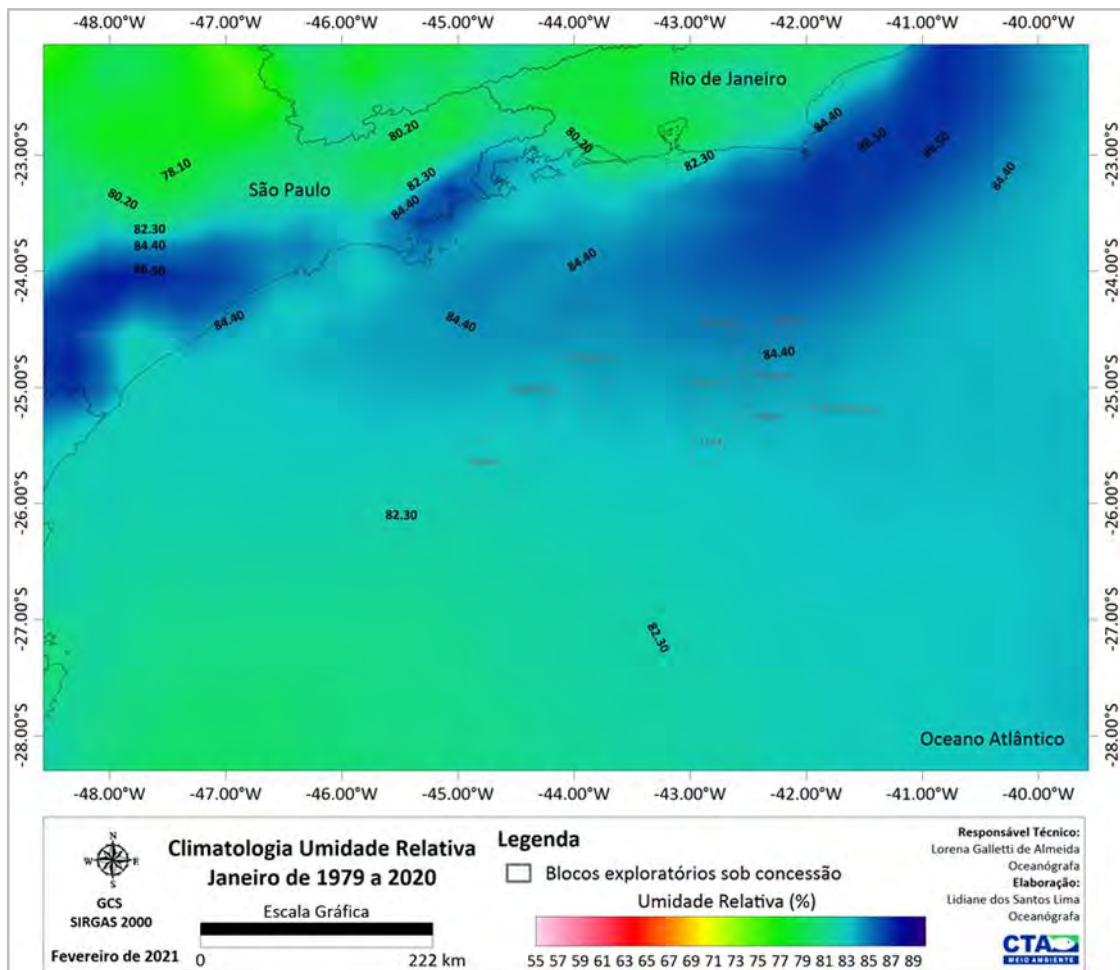


Figura II.5.1.1.1.2-50– Climatologia de janeiro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

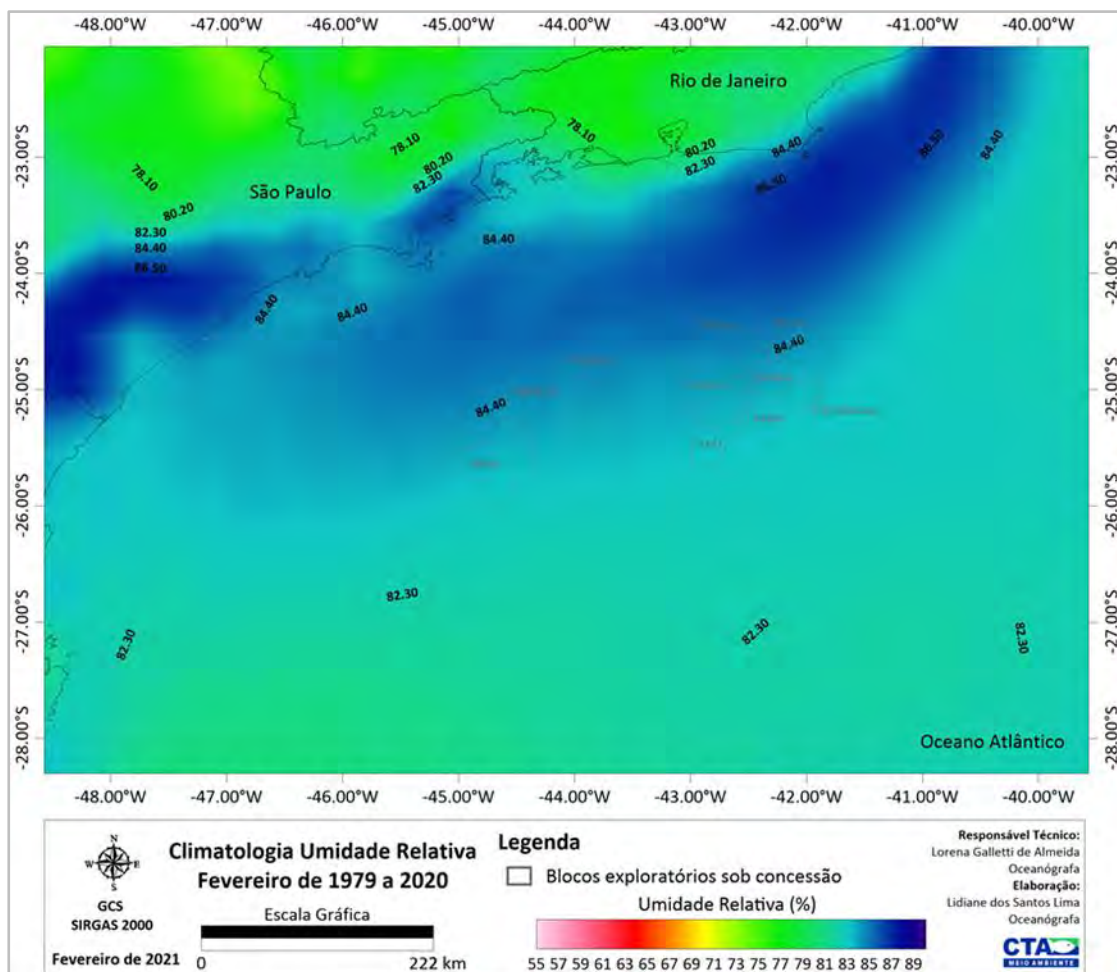


Figura II.5.1.1.2-51– Climatologia de fevereiro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

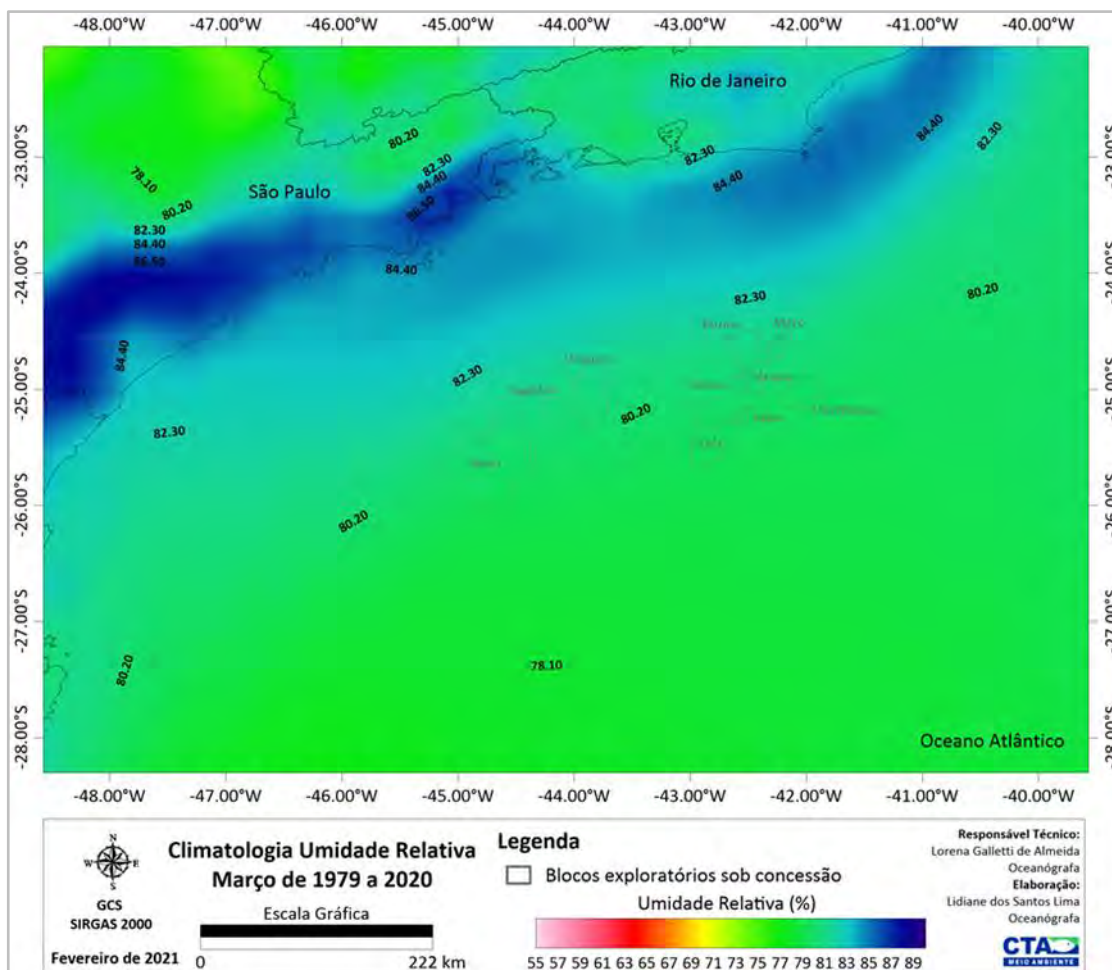


Figura II.5.1.1.1.2-52– Climatologia de março referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

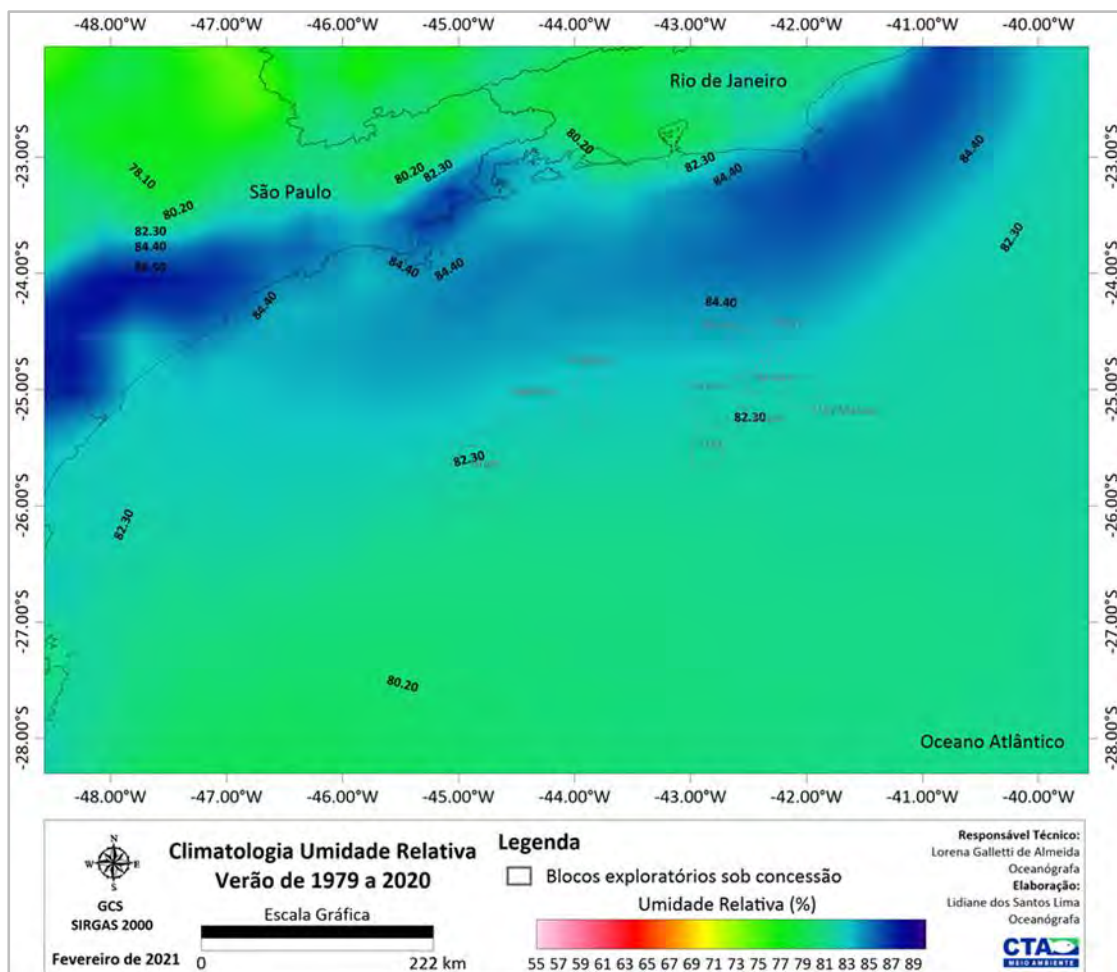


Figura II.5.1.1.2-53– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

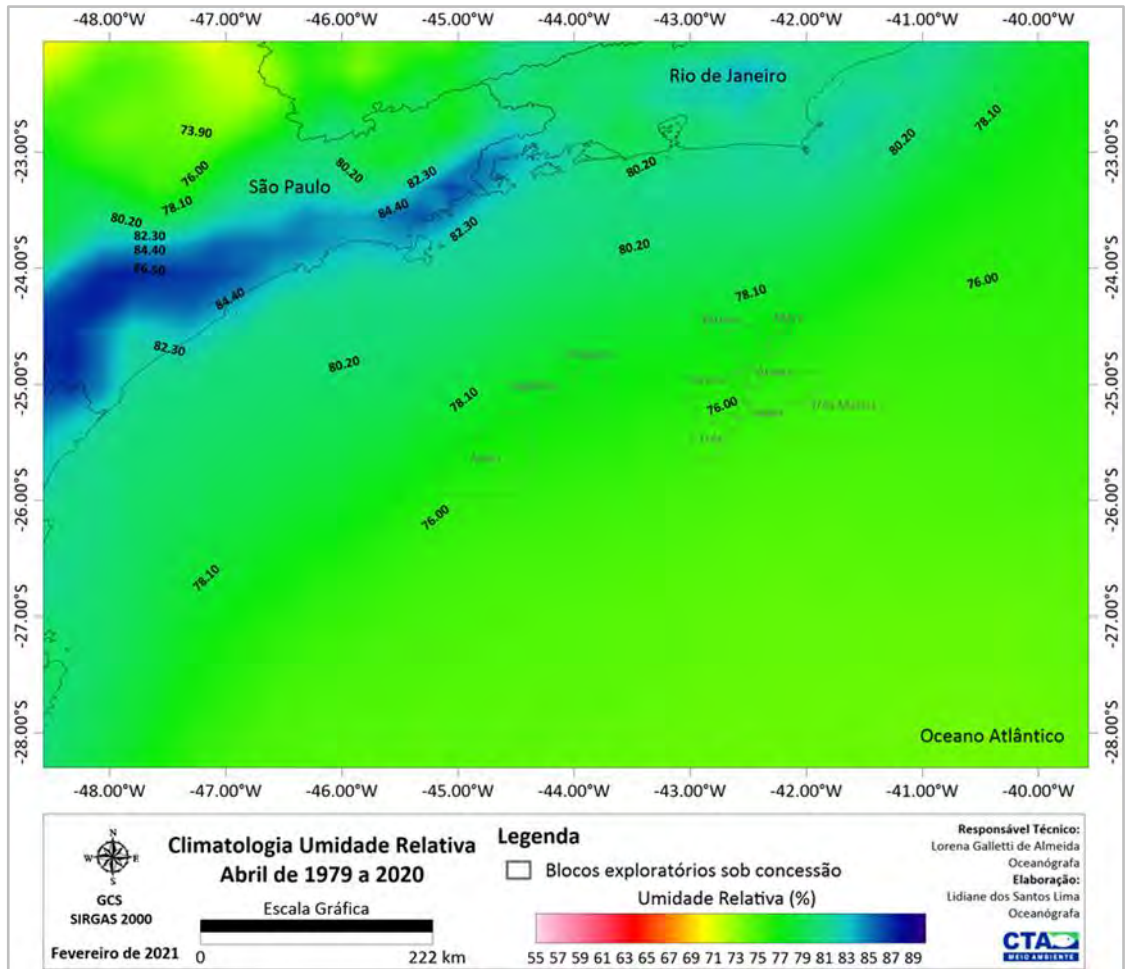


Figura II.5.1.1.1.2-54– Climatologia de abril referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

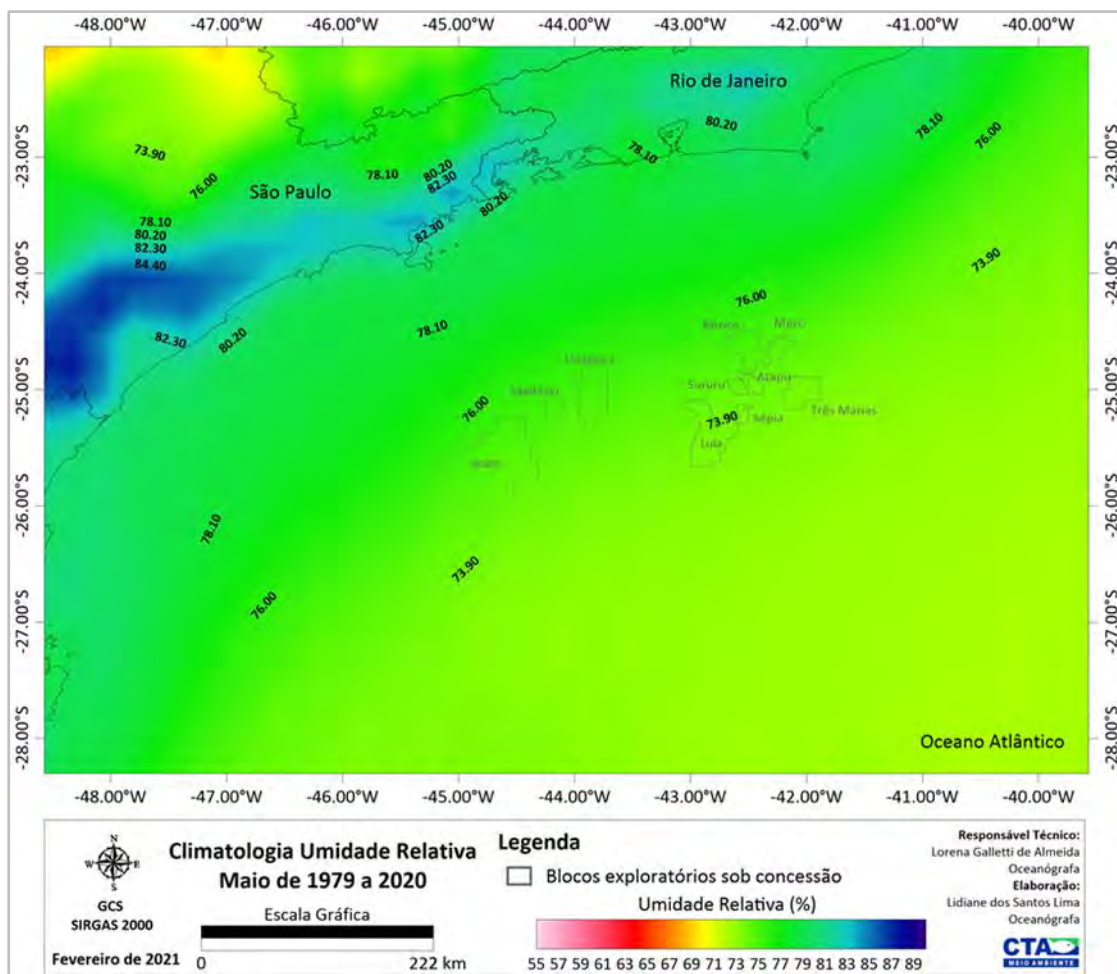


Figura II.5.1.1.1.2-55– Climatologia de maio referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

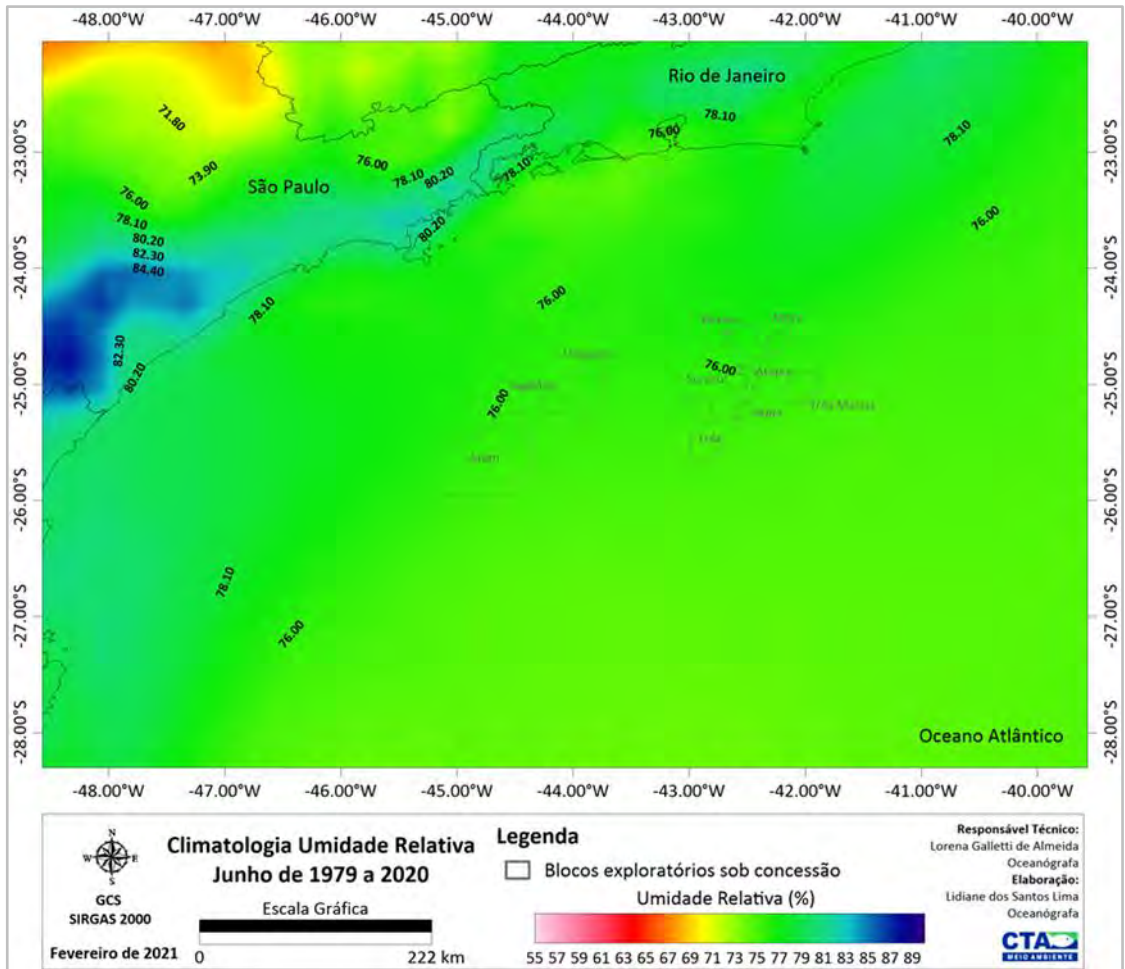


Figura II.5.1.1.1.2-56– Climatologia de junho referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

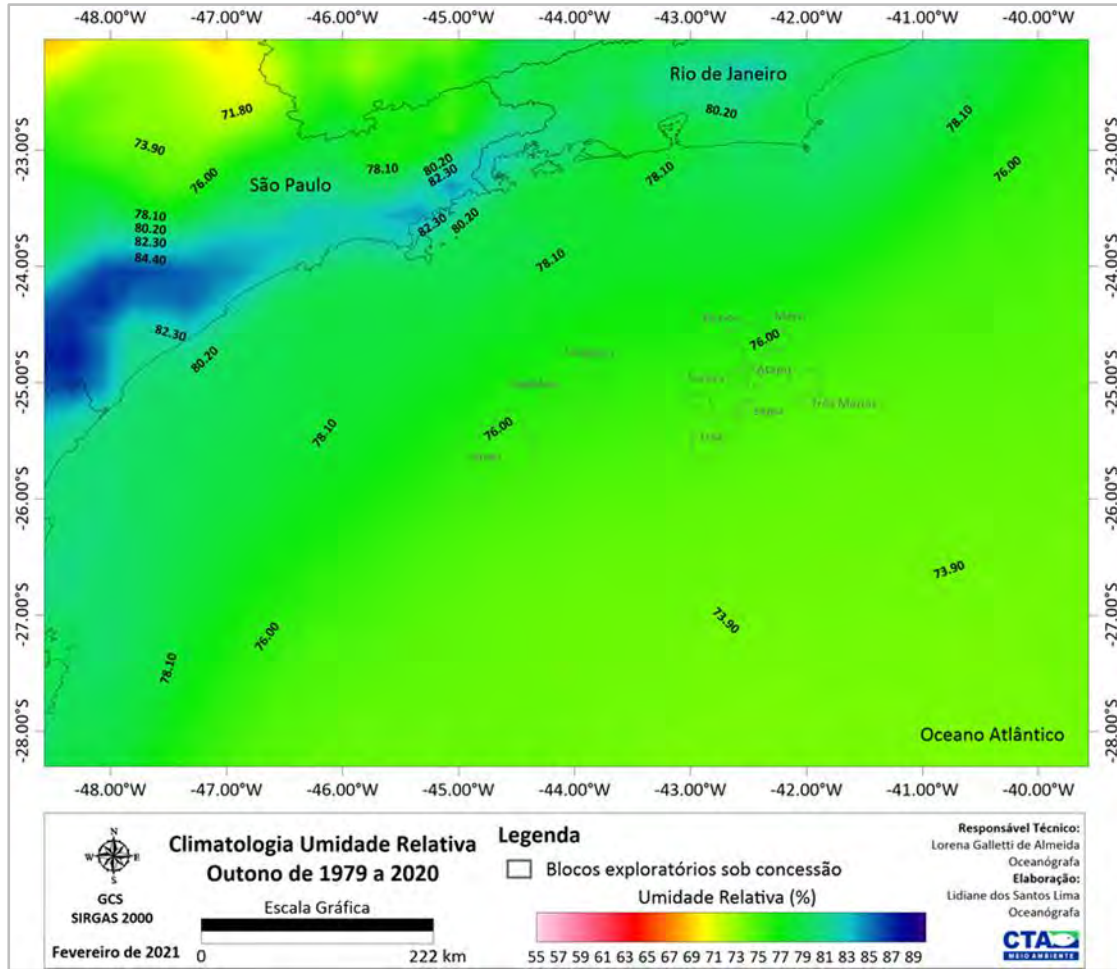


Figura II.5.1.1.2-57– Climatologia de outono (abril a junho) referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

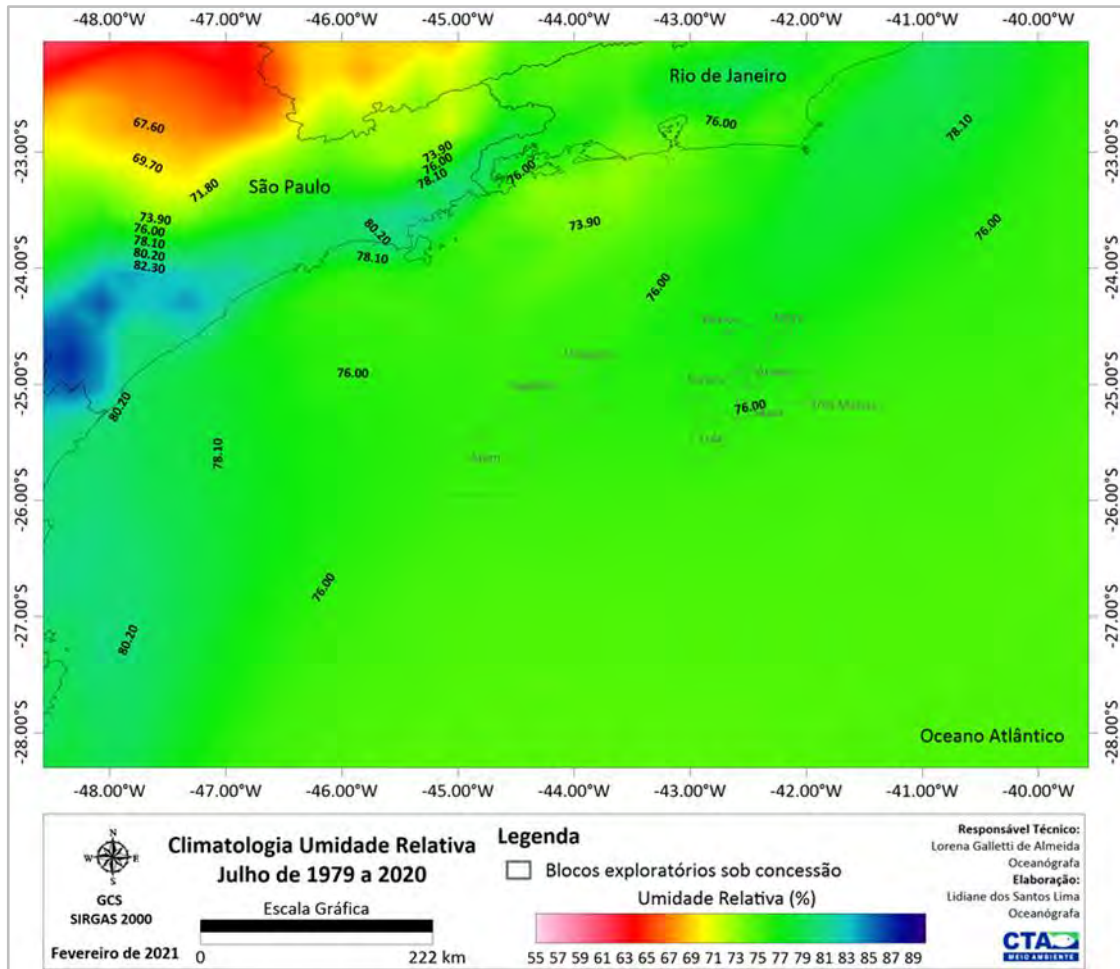


Figura II.5.1.1.1.2-58– Climatologia de julho referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

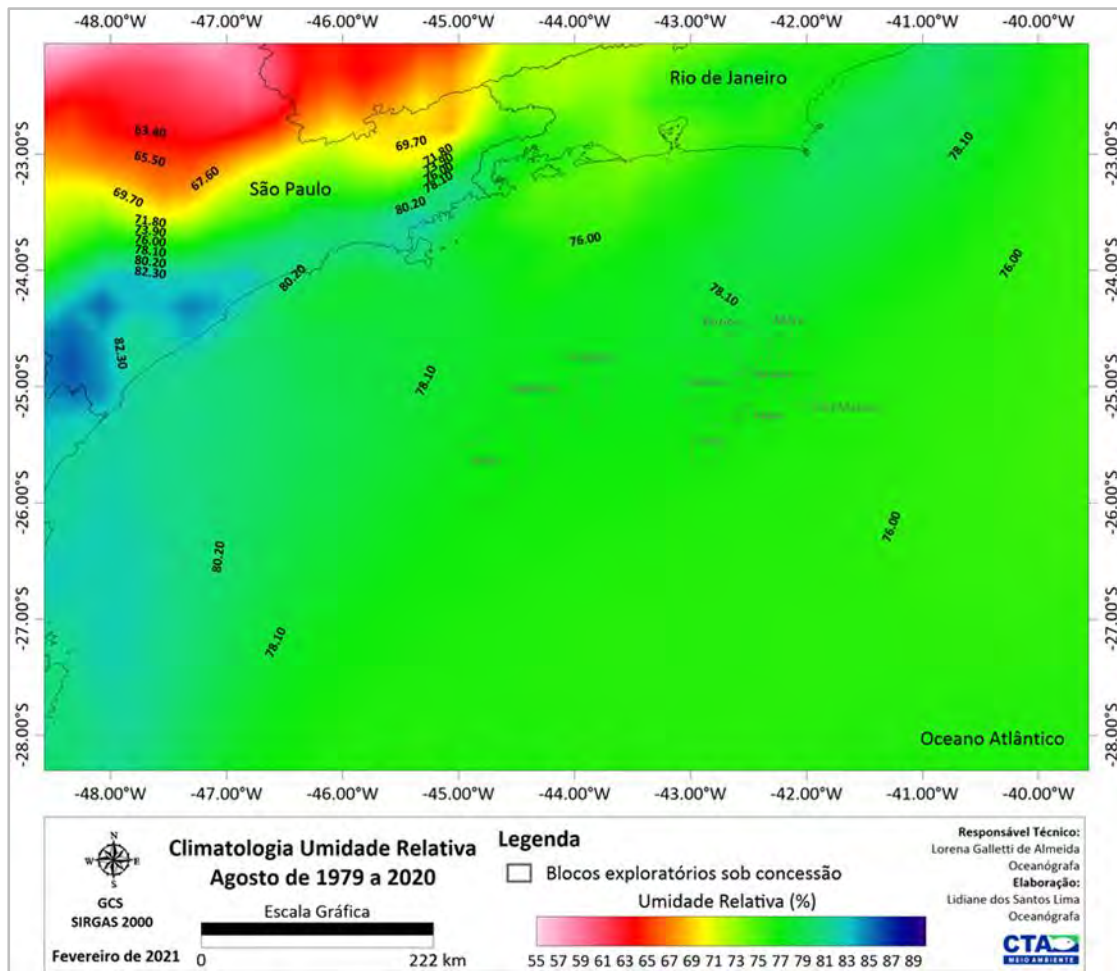


Figura II.5.1.1.1.2-59– Climatologia de agosto referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

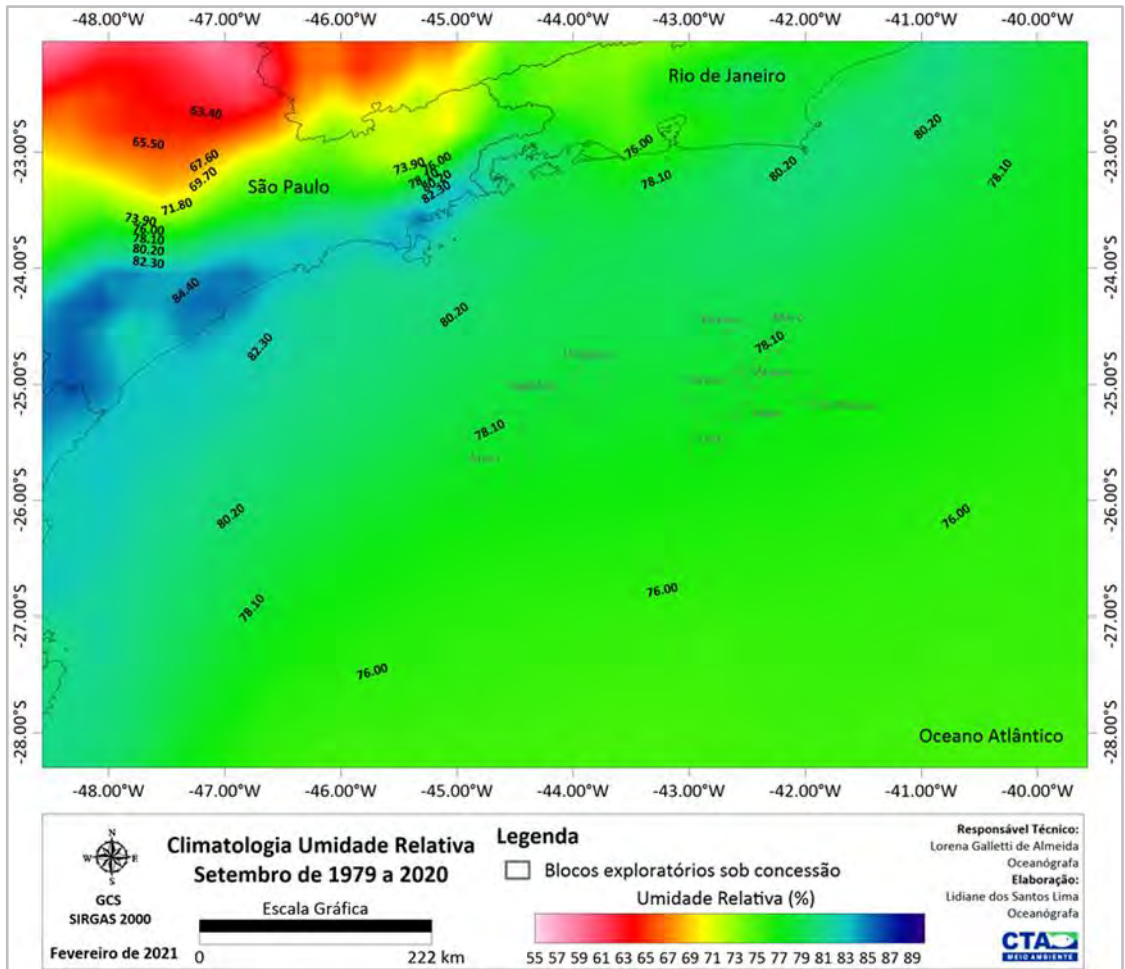


Figura II.5.1.1.1.2-60– Climatologia de setembro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

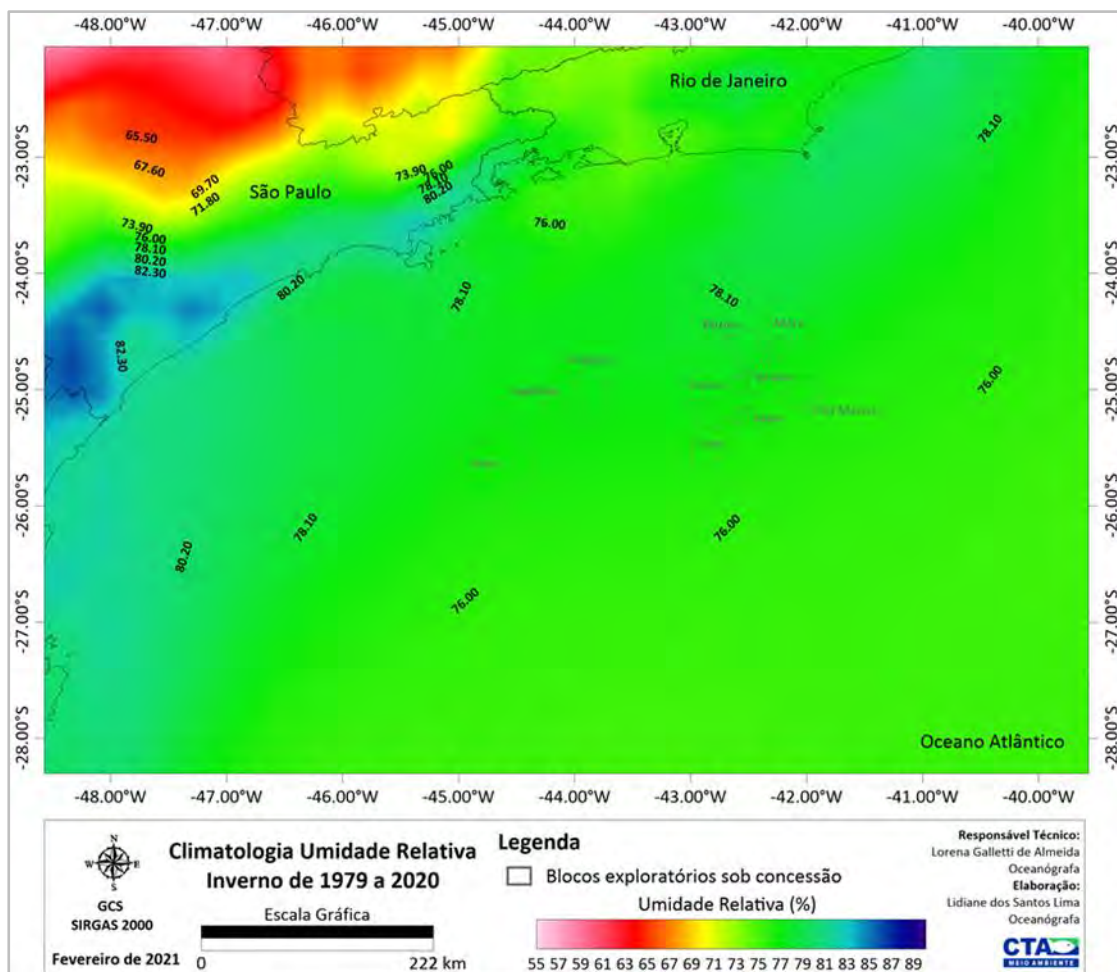


Figura II.5.1.1.1.2-61– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

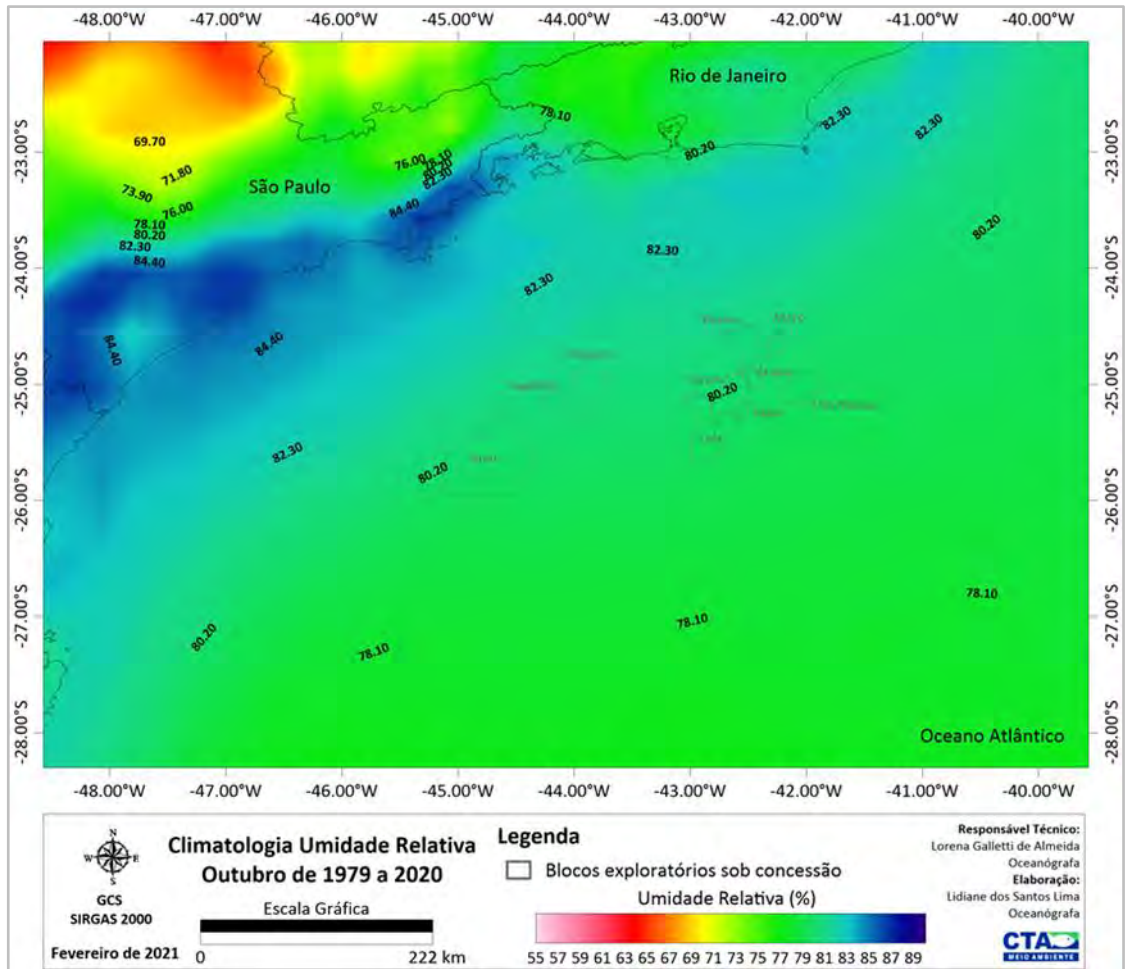


Figura II.5.1.1.1.2-62– Climatologia de outubro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

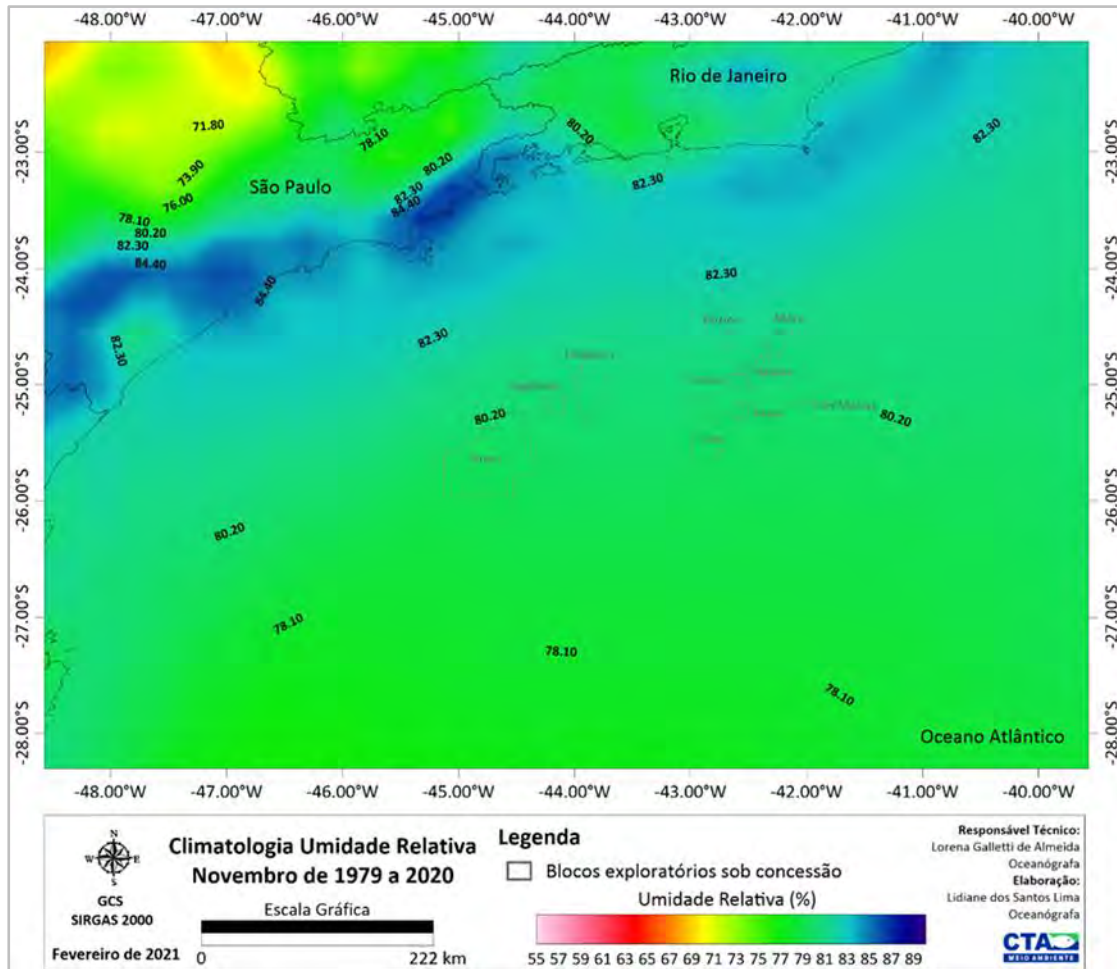


Figura II.5.1.1.2-63– Climatologia de novembro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

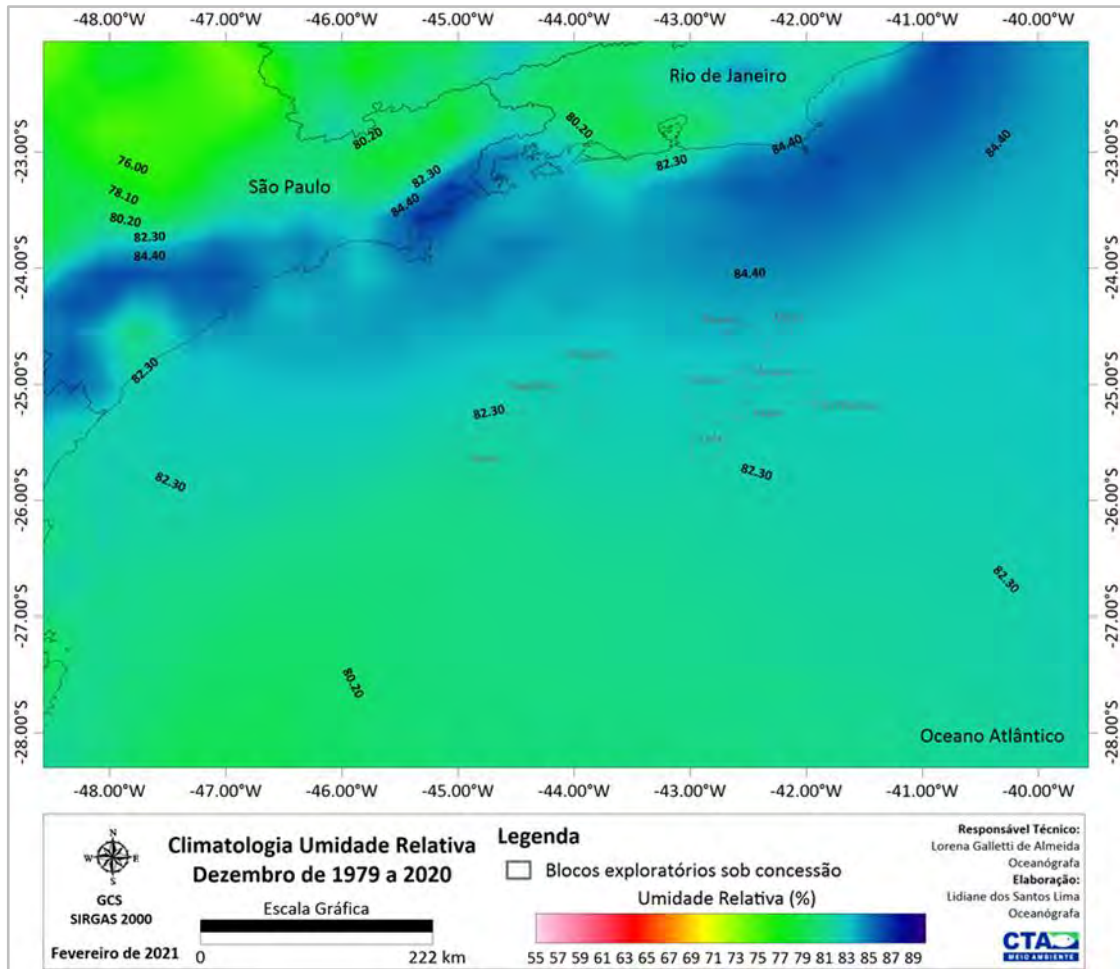


Figura II.5.1.1.1.2-64– Climatologia de dezembro referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

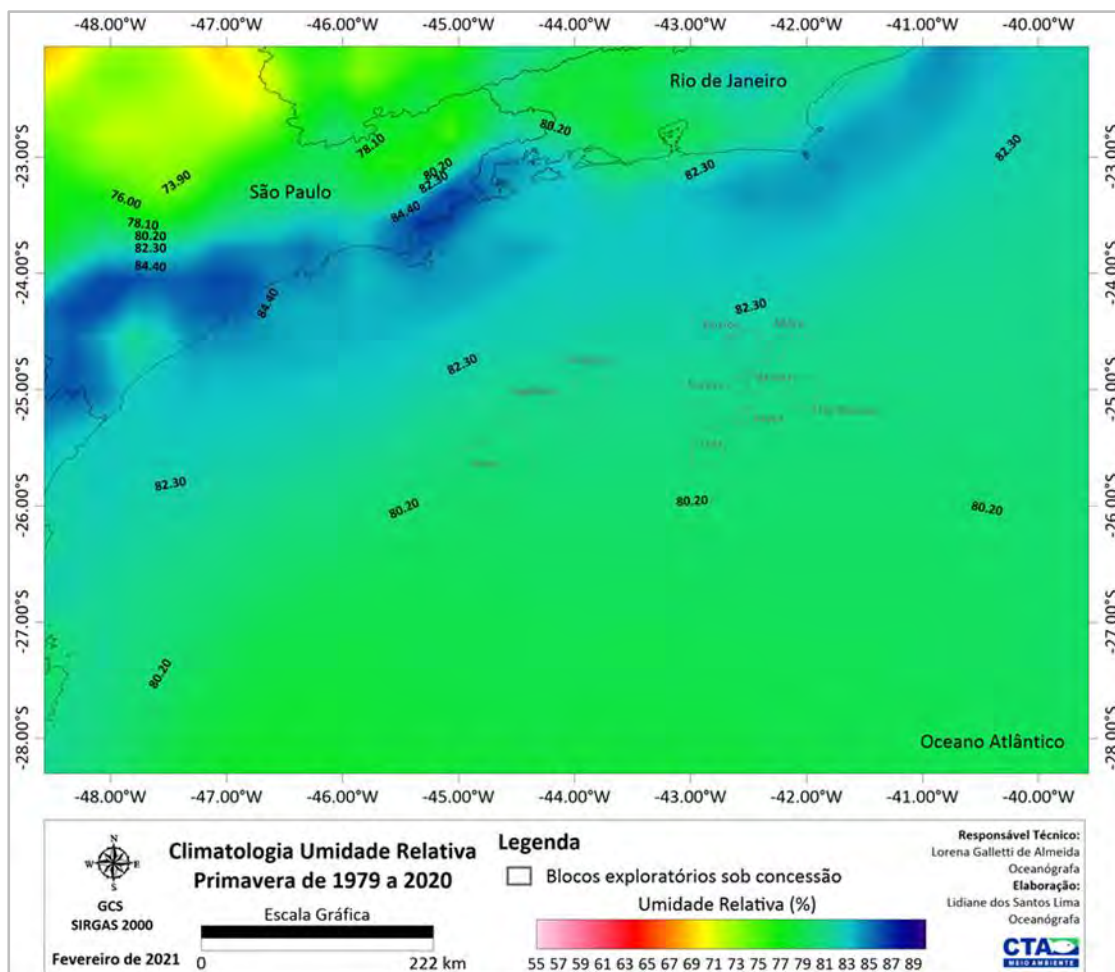


Figura II.5.1.1.1.2-65– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a umidade relativa (%) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-24a** ilustra os valores máximos, médios e mínimos mensais de umidade relativa para a estação do INMET do Rio de Janeiro de 1961 a 2016 (série temporal disponível) enquanto o **Gráfico II.5.1.1.1.2-24c** apresenta a normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1981 a 2010. Os valores médios de umidade variam em torno dos 75% durante todo o ano, com os menores valores no mês de fevereiro, 73%, e os maiores de março a junho, assim como, novembro e dezembro com 76% (**Quadro II.5.1.1.1.2-49**). A amplitude de variação na série temporal disponível média é pequena, menor de 3%. Porém a diferença entre os valores máximos e mínimos mensais atinge valores em torno de 35%. A variabilidade interanual da umidade relativa do ar no período analisado, **Gráfico**

II.5.1.1.1.2-24b, mostrou que o valor médio máximo ocorre em 1979 e 1983 (80,3%) e o valor mínimo em 2014 (69,1±9,4%) (**Quadro II.5.1.1.1.2-50**).

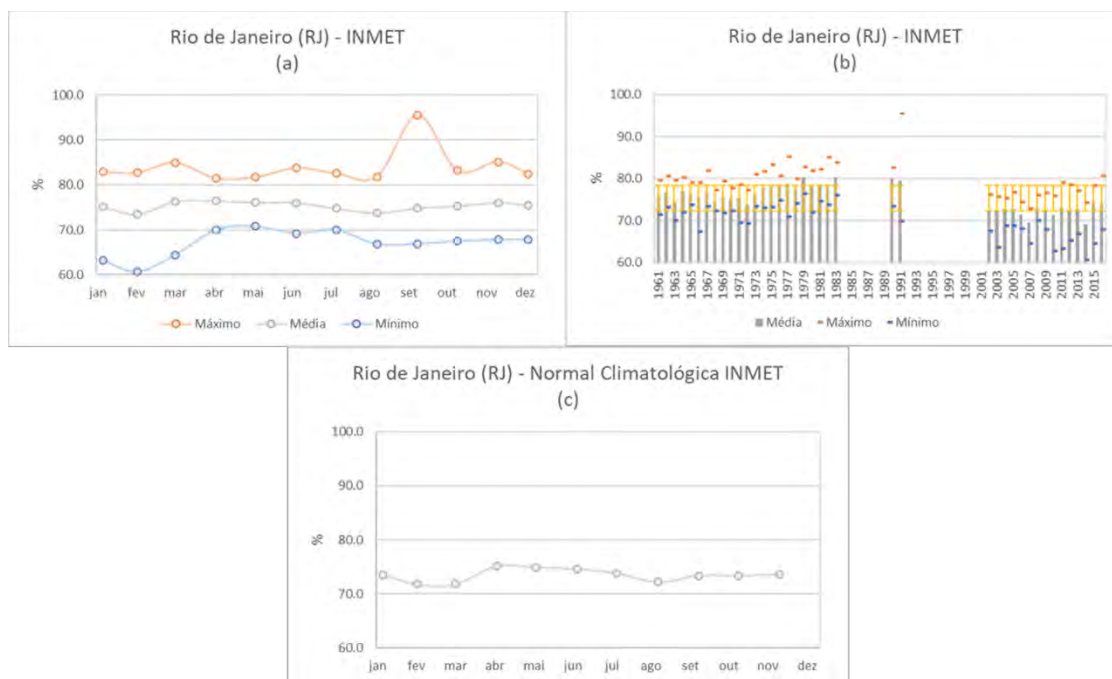


Gráfico II.5.1.1.1.2-24– Umidade relativa (%) máxima no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2016); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 2016); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-49– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2016).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	82.9	82.7	85.0	81.5	81.7	83.8	82.6	81.8	95.5	83.2	85.2	82.4
Média	75.1	73.5	76.3	76.4	76.1	76.0	74.7	73.7	74.8	75.3	76.0	75.5
Mínimo	63.2	60.6	64.4	70.0	70.8	69.2	70.0	66.8	66.9	67.5	67.8	67.8
Desvio Padrão	9.5	9.5	8.1	6.8	7.2	7.7	8.4	9.0	9.5	9.1	9.1	9.3

Quadro II.5.1.1.1.2-50– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2016). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	79.6	75.9	71.5	8.5
1962	80.7	76.7	73.2	8.2
1963	79.5	74.3	70.0	8.5
1964	80.3	76.9	72.0	8.1
1965	79.1	76.4	73.8	7.9
1966	79.0	75.4	67.3	9.2
1967	81.9	76.8	73.3	8.1
1968	77.2	74.7	72.4	8.1
1969	79.3	75.7	71.8	8.3
1970	77.7	75.1	72.3	7.9
1971	78.5	75.2	69.5	8.3
1972	77.3	73.8	69.2	8.2
1973	81.0	76.1	73.4	7.7
1974	81.7	77.8	73.1	8.3
1975	83.2	78.2	73.1	7.9
1976	80.6	78.6	74.7	7.7
1977	85.2	78.6	70.9	7.4
1978	79.8	77.4	74.1	7.8
1979	82.7	80.3	76.5	7.1
1980	81.8	78.3	72.0	7.5
1981	82.2	78.4	74.6	8.0
1982	85.0	78.2	73.7	8.2
1983	83.9	80.3	76.0	7.8
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	*	*	*	*
1988	*	*	*	*
1989	*	*	*	*
1990	82.6	80.1	73.3	6.6
1991	95.5	79.4	69.8	8.3
1992	*	*	*	*
1993	*	*	*	*
1994	*	*	*	*
1995	*	*	*	*
1996	*	*	*	*
1997	*	*	*	*
1998	*	*	*	*
1999	*	*	*	*
2000	*	*	*	*
2001	*	*	*	*
2002	76.2	72.2	67.5	8.6
2003	75.6	72.3	63.6	8.3
2004	75.2	72.7	68.8	7.9
2005	76.8	72.7	68.7	8.3
2006	74.4	71.4	68.1	8.6
2007	72.8	69.5	64.4	8.6
2008	76.0	72.8	70.0	8.7
2009	76.6	72.3	67.8	8.5
2010	75.8	71.3	62.8	8.8
2011	79.0	73.0	63.3	8.3
2012	78.5	72.7	65.1	8.1
2013	77.0	72.7	66.8	8.6
2014	74.3	69.1	60.6	9.4
2015	78.3	74.3	64.6	8.9
2016	80.6	74.0	67.9	8.9

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-25a** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-26a** ilustram a variabilidade mensal das estações de Ubatuba e Santos, no litoral do estado de São Paulo. Comparativamente, Ubatuba apresenta uma umidade relativa média cerca de 2% superior que Santos. Em Ubatuba, abril é o mês com maior umidade relativa média (87%). Já os menores valores médios são verificados nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, com 84% (**Quadro II.5.1.1.1.2-51**). Em Santos, janeiro, novembro e dezembro (81%) apresentam as menores médias mensais, enquanto agosto e setembro (84%) alcançam as maiores médias (**Quadro II.5.1.1.1.2-52**). A variabilidade interanual é apresentada no **Gráfico II.5.1.1.1.2-25b** para Ubatuba e no **Gráfico II.5.1.1.1.2-25b** para Santos. Valores médios máximos foram observados em 2005 (Ubatuba, $91,9 \pm 10,6\%$) e 1991 (Santos, $86 \pm 7,3\%$) e mínimos em 1993 e 1986, em torno de 78,4% (**Quadro II.5.1.1.1.2-52** e **Quadro II.5.1.1.1.2-54**).

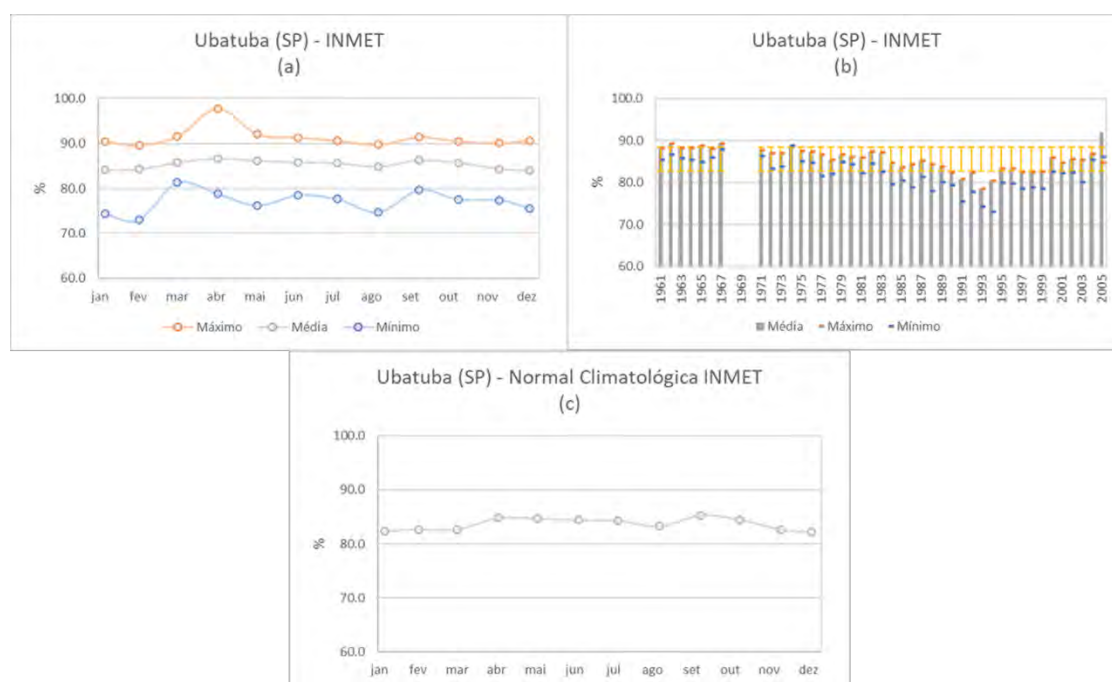


Gráfico II.5.1.1.1.2-25– Umidade relativa (%) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2008); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2008); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-51– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2008).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	90.5	89.6	91.6	97.8	92.0	91.3	90.6	89.7	91.4	90.5	90.2	90.7
Média	84.1	84.3	85.7	86.7	86.2	85.8	85.6	84.9	86.3	85.7	84.4	84.0
Mínimo	74.3	73.0	81.3	78.8	76.2	78.5	77.6	74.7	79.7	77.5	77.4	75.6
Desvio Padrão	7.4	6.7	5.9	5.9	6.3	6.7	6.7	7.2	7.1	7.4	7.7	7.8

Quadro II.5.1.1.1.2-52– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2008). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	88.2	88.2	85.4	5.0
1962	89.4	89.4	86.7	5.5
1963	88.3	88.3	85.7	5.4
1964	88.3	88.3	85.3	5.4
1965	88.7	88.7	84.9	5.2
1966	88.0	88.0	86.0	5.3
1967	89.3	89.3	87.8	4.4
1968	*	*	*	*
1969	*	*	*	*
1970	*	*	*	*
1971	87.7	87.7	87.7	87.7
1972	87.0	87.0	83.3	6.1
1973	86.9	86.9	83.8	5.3
1974	88.7	88.7	88.7	5.6
1975	87.5	87.5	85.0	5.6
1976	87.4	87.4	84.8	5.5
1977	86.7	86.7	81.6	5.9
1978	85.4	85.4	82.1	6.3
1979	86.7	86.6	84.9	5.4
1980	86.0	86.0	84.4	5.0
1981	85.9	85.9	82.1	5.7
1982	87.4	87.3	84.5	5.4
1983	87.1	87.1	82.6	6.1
1984	84.6	84.6	79.5	6.3
1985	83.6	83.6	80.4	7.3
1986	84.3	84.3	78.9	6.4
1987	85.3	85.2	81.3	6.6
1988	84.4	84.4	77.9	7.3
1989	83.8	83.8	80.1	6.8
1990	82.4	82.4	79.3	6.7
1991	80.7	80.7	75.6	7.9
1992	82.3	82.3	77.8	7.5
1993	78.5	78.6	74.3	7.9
1994	80.4	80.4	73.0	8.4
1995	83.2	83.3	80.0	8.1
1996	83.3	83.4	79.7	7.2
1997	82.4	82.4	78.6	7.9
1998	82.4	82.4	78.8	8.5
1999	82.5	82.5	78.5	8.0
2000	85.9	85.9	82.6	6.4

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-52 (Continuação)– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2008). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2001	84.7	84.7	82.2	6.6
2002	85.5	85.5	82.5	5.9
2003	85.4	85.3	80.1	6.4
2004	86.8	86.8	85.4	5.6
2005	84.8	91.9	86.0	10.6

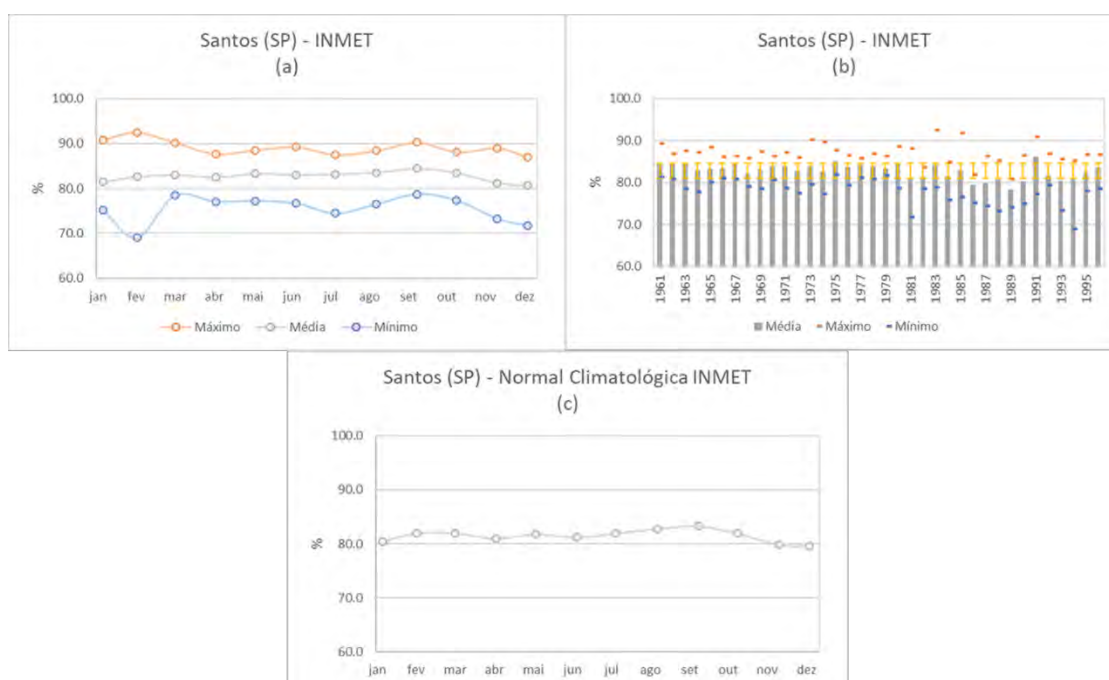


Gráfico II.5.1.1.1.2-26– Umidade relativa (%) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-53– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	90.8	92.5	90.2	87.7	88.6	89.2	87.5	88.4	90.2	88.1	89.0	87.0
Média	81.5	82.6	83.0	82.5	83.3	83.0	83.2	83.6	84.4	83.5	81.3	80.6
Mínimo	75.2	69.0	78.5	77.1	77.3	76.7	74.5	76.5	78.8	77.4	73.2	71.8
Desvio Padrão	8.0	7.8	6.7	6.5	7.3	9.3	9.8	9.1	8.2	7.7	8.5	8.1

Quadro II.5.1.1.1.2-54– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	89.2	84.4	81.3	6.9
1962	86.8	84.4	80.9	7.1
1963	87.6	84.3	78.6	6.7
1964	87.2	83.0	77.8	8.9
1965	88.5	83.3	80.1	9.3
1966	86.2	83.2	80.9	8.8
1967	86.3	84.5	80.8	6.4
1968	85.8	82.0	79.0	7.8
1969	87.3	83.1	78.5	8.2
1970	86.3	83.8	80.6	7.1
1971	87.1	83.8	78.7	7.6
1972	85.9	82.8	77.4	8.3
1973	90.2	83.7	79.6	7.5
1974	89.6	82.6	77.2	8.0
1975	87.7	85.1	81.8	6.7
1976	86.5	83.7	79.4	7.1
1977	85.7	84.1	81.1	6.4
1978	86.8	83.8	80.8	6.1
1979	86.3	83.2	81.6	7.7
1980	88.6	84.3	78.8	7.8
1981	88.0	80.8	71.8	7.5
1982	83.6	81.4	78.6	8.2
1983	92.5	84.2	78.8	9.0
1984	84.8	81.6	75.9	8.7
1985	91.7	83.0	76.6	8.6
1986	81.8	79.4	75.2	8.0
1987	86.2	79.8	74.5	9.3
1988	85.3	80.7	73.2	8.4
1989	80.8	78.3	74.1	8.8
1990	86.4	80.2	74.9	9.4
1991	90.8	86.0	77.3	7.3
1992	86.8	81.8	79.3	9.0
1993	85.6	80.5	73.3	8.9
1994	85.2	80.7	69.0	8.3
1995	86.7	82.6	77.9	8.8
1996	86.7	83.4	78.5	6.8

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-27a** ilustra a série temporal disponível de umidade relativa para Paranaguá à esquerda (1961 a 2019) e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-27c** a respectiva normal climatológica (1981 a 2010). Observa-se que os valores médios de umidade relativa ficam em torno de 85% com um aumento progressivo entre janeiro e setembro seguida por uma ligeira queda nos meses de outubro e novembro e mantendo-se estável em dezembro (**Quadro II.5.1.1.1.2-55**). A amplitude média anual é de 4%. Comparando a série temporal disponível com a normal climatológica, observa-se que, as séries são aproximadamente

concordantes. A variabilidade interanual, apresentada no **Gráfico II.5.1.1.1.2-27b**, mostra que nos anos 90 a umidade relativa do ar alcança maiores valores (média de 91,6%) quando comparada com os demais períodos (média de 84,1%) (**Quadro II.5.1.1.1.2-56**).

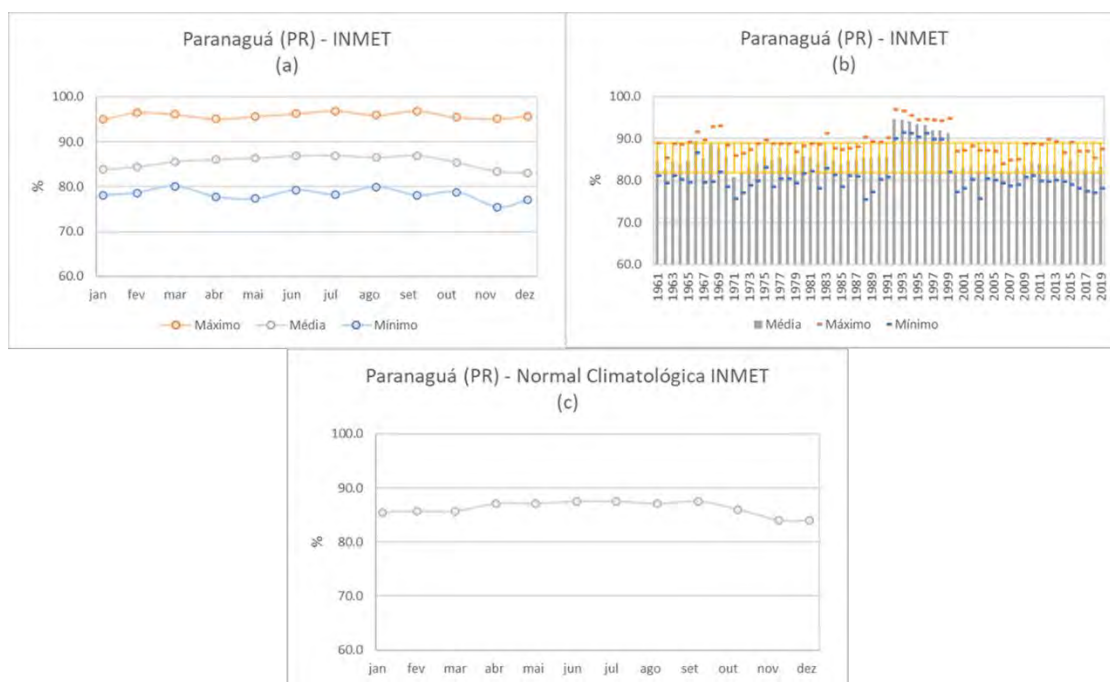


Gráfico II.5.1.1.1.2-27– Umidade relativa (%) em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2019); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2019); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-55– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2019).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	95.0	96.5	96.1	95.1	95.6	96.2	96.9	95.9	96.8	95.4	95.1	95.7
Média	83.8	84.4	85.6	86.0	86.3	86.8	86.9	86.4	86.9	85.4	83.4	83.1
Mínimo	78.1	78.6	80.1	77.7	77.3	79.2	78.2	79.9	78.1	78.8	75.4	77.1
Desvio Padrão	7.5	7.1	6.6	6.6	8.0	8.1	8.1	8.0	7.8	7.8	8.2	8.0

Quadro II.5.1.1.1.2-56– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2019).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	88.9	84.7	81.1	6.4
1962	85.4	82.5	79.4	7.5
1963	88.8	84.3	81.1	7.3
1964	88.6	83.9	80.3	7.6
1965	89.1	84.6	79.5	8.1
1966	91.6	89.3	86.7	5.3
1967	89.7	85.3	79.5	6.9
1968	92.9	88.5	79.7	7.0
1969	93.0	87.8	82.0	6.3
1970	88.5	85.7	78.5	6.9
1971	85.9	80.9	75.8	7.3
1972	86.5	81.8	77.1	7.8
1973	87.3	83.0	78.8	7.3
1974	88.8	84.2	80.0	7.0
1975	89.6	85.6	83.1	7.1
1976	88.8	84.9	78.6	6.8
1977	88.7	85.4	80.4	6.3
1978	88.7	83.5	80.5	6.7
1979	86.7	83.5	79.4	7.2
1980	88.3	85.7	81.6	7.4
1981	88.7	85.5	82.2	8.2
1982	88.5	84.2	78.1	7.6
1983	91.2	86.9	83.0	7.1
1984	87.7	84.9	81.4	8.1
1985	87.3	83.8	78.5	7.4
1986	87.7	84.8	81.2	7.1
1987	88.0	85.0	80.9	7.7
1988	90.3	85.4	75.4	8.0
1989	89.3	85.2	77.2	7.7
1990	89.1	86.0	80.3	7.3
1991	90.2	85.5	80.8	7.8
1992	96.9	94.7	90.0	3.5
1993	96.5	94.5	91.4	3.9
1994	95.4	94.0	91.2	2.8
1995	94.5	93.3	90.4	3.1
1996	94.7	93.2	91.3	2.8
1997	94.3	92.0	89.9	4.3
1998	94.2	92.0	89.9	3.9
1999	94.8	91.3	82.0	5.1
2000	87.1	81.8	77.3	7.4
2001	87.2	83.2	78.1	7.2
2002	88.2	83.5	80.2	7.3
2003	87.2	82.1	75.7	8.5
2004	87.1	83.8	80.5	7.1
2005	87.1	83.5	80.0	6.8
2006	83.9	81.7	79.4	7.6
2007	84.9	81.8	78.6	7.4
2008	85.1	82.8	79.0	7.2
2009	88.7	83.4	80.8	7.0
2010	88.8	84.3	81.1	6.9
2011	88.5	83.9	79.9	8.2
2012	89.9	83.5	79.8	7.3
2013	89.2	83.9	80.0	7.8

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-56 (Continuação)– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2019).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2014	86.7	83.0	79.8	7.3
2015	89.2	84.9	79.1	7.2
2016	87.0	82.3	78.1	8.6
2017	87.0	82.6	77.4	7.7
2018	85.4	81.7	77.1	7.3
2019	87.5	83.2	78.1	6.9

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-28a** apresenta a análise mensal da umidade relativa da estação do INMET de Florianópolis para série temporal disponível (1961 a 2020) e no **Gráfico II.5.1.1.1.2-28c** se tem a direta a normal climatológica fornecida pelo INMET (1981 a 2010). Os valores médios de umidade do ar variam em torno dos 81% durante todo o ano, com os menores valores no mês de novembro (78%) e os maiores em julho (83%) (**Quadro II.5.1.1.1.2-57**). A variabilidade interanual, **Gráfico II.5.1.1.1.2-28c**, mostra o ano de 2003 e de 1961 com a menor e maior umidade relativa do ar média, com $77,2\pm 8,7\%$ e $88,0\pm 5,4\%$, respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-58**).

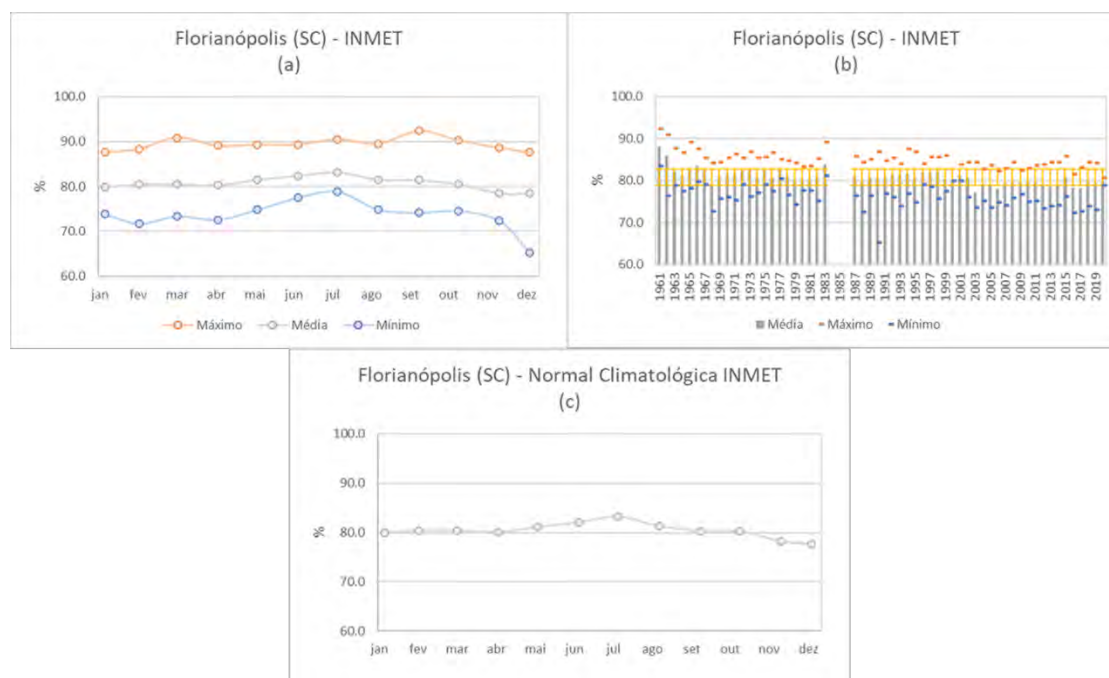


Gráfico II.5.1.1.1.2-28– Umidade relativa (%) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e

desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-57– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	87.7	88.3	90.9	89.1	89.3	89.4	90.5	89.5	92.4	90.2	88.6	87.6
Média	79.9	80.5	80.6	80.4	81.5	82.4	83.2	81.6	81.4	80.5	78.5	78.5
Mínimo	73.9	71.8	73.3	72.6	74.8	77.5	78.8	74.8	74.2	74.6	72.3	65.3
Desvio Padrão	7.2	6.7	7.1	7.7	7.8	8.2	7.9	8.5	9.2	8.5	8.7	7.8

Quadro II.5.1.1.1.2-58– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	92.4	88.0	83.4	5.4
1962	90.9	85.9	76.3	7.8
1963	87.8	82.1	78.9	7.7
1964	86.6	81.2	77.5	7.9
1965	89.1	82.8	78.2	8.2
1966	87.6	83.5	79.8	7.3
1967	85.4	82.8	79.1	8.1
1968	84.2	79.1	72.6	8.8
1969	84.4	81.0	75.6	7.5
1970	85.5	81.8	76.0	7.6
1971	86.3	81.7	75.4	7.6
1972	85.4	82.2	79.0	8.6
1973	86.8	82.6	76.1	7.5
1974	85.4	80.6	77.0	7.3
1975	85.6	82.6	79.0	7.6
1976	86.6	80.7	77.5	8.5
1977	85.1	82.5	80.4	7.3
1978	84.7	81.0	76.6	7.0
1979	84.1	80.0	74.2	7.8
1980	83.3	80.4	77.6	7.6
1981	83.5	80.2	77.5	8.6
1982	85.2	80.7	75.1	7.1
1983	89.1	83.7	81.1	7.5
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	85.8	80.9	76.4	8.2
1988	84.3	79.7	72.5	8.4
1989	85.1	80.7	76.4	7.4
1990	86.9	80.6	65.3	8.1
1991	84.8	80.7	77.0	7.2
1992	85.3	81.4	76.0	7.2
1993	84.0	81.3	73.9	7.6
1994	87.5	81.5	76.9	8.5
1995	86.8	80.6	74.8	8.1
1996	83.9	81.9	79.0	7.2

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2—58 (Continuação)– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1997	85.6	81.9	78.5	7.3
1998	85.5	81.9	75.6	8.1
1999	85.9	80.3	77.5	8.1
2000	80.0	80.0	80.0	*
2001	83.8	81.4	79.9	7.1
2002	84.4	80.6	76.0	8.0
2003	84.4	77.2	73.5	8.7
2004	82.7	79.0	75.2	7.8
2005	83.6	79.0	73.5	8.2
2006	82.2	77.9	74.8	8.3
2007	82.9	79.2	74.0	7.7
2008	84.3	79.3	75.9	8.3
2009	82.4	79.5	76.7	7.5
2010	82.9	79.8	75.0	7.8
2011	83.7	79.5	75.1	8.6
2012	83.8	79.1	73.3	7.4
2013	84.3	78.5	73.9	8.0
2014	84.4	78.7	74.1	8.1
2015	85.7	80.7	76.2	7.9
2016	81.5	78.2	72.3	9.1
2017	83.1	78.1	72.7	8.0
2018	84.4	80.0	73.9	8.6
2019	84.1	79.3	73.1	9.3
2020	80.7	79.8	78.8	8.1

No **Gráfico II.5.1.1.1.2-29a** são apresentados os valores médios, mínimos e máximos da umidade relativa do ar (%) a partir dos dados de reanálise do ERA 5. Ao longo do ano, a umidade relativa média fica em torno dos 79%, sendo que os valores médios máximos ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro (84%) e em maio é registrada a menor média de 74% (**Quadro II.5.1.1.1.2-59**). Quanto à variabilidade interanual (**Gráfico II.5.1.1.1.2-29b**) observa-se diferenças entre as médias anuais, porém não são expressivas, variando entre um mínimo em $76,9 \pm 0,9\%$ em 1979 e um máximo de $81,8 \pm 4,3\%$ em 1983 (**Quadro II.5.1.1.1.2-60**).

É importante pontuar que, como mencionado anteriormente, a umidade relativa do ar é fortemente influenciada pela temperatura do ar. Devido a esta dependência, os valores de umidade relativa podem ter valores diferentes em função da temperatura do ar, mas também devido a metodologia utilizada para sua obtenção. Nas estações do INMET a umidade relativa é obtida diretamente a partir de higrômetros. Para o conjunto de dados da reanálise ERA 5, a umidade é a pressão do vapor de água como uma porcentagem do valor no qual o ar se torna saturado.

Para temperaturas acima de 0°C, o caso em questão, os valores são calculados para a saturação sobre a água, usando uma função quadrática.

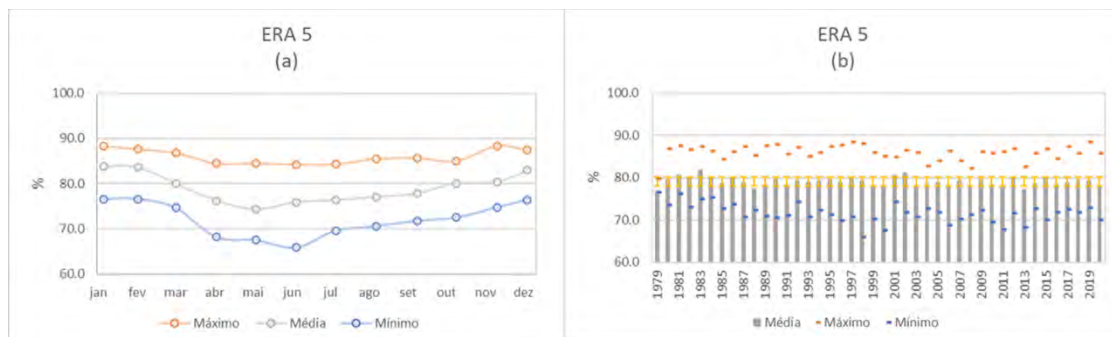


Gráfico II.5.1.1.1.2-29– Umidade relativa (%) no ponto de análise, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. (a) Máxima, média e mínima mensal; (b) Máxima média, mínima e desvio padrão anual.

Quadro II.5.1.1.1.2-59– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	88.3	87.6	86.8	84.5	84.5	84.2	84.3	85.5	85.7	85.0	88.3	87.4
Média	83.9	83.7	80.1	76.3	74.3	75.9	76.4	77.1	77.8	80.1	80.4	82.9
Mínimo	76.6	76.6	74.7	68.2	67.5	65.9	69.6	70.6	71.8	72.5	74.8	76.4
Desvio Padrão	3.1	2.7	3.0	3.6	4.1	3.8	3.5	3.4	3.2	2.9	3.4	2.6

Quadro II.5.1.1.1.2-60– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1979	79.7	76.9	76.6	0.9
1980	86.8	79.5	73.5	4.5
1981	87.6	80.5	76.1	3.9
1982	86.6	80.0	73.1	4.6
1983	87.4	81.8	74.9	4.3
1984	86.2	79.8	75.3	3.3
1985	84.3	78.7	72.7	4.2
1986	86.1	80.1	73.8	4.1
1987	87.4	78.8	70.6	5.8
1988	85.2	77.5	72.2	4.4
1989	87.5	78.4	70.9	4.8
1990	87.9	79.8	70.5	5.7
1991	85.5	78.4	71.1	3.9
1992	87.2	79.4	74.2	3.9
1993	85.0	79.1	70.7	4.2
1994	86.0	79.3	72.2	4.6
1995	87.3	79.6	71.2	4.8

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-60 (Continuação)– Umidade relativa (%) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1996	87.8	79.0	69.9	5.9
1997	88.3	79.9	70.8	5.7
1998	88.0	79.4	65.9	6.0
1999	85.9	78.1	70.2	5.5
2000	85.0	77.9	67.5	5.1
2001	84.9	80.6	74.3	3.7
2002	86.5	81.2	71.8	4.8
2003	85.9	78.2	70.8	4.6
2004	82.8	78.5	72.6	3.3
2005	84.0	78.8	71.7	3.6
2006	86.4	77.8	68.7	5.4
2007	84.1	79.3	70.2	3.9
2008	82.2	78.0	71.2	3.9
2009	86.0	79.6	72.3	4.9
2010	85.8	78.6	69.4	4.7
2011	86.1	77.8	67.6	5.5
2012	86.8	80.0	71.6	4.6
2013	82.5	77.2	68.2	4.7
2014	85.7	78.6	72.6	4.4
2015	86.8	80.0	70.0	5.2
2016	84.5	78.5	71.8	4.4
2017	87.4	78.9	72.5	4.7
2018	85.8	79.5	71.8	3.9
2019	88.3	79.4	72.8	4.3
2020	85.7	77.8	69.9	4.6

F. Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica reflete as características da coluna atmosférica e associa-se a determinados padrões de circulação dos ventos e temperatura do ar ao nível de superfície. Regiões da superfície, com alta pressão atmosférica, estão associadas a uma coluna de ar mais densa e relacionam-se, em geral, a circulação de subsidência (onde há movimentos de ar descendentes e, portanto, pouca nebulosidade) e a temperaturas mais baixas. Inversamente, regiões da superfície, com baixa pressão atmosférica, estão associadas a condições de circulação com convecção (onde ocorre movimento de ar ascendente, que favorece a formação de nuvens quando da presença de umidade) e a temperaturas mais elevadas (VIANELLO e ALVES, 2013).

A região sudeste do Brasil e do oceano adjacente sofre influência direta do ASAS durante todo o ano, sendo este sistema responsável pelas condições de céu claro ou com pouca nebulosidade (estabilidade termodinâmica) e ventos de direção nordeste de fraca intensidade que predominam na região. O ASAS, além de se movimentar no sentido leste-oeste, invadindo o continente no inverno e afastando-se no verão, também exibe ligeiro movimento na direção norte-sul. Da **Figura II.5.1.1.1.2-66** a **Figura II.5.1.1.1.2-81** estão representadas as distribuições espaciais das climatologias da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar obtidas a partir dos dados de reanálise do ERA 5 para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020, para a área de interesse.

Nota-se que a variação espacial entre o continente e o oceano são reduzidas, contudo a variação sazonal é pronunciada. No verão (**Figura II.5.1.1.1.2-69**) ocorrem valores mais baixos de pressão atmosférica, com média oscilando entre 1011 e 1013 hPa, enquanto o período de inverno (**Figura II.5.1.1.1.2-77**) apresenta as mais altas pressões, com média sazonal variando entre 1018 e 1020 hPa. A elevação da pressão atmosférica que ocorre no inverno é provocada em parte pela presença e atuação do ASAS, que neste período apresenta seu centro mais próximo do litoral, e pela chegada de massas de ar migratórias de origem polar (mais frias e, portanto, mais densas). No verão, o mínimo de pressão atmosférica é ocasionado, principalmente pelas elevadas temperaturas e pelo afastamento do ASAS do litoral.

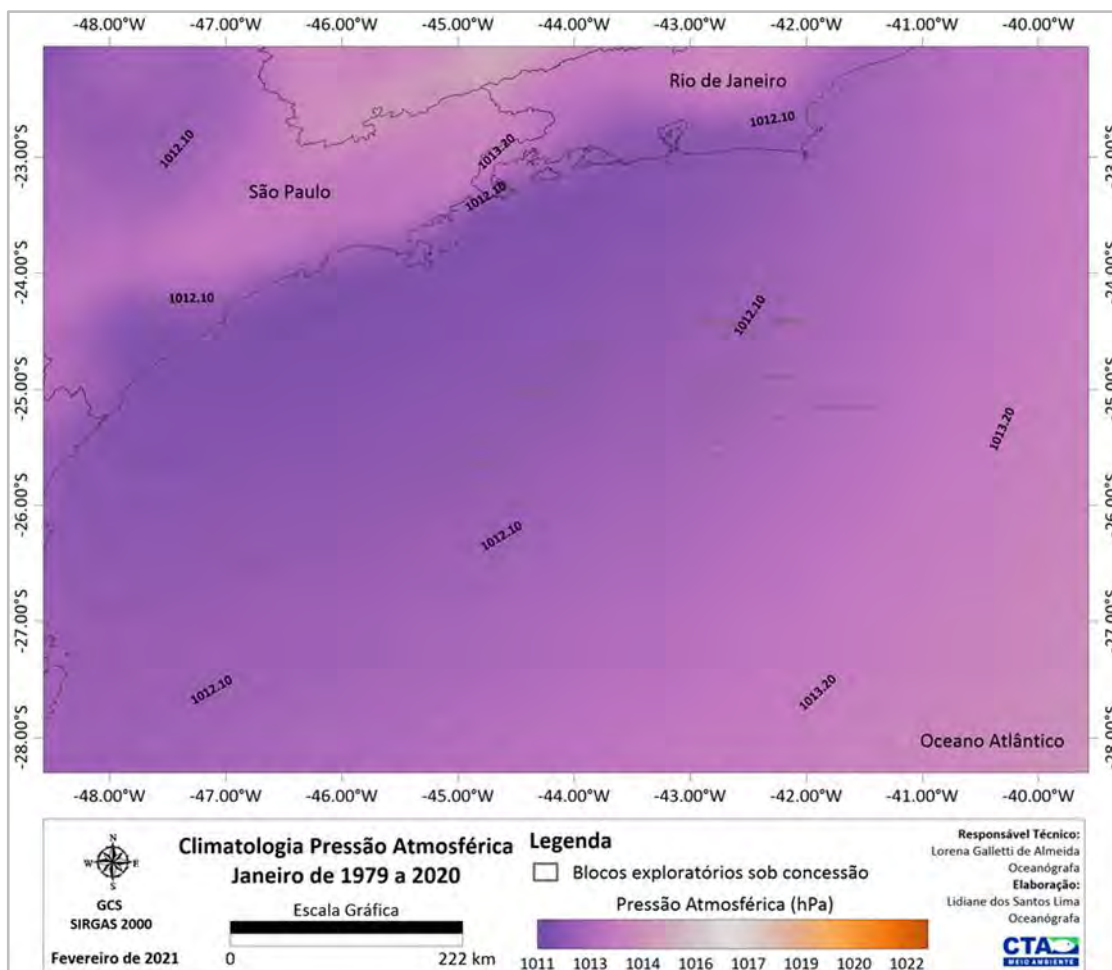


Figura II.5.1.1.1.2-66– Climatologia de janeiro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

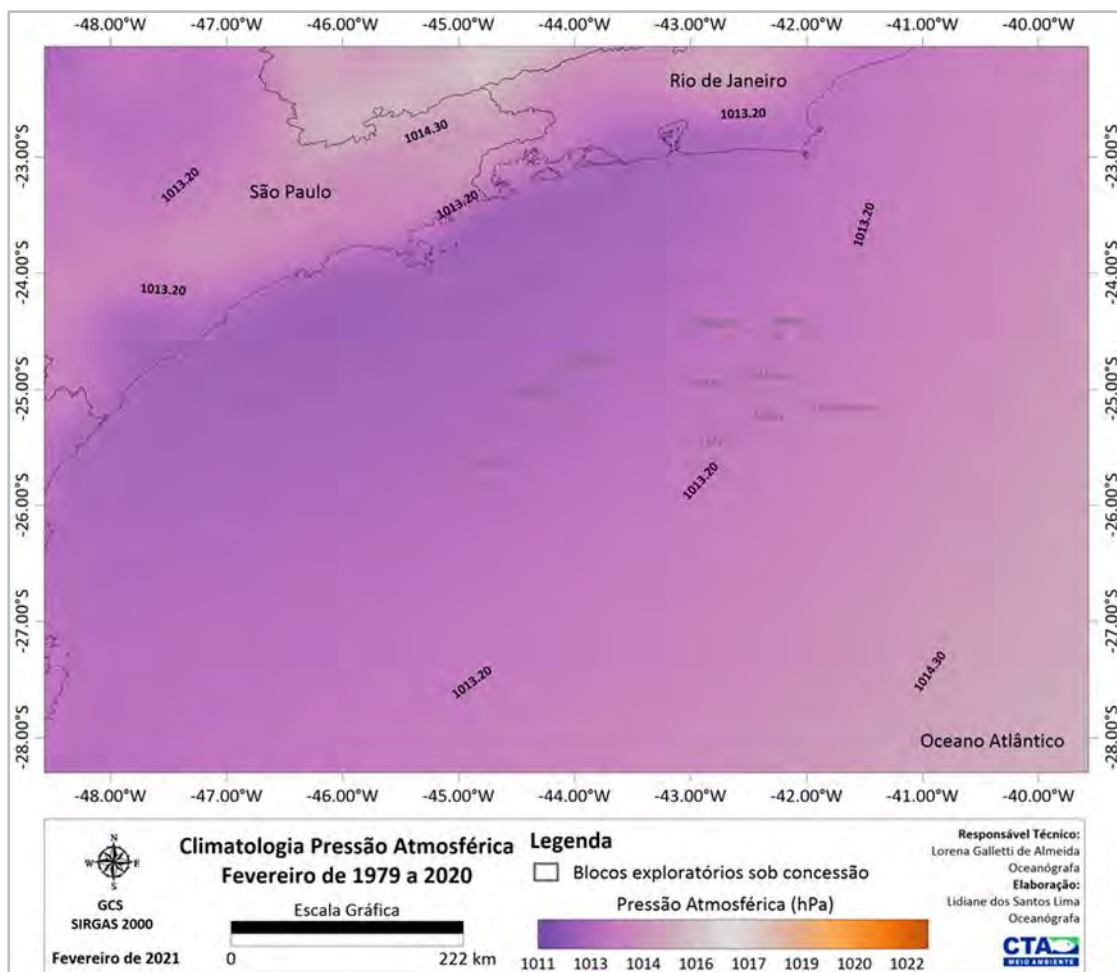


Figura II.5.1.1.1.2-67– Climatologia de fevereiro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

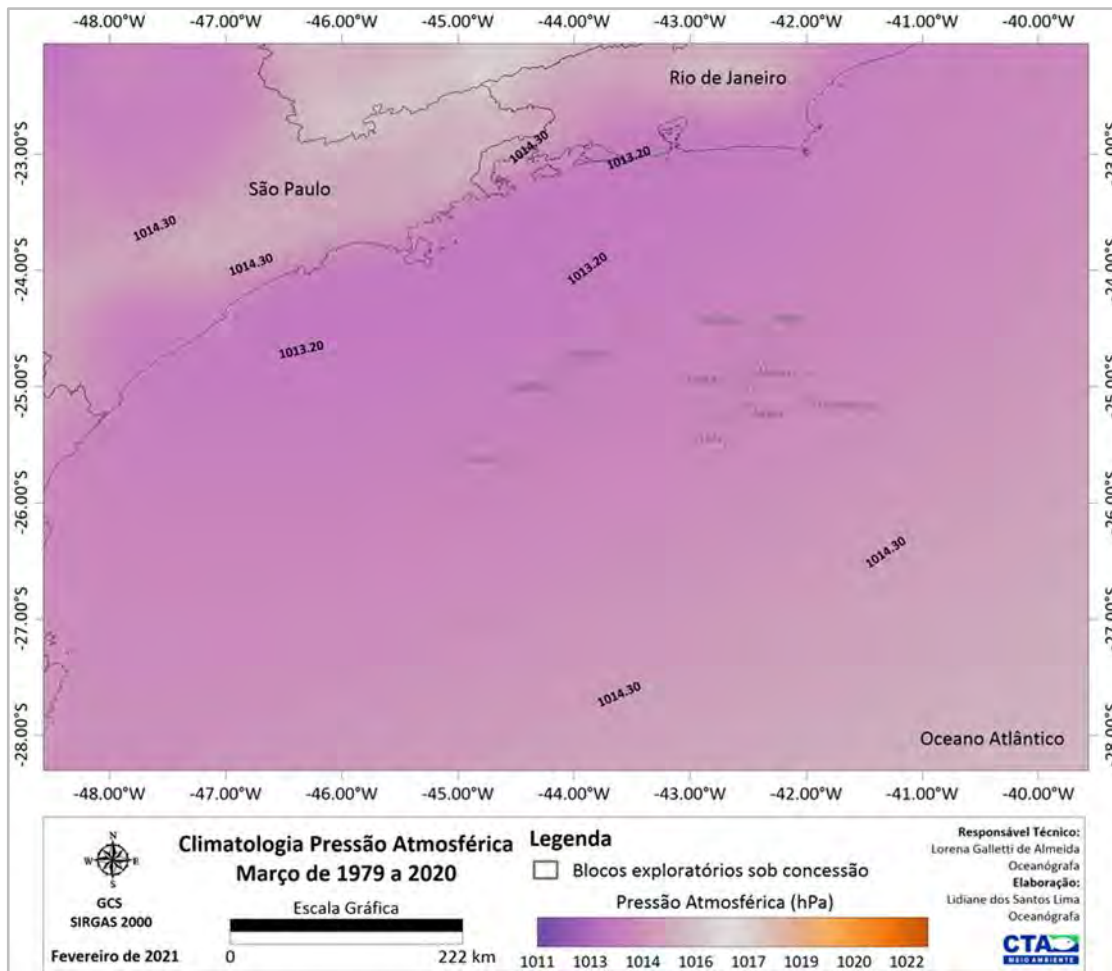


Figura II.5.1.1.1.2-68– Climatologia de março referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

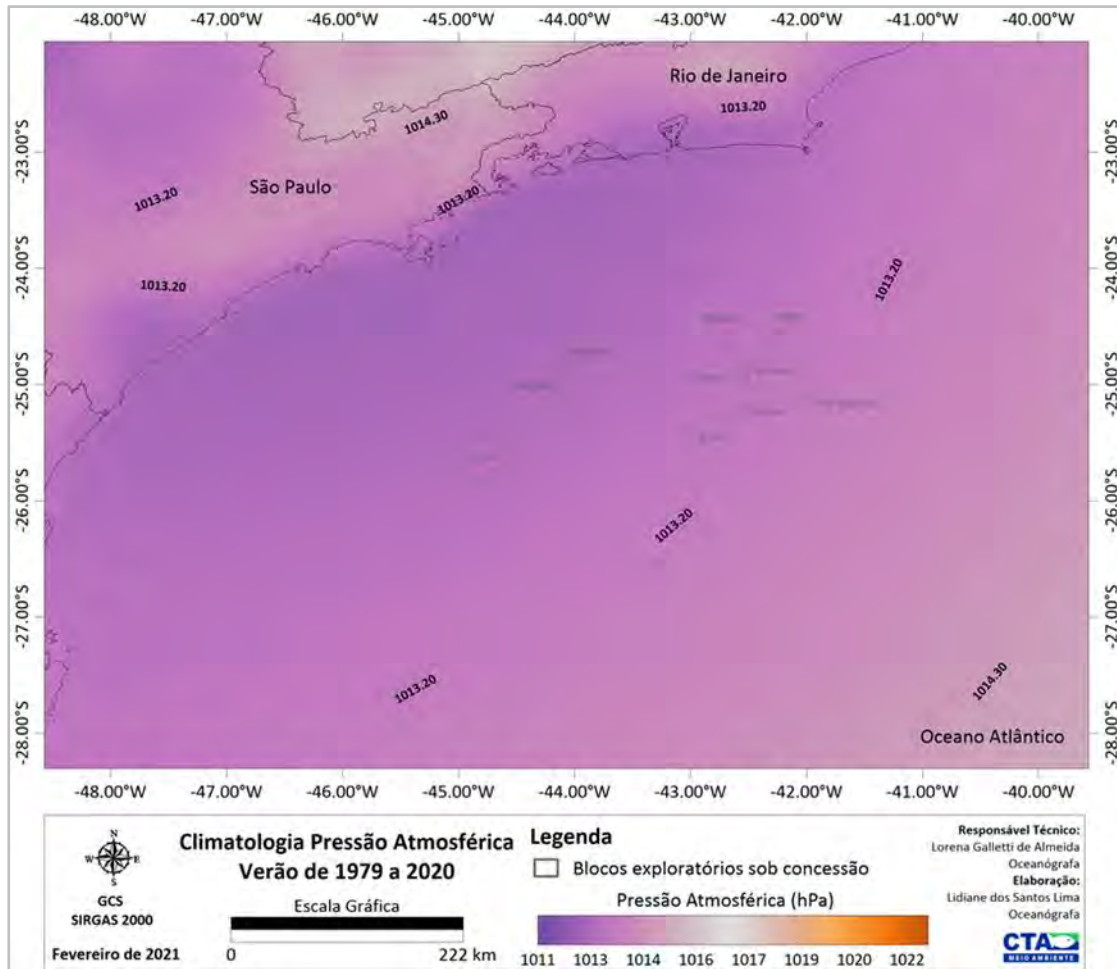


Figura II.5.1.1.2-69– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

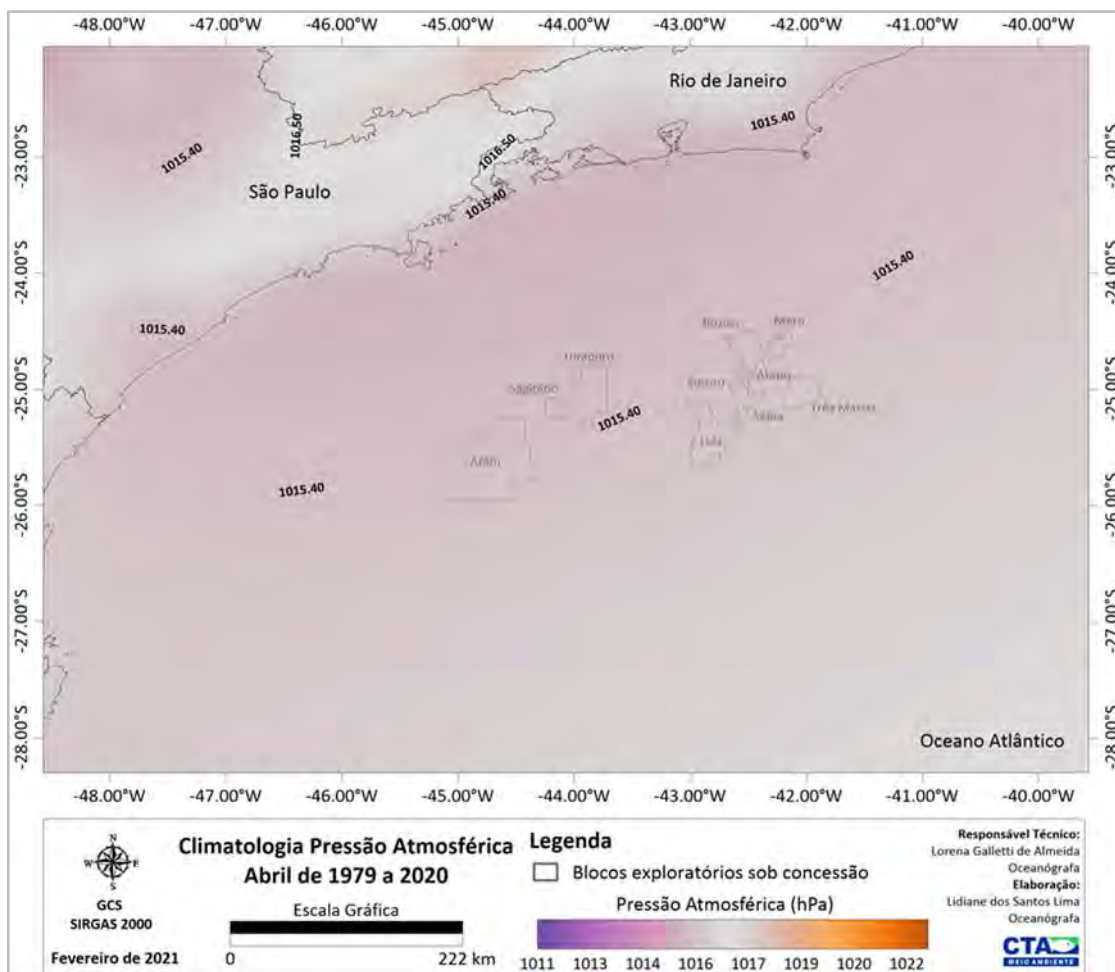


Figura II.5.1.1.1.2-70– Climatologia de abril referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

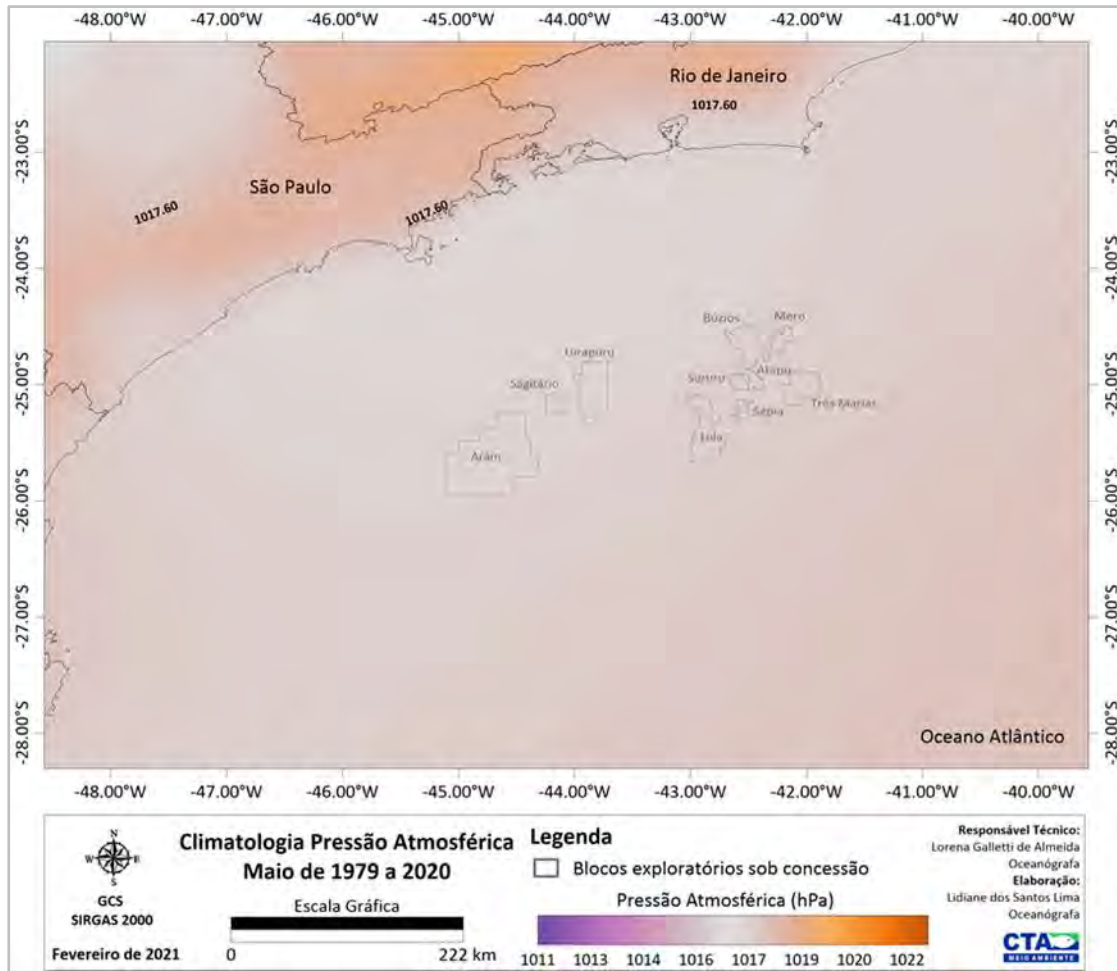


Figura II.5.1.1.2-71– Climatologia de maio referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

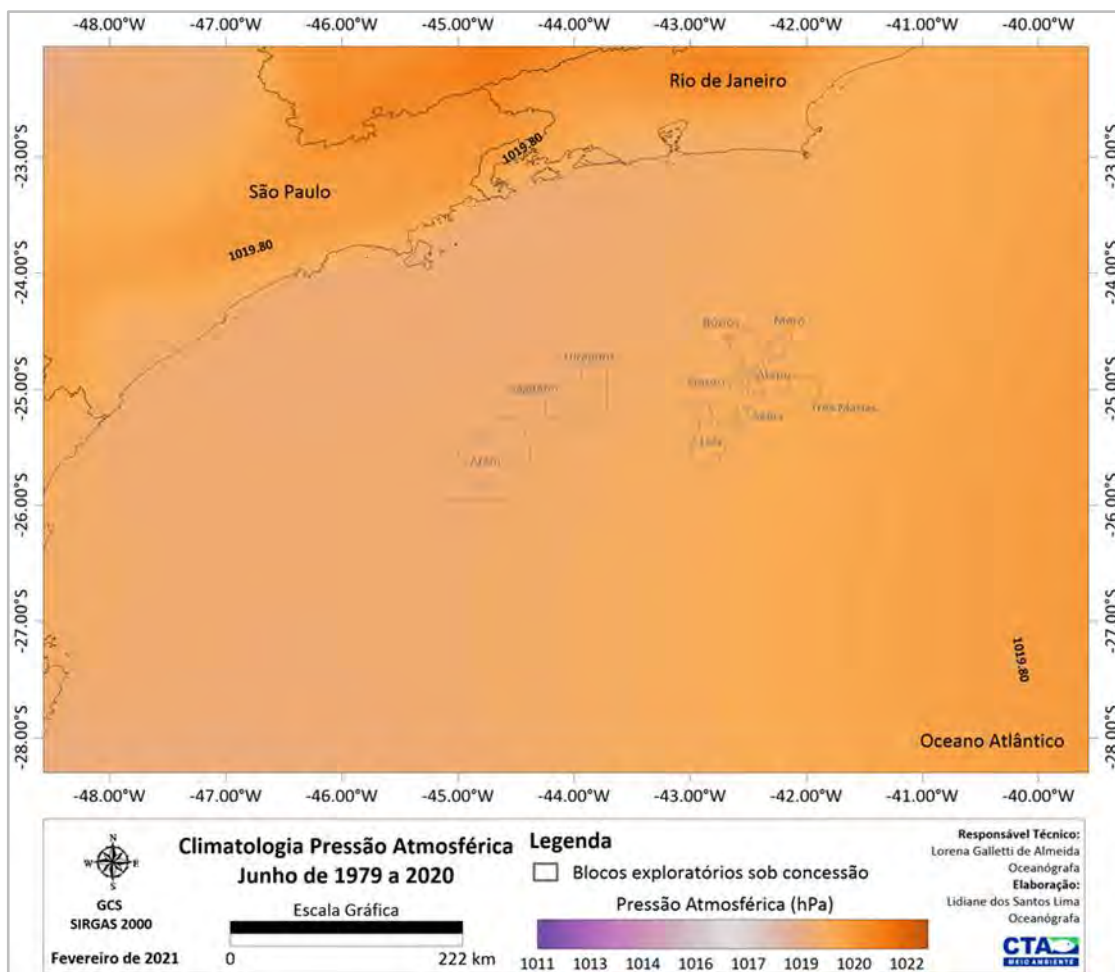


Figura II.5.1.1.1.2-72– Climatologia de junho referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

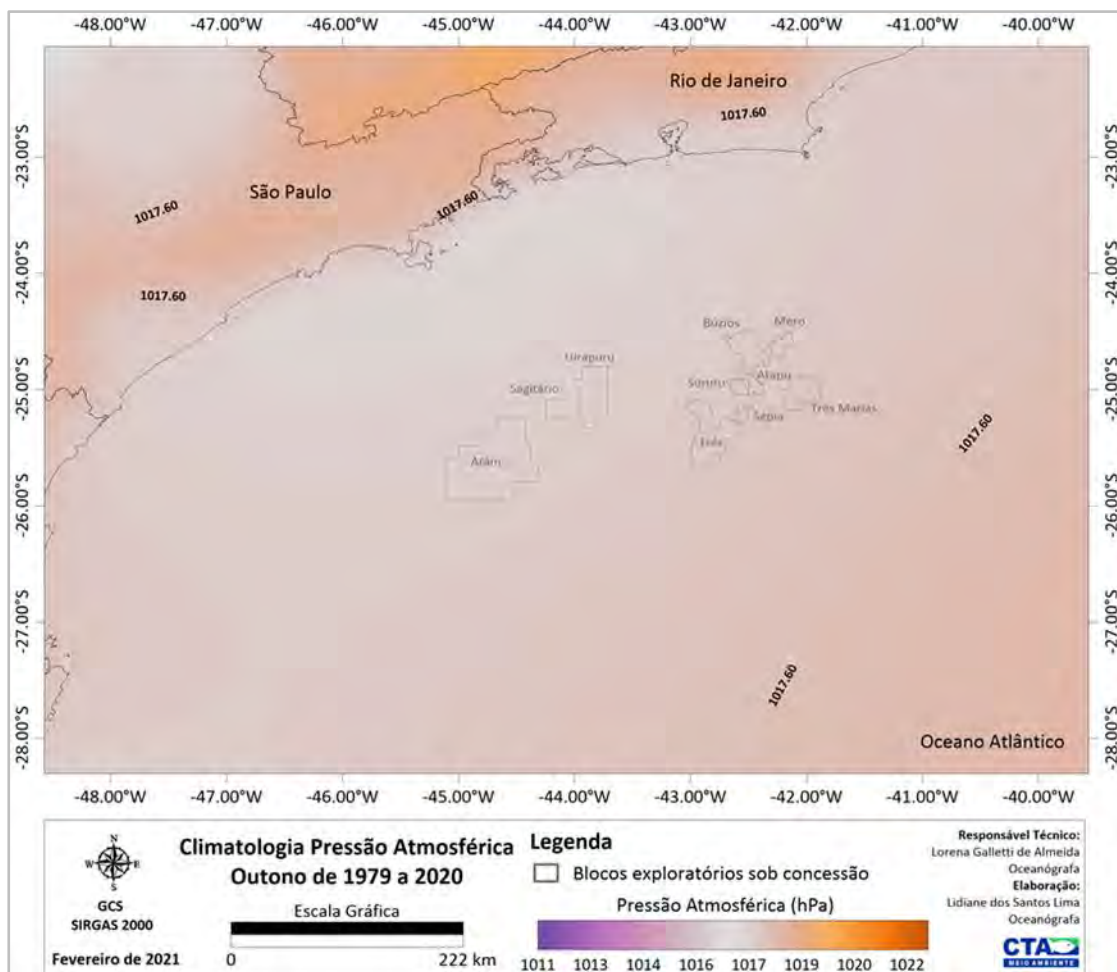


Figura II.5.1.1.1.2-73– Climatologia de outono (abril a junho) referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

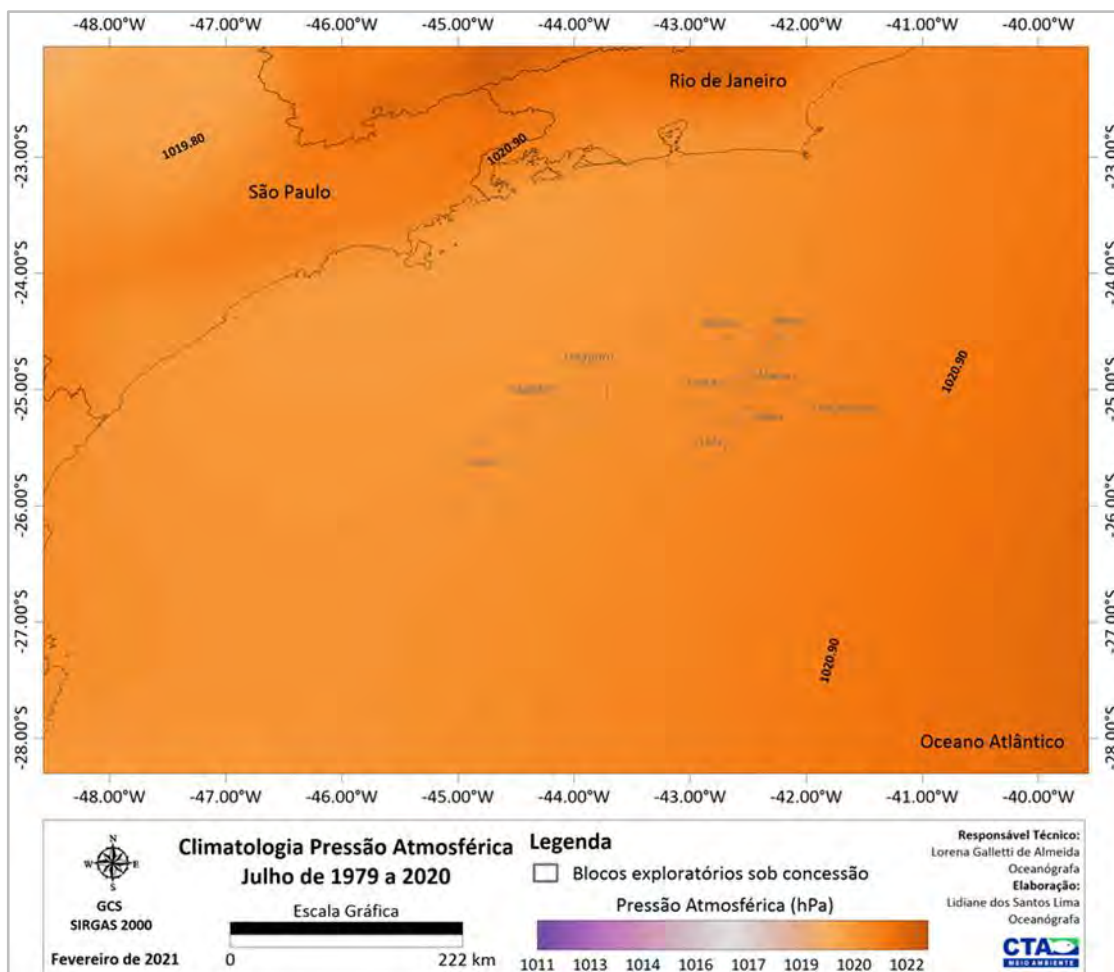


Figura II.5.1.1.1.2-74– Climatologia de julho referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

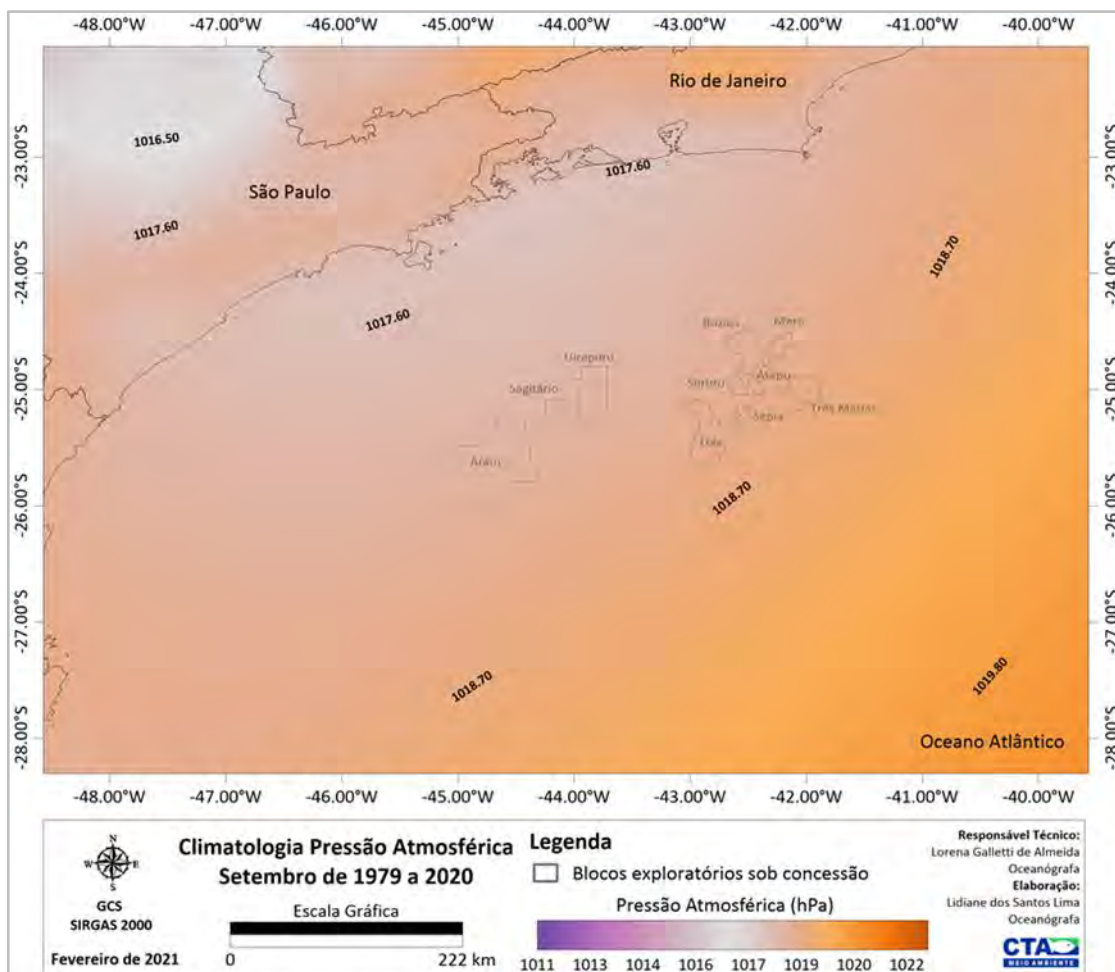


Figura II.5.1.1.1.2-76– Climatologia de setembro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

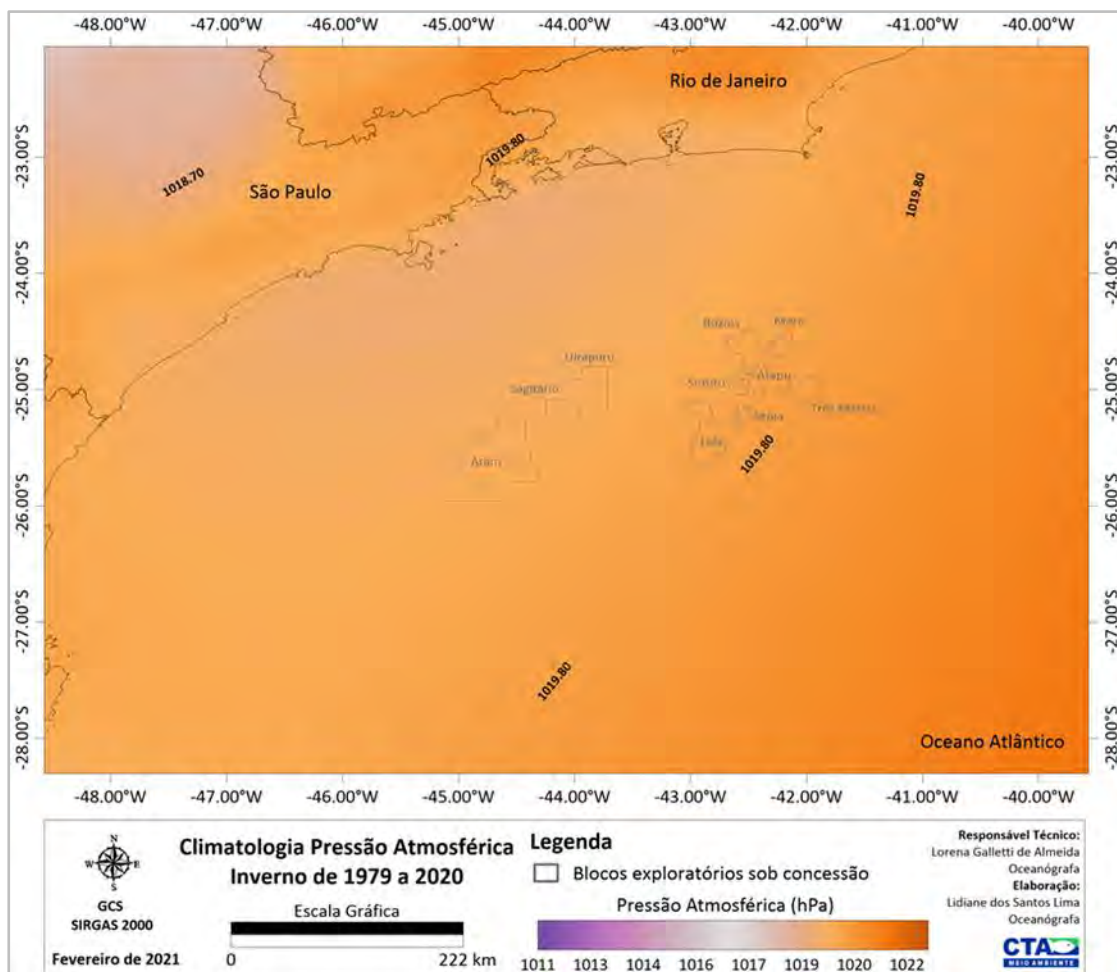


Figura II.5.1.1.1.2-77– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

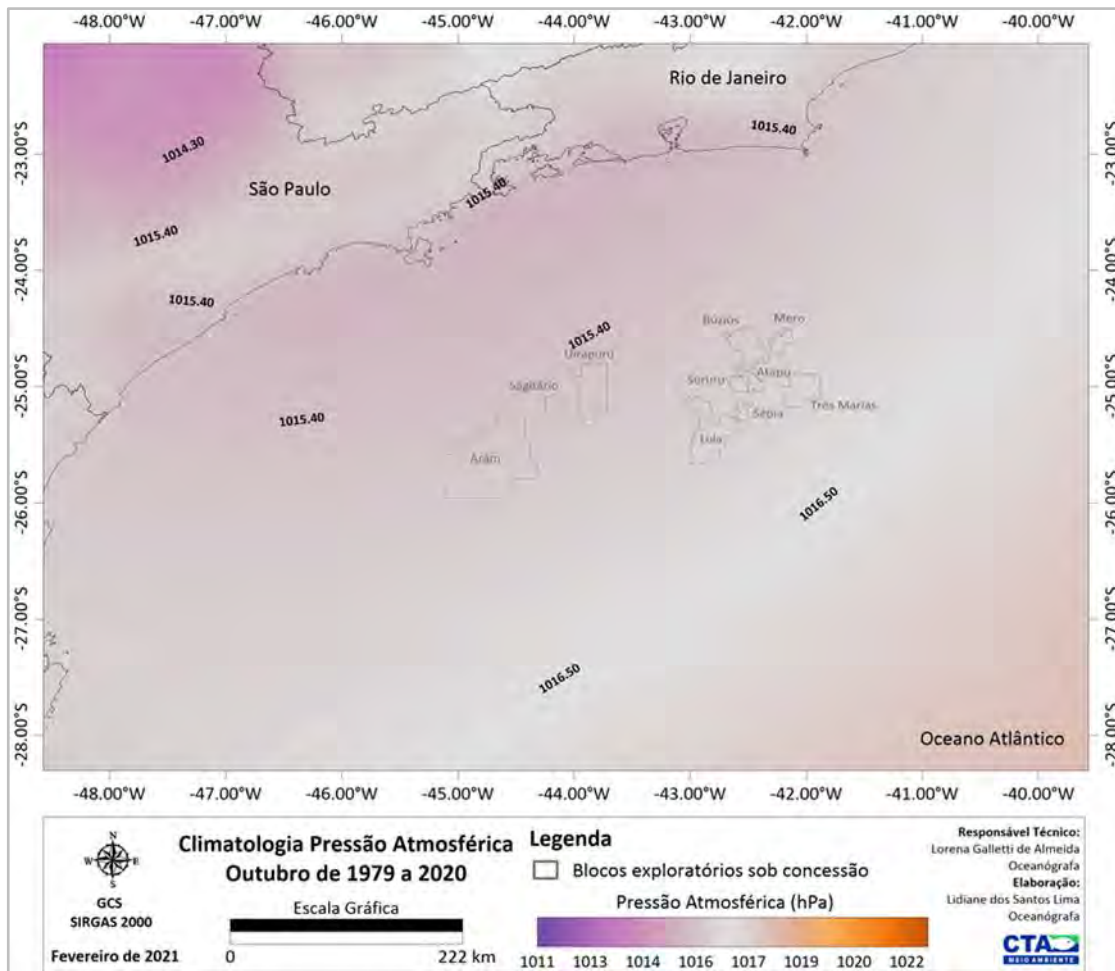


Figura II.5.1.1.1.2-78– Climatologia de outubro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

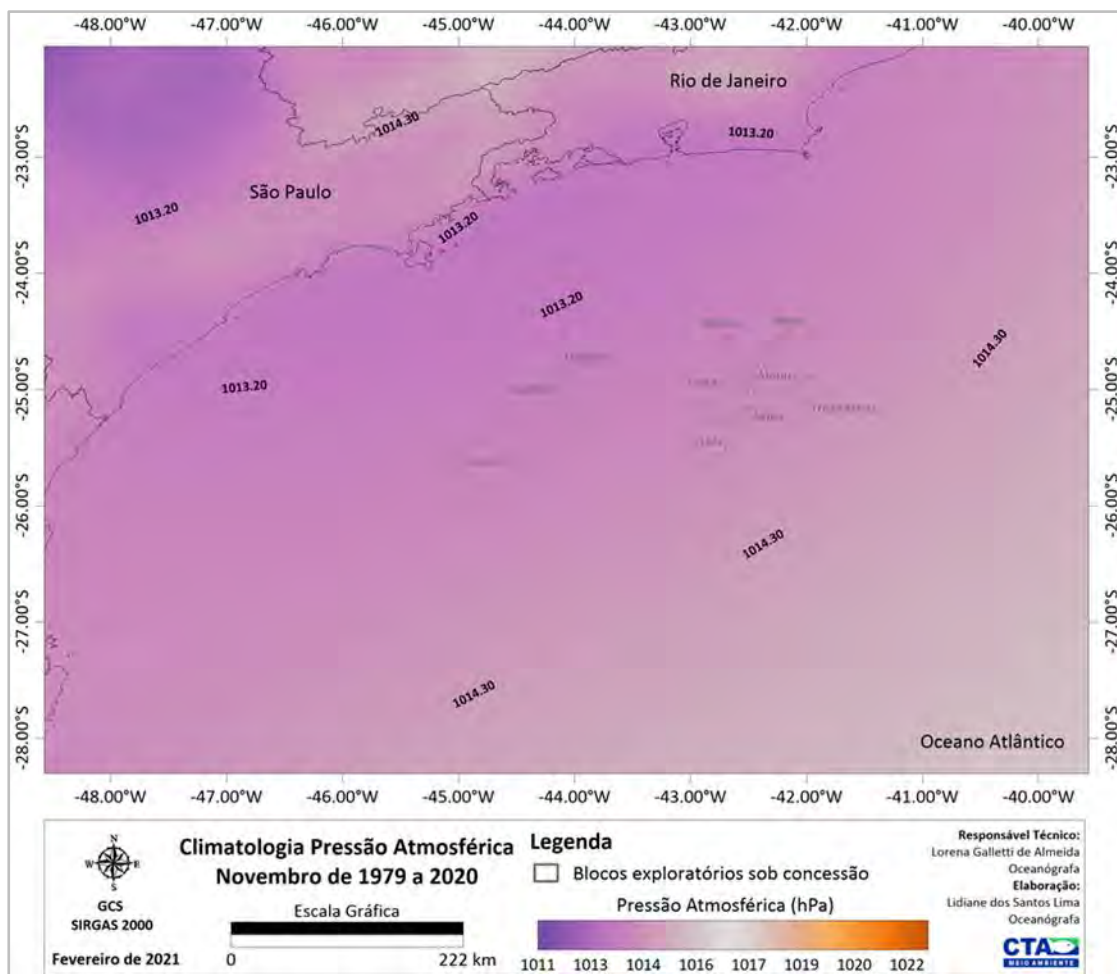


Figura II.5.1.1.1.2-79– Climatologia de novembro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

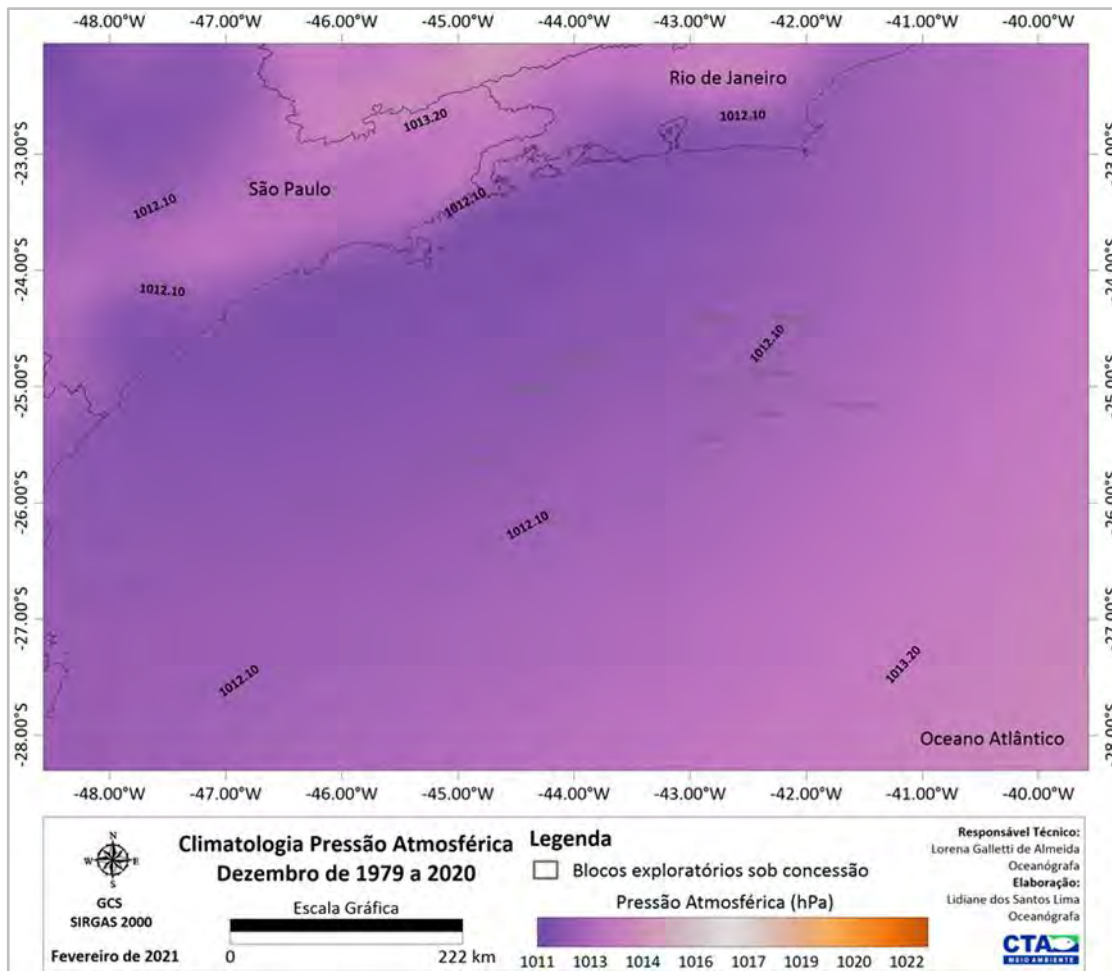


Figura II.5.1.1.1.2-80– Climatologia de dezembro referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

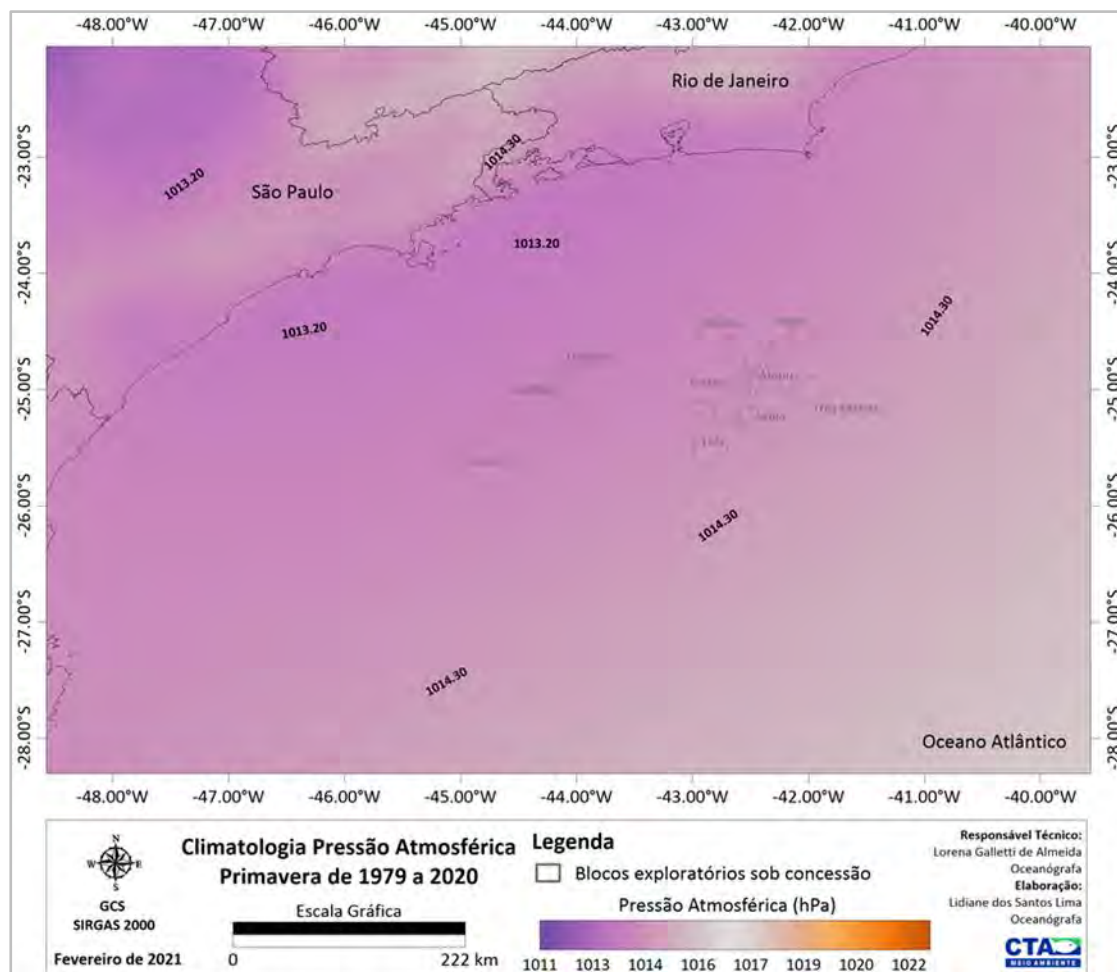


Figura II.5.1.1.2-81– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a pressão atmosférica (hPa) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Analisando as médias, máximas e mínimas mensais da pressão atmosférica nas estações do INMET do Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis, observa-se um comportamento similar da variação sazonal ao longo do litoral, marcado por valores mais altos de pressão atmosférica no inverno e mais baixos no verão, demonstrando a influência do deslocamento do sistema de alta pressão do Atlântico Sul durante o ano.

No **Gráfico II.5.1.1.2-30a** são apresentadas as médias, máximas e mínimas mensais da pressão atmosférica na estação do INMET do Rio de Janeiro no período de 1961 a 2017 e no **Gráfico II.5.1.1.2-30c** sua respectiva normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1961 a 1990. Os meses de

inverno apresentam as mais altas pressões, com máximo em julho, 1018,1 hPa. A pressão atmosférica é mais baixa, com o menor valor ocorrendo em janeiro, com 1019,7 hPa (**Quadro II.5.1.1.1.2-61**). Ao se comparar a série temporal disponível com a normal climatológica, observa-se o mesmo padrão sazonal em ambas as séries. A variação interanual (**Gráfico II.5.1.1.1.2-30b**) da pressão atmosférica mostra valores médios máximo e mínimo nos anos de 1982 (1015,8±2,2 hPa) e 2017 (1010,5±1,4 hPa), respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-62**).

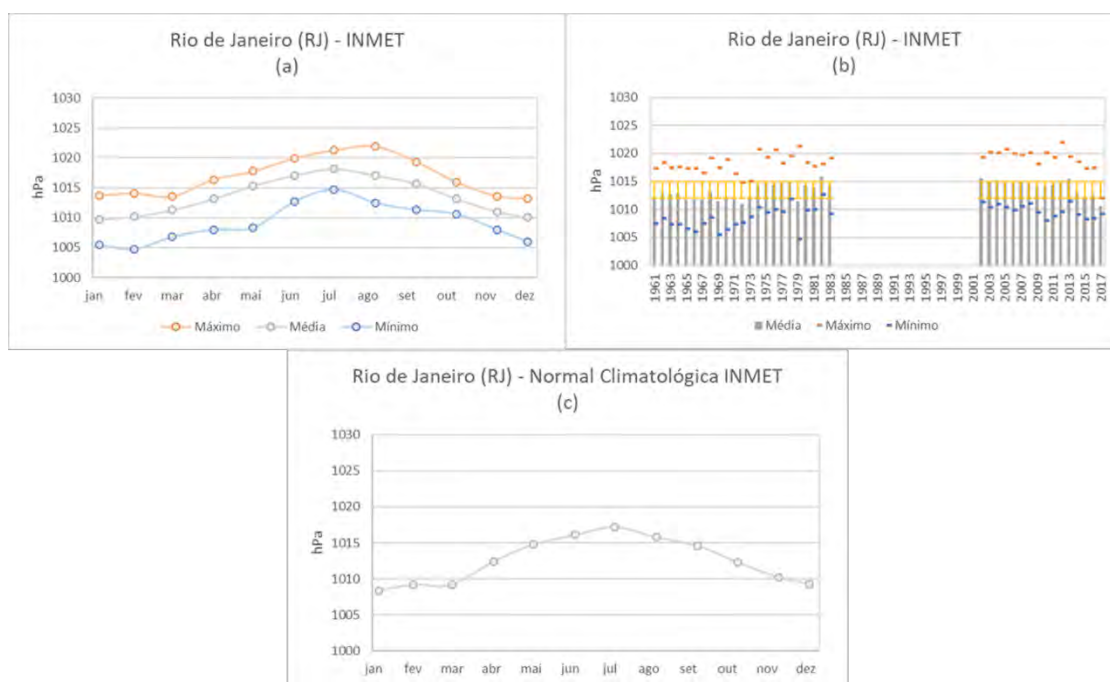


Gráfico II.5.1.1.1.2-30– Pressão atmosférica (hPa) no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2017); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 2017); (c) Normal climatológica (1961 a 1990).

Quadro II.5.1.1.1.2-61 – Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2017).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1013.7	1014.0	1013.5	1016.4	1017.7	1019.9	1021.3	1021.9	1019.3	1015.9	1013.6	1013.2
Média	1009.7	1010.2	1011.3	1013.2	1015.4	1017.1	1018.1	1017.0	1015.7	1013.2	1011.0	1010.1
Mínimo	1005.5	1004.8	1006.8	1008.0	1008.4	1012.7	1014.7	1012.5	1011.4	1010.6	1008.0	1006.0
Desvio Padrão	1.9	2.1	1.6	1.8	1.8	1.8	1.7	1.9	2.1	1.5	1.6	1.7

Quadro II.5.1.1.1.2-62– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no Rio de Janeiro (RJ), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2017). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	1017.3	1012.2	1007.4	3.3
1962	1018.4	1012.9	1008.5	3.5
1963	1017.5	1012.7	1007.4	3.2
1964	1017.6	1012.9	1007.4	3.5
1965	1017.3	1011.8	1006.6	3.3
1966	1017.3	1011.7	1006.0	3.7
1967	1016.5	1011.8	1007.6	3.2
1968	1019.2	1013.2	1008.6	3.7
1969	1017.5	1011.5	1005.5	3.6
1970	1019.0	1012.2	1006.5	3.6
1971	1016.4	1011.7	1007.3	3.3
1972	1014.7	1011.0	1007.7	2.6
1973	1015.1	1011.9	1008.7	2.4
1974	1020.8	1014.4	1010.4	3.4
1975	1019.3	1014.5	1009.5	3.3
1976	1020.7	1014.4	1010.0	3.3
1977	1018.2	1014.7	1009.6	2.5
1978	1019.6	1015.1	1011.9	2.9
1979	1021.3	1011.5	1004.8	5.0
1980	1018.4	1014.4	1009.9	2.7
1981	1017.7	1013.8	1010.0	2.6
1982	1018.1	1015.8	1012.7	2.2
1983	1019.2	1014.4	1009.2	2.9
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	*	*	*	*
1988	*	*	*	*
1989	*	*	*	*
1990	*	*	*	*
1991	*	*	*	*
1992	*	*	*	*
1993	*	*	*	*
1994	*	*	*	*
1995	*	*	*	*
1996	*	*	*	*
1997	*	*	*	*
1998	*	*	*	*
1999	*	*	*	*
2000	*	*	*	*
2001	*	*	*	*
2002	1019.3	1015.6	1011.3	3.2
2003	1020.2	1015.1	1010.4	3.2
2004	1020.1	1015.2	1011.0	3.3
2005	1020.8	1014.9	1010.4	3.3
2006	1019.9	1014.7	1009.9	3.2
2007	1019.8	1014.8	1010.6	3.3
2008	1020.1	1014.7	1011.0	3.1
2009	1018.1	1013.9	1009.5	3.2
2010	1020.1	1014.4	1008.1	4.0
2011	1019.3	1014.3	1008.8	3.4
2012	1021.9	1014.8	1009.6	3.6
2013	1019.4	1015.5	1011.4	2.6
2014	1018.6	1013.2	1009.1	3.0
2015	1017.3	1012.1	1008.3	3.0
2016	1017.5	1012.5	1008.4	3.0
2017	1012.0	1010.5	1009.2	1.4

Para a região do litoral paulista, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-31a** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-32a** representam os resultados de pressão atmosférica nas estações de medição de Ubatuba e Santos, respectivamente. Ambas as estações apresentam um comportamento bastante similar ao longo do ano, com pressões médias mais elevadas ocorrendo em julho, sendo 1017 hPa para Ubatuba e 1018,4 hPa para Santos. O menor valor foi registrado em janeiro, com 1008,6 hPa para Ubatuba e 1009,8 hPa para Santos (**Quadro II.5.1.1.1.2-63** e **Quadro II.5.1.1.1.2-65**). Quanto à variabilidade interanual, Ubatuba (**Gráfico II.5.1.1.1.2-30b**) apresentou uma variação mais expressiva dos valores médios de pressão atmosférica entre os anos, sendo maior que a observada em Santos (**Gráfico II.5.1.1.1.2-32b**). Em 1979 e 1971 foram verificadas a menor e a maior média em Ubatuba com $1000,7 \pm 4,7$ hPa e $1014,6 \pm 1,1$ hPa, respectivamente. Enquanto Santos apresentou valores médios máximo e mínimo nos anos de 1968 ($1015,6 \pm 3,4$ hPa;

Quadro II.5.1.1.1.2-64) e 1977 ($1012,1 \pm 2,3$ hPa; **Quadro II.5.1.1.1.2-66**).

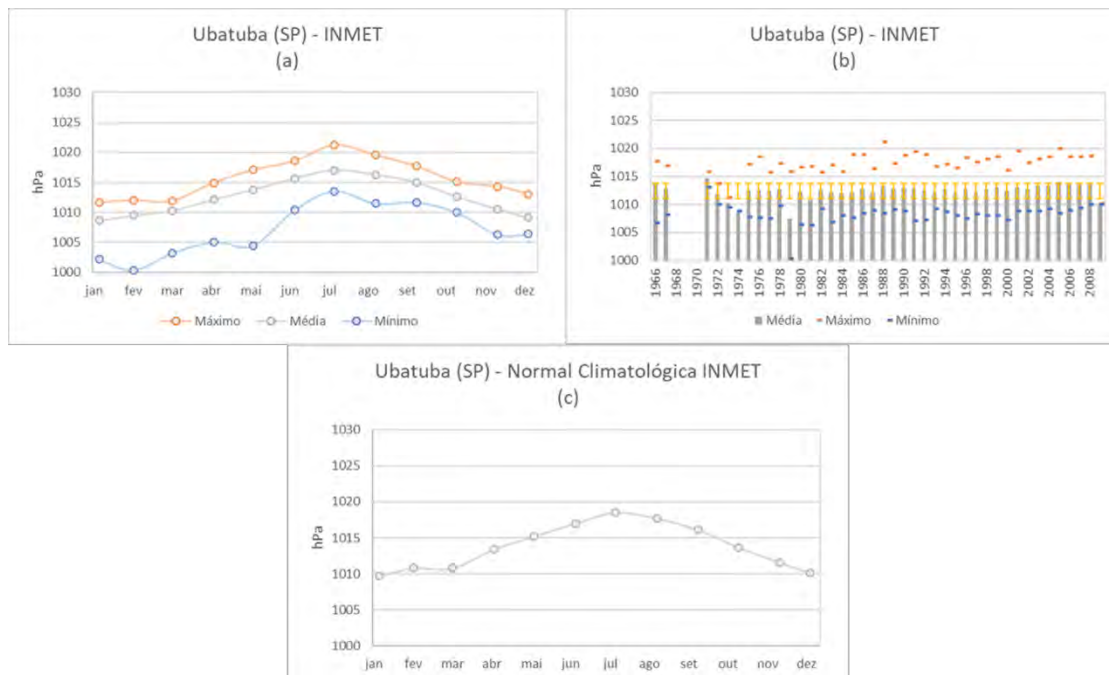


Gráfico II.5.1.1.1.2-31– Pressão atmosférica (hPa) em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2009); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 2009); (C) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-63– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2009).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1011.6	1012.0	1011.9	1014.9	1017.1	1018.6	1021.2	1019.6	1017.7	1015.1	1014.3	1013.1
Média	1008.6	1009.5	1010.3	1012.1	1013.8	1015.6	1017.0	1016.3	1015.0	1012.6	1010.5	1009.1
Mínimo	1002.1	1000.3	1003.2	1005.0	1004.5	1010.4	1013.6	1011.5	1011.7	1010.0	1006.3	1006.4
Desvio Padrão	1.6	1.8	1.5	1.6	2.1	1.9	1.7	1.8	1.4	1.3	1.3	1.4

Quadro II.5.1.1.1.2-64– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Ubatuba (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2009). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	*	*	*	*
1962	*	*	*	*
1963	*	*	*	*
1964	*	*	*	*
1965	*	*	*	*
1966	1017.7	1013.6	1006.7	3.5
1967	1016.9	1012.8	1008.1	3.5
1968	*	*	*	*
1969	*	*	*	*
1970	*	*	*	*
1971	1015.8	1014.6	1013.1	1.1
1972	1013.7	1011.8	1010.1	1.1
1973	1011.2	1010.2	1009.5	0.6
1974	1008.8	1008.8	1008.8	
1975	1017.2	1012.6	1007.8	3.3
1976	1018.5	1012.5	1007.6	3.3
1977	1015.7	1012.4	1007.5	2.4
1978	1017.3	1012.7	1009.7	2.9
1979	1015.9	1007.5	1000.3	4.7
1980	1016.7	1012.2	1006.4	3.5
1981	1016.8	1010.9	1006.3	3.3
1982	1015.8	1012.6	1009.2	2.8
1983	1017.1	1012.2	1006.8	2.9
1984	1015.9	1012.0	1008.0	2.7
1985	1018.9	1012.2	1007.7	3.5
1986	1018.9	1012.8	1008.4	3.6
1987	1016.4	1012.2	1008.9	2.2
1988	1021.2	1013.2	1008.5	3.8
1989	1017.3	1012.8	1009.1	3.4
1990	1018.8	1012.9	1008.9	3.5
1991	1019.5	1013.0	1007.1	3.9
1992	1019.0	1012.6	1007.2	3.5
1993	1016.8	1012.2	1009.2	2.7
1994	1017.2	1012.6	1008.6	3.2
1995	1016.6	1012.1	1008.1	3.0
1996	1018.3	1012.7	1007.6	3.9
1997	1017.7	1012.3	1008.2	3.1
1998	1018.1	1012.7	1008.0	3.3
1999	1018.6	1013.1	1008.1	3.7
2000	1016.2	1012.4	1007.3	3.1
2001	1019.6	1013.1	1008.8	3.5
2002	1017.5	1012.7	1008.8	3.0
2003	1018.1	1013.3	1008.8	3.2
2004	1018.5	1013.4	1009.3	3.4
2005	1020.0	1014.0	1008.4	3.3
2006	1018.6	1013.8	1008.9	3.1
2007	1018.5	1013.8	1009.4	3.2
2008	1018.6	1013.6	1010.0	3.1
2009	1010.1	1010.0	1010.0	0.1

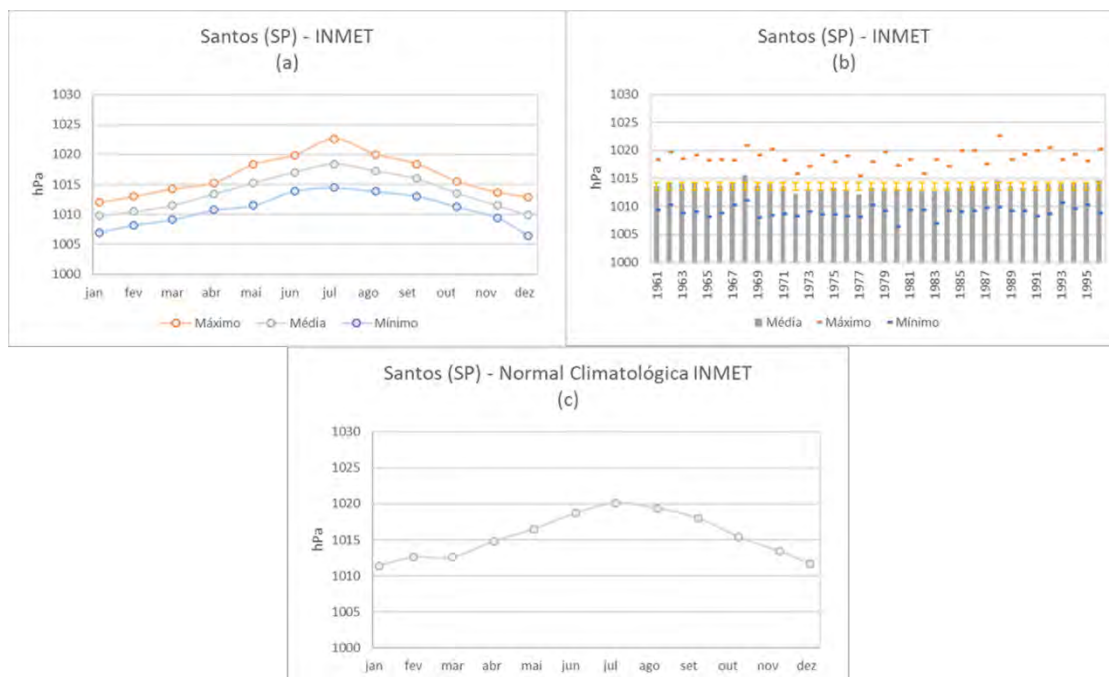


Gráfico II.5.1.1.1.2-32– Pressão atmosférica (hPa) em Santos (SP), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 1996); (b) Máxima, média mínima e desvio padrão para a série de dados disponível (1961 a 1996); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-65– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 1996).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1012.0	1013.0	1014.2	1015.3	1018.3	1019.9	1022.6	1020.0	1018.4	1015.6	1013.7	1012.9
Média	1009.8	1010.5	1011.5	1013.4	1015.2	1017.0	1018.4	1017.2	1016.0	1013.6	1011.5	1009.9
Mínimo	1007.0	1008.2	1009.1	1010.7	1011.5	1013.9	1014.5	1013.8	1013.1	1011.3	1009.4	1006.4
Desvio Padrão	1.0	1.1	1.2	1.0	1.6	1.5	1.7	1.6	1.2	1.0	1.0	1.3

Quadro II.5.1.1.1.2-66– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESvio PADRÃO
1961	1018.3	1013.6	1009.4	3.1
1962	1019.7	1014.4	1010.3	3.3
1963	1018.5	1014.1	1008.9	3.0
1964	1019.1	1014.4	1009.1	3.4
1965	1018.3	1013.3	1008.2	3.0
1966	1018.3	1013.8	1008.8	3.4
1967	1018.3	1014.4	1010.2	3.0
1968	1020.9	1015.6	1011.1	3.4

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-66 (Continuação)– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Santos (SP), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 1996).

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1969	1019.2	1013.7	1008.0	3.3
1970	1020.3	1014.0	1008.4	3.4
1971	1018.2	1013.6	1008.7	3.2
1972	1015.9	1012.3	1008.2	2.6
1973	1017.3	1013.0	1009.1	2.9
1974	1019.2	1013.0	1008.5	3.5
1975	1018.0	1013.3	1008.5	3.3
1976	1019.1	1013.1	1008.3	3.3
1977	1015.4	1012.1	1008.1	2.3
1978	1018.0	1013.3	1010.3	3.0
1979	1019.7	1013.2	1009.2	3.3
1980	1017.3	1013.1	1006.4	3.7
1981	1018.4	1013.3	1009.4	3.0
1982	1015.9	1012.7	1009.4	2.6
1983	1018.4	1012.7	1007.0	3.3
1984	1017.1	1013.2	1009.2	2.8
1985	1020.0	1013.3	1009.1	3.5
1986	1019.9	1013.7	1009.3	3.7
1987	1017.6	1013.4	1009.8	2.4
1988	1022.6	1014.7	1009.9	3.8
1989	1018.4	1013.6	1009.2	3.6
1990	1019.3	1013.3	1009.2	3.5
1991	1020.0	1013.8	1008.2	3.8
1992	1020.6	1014.0	1008.7	3.6
1993	1018.4	1014.1	1010.7	2.9
1994	1019.3	1014.3	1009.6	3.4
1995	1018.1	1014.2	1010.3	3.0
1996	1020.3	1014.6	1008.8	3.8

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-33a** apresenta a pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal para a estação do INMET de Paranaguá no período de 1961 a 2020 e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-33c** a respectiva normal climatológica no período de 1981 a 2010. A variação sazonal da pressão também é bastante marcada entre inverno e verão, com as pressões médias mais altas ocorrendo em julho (1018,7 hPa) e as mais baixas ocorrendo em janeiro (1010,2 hPa) (**Quadro II.5.1.1.1.2-67**). Na comparação entre a série recente e a normal climatológica, observa-se um comportamento bastante similar. A variação interanual (**Gráfico II.5.1.1.1.2-33b**) mostrou que no ano de 1979 a pressão atmosférica registrou a menor média (1011,7±5,0 hPa) e em 1964 a maior com 1015,8±3,7 hPa (**Quadro II.5.1.1.1.2-68**).

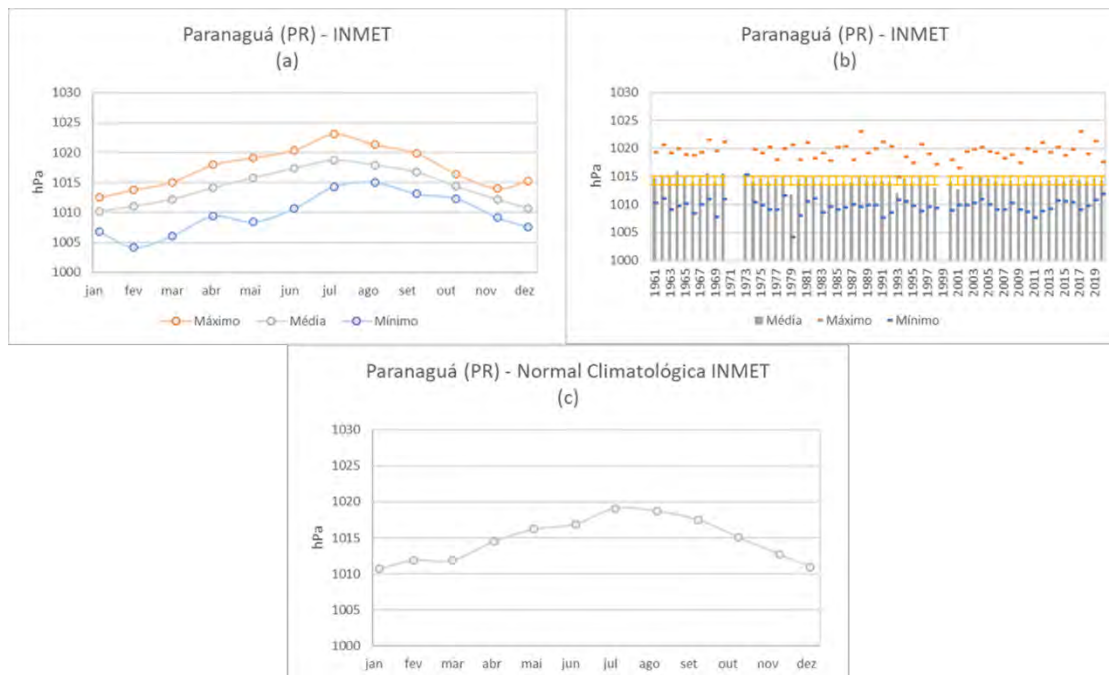


Gráfico II.5.1.1.2-33– Pressão atmosférica (hPa) em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.2-67– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Paranaguá (PR), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1012.5	1013.8	1015.0	1018.0	1019.1	1020.4	1023.1	1021.3	1019.9	1016.4	1014.0	1015.3
Média	1010.2	1011.0	1012.2	1014.1	1015.8	1017.0	1018.7	1017.9	1016.8	1014.3	1012.2	1010.7
Mínimo	1006.9	1004.1	1006.1	1009.4	1008.4	997.0	1014.3	1015.1	1013.1	1012.3	1009.1	1007.6
Desvio Padrão	1.2	1.4	1.4	1.4	1.8	3.3	1.9	1.6	1.5	1.1	1.0	1.4

Quadro II.5.1.1.2-68– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR) conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1961	1019.3	1014.6	1010.3	3.1
1962	1020.6	1015.1	1011.0	3.5
1963	1019.2	1015.1	1009.1	3.1
1964	1019.9	1015.8	1009.8	3.7
1965	1018.9	1015.2	1010.2	3.2
1966	1018.8	1014.0	1008.5	3.7
1967	1019.3	1014.5	1010.1	3.0
1968	1021.6	1015.7	1010.9	3.8

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-68 (Continuação)– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Paranaguá (PR) conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1969	1019.5	1014.1	1007.8	3.4
1970	1021.2	1015.6	1011.0	3.4
1971	*	*	*	*
1972	*	*	*	*
1973	1015.3	1015.3	1015.3	
1974	1019.8	1014.2	1010.4	3.2
1975	1019.2	1014.7	1009.9	3.3
1976	1020.2	1014.1	1009.1	3.4
1977	1017.9	1014.5	1009.1	2.6
1978	1020.0	1014.8	1011.6	3.0
1979	1020.6	1011.7	1004.1	5.0
1980	1018.0	1014.4	1008.1	3.4
1981	1021.1	1014.8	1010.5	3.1
1982	1018.3	1014.7	1011.1	3.2
1983	1019.2	1014.0	1008.6	3.2
1984	1017.8	1013.6	1009.6	2.5
1985	1020.3	1013.6	1009.1	3.5
1986	1020.3	1012.5	997.0	6.0
1987	1018.0	1013.8	1010.1	2.5
1988	1023.1	1014.9	1009.6	3.9
1989	1019.1	1014.1	1009.9	3.5
1990	1020.0	1014.2	1009.9	3.5
1991	1021.1	1014.2	1007.6	4.1
1992	1020.4	1014.1	1008.6	3.7
1993	1014.9	1012.0	1010.8	2.0
1994	1018.5	1014.5	1010.6	2.9
1995	1017.5	1013.9	1009.8	2.6
1996	1020.8	1014.9	1008.8	4.1
1997	1019.0	1013.9	1009.7	3.1
1998	1017.2	1013.0	1009.4	2.6
1999	*	*	*	*
2000	1018.0	1014.1	1009.0	3.3
2001	1016.5	1012.7	1009.9	3.1
2002	1019.5	1014.4	1009.9	3.3
2003	1019.9	1015.3	1010.4	3.3
2004	1020.2	1015.0	1010.9	3.3
2005	1019.5	1014.5	1010.0	2.9
2006	1019.2	1014.1	1009.2	3.2
2007	1018.2	1013.8	1009.1	3.2
2008	1018.9	1014.2	1010.3	3.0
2009	1017.5	1013.3	1009.1	3.0
2010	1020.0	1014.1	1008.7	4.0
2011	1019.5	1013.9	1007.6	3.6
2012	1021.0	1014.2	1008.8	3.6
2013	1019.3	1014.3	1009.2	3.0
2014	1020.3	1014.5	1010.7	3.0
2015	1018.8	1014.0	1010.5	2.8
2016	1019.9	1014.4	1010.4	3.2
2017	1023.0	1014.3	1009.1	3.9
2018	1019.0	1014.2	1009.8	3.3
2019	1021.3	1014.6	1010.9	3.3
2020	1017.6	1014.3	1011.9	2.5

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-34a** apresenta as médias mensais da pressão na estação do INMET de Florianópolis de 1961 a 2020 e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-34c** a normal climatológica fornecida pelo INMET no período de 1981 a 2010. Assim como nas análises anteriores, ocorre uma variação da pressão atmosférica bastante característica entre verão e inverno, com as pressões mais altas ocorrendo no inverno, sendo os maiores valores médios em julho (1018,5 hPa), e os menores em janeiro, com 1010,6 hPa (**Quadro II.5.1.1.1.2-69**). A normal climatológica e a série temporal disponível apresentam o mesmo comportamento sazonal. Entre os anos, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-34b** mostra que a pressão atmosférica oscila, em média, entre um mínimo de $1011\pm 3,2$ hPa registrado no ano 1965, e um máximo de $1016\pm 3,6$ verificado no ano de 2017 (**Quadro II.5.1.1.1.2-70**).

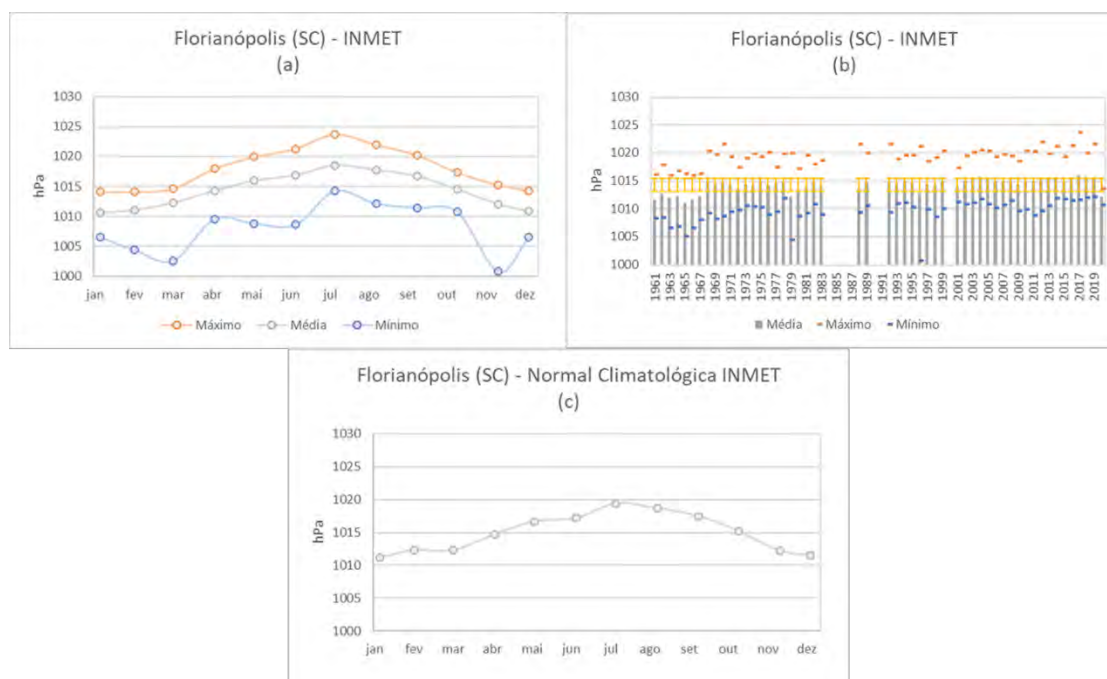


Gráfico II.5.1.1.1.2-34– Pressão atmosférica (hPa) em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. (a) Máxima, média e mínima mensal para a série de dados disponível (1961 a 2020); (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual para a série de dados disponível (1961 a 2020); (c) Normal climatológica (1981 a 2010).

Quadro II.5.1.1.1.2-69– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal em Florianópolis (SC), conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1014.1	1014.1	1014.6	1018.0	1019.9	1021.3	1023.7	1022.0	1020.2	1017.3	1015.2	1014.3
Média	1010.6	1011.1	1012.3	1014.3	1016.0	1016.9	1018.5	1017.8	1016.7	1014.5	1012.1	1010.9
Mínimo	1006.5	1004.4	1002.6	1009.5	1008.8	1008.6	1014.2	1012.1	1011.5	1010.8	1000.8	1006.6
Desvio Padrão	1.7	2.0	2.1	1.7	1.8	2.2	2.0	2.1	1.9	1.5	2.2	1.6

Quadro II.5.1.1.1.2-70– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC) conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESvio PADRÃO
1961	1016.2	1011.7	1008.3	3.0
1962	1017.8	1012.6	1008.4	3.2
1963	1016.0	1012.1	1006.5	3.0
1964	1016.8	1012.3	1006.8	3.4
1965	1016.2	1011.0	1005.1	3.2
1966	1016.0	1011.6	1006.6	3.5
1967	1016.3	1012.1	1008.0	2.6
1968	1020.4	1015.1	1009.3	3.7
1969	1019.7	1014.5	1008.2	3.3
1970	1021.6	1014.7	1008.7	3.5
1971	1019.3	1014.4	1009.5	3.3
1972	1017.5	1013.5	1009.7	2.5
1973	1019.1	1014.5	1010.6	2.9
1974	1019.8	1014.3	1010.4	3.0
1975	1019.3	1015.0	1010.3	3.2
1976	1020.1	1014.2	1008.9	3.2
1977	1017.5	1014.5	1009.4	2.4
1978	1019.9	1014.9	1011.8	2.8
1979	1020.0	1012.1	1004.4	4.7
1980	1017.2	1013.5	1008.7	2.9
1981	1019.6	1013.8	1009.2	3.1
1982	1018.0	1014.8	1010.9	2.6
1983	1018.6	1014.0	1009.0	2.8
1984	*	*	*	*
1985	*	*	*	*
1986	*	*	*	*
1987	*	*	*	*
1988	1021.6	1013.6	1009.4	3.5
1989	1019.9	1014.8	1010.6	3.4
1990	*	*	*	*
1991	*	*	*	*
1992	1021.6	1014.9	1009.3	3.8
1993	1018.9	1014.6	1011.0	2.8
1994	1019.6	1015.1	1011.1	3.1
1995	1019.5	1014.7	1010.3	2.8
1996	1021.2	1012.6	1000.8	6.5
1997	1018.5	1014.4	1009.8	2.8
1998	1019.1	1014.2	1008.5	3.4
1999	1020.4	1014.9	1010.1	3.6
2000	*	*	*	*

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-70 (Continuação)– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual em Florianópolis (SC) conforme dados do INMET. Série de dados disponível (1961 a 2020). *dados não disponíveis.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
2001	1017.3	1014.0	1011.2	2.6
2002	1019.5	1014.9	1010.8	3.0
2003	1020.1	1015.4	1011.1	3.2
2004	1020.6	1015.7	1011.8	3.1
2005	1020.4	1015.3	1010.8	2.9
2006	1019.3	1015.0	1010.2	2.9
2007	1019.7	1015.0	1010.7	3.1
2008	1019.5	1015.2	1011.4	2.9
2009	1018.5	1014.4	1009.7	3.0
2010	1020.4	1015.0	1009.8	3.7
2011	1020.2	1015.0	1008.8	3.4
2012	1022.0	1015.2	1009.6	3.6
2013	1019.8	1015.3	1010.5	2.8
2014	1021.2	1015.6	1011.8	2.9
2015	1019.3	1015.0	1011.7	2.6
2016	1021.3	1015.5	1011.5	3.2
2017	1023.7	1016.0	1011.6	3.6
2018	1019.9	1015.8	1012.0	2.7
2019	1021.6	1015.6	1012.1	3.1
2020	1013.6	1012.2	1010.7	2.1

Finalmente, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-35a** ilustra a variação mensal média, máxima e mínima da pressão atmosférica reduzida ao nível do mar no ponto de análise com base nos dados do ERA 5, no período de 1979 a 2020. Observa-se que, em relação aos pontos de análise costeiros, as pressões são ligeiramente mais elevadas em toda a série e a variação sazonal é semelhante, com média máxima em julho e agosto, 1020 hPa (inverno), e mínima em dezembro e janeiro, 1012 hPa (verão) (**Quadro II.5.1.1.1.2-71**). A variabilidade interanual da pressão atmosférica na região oceânica exibida no **Gráfico II.5.1.1.1.2-35b** mostra valores médios de pressão atmosférica acima de 1015 hPa ao longo de todo período analisado, excetos nos anos de 1979 e 2009, nos quais foram verificadas as menores médias, 1012,7 hPa e 1014,8 hPa, respectivamente (**Quadro II.5.1.1.1.2-72**).

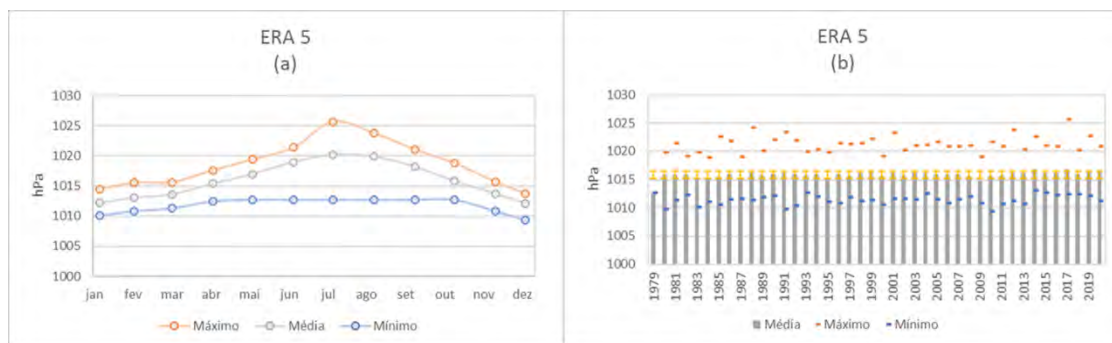


Gráfico II.5.1.1.1.2-35– Pressão atmosférica (hPa) no ponto de análise, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. (a) Máxima, média e mínima mensal; (b) Máxima, média, mínima e desvio padrão anual.

Quadro II.5.1.1.1.2-71– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão mensal no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Máximo	1014.4	1015.5	1015.6	1017.6	1019.4	1021.4	1025.7	1023.8	1021.0	1018.8	1015.7	1013.7
Média	1012.2	1013.0	1013.6	1015.4	1017.0	1019.0	1020.2	1019.9	1018.2	1015.8	1013.7	1012.1
Mínimo	1010.1	1010.8	1011.3	1012.5	1012.7	1012.7	1012.7	1012.7	1012.7	1012.7	1010.8	1009.3
Desvio Padrão	1.1	1.0	1.0	1.2	1.4	1.6	2.1	1.9	1.6	1.2	1.0	1.1

Quadro II.5.1.1.1.2-72– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1979	1012.7	1012.7	1012.7	0.0
1980	1019.9	1015.8	1009.7	3.4
1981	1021.4	1015.9	1011.4	3.2
1982	1019.1	1015.8	1012.3	2.8
1983	1019.8	1015.3	1010.1	2.8
1984	1018.9	1015.1	1011.1	2.7
1985	1022.7	1015.4	1010.5	3.7
1986	1021.8	1016.0	1011.5	3.6
1987	1019.1	1015.3	1011.7	2.3
1988	1024.2	1016.2	1011.4	3.9
1989	1020.1	1015.7	1011.9	3.2
1990	1022.1	1016.1	1012.2	3.3
1991	1023.5	1016.2	1009.8	4.1
1992	1022.0	1016.0	1010.5	3.5
1993	1020.0	1015.7	1012.7	2.7
1994	1020.4	1016.0	1012.0	3.2
1995	1019.9	1015.3	1011.0	3.1
1996	1021.4	1016.0	1010.8	3.8
1997	1021.3	1015.6	1011.8	3.2
1998	1021.4	1016.1	1011.3	3.3

Continua

Quadro II.5.1.1.1.2-72 (Continuação)– Pressão atmosférica (hPa) máxima, média, mínima e desvio padrão anual no ponto de análise, conforme dados de reanálise ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	MÁXIMO	MÉDIA	MÍNIMO	DESVIO PADRÃO
1999	1022.3	1016.4	1011.4	3.8
2000	1019.2	1015.6	1010.6	3.1
2001	1023.3	1016.1	1011.6	3.5
2002	1020.2	1015.8	1011.6	3.1
2003	1021.0	1016.2	1011.4	3.1
2004	1021.2	1016.2	1012.6	3.3
2005	1021.7	1016.0	1011.5	3.3
2006	1021.0	1015.8	1010.8	3.1
2007	1021.0	1016.0	1011.5	3.2
2008	1021.0	1015.6	1012.0	3.1
2009	1019.1	1014.8	1010.8	3.0
2010	1021.7	1015.6	1009.3	4.0
2011	1020.9	1015.7	1010.7	3.2
2012	1023.8	1016.3	1011.2	3.5
2013	1020.4	1016.1	1010.7	2.9
2014	1022.7	1016.8	1013.1	2.9
2015	1021.0	1016.1	1012.7	3.0
2016	1020.9	1016.2	1012.3	2.9
2017	1025.7	1016.8	1012.4	4.1
2018	1020.3	1016.0	1012.4	2.9
2019	1022.8	1016.4	1012.2	3.3
2020	1021.0	1016.4	1011.2	2.9

G. Regime de Ventos

Conforme abordado anteriormente, os principais sistemas de grande escala que interferem na circulação local são o ASAS e sistemas transientes, como as frentes frias. Periodicamente, a situação induzida pelo ASAS, que é caracterizada por ventos vindos de nordeste, com intensidade de fraca a moderada e de céu sem nebulosidade, é perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais.

Os sistemas frontais atuam durante o ano todo sobre todo o Atlântico Sul, apresentando-se com maior frequência nas latitudes mais altas e com menor frequência nas latitudes mais baixas (ANDRADE e CAVALCANTI, 2004). As perturbações geradas pelos sistemas frontais são essenciais para a determinação das variabilidades interanuais na superfície oceânica.

O deslocamento desses sistemas está associado ao escoamento ondulatório de grande escala. A intensificação ou a dissipação dos mesmos está relacionada com as características atmosféricas sobre o continente. Algumas regiões do Brasil,

tais como as Regiões Sul e Sudeste, são regiões frontogenéticas, *i.e.* as frentes podem se formar ou se intensificar nessas regiões (SATYAMURTY e MATTOS, 1989).

Da **Figura II.5.1.1.1.2-82** a **Figura II.5.1.1.1.2-97** são apresentados os comportamentos mensais e sazonais (verão, de janeiro a março; outono, de abril a junho; inverno, de julho a setembro; primavera, de outubro a dezembro) da circulação atmosférica ao longo da costa S-SE brasileira, obtida através da média dos dados da reanálise do ERA 5, de janeiro de 1979 a dezembro de 2020.

Conforme descrito anteriormente, o deslocamento do ASAS se aproximando e se afastando da costa da América do Sul é responsável por influenciar o padrão de ventos na área de estudo. Esta sazonalidade do ASAS pode ser observada nos mapas de ventos médios a 10 m, sendo os ventos de NE e E predominantes durante todo o ano. Quando esse regime é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, verifica-se o aumento na frequência dos ventos do quadrante sul, variando de sudeste a sudoeste.

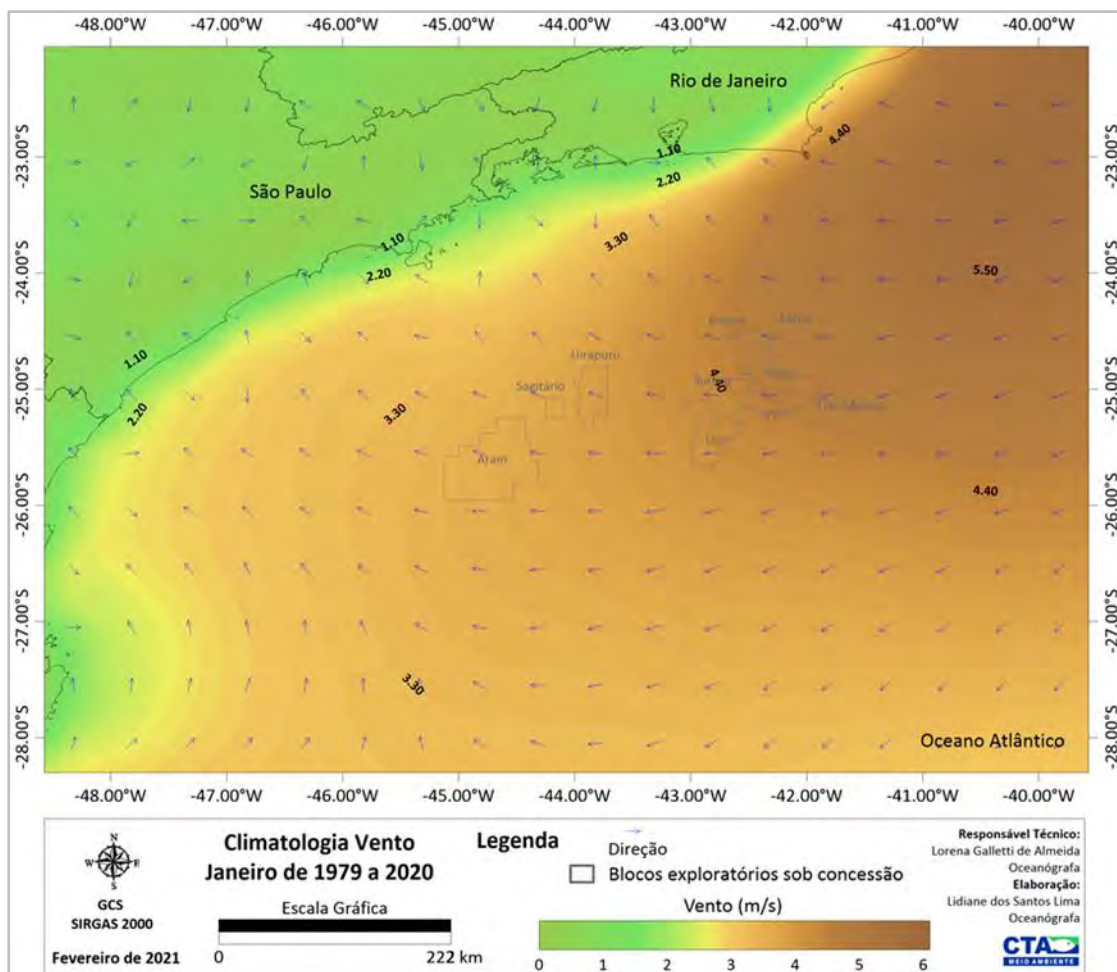


Figura II.5.1.1.1.2-82– Climatologia de janeiro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

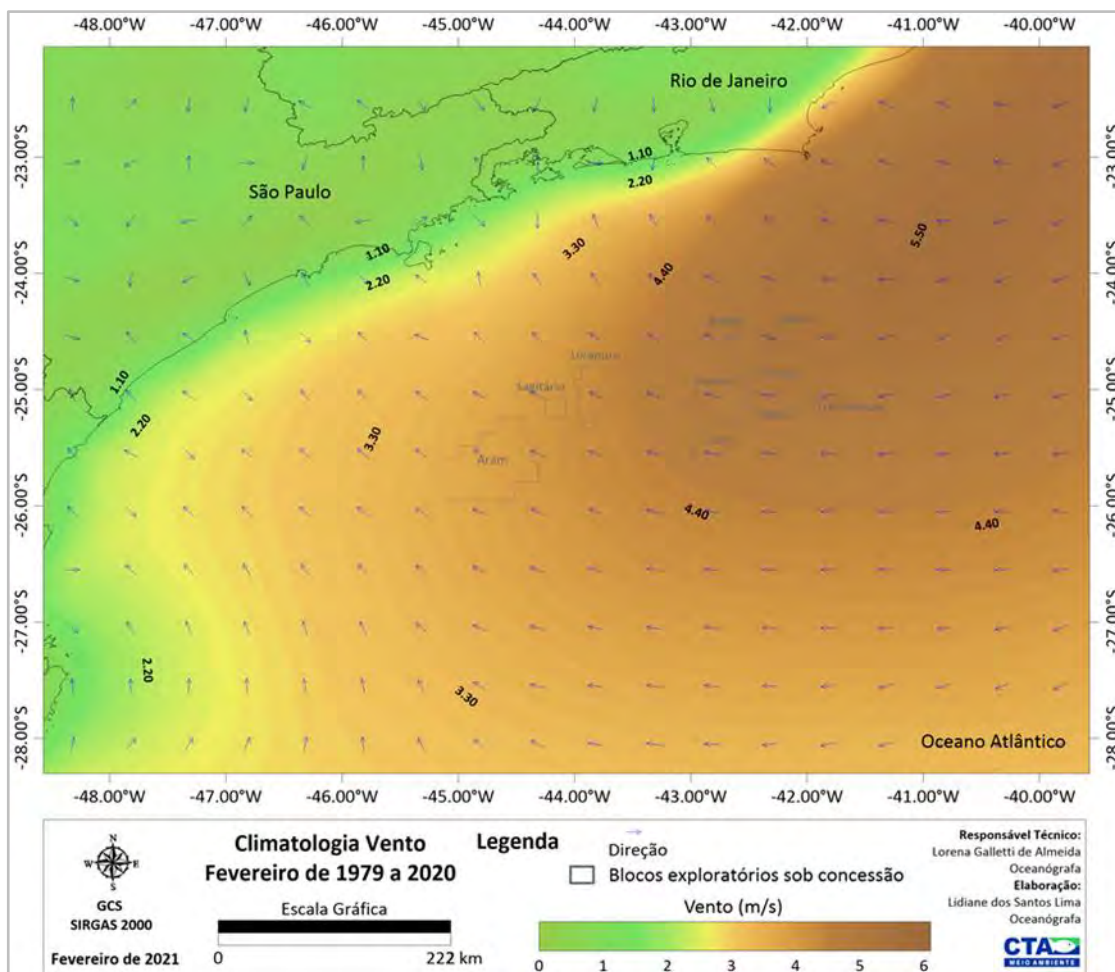


Figura II.5.1.1.1.2-83– Climatologia de fevereiro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

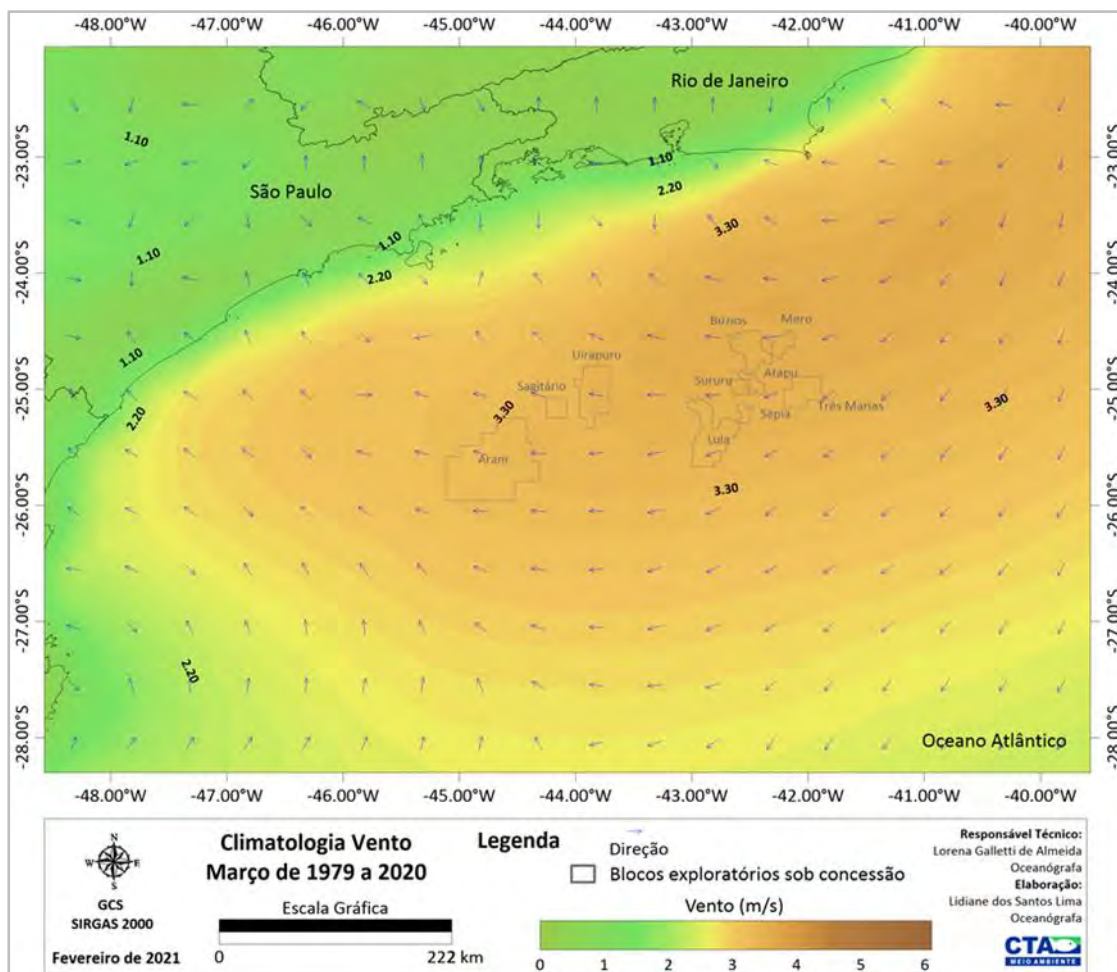


Figura II.5.1.1.1.2-84– Climatologia de março referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

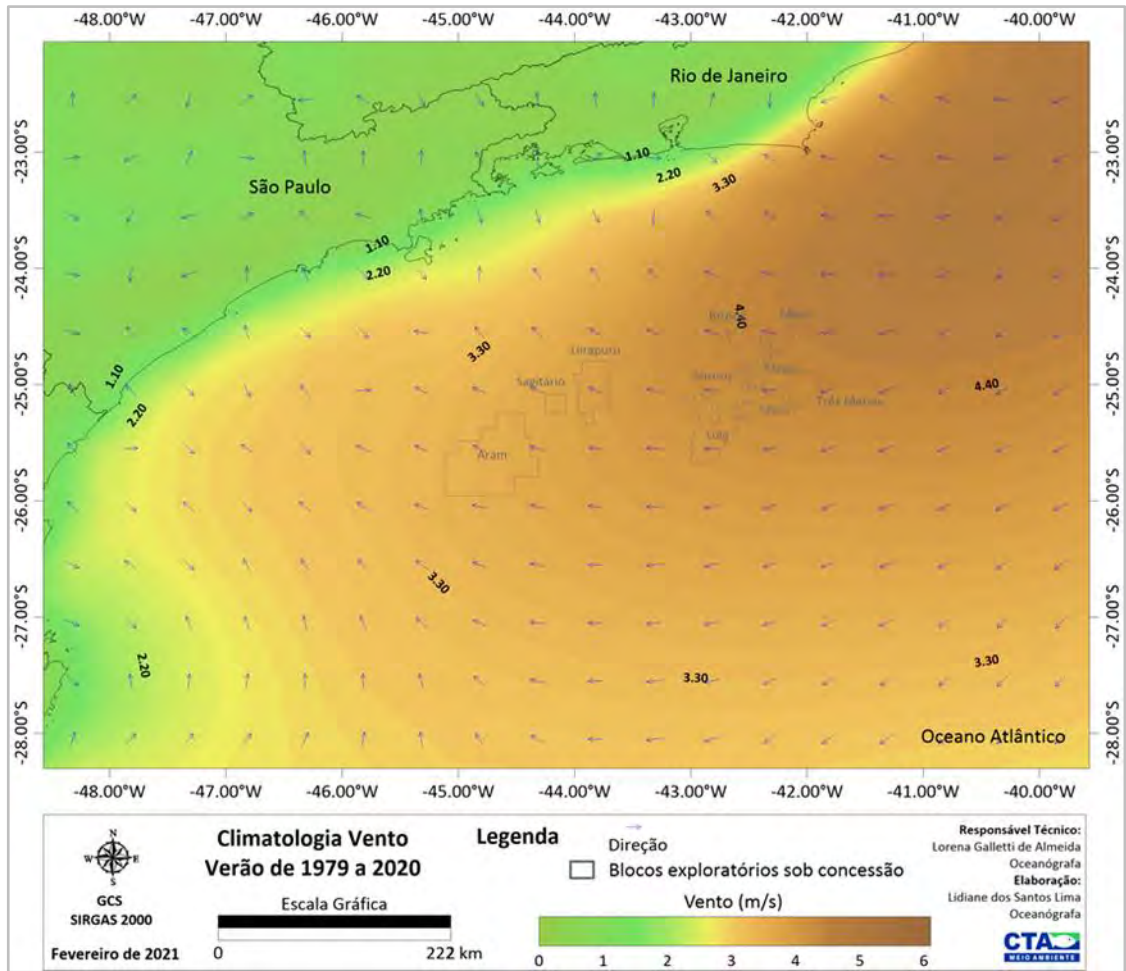


Figura II.5.1.1.1.2-85– Climatologia de verão (janeiro a março) referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

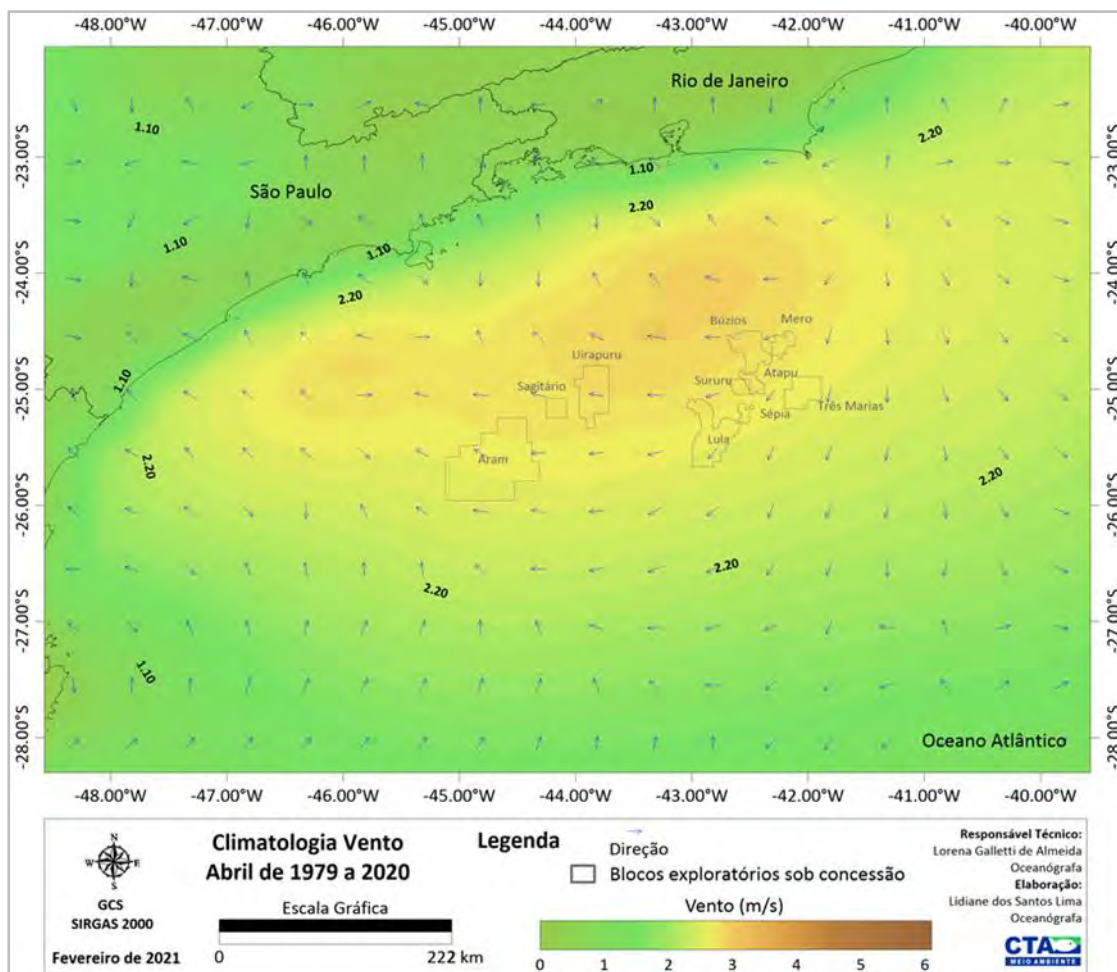


Figura II.5.1.1.1.2-86– Climatologia de abril referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

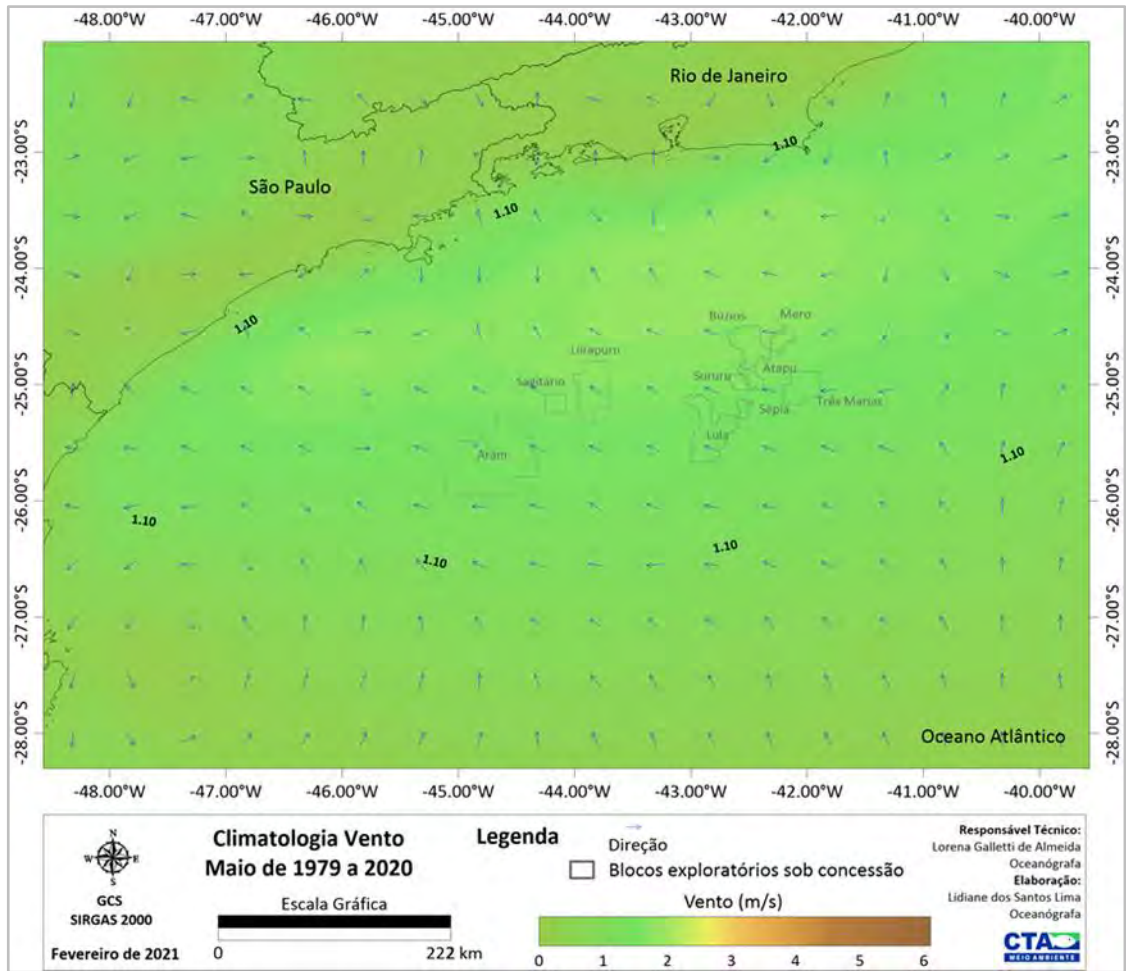


Figura II.5.1.1.1.2-87– Climatologia de maio referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

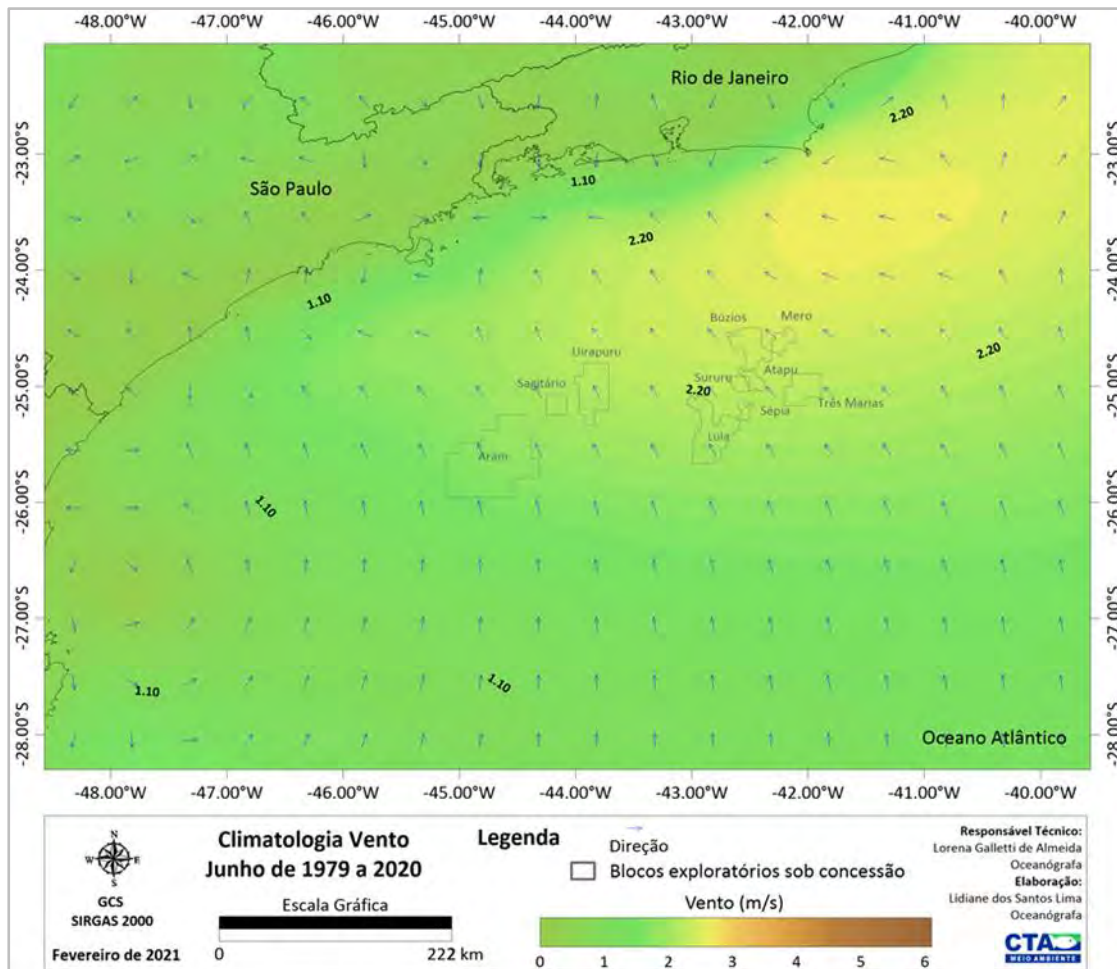


Figura II.5.1.1.1.2-88– Climatologia de junho referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

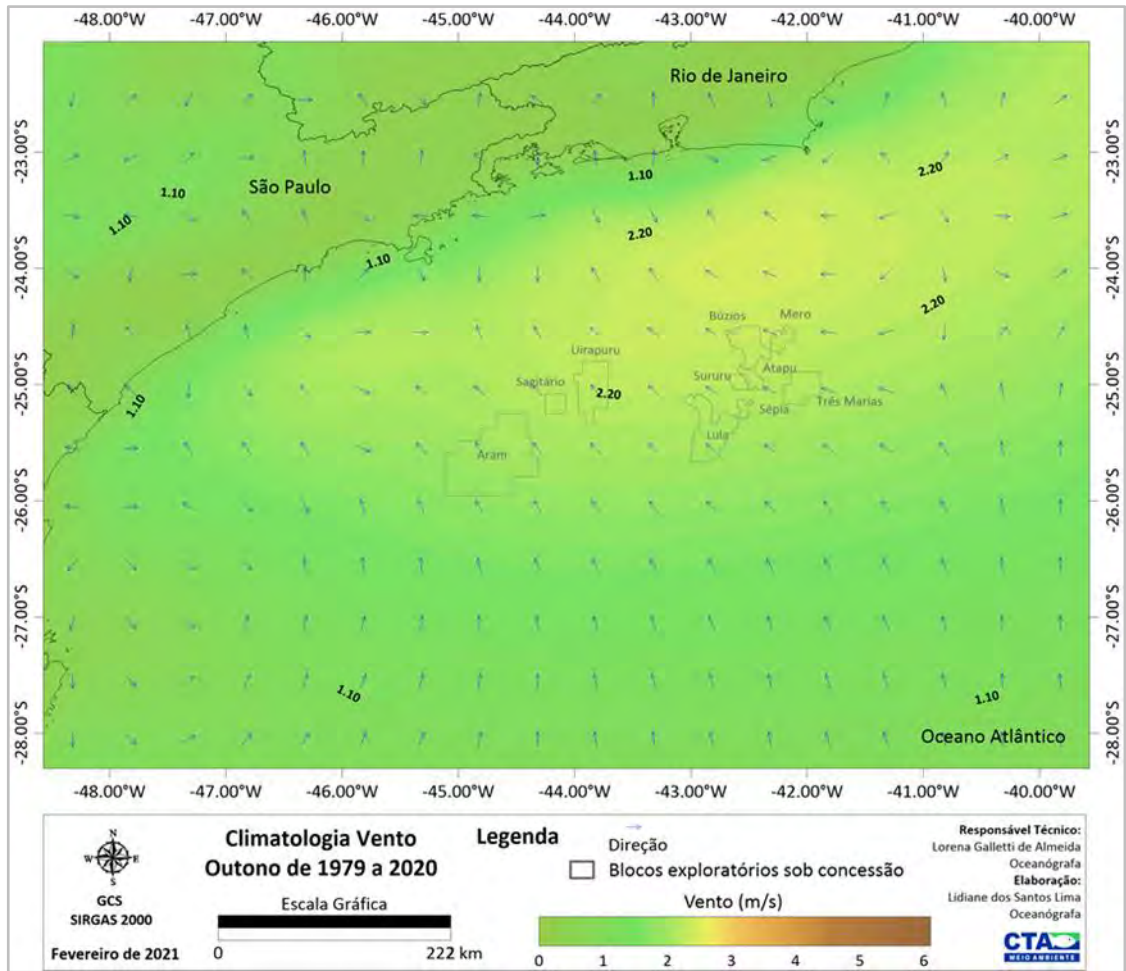


Figura II.5.1.1.1.2-89– Climatologia de outono (abril a junho) referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

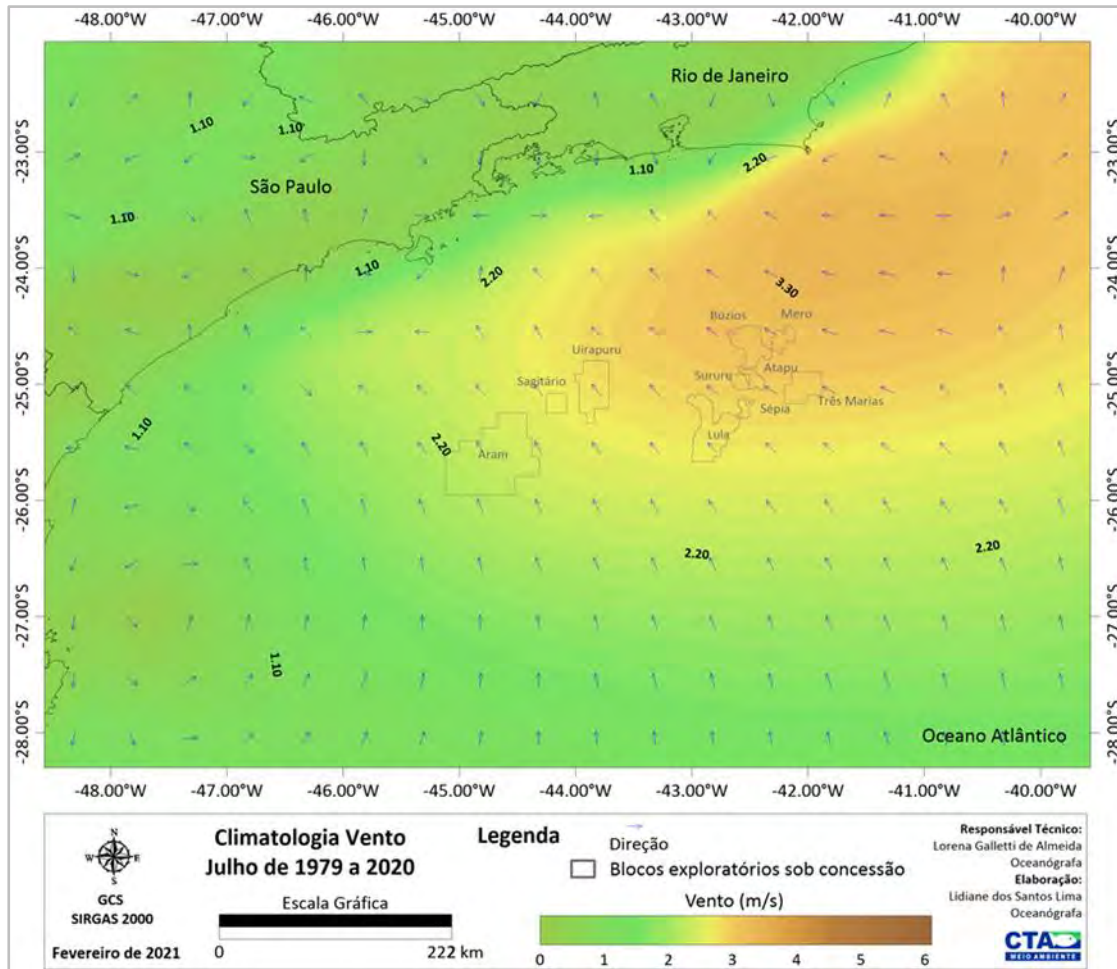


Figura II.5.1.1.1.2-90– Climatologia de julho referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

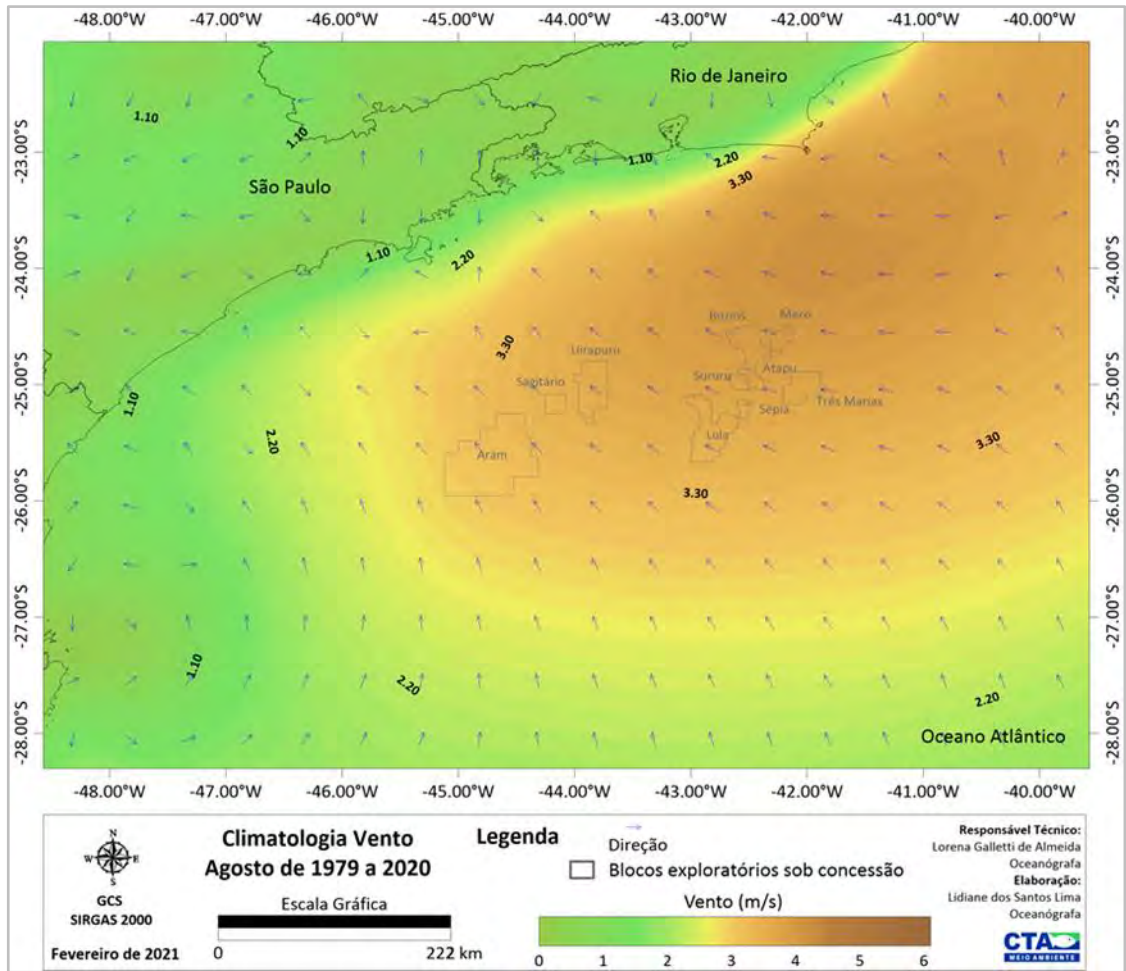


Figura II.5.1.1.2-91– Climatologia de agosto referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

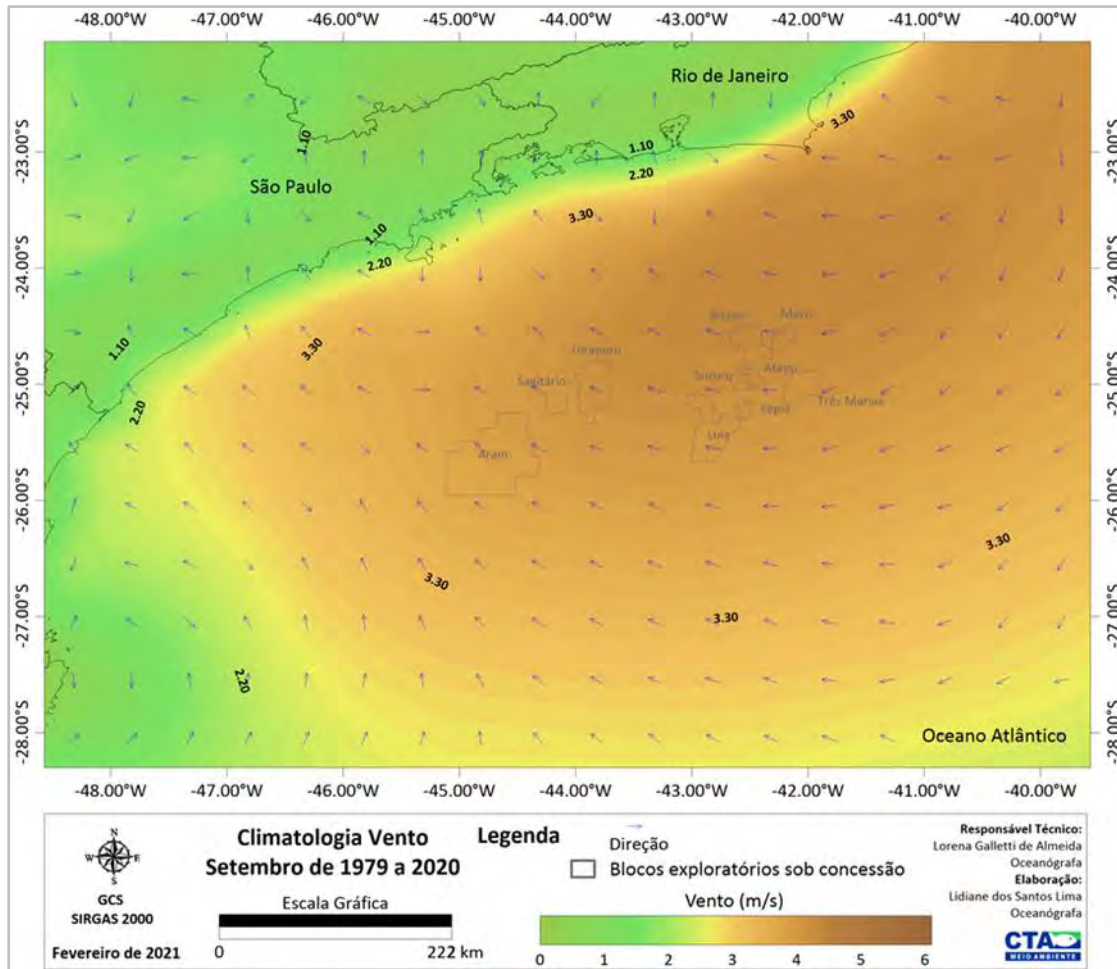


Figura II.5.1.1.1.2-92– Climatologia de setembro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

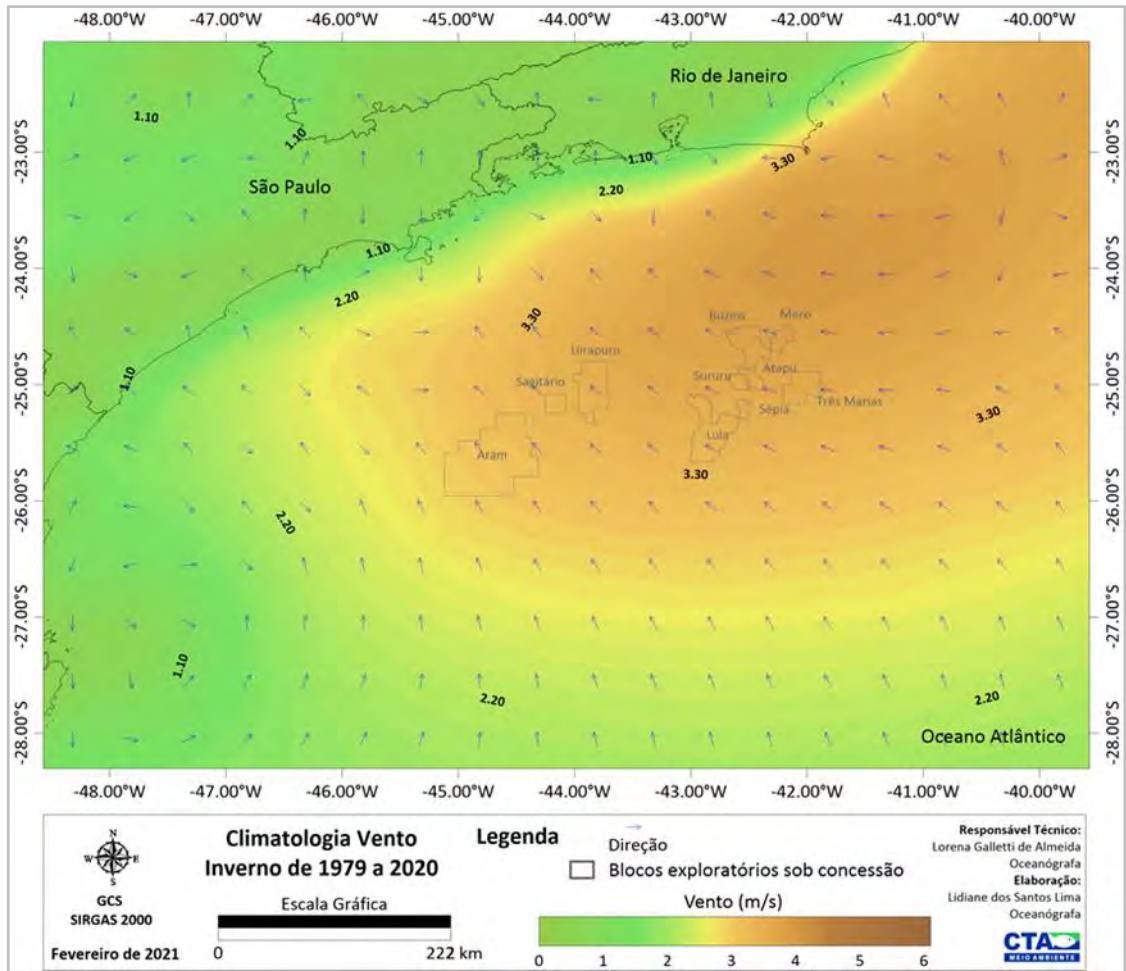


Figura II.5.1.1.2-93– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

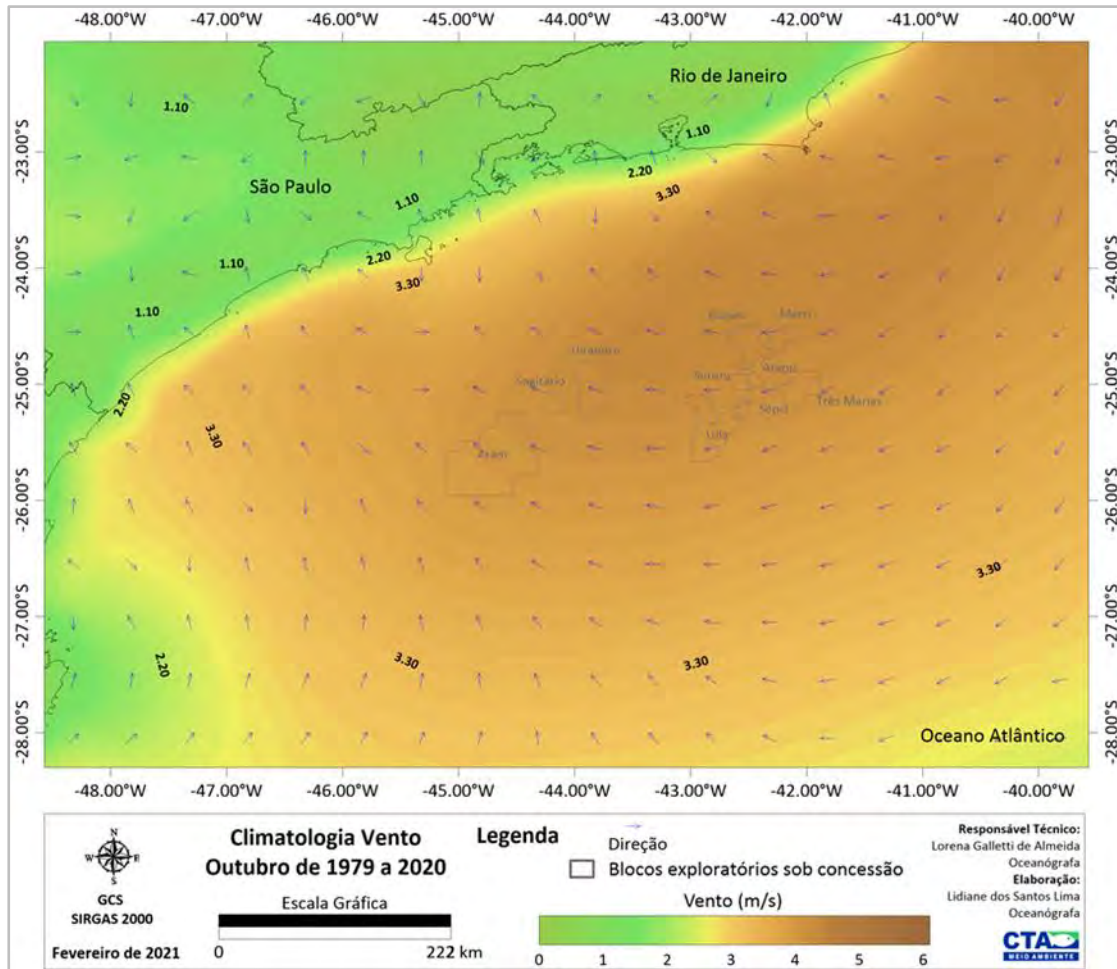


Figura II.5.1.1.1.2-94– Climatologia de outubro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

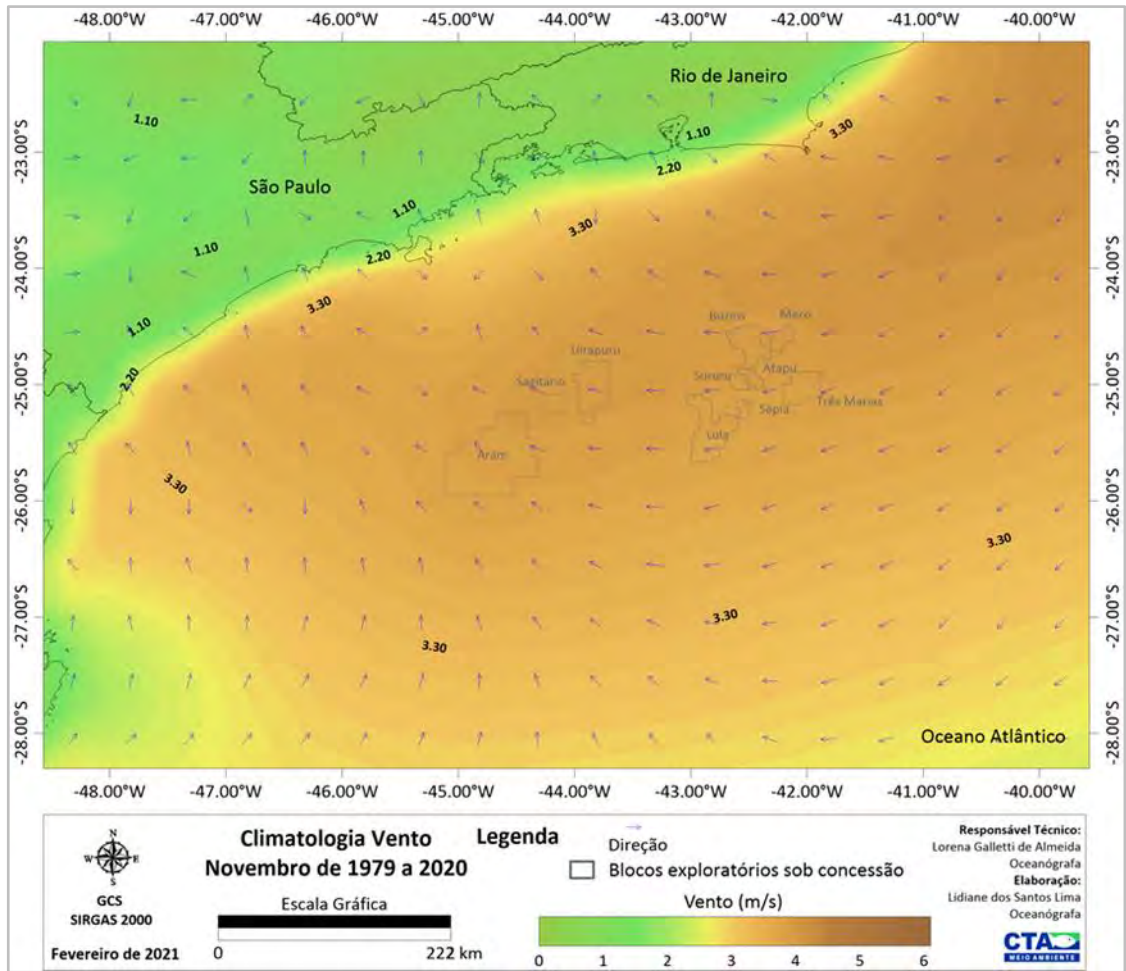


Figura II.5.1.1.1.2-95– Climatologia de novembro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

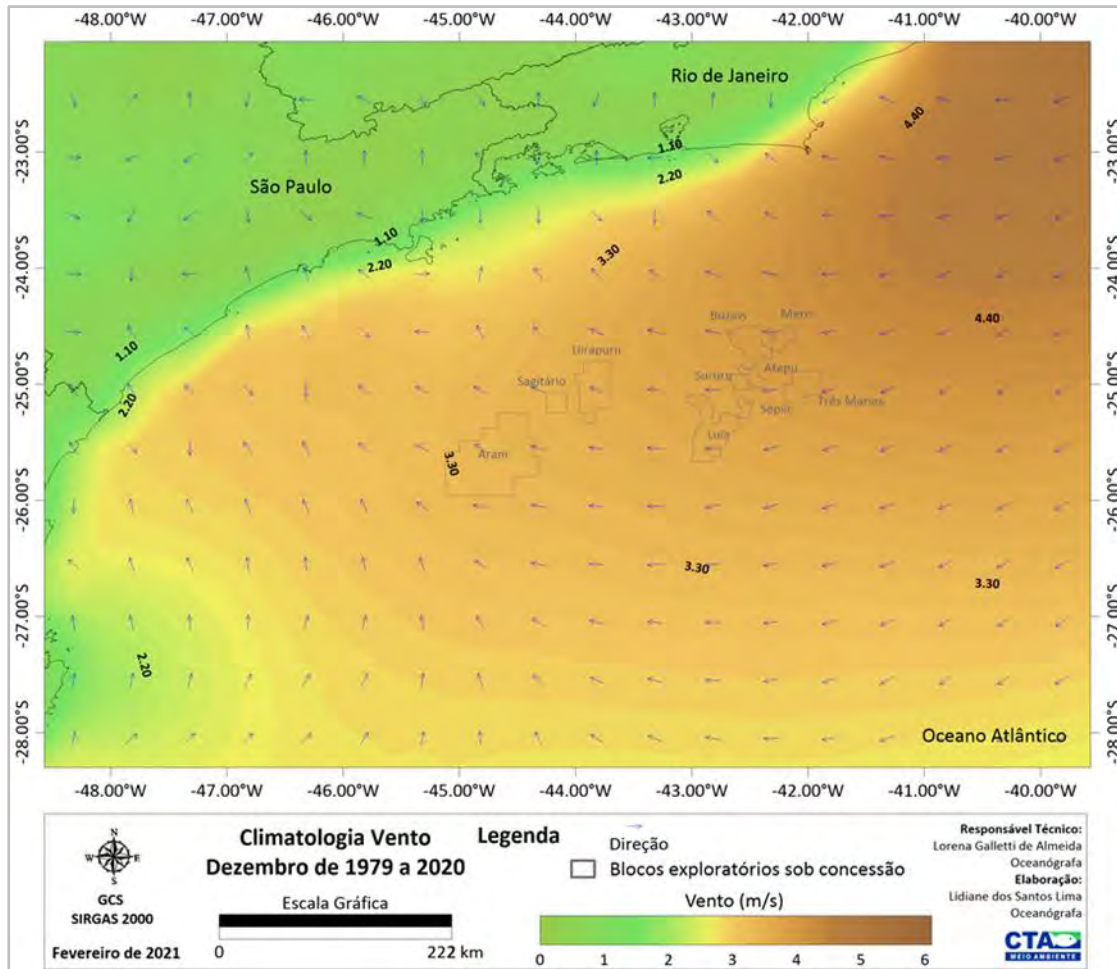


Figura II.5.1.1.1.2-96– Climatologia de dezembro referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

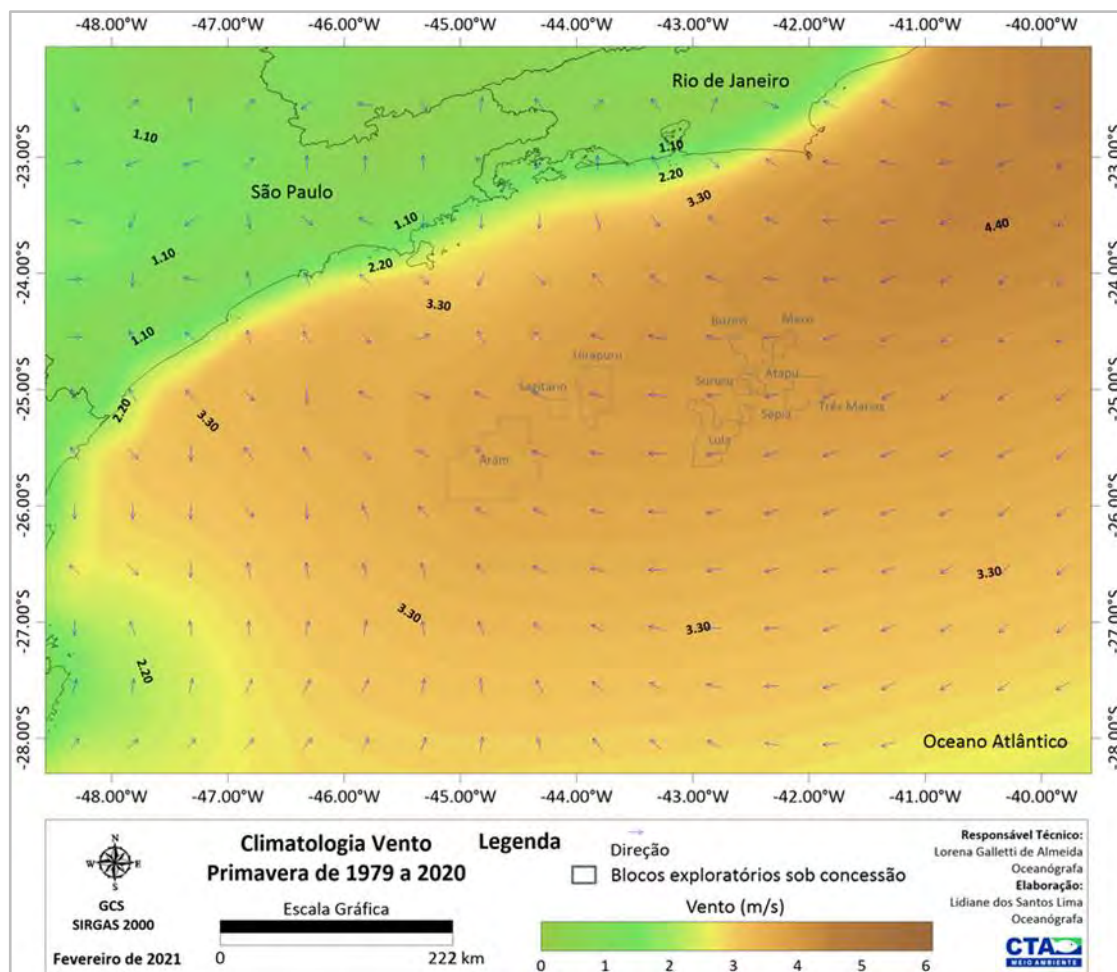


Figura II.5.1.1.2-97– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

A seguir serão apresentadas as análises estatísticas do vento em estações de medição costeira e em pontos oceânicos ao largo da Bacia de Santos, a fim de caracterizar o regime de ventos na área de estudo.

Com relação as estações costeiras METAR Rio de Janeiro – SBRJ, METAR Florianópolis – SBFL e PCD/INPE Ubatuba foram analisados os dados apresentados no âmbito da Etapa 3 (PETROBRAS/TETRATECH/2016). Quanto aos pontos oceânicos foram utilizados os dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis (01/10/2011 a 30/09/2012), na Plataforma MLZ1 (01/04/2006 a 03/03/2007) e reanálise ERA 5 no ponto de análise (janeiro de 1979 a dezembro

de 2020). Cabe ressaltar que para o FPSO Cidade de Angra dos Reis e Plataforma MLZ1, os dados foram obtidos em PETROBRAS/TETRATECH (2016).

É importante considerar que o ponto de análise dos dados da reanálise ERA 5 é representativo de uma grade com resolução horizontal de $0,25^\circ$ (cerca de 27 km). Os FPSO Cidade Angra dos Reis e a Plataforma MLZ1 localizam-se também sobre o oceano, e seus dados, por consequência, são representativos da região oceânica. Os dados medidos nas estações METAR e PCD/INPE, localizam-se no continente, sendo, portanto, representativos da circulação costeira nas suas respectivas localizações. As distintas características das referidas bases de dados podem interferir na interpretação dos dados de vento, porém essa análise integrada é importante para fornecer informações complementares acerca da circulação na área de estudo e na Bacia de Santos como um todo.

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-36** apresenta as rosas direcionais sazonais do vento para os períodos de verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), dos dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ), localizada no Aeroporto Santos Dumont (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). O regime de ventos é caracterizado pela incidência predominante de ventos de norte e inversões para sul. Este padrão é influenciado pela topografia local e, portanto, específico para a região da entrada da Baía de Guanabara, onde a estação de medição está localizada.

Nos diagramas sazonais de ocorrência conjunta para os ventos medidos na estação METAR SBRJ (

Quadro II.5.1.1.1.2-73 ao **Quadro II.5.1.1.1.2-76)**
(PETROBRAS/TETRATECH, 2016), observa-se que os ventos de S e N
prevalecem ao longo de todo ano. Durante o verão (

Quadro II.5.1.1.1.2-73), os ventos incidentes são predominantemente de S (38,7%) e N (20,9%), com velocidades médias de 4,4 m/s e 2,4 m/s, e máximas de 11,8 m/s e 15,4 m/s, respectivamente nestas direções. A velocidade máxima nesta estação é de 16,0m/s na direção NE. No outono (**Quadro II.5.1.1.1.2-74**), o padrão de ventos mantém o padrão de direções predominantes de S (28,7%) e N (25,6%), com velocidades médias de 4,0 m/s e 2,4 m/s e máximas de 14,4 m/s (máximo desta estação) e 9,33 m/s, respectivamente.

O inverno (**Quadro II.5.1.1.1.2-75**) apresenta, como condição predominante na estação SBRJ, ventos de S (30,5%) e N (21,8%), com velocidades médias de 4,2 m/s e 2,5 m/s, atingindo máximas de 16,5 m/s (máximo do inverno) e 10,8 m/s, respectivamente. Na primavera é observado um padrão distinto das demais estações (**Quadro II.5.1.1.1.2-76**

Quadro II.5.1.1.1.2-76), com os ventos de S (41,2%) e SE (17,7%) sendo os mais frequentes. As velocidades médias nessas direções são de 4,5 m/s e 3,5 m/s, atingindo máximas de 17,5 m/s (máximo da estação) e 11,3 m/s, respectivamente.

Complementarmente, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-37** apresenta o box-plot mensal dos dados de vento medidos na estação METAR SBRJ, no qual são representados os seguintes valores mensais da intensidade do vento: primeiro quartil, terceiro quartil e mediana (limite inferior, limite superior e barra central das caixas); média \pm 2,7 desvios-padrão (barras verticais, compreendendo 99,3% dos dados); e os denominados *outliers* (em vermelho). Verifica-se que, em média, a intensidade do vento é inferior a 5 m/s, com desvios atingindo até 10 m/s. Nos meses de invernos são observados mais outliers, relacionado à incidência de rajadas intensas decorrentes da passagem de frentes frias na região. As maiores intensidades de ventos ocorrem na primavera e no verão, relacionado com o deslocamento sazonal do ASAS.

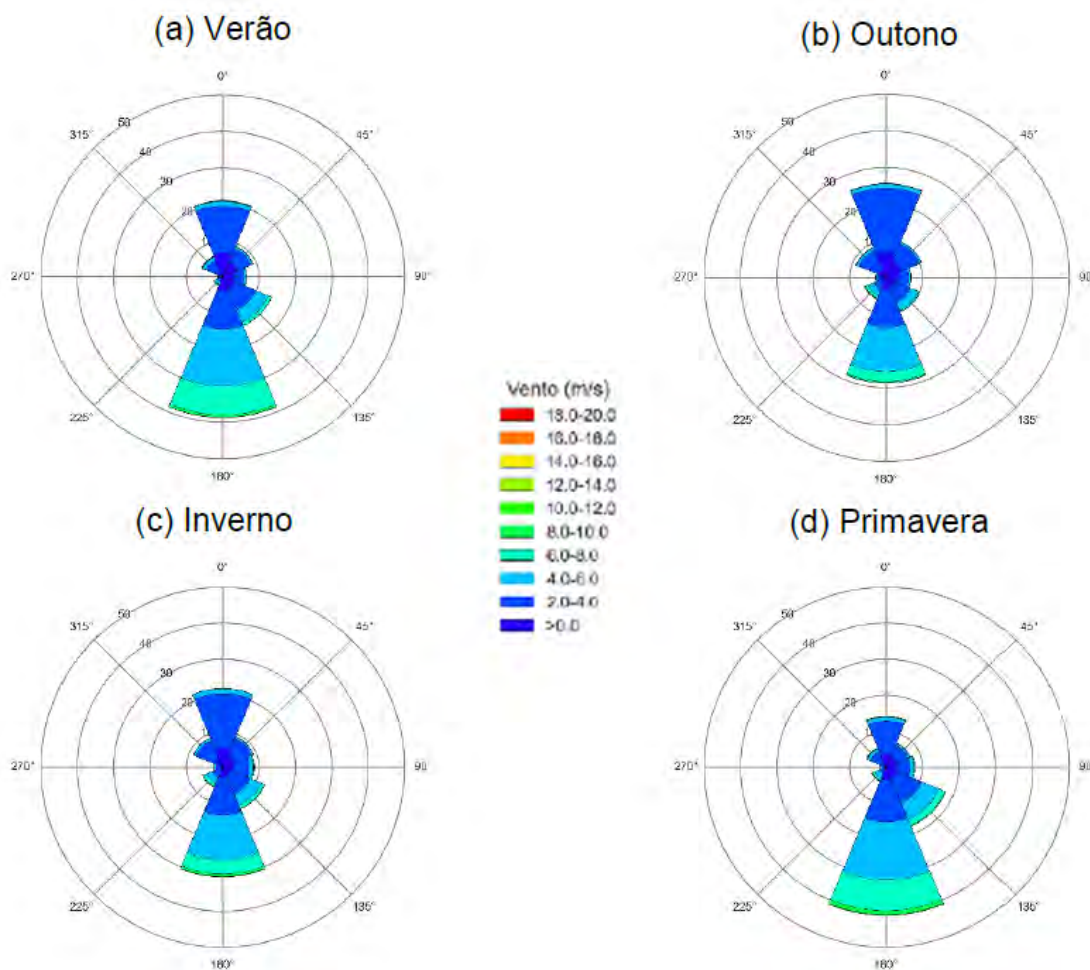


Gráfico II.5.1.1.1.2-36– Rosas direcionais sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d), referente ao campo de vento a 10m conforme os dados da estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ), no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.2-73– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	6,49	4,21	3,31	3,63	3,86	0,65	0,41	1,7	24,3
2,0-4,0	12,97	4,2	2,58	6,15	10,49	0,86	0,6	3,33	41,2
4,0-6,0	1,24	0,59	0,51	3,77	15,65	0,67	0,24	0,93	23,6
6,0-8,0	0,16	0,09	0,11	0,9	7,96	0,36	0,07	0,16	9,8
8,0-10,0	0,04	0	0,01	0,06	0,67	0,07	0,03	0,06	0,9
10,0-12,0	0	0	0	0	0,08	0,03	0,01	0,02	0,1
12,0-14,0	0,01	0	0	0	0	0,01	0	0	0
14,0-16,0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
(%)	20,9	9,1	6,5	14,5	38,7	2,6	1,4	6,2	-
Média	2,4	2,2	2,1	3,2	4,4	3,7	3,1	2,8	-
Máximo	15,4	16	12,3	10,3	11,8	12,9	14,4	15,4	-

Quadro II.5.1.1.1.2-74– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	6,72	4,61	3,33	2,6	3,07	1,16	0,89	2,33	24,7
2,0-4,0	17,67	5,34	2,82	4,66	10,47	2,4	1,39	5,69	50,4
4,0-6,0	1,16	0,59	0,65	2,48	11,97	1,72	0,46	0,85	19,9
6,0-8,0	0,07	0,03	0,08	0,28	2,75	0,79	0,11	0,06	4,2
8,0-10,0	0,02	0	0	0,02	0,36	0,18	0,02	0,02	0,6
10,0-12,0	0	0,01	0	0	0,05	0,07	0	0	0,1
12,0-14,0	0	0	0	0	0,008	0,021	0,004	0	0
14,0-16,0	0	0	0	0	0,008	0	0	0	0
(%)	25,6	10,6	6,9	10	28,7	6,3	2,9	9	-
Média	2,4	2,1	2,2	3	4	3,8	2,7	2,5	-
Máximo	9,3	11,8	7,7	11,3	14,4	13,4	12,3	8,2	-

Quadro II.5.1.1.1.2-75– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	5,28	3,63	2,94	2,4	2,72	0,88	0,85	2,01	20,7
2,0-4,0	15,17	5,02	4,38	5,75	10,57	2,16	1,09	6,01	50,1
4,0-6,0	1,35	0,52	1,16	3,38	12,38	1,88	0,36	0,68	21,7
6,0-8,0	0,03	0,05	0,21	0,91	4	0,8	0,09	0,06	6,2
8,0-10,0	0	0	0	0,08	0,68	0,2	0,02	0,01	1
10,0-12,0	0	0	0	0,02	0,13	0,06	0,01	0	0,2
12,0-14,0	0	0	0	0	0,04	0,01	0	0	0,1
14,0-16,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16,0-18,0	0	0	0	0	0,004	0	0	0	0
(%)	21,8	9,2	8,7	12,5	30,5	6	2,4	8,8	-
Média	2,5	2,2	2,5	3,4	4,2	4	2,7	2,6	-
Máximo	10,8	7,7	9,3	11,3	16,5	13,4	10,3	12,9	-

Quadro II.5.1.1.1.2-76– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR do Rio de Janeiro (SBRJ) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	3,92	3,07	2,94	3,3	3,51	0,59	0,42	1,46	19,2
2,0-4,0	8,82	3,51	3,74	7,39	11,7	1,41	0,7	3,23	40,5
4,0-6,0	1,22	0,56	1,04	5,08	16,07	1,38	0,32	0,86	26,5
6,0-8,0	0,16	0,06	0,24	1,73	8,54	0,62	0,09	0,18	11,6
8,0-10,0	0,06	0,02	0,03	0,2	1,16	0,17	0,04	0,09	1,8
10,0-12,0	0,02	0,01	0	0,02	0,15	0,09	0,01	0	0,3
12,0-14,0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0
14,0-16,0	0,004	0	0	0	0,004	0	0	0	0
16,0-18,0	0	0	0	0	0,004	0	0	0	0
(%)	14,2	7,2	8	17,7	41,2	4,3	1,6	5,8	-
Média	2,5	2,3	2,5	3,5	4,5	4,2	3,2	2,9	-
Máximo	14,9	10,3	13,4	11,3	17,5	13,9	12,3	12,9	-

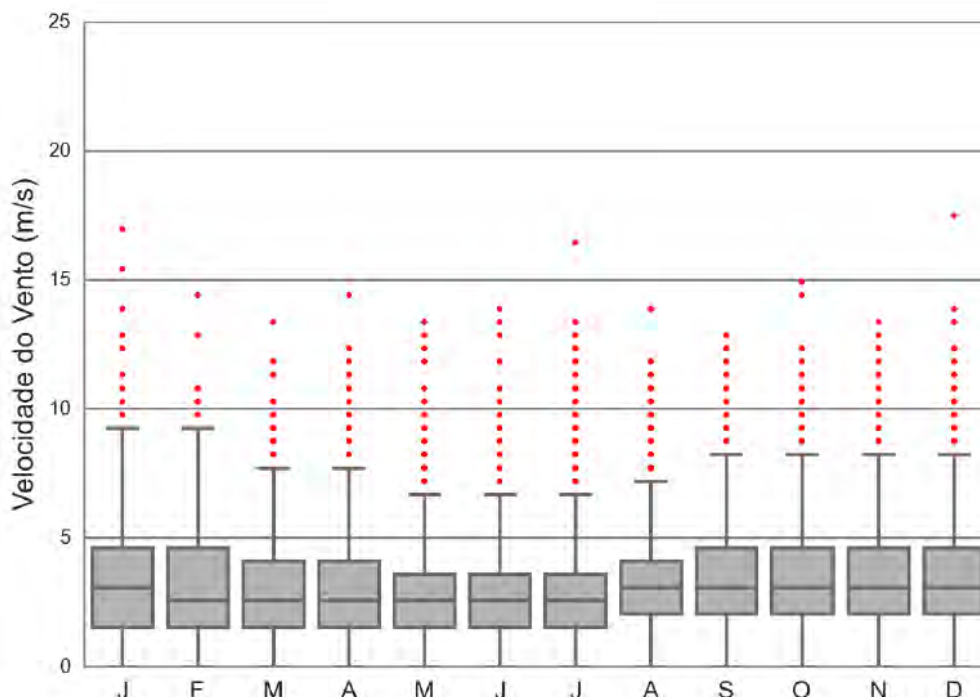


Gráfico II.5.1.1.1.2-37– Box-plot da intensidade do vento medido na estação METAR – SBRJ para o período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-38** apresenta as rosas direcionais do vento e o **Quadro II.5.1.1.1.2-77** ao **Quadro II.5.1.1.1.2-80** os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção para as quatro estações do ano, com base nos dados de vento medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) (PETROBRAS/TETRATECH/2016). Os resultados mostram que os ventos predominantes são de N com inversões para S. No outono e inverno também são frequentes ventos de NW (**Gráfico II.5.1.1.1.2-38**). No **Quadro II.5.1.1.1.2-77** observa-se que no verão os ventos são predominantemente de N (22,8%) e de S (17,3%), com velocidades médias de 3,8 m/s e 4,0 m/s e máximas de 12,9 m/s e 14,4 m/s, respectivamente. Nesta estação, a velocidade máxima atingiu 18,5 m/s de direção W. No outono (**Quadro II.5.1.1.1.2-78**), os ventos são mais frequentes de N (25,4%) e de S (18,0%), com velocidades médias de 3,6 m/s e 3,8 m/s e máximas atingindo 10,8 m/s e 15,9 m/s (máximo do outono), respectivamente. Durante o inverno (**Quadro II.5.1.1.1.2-79**), os ventos também sopram principalmente de N (33,4%) e S (18,3%) com velocidades médias de 4,2 m/s e 4,3

m/s e máximas de 11,3 m/s e 13,4 m/s, nas respectivas direções predominantes. Nesta estação os ventos de maior intensidade são provenientes de SW, alcançando 14,4 m/s. Na primavera (**Quadro II.5.1.1.1.2-80**) os ventos predominantes também são de N (27,5%) e de S (19,2%) com velocidade média de 4,4 m/s para ambas direções e máximas de 10,9 m/s e 11,5 m/s (máximo do inverno), respectivamente.

No box-plot apresentado no **Gráfico II.5.1.1.1.2-39** verifica-se que, de maneira geral, as intensidades médias não ultrapassam 5 m/s. No mês de maio ocorre o maior número de *outliers* e na primavera tem-se o maior número de registros de ventos com velocidade acima de 10 m/s, devido a maior frequência de passagem de frentes frias pela região.

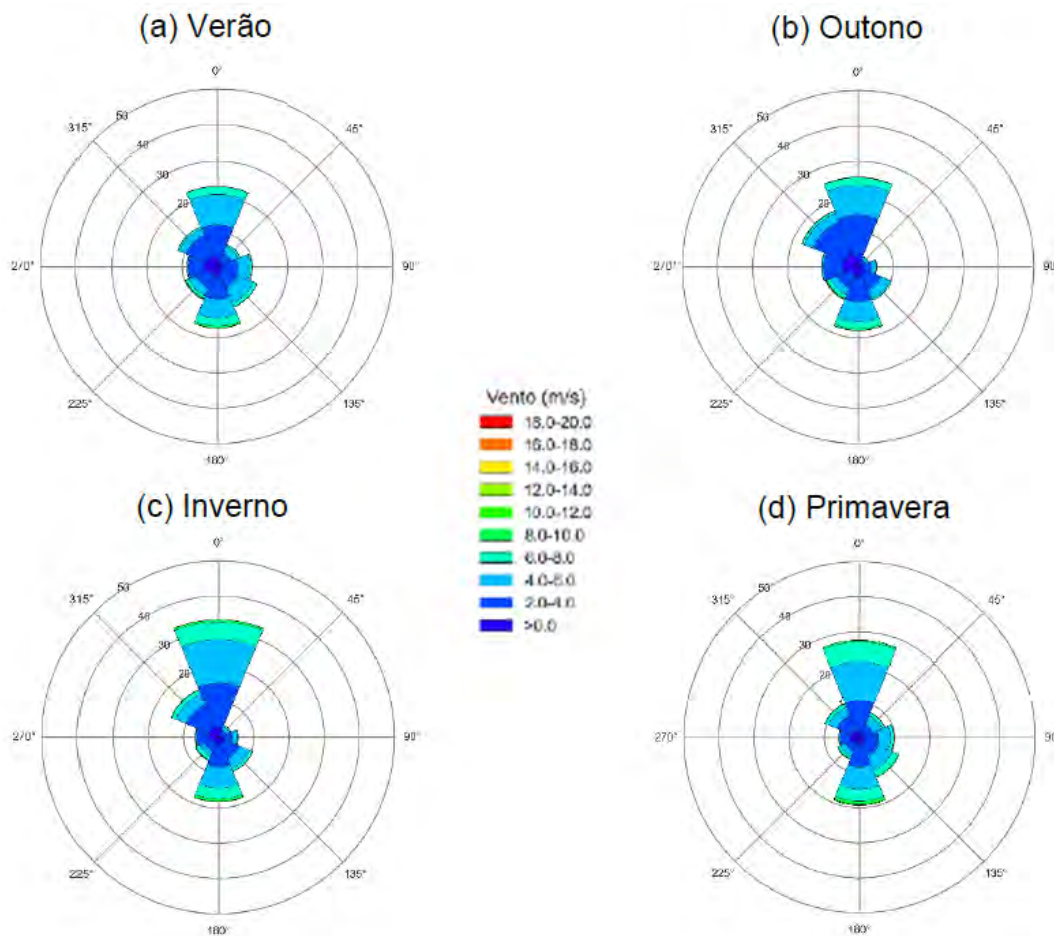


Gráfico II.5.1.1.1.2-38– Rosas direcionais sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera, referente ao campo de vento a 10m conforme os dados da estação METAR de Florianópolis (SBFL), no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.2-77– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,38	1,08	1,67	1,61	2,57	2,16	3,95	3,11	18,5
2,0-4,0	9,55	3,08	4,22	4,74	6,48	4,26	4,26	6,58	43,2
4,0-6,0	8,66	2,22	3,33	4,79	5,37	2,39	0,29	2,08	29,1
6,0-8,0	2,15	0,55	0,53	1,03	2,32	0,82	0,07	0,49	7,9
8,0-10,0	0,08	0,04	0,01	0,12	0,48	0,21	0,03	0,05	1
10,0-12,0	0,01	0	0	0	0,1	0,04	0,02	0,01	0,2
12,0-14,0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,01	0,02	0,1
14,0-16,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16,0-18,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0
(%)	22,8	7	9,8	12,3	17,3	9,9	8,6	12,3	-
Média	3,8	3,5	3,4	3,8	4	3,4	2,1	2,9	-
Máximo	12,9	9,8	10,8	10,3	14,4	12,9	18,5	13,9	-

Quadro II.5.1.1.1.2-78– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	3,08	0,93	1,32	1,86	2,63	2,14	4,34	4,42	20,7
2,0-4,0	11,59	1,38	2,7	5,12	7,22	4,27	5,48	9,47	47,2
4,0-6,0	8,48	0,82	1,14	2,98	5,67	2,16	0,48	2,67	24,4
6,0-8,0	2,14	0,16	0,09	0,35	1,96	0,99	0,1	0,67	6,5
8,0-10,0	0,12	0,01	0,02	0,01	0,41	0,26	0,01	0,08	0,9
10,0-12,0	0,03	0	0	0	0,06	0,07	0	0,03	0,2
12,0-14,0	0	0	0	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0,1
14,0-16,0	0	0	0	0	0,017	0	0	0	0,017
(%)	25,4	3,3	5,3	10,3	18	9,9	10,4	17,4	-
Média	3,6	3	2,9	3,2	3,8	3,5	2,1	2,9	-
Máximo	10,8	11,3	10,8	8,7	15,9	12,9	12,9	12,9	-

Quadro II.5.1.1.1.2-79– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,75	0,82	1,44	1,83	2,13	1,68	2,8	2,84	16,3
2,0-4,0	12,61	1,36	2,47	4,64	6,22	2,53	3,28	7,18	40,3
4,0-6,0	12,36	1,07	1,35	3,09	6,01	1,69	0,39	3,26	29,2
6,0-8,0	4,98	0,46	0,23	0,86	3,1	0,99	0,13	1,18	11,9
8,0-10,0	0,61	0,06	0,01	0,08	0,71	0,2	0,08	0,14	1,9
10,0-12,0	0,06	0	0	0,01	0,13	0,08	0,04	0,01	0,3
12,0-14,0	0	0	0	0	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1
14,0-16,0	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0
(%)	33,4	3,8	5,5	10,5	18,3	7,2	6,7	14,6	-
Média	4,2	3,6	3	3,5	4,3	3,7	2,3	3,3	-
Máximo	11,3	10,8	9,3	10,3	13,4	14,4	12,9	13,4	-

Quadro II.5.1.1.1.2-80– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação METAR de Florianópolis (SBFL) no período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,03	1,05	1,58	1,45	2,11	1,59	2,66	2,04	14,5
2,0-4,0	8,68	3,06	3,71	4,33	6,24	2,61	2,79	4,86	36,3
4,0-6,0	10,94	2,77	3,54	4,36	6,35	1,59	0,3	2,66	32,5
6,0-8,0	5,34	0,9	0,91	1,88	3,44	0,7	0,06	1	14,2
8,0-10,0	0,49	0,06	0,04	0,24	0,82	0,27	0,04	0,1	2,1
10,0-12,0	0,02	0	0	0,01	0,24	0,04	0,01	0,02	0,3
(%)	27,5	7,8	9,8	12,3	19,2	6,8	5,9	10,7	-
Média	4,4	3,8	3,6	4,1	4,4	3,6	2,1	3,4	-
Máximo	10,9	9,3	10,3	10,3	11,5	10,9	10,4	10,8	-

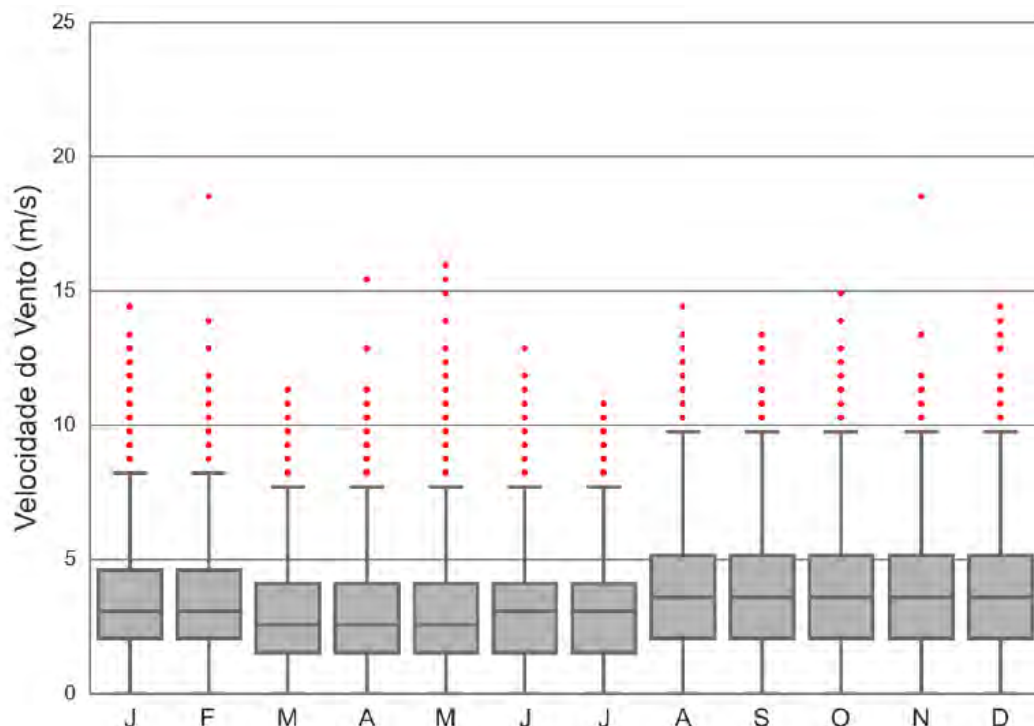


Gráfico II.5.1.1.1.2-39– Box-plot da intensidade do vento medido na estação METAR – SBFL para o período de 2003 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Para o litoral paulista, o **Gráfico II.5.1.1.1.2-40** apresenta a rosa dos ventos sazonal (verão, outono, inverno e primavera) com base nos dados medidos entre 01/11/2007 e 01/09/2015 (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). O regime de ventos é dominado por ventos de quadrante NE, influenciados pela circulação da ASAS, e por ventos de quadrante SW, decorrentes da passagem de frentes frias pela região. Ao contrário dos regimes de ventos nas estações METAR apresentados anteriormente, as condições de vento em Ubatuba são mais próximas as características da área de estudo.

O **Quadro II.5.1.1.1.2-77** ao **Quadro II.5.1.1.1.2-80** apresenta os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos para os períodos de verão, outono, inverno e primavera a partir dos dados medidos na PCD/INPE de Ubatuba (PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

No verão (**Quadro II.5.1.1.1.2-77**), os ventos são predominantes de NE (28,8%) e de SW (18,8%), com velocidades médias de 3,2 m/s e 4,4 m/s e máximas de 15,6 m/s e 17,2 m/s, respectivamente. A velocidade máxima nesta estação alcança 18,0 m/s proveniente de S. No outono (**Quadro II.5.1.1.1.2-78**), ventos de

NE (32,4%) e de N (19,1%) são mais frequentes, somados aos ventos de S (16,8%) que nesta estação também são constantes. Para as direções de NE e N, as velocidades médias são de 3,1 m/s e 2,9 m/s e as máximas de 17,0 m/s e 16,0 m/s, respectivamente. A velocidade máxima no outono é de 18,4 m/s na direção de SW. No inverno (**Quadro II.5.1.1.1.2-79**) predominam ventos de NE (28,4 %) com velocidade média e máxima de 3,1 m/s e 11,7 m/s, e de SW (19,9%) com velocidade média de 4,7 m/s e máxima de 17,0 m/s. Nesta estação a velocidade máxima atinge 17,4 m/s proveniente de SE. O padrão observado na primavera (**Quadro II.5.1.1.1.2-80**) é semelhante ao inverno, com ventos mais frequentes de NE (25,3%) e SW (23,4%), com velocidades médias de 3,3 m/s e 4,9 m/s, sendo 17,0 m/s a máxima nestas direções. A velocidade máxima do vento nesta estação é de 20,0 m/s vindo de SE.

O box-plot apresentado no **Gráfico II.5.1.1.1.2-41** mostra que o número de *outliers* é maior que nas estações METAR. A intensidade média do vento é inferior a 5 m/s, porém, durante a primavera, podem alcançar 20,0 m/s.

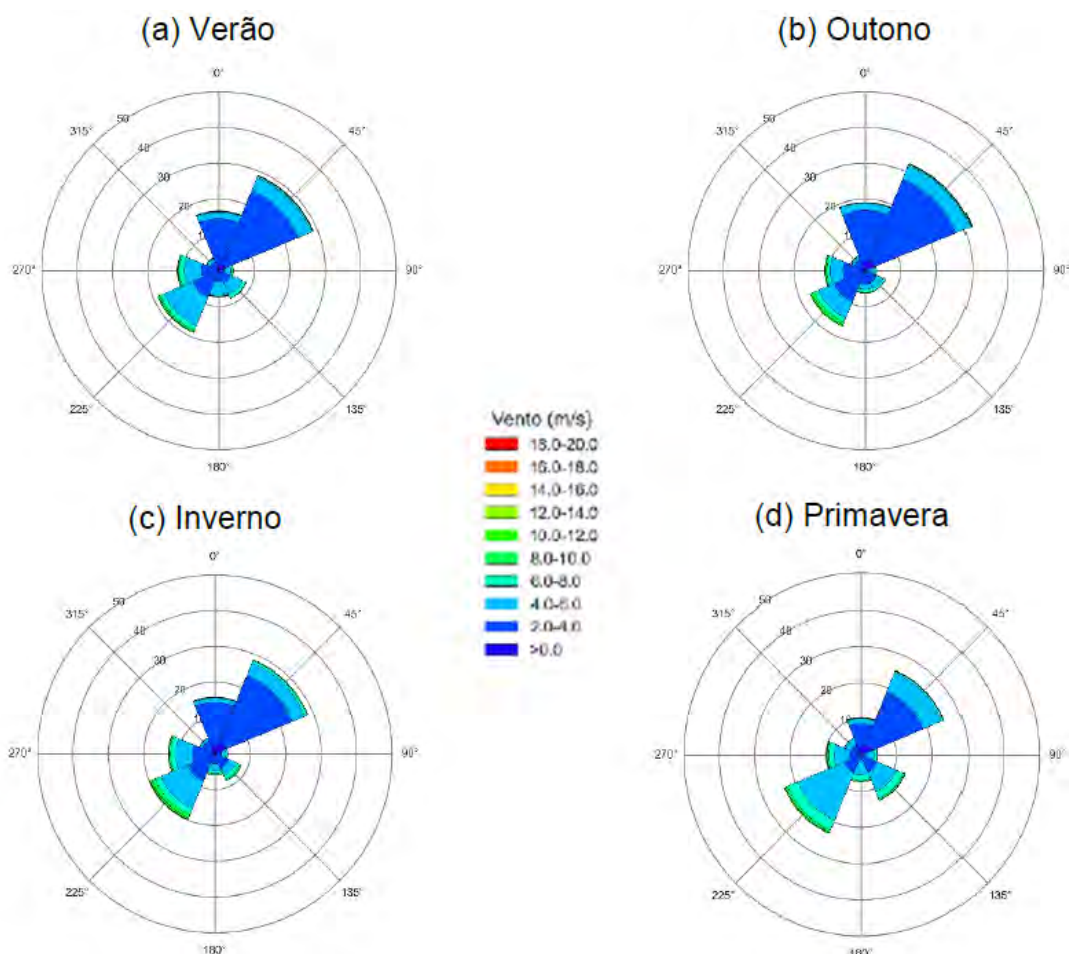


Gráfico II.5.1.1.1.2-40– Rosas direcionais sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera, conforme os dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba, no período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.2-81– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba, no período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,37	1,92	0,17	0,12	0,05	0,35	0,26	0,19	4,4
2,0-4,0	13,08	22,21	1,3	3,48	2,86	7,57	4,61	2,53	57,6
4,0-6,0	1,89	4,04	1,89	3,62	3,95	8,75	4,94	0,88	30
6,0-8,0	0,21	0,38	0,5	1,06	0,24	1,21	1,28	0,21	5,1
8,0-10,0	0,05	0,09	0,24	0,12	0,12	0,43	0,45	0,07	1,6
10,0-12,0	0,07	0,05	0	0,02	0,07	0,31	0,14	0,05	0,7
12,0-14,0	0,02	0,05	0,02	0	0,02	0,09	0,02	0,02	0,3
14,0-16,0	0,05	0,07	0	0	0,05	0,02	0,02	0	0,2
16,0-18,0	0,024	0	0,024	0	0,005	0	0	0	0,095
(%)	16,8	28,8	4,1	8,4	7,4	18,8	11,7	3,9	-
Média	3,1	3,2	4,7	4,5	4,5	4,4	4,5	3,8	-
Máximo	17,6	15,6	16,5	10,2	18	17,2	14,6	12	-

Quadro II.5.1.1.1.2-82– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba, no período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,57	3,03	0,29	0,12	0,19	0,32	0,58	0,73	7,8
2,0-4,0	14,27	24,61	0,95	3,37	3,62	9,1	5,7	2,57	64,2
4,0-6,0	2,04	4,15	1,5	2,01	1,43	4,83	3,62	0,83	20,4
6,0-8,0	0,12	0,27	0,44	0,58	0,8	1,31	0,9	0,27	4,7
8,0-10,0	0,1	0,15	0,07	0,05	0,15	0,78	0,36	0,05	1,7
10,0-12,0	0	0,02	0	0,02	0,07	0,36	0,19	0,02	0,7
12,0-14,0	0	0,07	0	0	0	0,02	0,07	0,02	0,2
14,0-16,0	0	0,05	0	0	0	0,02	0,02	0	0,1
16,0-18,0	0,02	0,05	0	0	0,02	0,02	0,02	0	0,1
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0,001	0	0	0,1
(%)	19,1	32,4	3,3	6,2	6,3	16,8	11,5	4,5	-
Média	2,9	3,1	4,4	4,1	4,2	4,3	4,2	3,3	-
Máximo	16	17	9	11,3	17,1	18,4	17,2	13,4	-

Quadro II.5.1.1.1.2-83– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba, no período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,56	3,17	0,35	0,21	0,09	0,21	0,54	1,18	8,3
2,0-4,0	11,78	20,47	1,42	4,02	2,65	8,09	5,7	2,72	56,9
4,0-6,0	1,28	3,86	1,4	2,27	2,11	8,19	4,85	0,76	24,7
6,0-8,0	0,14	0,66	0,38	1,18	0,57	1,82	1,4	0,12	6,3
8,0-10,0	0,02	0,24	0,07	0,43	0,35	1,02	0,35	0,02	2,5
10,0-12,0	0,05	0,05	0	0,07	0,07	0,43	0,24	0	0,9
12,0-14,0	0	0	0	0	0	0,09	0,07	0	0,2
14,0-16,0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0	0	0,1
16,0-18,0	0,07	0	0	0,02	0,02	0,07	0	0	0,2
(%)	15,9	28,4	3,6	8,2	5,9	19,9	13,2	4,8	-
Média	2,9	3,1	4,1	4,5	4,6	4,7	4,4	3	-
Máximo	17,3	11,7	8,8	17,4	17,1	17	13,9	8,8	-

Quadro II.5.1.1.1.2-84– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na estação PCD/INPE de Ubatuba, no período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	2,14	3,17	0,18	0,06	0,06	0,21	0,32	0,29	6,4
2,0-4,0	6,51	15,78	1,11	4,9	1,26	4,99	2,85	2,7	40,1
4,0-6,0	1,44	5,6	2,58	5,93	4,28	14,26	4,55	1,85	40,5
6,0-8,0	0,18	0,5	0,67	2,05	1,41	3,02	1,38	0,35	9,6
8,0-10,0	0,06	0,12	0,12	0,44	0,29	0,56	0,44	0	2
10,0-12,0	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09	0,26	0,12	0	0,7
12,0-14,0	0,03	0	0,03	0,03	0	0,03	0,06	0	0,2
14,0-16,0	0,06	0,03	0,03	0	0	0,09	0,03	0	0,2
16,0-18,0	0,03	0,03	0	0	0	0,03	0,03	0	0,1
18,0-20,0	0,03	0	0,03	0,03	0	0	0,03	0,03	0,1
(%)	10,5	25,3	4,8	13,5	7,4	23,4	9,8	5,2	-
Média	3,1	3,3	5	4,8	5,2	4,9	4,9	3,9	-
Máximo	18,6	17	18,2	20	11,3	17	19,8	18,1	-

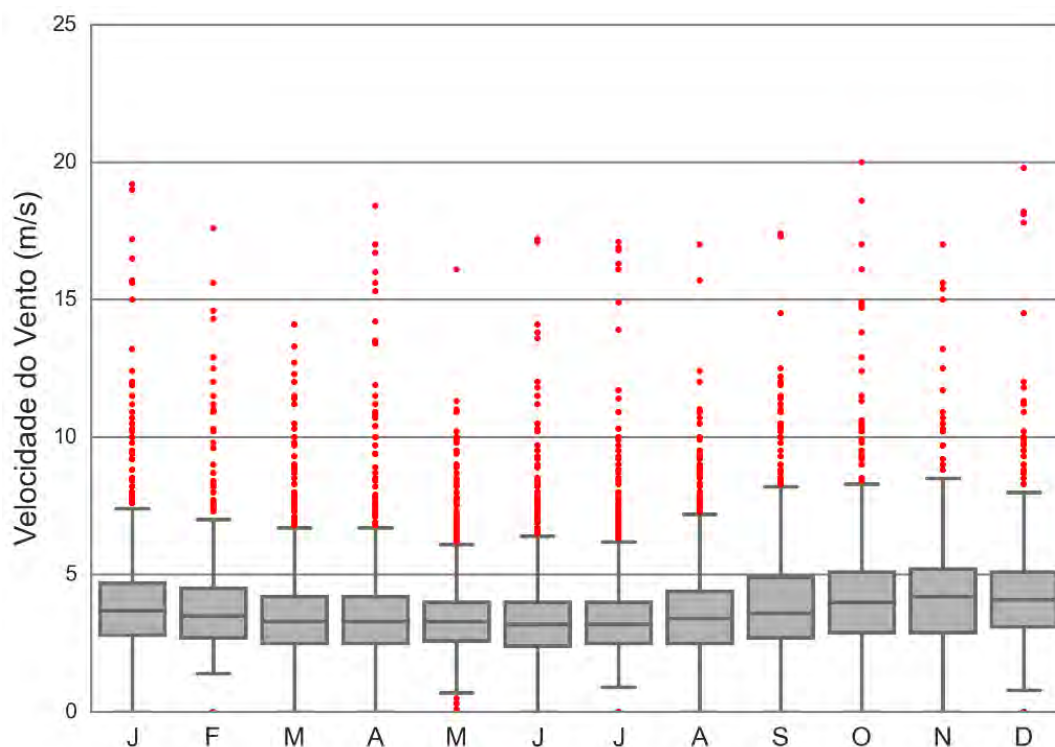


Gráfico II.5.1.1.1.2-41– Box-plot da intensidade do vento medido na estação PCD/INPE de Ubatuba para o período de 2007 a 2015. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

A fim de caracterizar a região oceânica da região do Pré-Sal da Bacia de Santos quanto ao regime de ventos analisou-se conjuntamente os dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis (CAR) e na plataforma MLZ1 (PETROBRAS/TETRATECH, 2016) e, na sequência, a série de dados da reanálise ERA5, no período de 1979 a 2020, para o ponto de análise selecionado.

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-42** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-43** apresentam as rosas dos ventos para os dados medidos no FPSO CAR e na plataforma MLZ1, respectivamente (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Observa-se que para ambos pontos os ventos são mais frequentes de NE e E evidenciando a condição típica da circulação do ASAS no regime de ventos da região, principalmente nos períodos de verão e inverno. No outono e primavera, ventos de E e de SE são mais pronunciados. Na plataforma MLZ1 ainda ocorre a incidência de ventos de S no outono e no inverno.

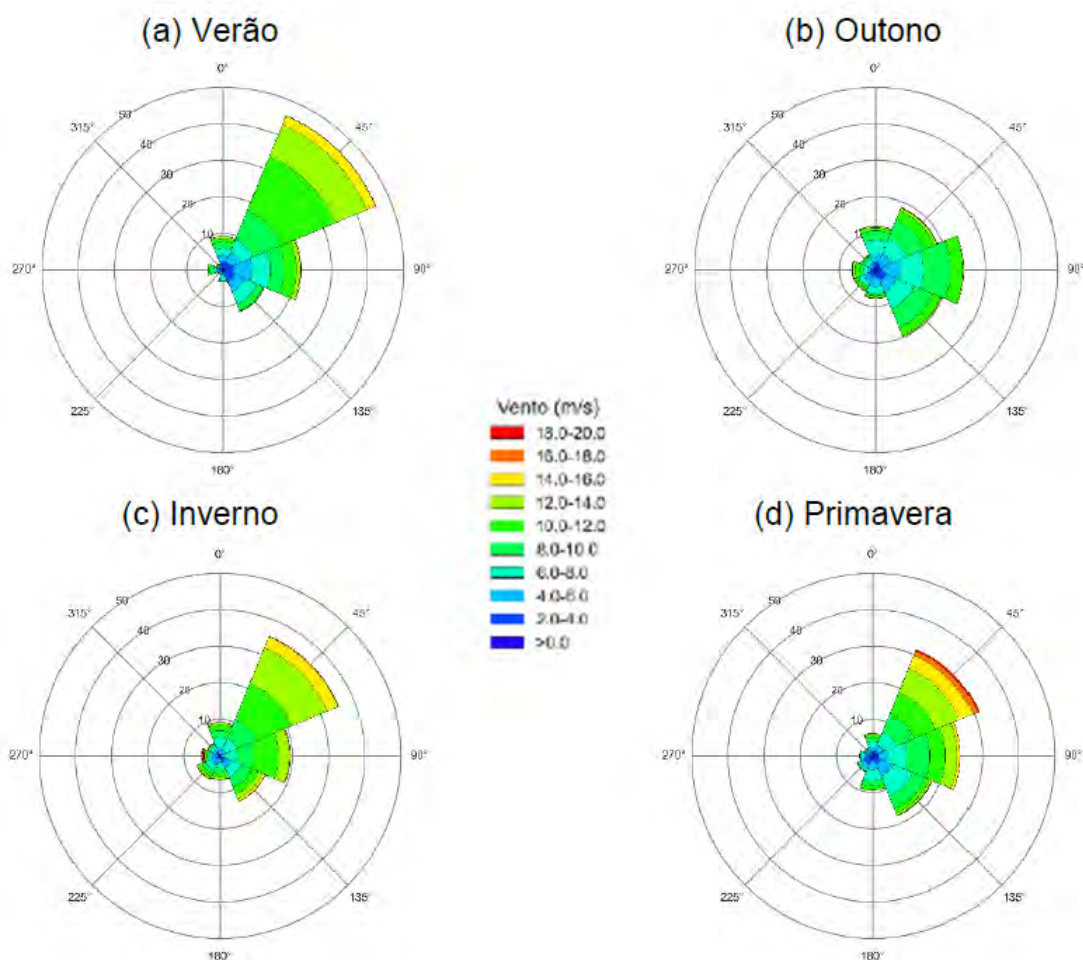


Gráfico II.5.1.1.1.2-42– Rosas direcionais sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera, conforme os dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

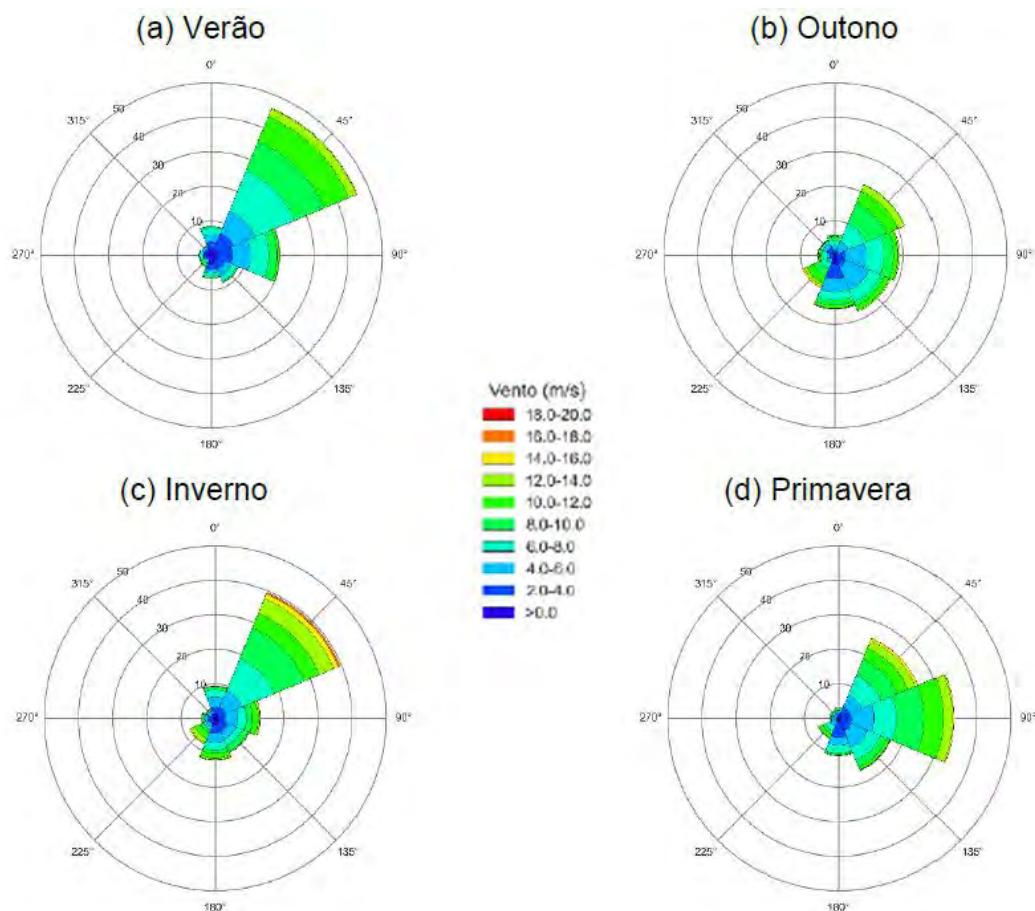


Gráfico II.5.1.1.1.2-43– Rosas direcionais sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d), conforme os dados medidos na plataforma MLZ1, no período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Os diagramas de ocorrência conjunta dos ventos para as estações do FPSO CAR e da plataforma MLZ1 no período de verão estão dispostos no **Quadro II.5.1.1.1.2-85** e no **Quadro II.5.1.1.1.2-89**, respectivamente (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Os ventos mais frequentes são de NE (45,7% FPSO CAR e 46,1% MLZ1) e de E (21,7% FPSO CAR e 19,9% MLZ1). As velocidades média e máxima na direção NE no FPSO CAR são de 10,2 m/s e 16,6 m/s (máxima do verão) e na direção E, a velocidade média é de 7,3 m/s e a velocidade máxima de 16,5 m/s. Para a plataforma MLZ1, na direção NE as velocidades média e máxima são de 7,4 m/s e 14,7 m/s (máximo da estação), enquanto na direção E, a velocidade média é de 5,5 m/s e a máxima alcança 11,9 m/s.

Para o período de outono os diagramas de ocorrência conjunta das intensidades e direções dos ventos para o FPSO CAR e a plataforma MLZ1 são apresentados no **Quadro II.5.1.1.1.2-86** e no **Quadro II.5.1.1.1.2-90**, respectivamente (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Os dados medidos a partir do FPSO CAR mostram que os ventos predominantes são de E (24,4%) e de SE (18,8%), com velocidades médias de 7,5 m/s e 7,2 m/s e máximas de 12,7 m/s e 13,2 m/s, respectivamente. A velocidade máxima alcança 21,5 m/s de direção W. Na plataforma MLZ1, os ventos mais frequentes sopram de NE (22,1%) e de E (18,8%) e suas respectivas velocidades médias são de 8,2 m/s e 6,3 m/s e máximas de 14,0 m/s e 12,9 m/s. A velocidade máxima atinge 15,8 m/s de direção SW.

Os diagramas de ocorrência conjunta das intensidades e direções do vento durante o inverno são apresentados no **Quadro II.5.1.1.1.2-87** para o FPSO CAR e no **Quadro II.5.1.1.1.2-91** para a plataforma MLZ1 (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). No FPSO CAR, as direções mais frequentes dos ventos são de NE (35,4%) e de E (19,4%) e, para estas direções, as velocidades médias são de 11,0 m/s e 9,7 m/s e as máximas de 16,5 m/s e 16,2 m/s. A máxima velocidade que o vento atinge é 20,0 m/s de direção W. Em MLZ1, o inverno é caracterizado por ventos predominantemente de NE (39,5%) e de E (13,2%) com velocidades médias de 8,4 m/s e 6,5 m/s e máximas de 17,9 m/s (máximo do inverno) e 14,8 m/s.

Para a primavera, os diagramas de ocorrência conjunta das intensidades e direções do vento são apresentados no **Quadro II.5.1.1.1.2-88** para o FPSO CAR e no **Quadro II.5.1.1.1.2-92** para a plataforma MLZ1 (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). No FPSO CAR predominam ventos de NE (31,5%) e E (24,2%), sendo a velocidade média nestas direções de 10,7 m/s e 8,8 m/s e máximas de 19,8 m/s (máximo da estação em CAR) e 16,4 m/s. Assim como no FPSO CAR, em MLZ1 os ventos mais frequentes são de E (33,3%) e de NE (25,1%). As velocidades médias nas direções predominantes são de 7,8 m/s e 7,9 m/s e as máximas de 15,1 m/s e 15,8 m/s (máximo da primavera em MLZ1).

Quadro II.5.1.1.1.2-85– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,5	0,18	0,41	0,69	0,32	0,37	0,27	0,32	3,1
2,0-4,0	1,6	2,02	2,57	2,7	0,78	0,32	0,87	0,46	11,3
4,0-6,0	1,83	2,93	5,13	3,07	0,96	0,46	0,69	0,37	15,4
6,0-8,0	2,02	3,85	4,99	3,71	0,78	0,14	0,55	0,14	16,2
8,0-10,0	1,6	8,61	3,85	1,79	0,41	0,18	1,19	0,37	18
10,0-12,0	1,05	15,94	3,34	0,37	0,09	0	0,64	0,23	21,7
12,0-14,0	0,5	9,44	1,01	0,09	0	0,05	0,05	0,09	11,2
14,0-16,0	0,05	2,61	0,32	0	0	0	0	0	3
16,0-18,0	0	0,09	0,05	0	0	0	0	0	0,1
(%)	9,2	45,7	21,7	12,4	3,3	1,5	4,3	2	-
Média	6,7	10,2	7,3	5,8	5,3	4,5	6,7	5,9	-
Máximo	14,8	16,6	16,5	12,9	10,8	13,8	13	13,8	-

Quadro II.5.1.1.1.2-86– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,37	0,46	0,64	0,14	0,82	0,78	0,18	0,32	3,7
2,0-4,0	1,56	1,05	1,28	2,98	1,28	1,15	1,1	0,6	11
4,0-6,0	2,25	3,3	4,81	3,12	2,47	1,83	0,92	1,01	19,7
6,0-8,0	3,94	4,49	6,46	5,27	1,92	1,28	0,92	1,28	25,6
8,0-10,0	2,57	5,5	7,52	5,64	0,55	0,5	1,28	0,78	24,3
10,0-12,0	0,82	2,7	3,39	2,29	0,41	0,5	1,24	0,32	11,7
12,0-14,0	0,32	0,82	0,32	0,32	0,37	0,32	0,73	0,09	3,3
14,0-16,0	0,14	0,14	0	0	0,09	0,09	0,05	0	0,5
16,0-18,0	0	0,05	0	0	0	0	0,14	0	0,2
16,0-18,0	0	0,05	0	0	0	0	0,14	0	0,2
18,0-20,0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,01
20,0-22,0	0	0	0	0	0	0	0,001	0	0,01
(%)	12	18,5	24,4	19,8	7,9	6,5	6,6	4,4	-
Média	6,9	7,8	7,5	7,2	5,8	5,9	7,8	6,4	-
Máximo	15	16,1	12,7	13,2	14,5	15,7	21,5	13,1	-

Quadro II.5.1.1.1.2-87– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,14	0,05	0,05	0,32	0,23	0,41	0,18	0,32	1,7
2,0-4,0	0,5	0,32	0,09	1,41	0,54	0,77	0,68	0,95	5,3
4,0-6,0	1,68	1,54	1,13	1,81	1,13	1,59	1,41	0,73	11
6,0-8,0	2,59	3,27	3,54	2,81	1,45	1,59	0,77	0,91	16,9
8,0-10,0	2,09	5,63	4,4	3,09	1,63	1,04	0,59	0,68	19,1
10,0-12,0	1,54	10,62	6,9	1,95	0,86	0,86	0,41	0,05	23,2
12,0-14,0	0,59	10,48	2,99	1,27	0,54	0,54	0,41	0,14	17
14,0-16,0	0	3,36	0,23	0,77	0,14	0,17	0,09	0,14	4,9
16,0-18,0	0	0,18	0,05	0	0	0	0,27	0	0,5
18,0-20,0	0	0	0	0,09	0	0,01	0,32	0	0,4
(%)	9,1	35,4	19,4	13,5	6,5	7	5,1	3,9	-
Média	7,8	11	9,7	8,2	7,8	7,3	8,2	5,9	-
Máximo	13,5	16,5	16,2	19,8	14,9	19,5	20	15,6	-

Quadro II.5.1.1.1.2-88– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos no FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,24	0,29	0,19	0,29	0,38	0,57	0,29	0,14	2,4
2,0-4,0	0,86	1,28	1,33	2,05	1	1,9	1,43	0,52	10,4
4,0-6,0	1,24	1,62	2,57	3,66	2,38	1,05	0,76	1,14	14,4
6,0-8,0	1,57	3,85	5,28	5,9	3,09	0,81	0,9	0,43	21,8
8,0-10,0	1,24	5,42	6,37	3,81	1,43	0,33	0,14	0,24	19
10,0-12,0	0,57	6,28	4,33	1,28	1,05	0,1	0,14	0	13,7
12,0-14,0	0,48	7,14	3,28	0,62	0,05	0,05	0	0	11,6
14,0-16,0	0	3,85	0,81	0,1	0	0	0	0	4,8
16,0-18,0	0	1,33	0,05	0,05	0	0	0	0	1,4
18,0-20,0	0	0,43	0	0,05	0	0	0	0	0,5
(%)	6,2	31,5	24,2	17,8	9,4	4,8	3,7	2,5	-
Média	7	10,7	8,8	7,1	6,6	4,6	4,8	5	-
Máximo	14	19,8	16,4	19	12,1	12	11,5	9,9	-

Quadro II.5.1.1.1.2-89– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1, no período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,67	2,01	1,29	1,77	2,49	0,48	1,2	1,34	12,2
2,0-4,0	2,06	4,88	4,83	2,68	1,72	1,1	0,96	0,77	19
4,0-6,0	2,3	6,98	5,5	2,06	1,05	0,72	0,43	0,62	19,7
6,0-8,0	1,87	12,48	5,16	1,63	0,77	0,43	0,67	0,29	23,3
8,0-10,0	0,38	9,33	2,44	0,43	0,48	0,57	0,29	0	13,9
10,0-12,0	0,05	7,8	0,67	0	0,1	0,43	0,05	0	9,1
12,0-14,0	0	2,39	0	0,05	0,05	0	0,05	0,05	2,6
14,0-16,0	0	0,24	0	0	0	0	0	0	0,2
(%)	8,3	46,1	19,9	8,6	6,6	3,7	3,6	3,1	-
Média	4,4	7,4	5,5	4,1	3,7	5,5	4,1	3,2	-
Máximo	11,2	14,7	11,9	12,3	12,2	11,4	12,2	12,1	-

Quadro II.5.1.1.1.2-90– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1, no período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,65	0,46	0,32	1,02	2,6	0,37	0,37	0,88	6,7
2,0-4,0	1,07	0,79	2,69	2,46	4,27	1,16	0,97	1,44	14,9
4,0-6,0	1,16	3,06	6,17	7,43	3,76	1,07	0,88	1,39	24,9
6,0-8,0	1,39	5,62	5,29	3,71	2,32	1,67	1,35	0,74	22,1
8,0-10,0	1,16	6,45	2,79	1,3	1,53	2,41	0,6	0,09	16,3
10,0-12,0	0,42	3,67	1,21	1,3	0,84	2,14	0,28	0,14	10
12,0-14,0	0,05	2,04	0,37	0,42	0,19	0,74	0,32	0,32	4,1
14,0-16,0	0,05	0,05	0	0	0,09	0,6	0,14	0,05	1
(%)	5,9	22,1	18,8	17,6	15,6	10,2	4,9	4,7	-
Média	6	8,2	6,3	5,8	4,9	8,3	6,5	4,1	-
Máximo	14,5	14	12,9	13,9	15,1	15,8	15,1	14,5	-

Quadro II.5.1.1.1.2-91– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1, no período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	1,07	1,07	0,96	1,41	2,15	0,34	0,68	0,34	8
2,0-4,0	2,26	2,2	1,92	2,6	2,26	1,52	1,52	1,07	15,4
4,0-6,0	2,88	5,36	3,73	2,54	2,71	0,96	0,79	0,85	19,8
6,0-8,0	2,03	10,05	2,43	1,98	2,03	0,73	0,4	0,45	20,1
8,0-10,0	0,9	9,6	1,86	1,81	1,07	1,02	0,17	0,17	16,6
10,0-12,0	0,23	4,63	1,64	0,34	1,3	1,75	0,28	0,23	10,4
12,0-14,0	0	4,57	0,56	0	0,4	1,36	0,06	0	6,9
14,0-16,0	0	1,47	0,06	0	0,17	0,4	0,11	0	2,2
16,0-18,0	0	0,51	0	0	0,06	0	0	0	0,6
(%)	9,4	39,5	13,2	10,7	12,1	8,1	4	3,1	-
Média	5	8,4	6,5	5,3	5,7	8,2	4,7	4,7	-
Máximo	11,1	17,9	14,8	11,7	16,2	15,2	14,6	11,3	-

Quadro II.5.1.1.1.2-92– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), a partir de dados medidos na plataforma MLZ1, no período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Vento (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-2,0	0,65	1,03	0,61	0,75	1,3	0,09	0,56	0,23	5,2
2,0-4,0	0,75	2,42	3,03	3,17	4,19	0,98	0,19	0,75	15,5
4,0-6,0	0,75	3,91	6,76	5,36	2,42	1,49	0,75	0,51	21,9
6,0-8,0	0,23	6,01	6,48	3,91	2,24	1,58	0,61	0,56	21,6
8,0-10,0	0,61	5,17	8,11	2,1	0,23	0,89	0,23	0,42	17,8
10,0-12,0	0,05	3,36	5,36	0,93	0,33	1,21	0,05	0,05	11,3
12,0-14,0	0	2,38	2,56	0,14	0,23	0,09	0	0	5,4
14,0-16,0	0	0,79	0,42	0,05	0	0	0	0	1,3
(%)	3	25,1	33,3	16,4	11	6,3	2,4	2,5	-
Média	4,6	7,9	7,8	5,9	4,6	6,9	4,9	5,1	-
Máximo	11,1	15,8	15,1	15,4	12,5	12,3	10	10,9	-

O **Gráfico II.5.1.1.1.2-44** e o **Gráfico II.5.1.1.1.2-45** apresentam os box-plots para a velocidade dos ventos registradas no FPSO CAR e na plataforma MLZ1, respectivamente (PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Comparando-se os resultados obtidos, no FPSO CAR os ventos são mais intensos durante quase todo o ano, com médias de aproximadamente 10 m/s e desvios superiores a 20,0 m/s, enquanto em MLZ1 as velocidades são em média de 5 m/s e os desvios inferiores

a 20,0 m/s. A primavera apresenta, de maneira geral, as maiores intensidades de ventos. A reduzida quantidade de *outliers* é devido ao tamanho da série analisada.

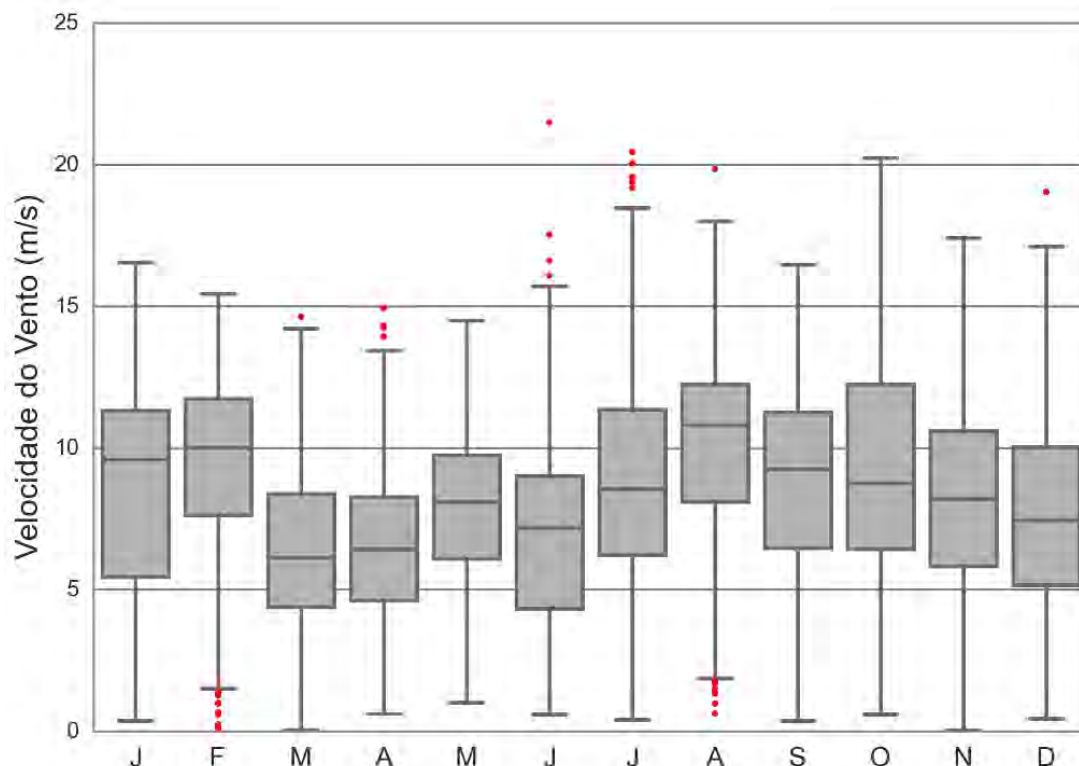


Gráfico II.5.1.1.1.2-44 – Box-plot da intensidade do vento medido na estação do FPSO Cidade de Angra dos Reis, para o período de 2011 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

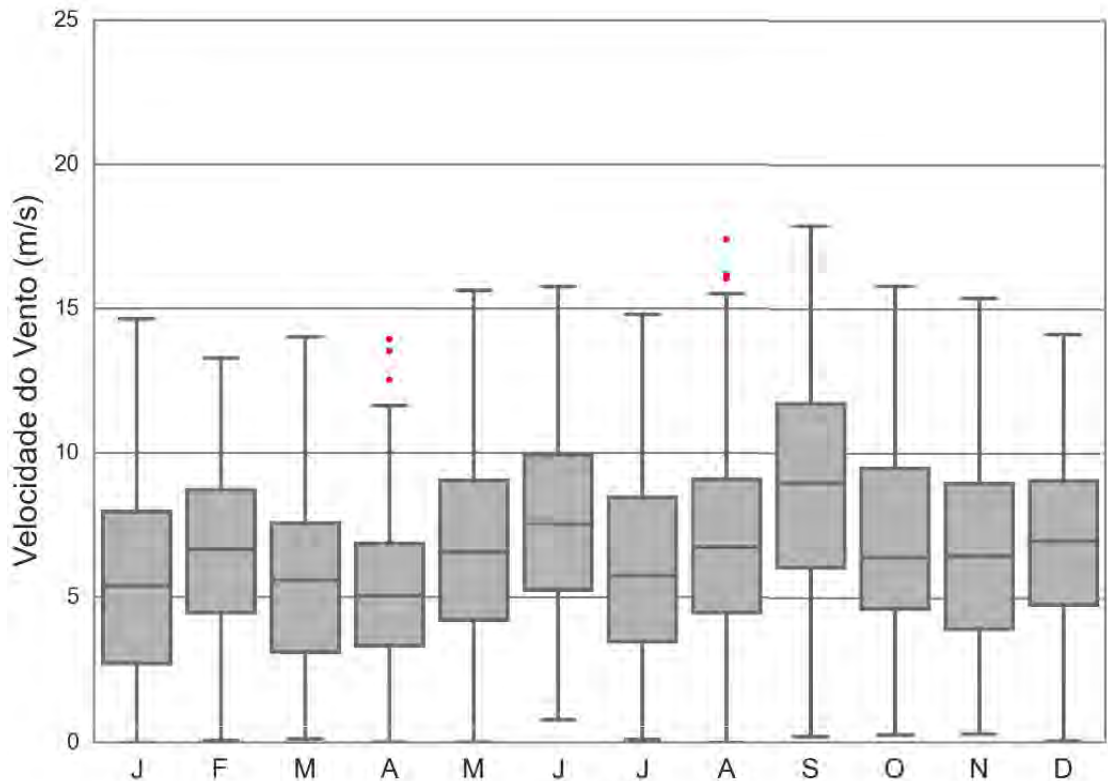


Gráfico II.5.1.1.1.2-45– Box-plot da intensidade do vento medido na estação da plataforma MLZ1 para o período de 2006 a 2007. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Para melhor caracterização da área de estudo quanto ao regime de ventos, analisou-se uma série de dados de reanálise ERA 5 no período de 1979 a 2020. Do **Gráfico II.5.1.1.1.2-46** ao **Gráfico II.5.1.1.1.2-49** são apresentadas as rosas direcionais do vento para os meses e estações do ano. Durante o verão e a primavera observa-se a predominância de ventos de NE e E, influenciados pelo ASAS e seu deslocamento sazonal. No outono e inverno, os ventos de NE e E também são os mais frequentes, no entanto, nota-se uma ocorrência maior de ventos de SE, indicando o aumento da passagem de frentes frias pela região durante esta época do ano.

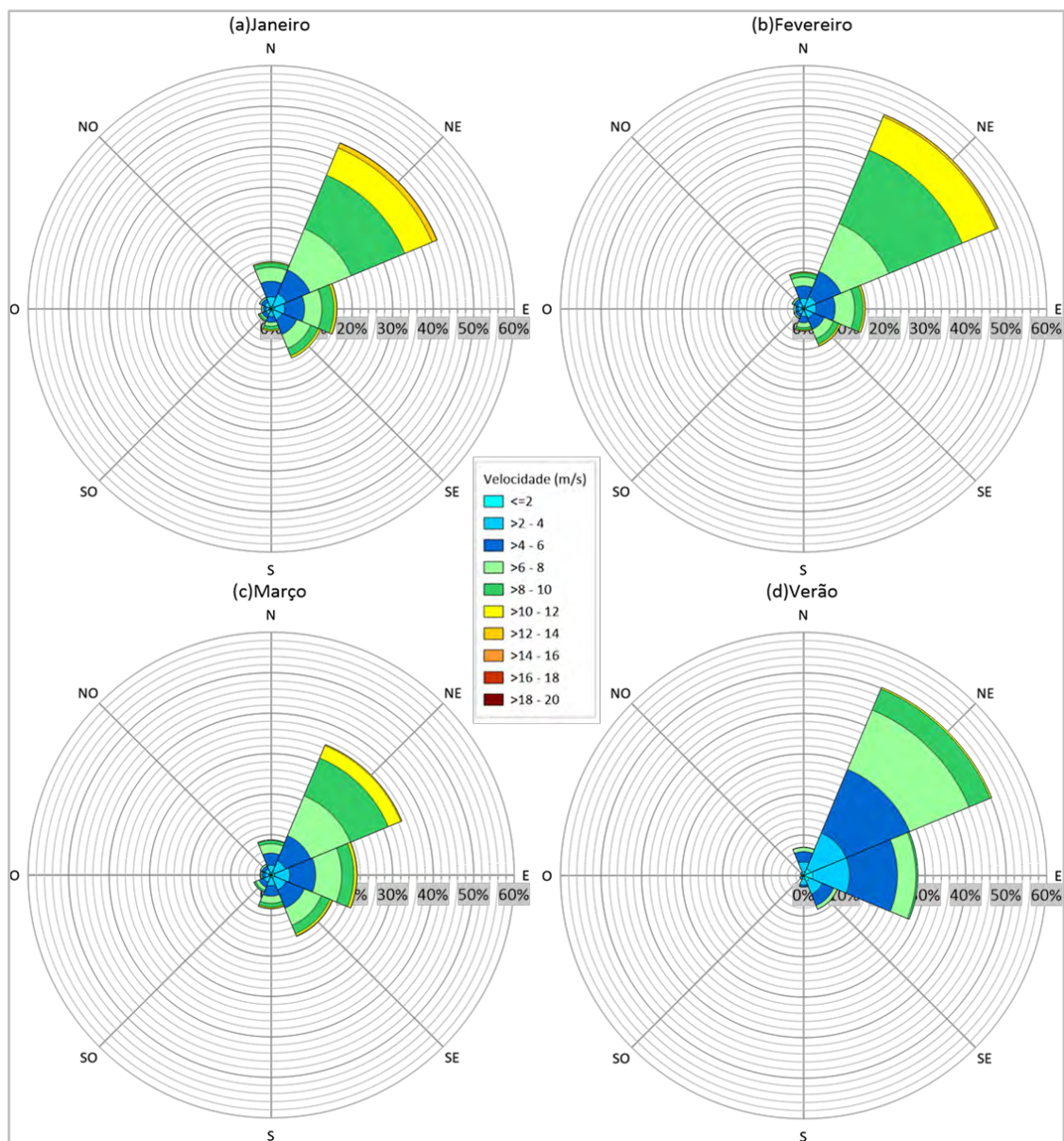


Gráfico II.5.1.1.1.2-46– Rosas direcionais mensais de janeiro (a), fevereiro (b), março (c) e sazonal de verão (d), referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

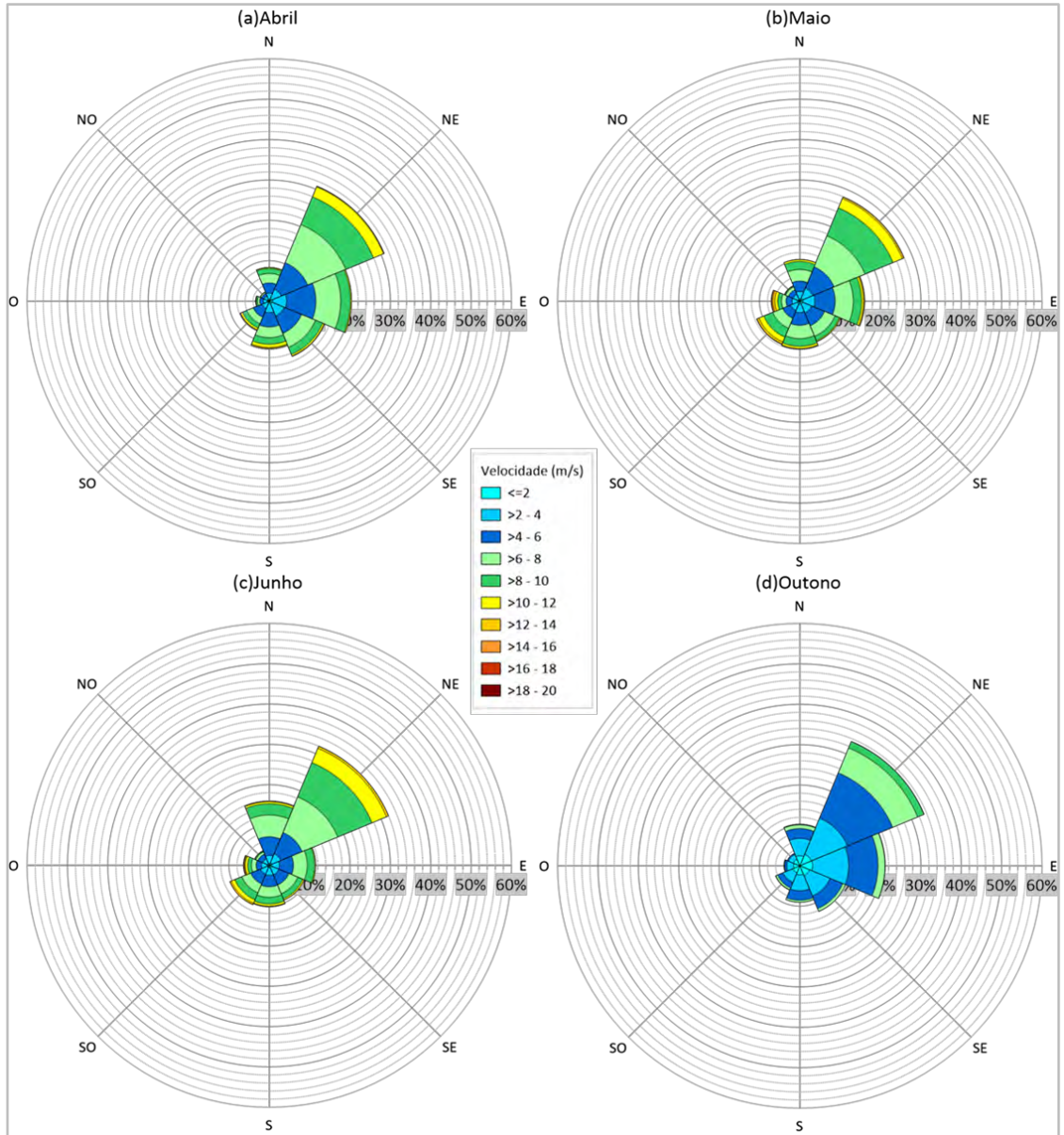


Gráfico II.5.1.1.1.2-47– Rosas direcionais mensais de abril (a), maio (b), junho (c) e sazonal de outono (d), referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

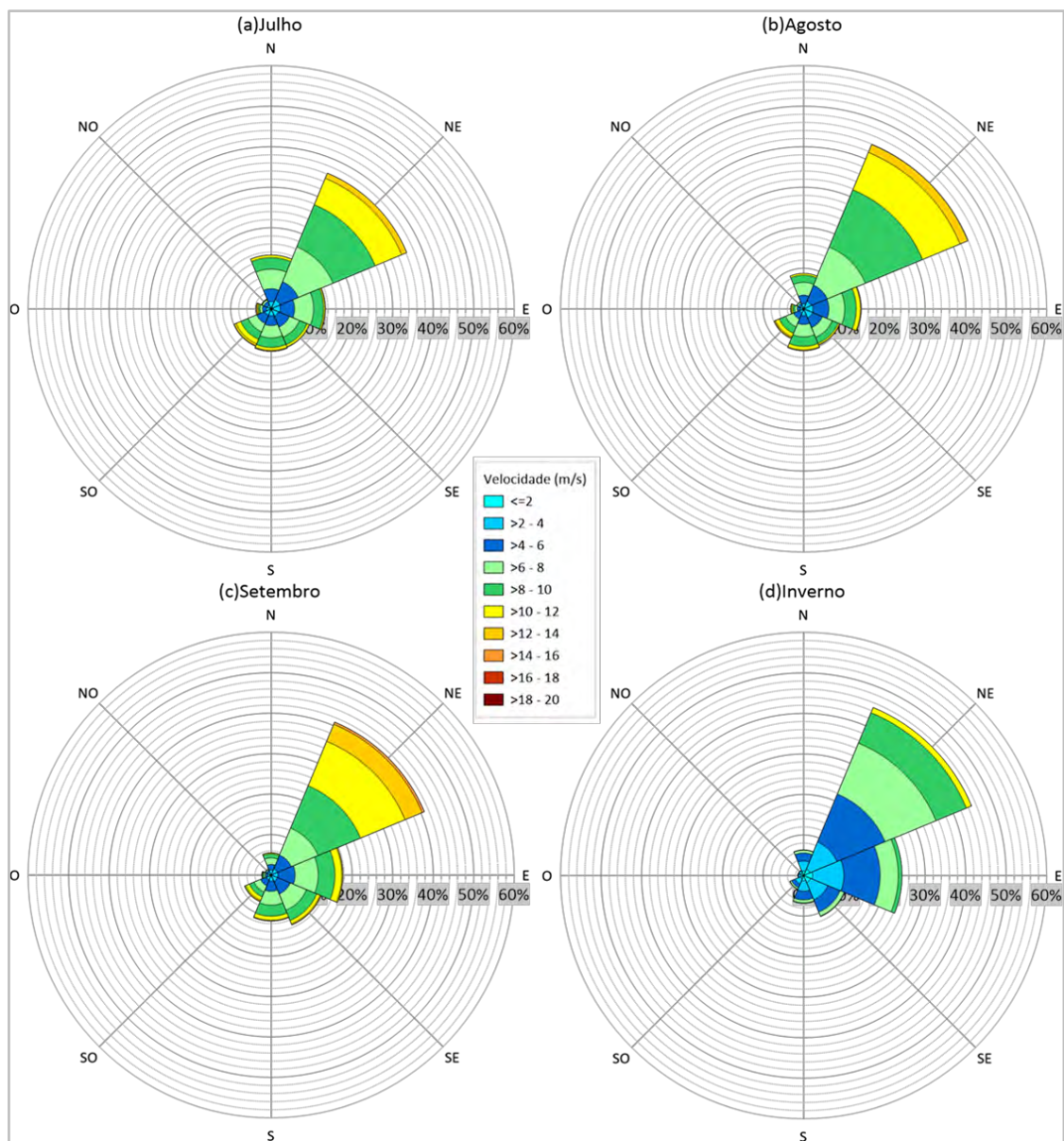


Gráfico II.5.1.1.1.2-48– Rosas direcionais mensais de julho (a), agosto (b), setembro (c) e sazonal de inverno (d), referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

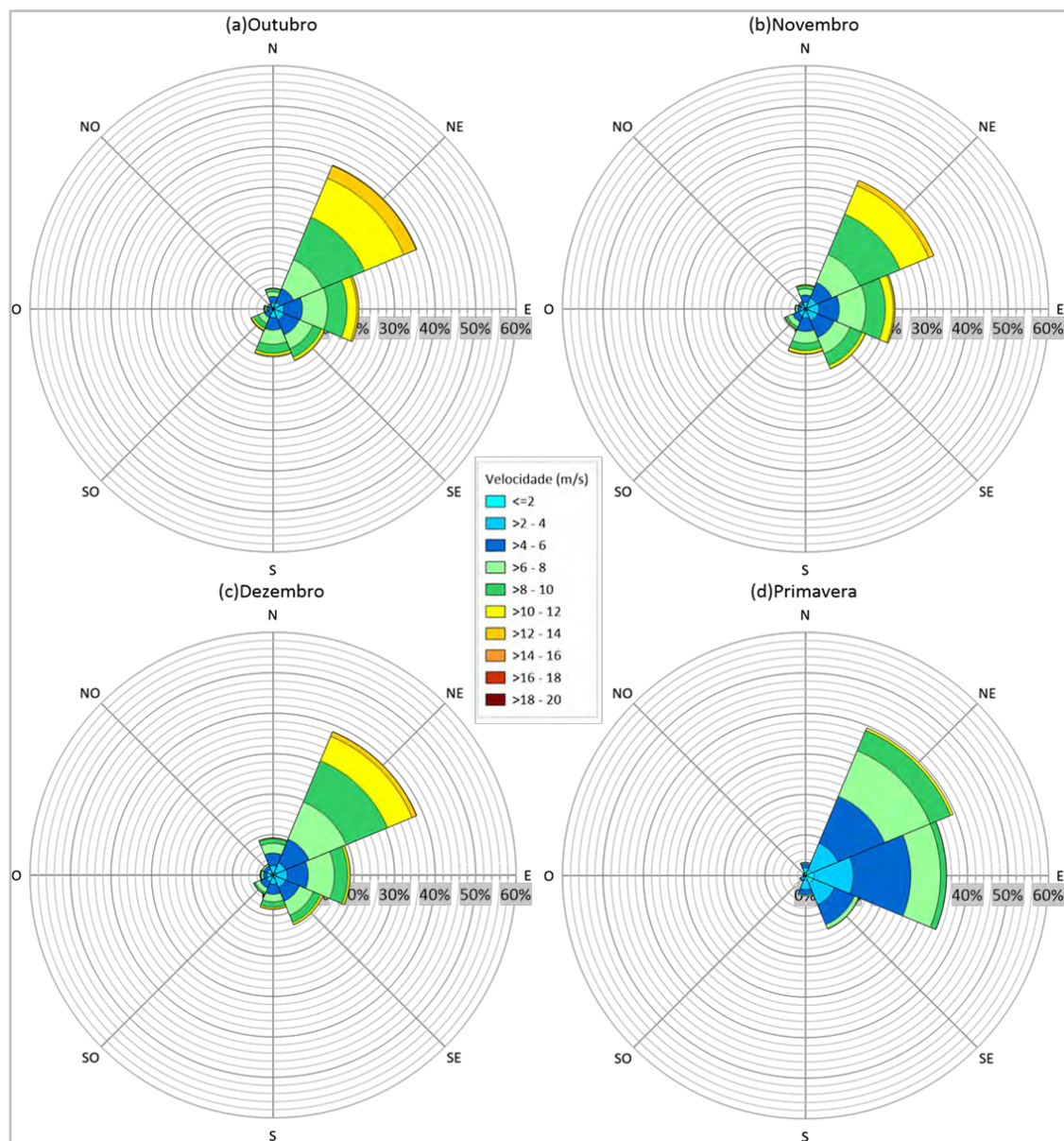


Gráfico II.5.1.1.1.2-49– Rosas direcionais mensais de outubro (a), novembro (b), dezembro (c) e sazonal de primavera (d), referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

O **Quadro II.5.1.1.1.2-93** apresenta o diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento no verão, descrevendo o padrão de ventos para o ponto de análise conforme dados do ERA 5. Nesta estação do ano predominam os ventos de NE (50,2%) e de E (28,2%) com velocidades médias de 5,6 m/s e 4,4 m/s e máximas de 11,8 m/s (máxima do verão) e 10,1 m/s, respectivamente. No outono (**Quadro II.5.1.1.1.2-94**), também predominam os ventos de NE (33,3%) e

de E (21,1%), com velocidades médias de 4,6 m/s e 3,7 m/s e máximas de 11,0 m/s (máxima da estação) e 9,3 m/s, respectivamente. Os ventos de SE (12,2%) e de S (9,0%) se tornam mais frequentes nesta estação, evidenciando o aumento da passagem de frentes frias. Durante o inverno (**Quadro II.5.1.1.1.2-95**), os ventos são predominantemente de NE (44,8%) e de E (24,2%), com velocidades médias de 6,0 m/s e 4,5 m/s, alcançando máximas de 12,1 m/s (máxima da estação) e 10,1 m/s, respectivamente. Os ventos de SE permanecem frequentes (10,9%) e mais intensos que nas estações anteriores, atingindo velocidade máxima de 10,8 m/s. Na primavera (**Quadro II.5.1.1.1.2-96**), os ventos são mais frequentes de NE (39,4%) e de E (34,8%), com velocidades médias de 5,7 m/s e 4,8 m/s e máximas de 11,9 m/s (máxima da estação) e 10,7 m/s. O aumento dos ventos provenientes de E está relacionado com o padrão de deslocamento do ASAS. Os ventos de SE também são registrados com durante a primavera (14,3%).

Quadro II.5.1.1.1.2-93– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o verão (janeiro a março), conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 2.0	1.85	2.26	1.53	0.88	0.61	0.34	0.56	0.94	8.99
2.0 - 4.0	9.53	9.12	3.45	1.49	0.38	0.22	0.36	2.43	26.97
4.0 - 6.0	16.95	11.75	3.04	0.47	0.07	0.02	0.04	2.53	34.87
6.0 - 8.0	15.89	4.59	0.94	0.04	0.01	0.00	0.00	1.01	22.48
8.0 - 10.0	5.66	0.46	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	6.28
10.0 - 12.0	0.39	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	50.28	28.20	9.03	2.88	1.07	0.59	0.95	7.01	-
Média (m/s)	5.61	4.42	3.83	2.74	2.04	1.90	1.91	4.11	-
Máximo (m/s)	11.82	10.19	10.29	8.22	6.62	4.54	4.71	9.60	-

Quadro II.5.1.1.1.2-94– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o outono (abril a junho), conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 2.0	3.08	3.17	2.60	2.24	1.88	1.57	1.76	2.49	18.79
2.0 - 4.0	9.68	8.97	5.48	3.96	2.61	1.69	1.28	4.29	37.96
4.0 - 6.0	12.13	7.24	3.41	2.37	1.45	0.52	0.31	2.44	29.86
6.0 - 8.0	6.70	1.72	0.74	0.48	0.50	0.13	0.01	0.91	11.18
8.0 - 10.0	1.68	0.10	0.03	0.01	0.11	0.04	0.00	0.17	2.13
10.0 - 12.0	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	33.34	21.19	12.26	9.06	6.55	3.94	3.36	10.30	-
Média (m/s)	4.69	3.75	3.38	3.26	3.28	2.65	2.17	3.44	-
Máximo (m/s)	11.07	9.32	8.39	8.50	9.66	8.60	6.24	10.18	-

Quadro II.5.1.1.1.2-95– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o inverno (julho a setembro), conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 2.0	1.69	2.22	1.86	1.31	0.82	0.75	0.75	1.13	10.54
2.0 - 4.0	7.23	7.72	4.60	2.57	1.43	0.47	0.53	2.47	27.02
4.0 - 6.0	12.86	8.96	3.30	2.13	0.97	0.23	0.13	1.96	30.53
6.0 - 8.0	13.60	4.47	1.07	0.72	0.37	0.01	0.02	0.68	20.95
8.0 - 10.0	8.11	0.92	0.12	0.12	0.14	0.00	0.00	0.12	9.51
10.0 - 12.0	1.39	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.44
12.0 - 14.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	44.88	24.29	10.96	6.87	3.74	1.46	1.44	6.36	-
Média (m/s)	6.03	4.52	3.74	3.76	3.68	2.29	2.18	3.82	-
Máximo (m/s)	12.13	10.11	10.85	10.49	9.70	6.97	7.92	9.85	-

Quadro II.5.1.1.1.2-96– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para a primavera (outubro a dezembro), conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 2.0	1.56	2.10	2.06	1.07	0.52	0.34	0.44	0.75	8.84
2.0 - 4.0	7.09	9.71	5.70	2.40	0.76	0.20	0.28	1.21	27.36
4.0 - 6.0	12.49	14.18	5.31	1.28	0.27	0.05	0.07	1.00	34.66
6.0 - 8.0	12.22	7.34	1.11	0.32	0.06	0.01	0.00	0.28	21.34
8.0 - 10.0	5.42	1.44	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	7.05
10.0 - 12.0	0.67	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76
12.0 - 14.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14.0 - 16.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18.0 - 20.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	39.45	34.85	14.33	5.08	1.61	0.60	0.79	3.29	-
Média (m/s)	5.77	4.81	3.83	3.31	2.85	2.07	2.02	3.59	-
Máximo (m/s)	11.94	10.79	9.76	7.91	7.19	6.90	5.27	10.06	-

A análise do box-plot (**Gráfico II.5.1.1.1.2-50**), produzido com base nos dados de reanálise do ERA 5 para intensidade do vento ao longo dos meses, mostra que as velocidades estão centradas entre 6,0 m/s e 8,0 m/s. Em média, a velocidade é de 6,7 m/s, e o inverno e a primavera são as estações do ano com maior intensidade de ventos. O número alto de *outliers* pode ser explicado pelo tamanho da série analisada que abrange desde o ano de 1979 até 2020.

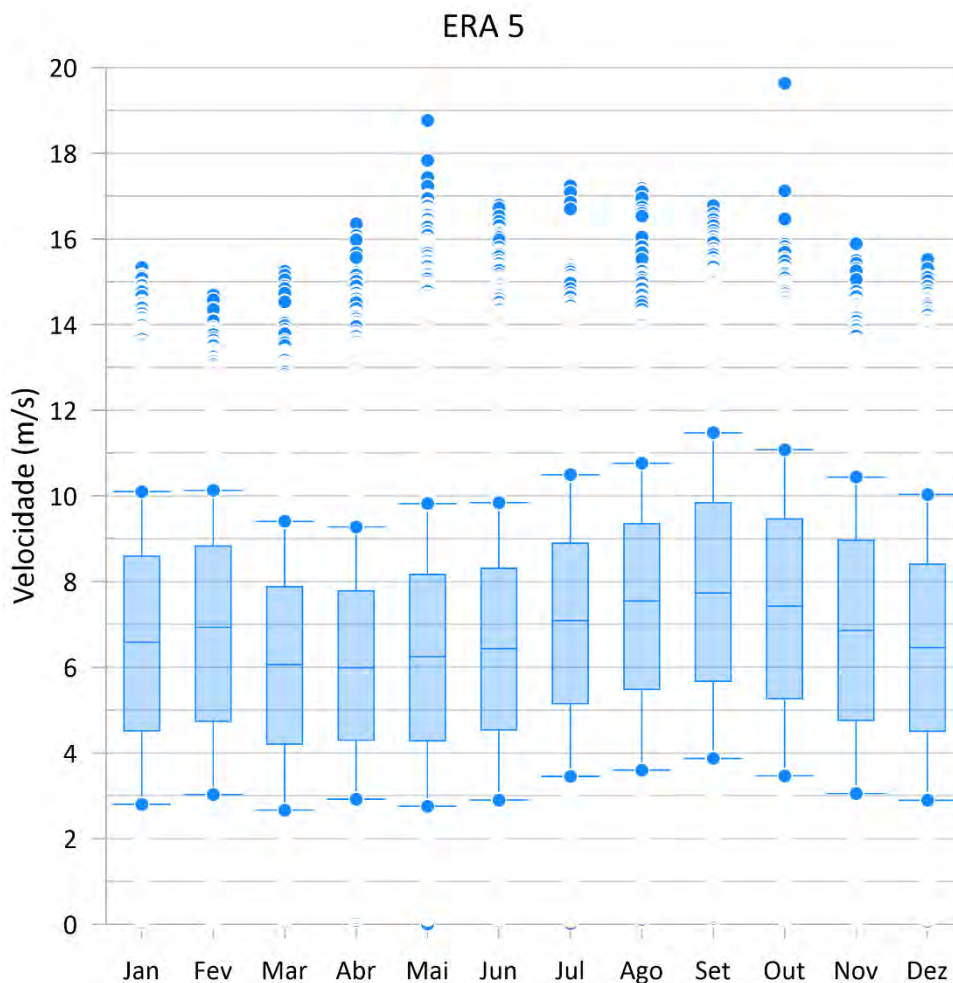


Gráfico II.5.1.1.1.2-50– Box-plot (percentil 10%, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, percentil 90%) da intensidade do vento (m/s) conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Os pontos representam os outliers.

De maneira complementar, a **Figura II.5.1.1.1.2-98** apresenta *stickplots* mensais para o ano de 2004 (ano da modelagem de deriva de óleo). Observa-se um regime de ventos predominante de NE (e sua persistência ao longo dos dias), com inversões para o quadrante sul durante o ano, em decorrência da passagem de frentes frias pela região.

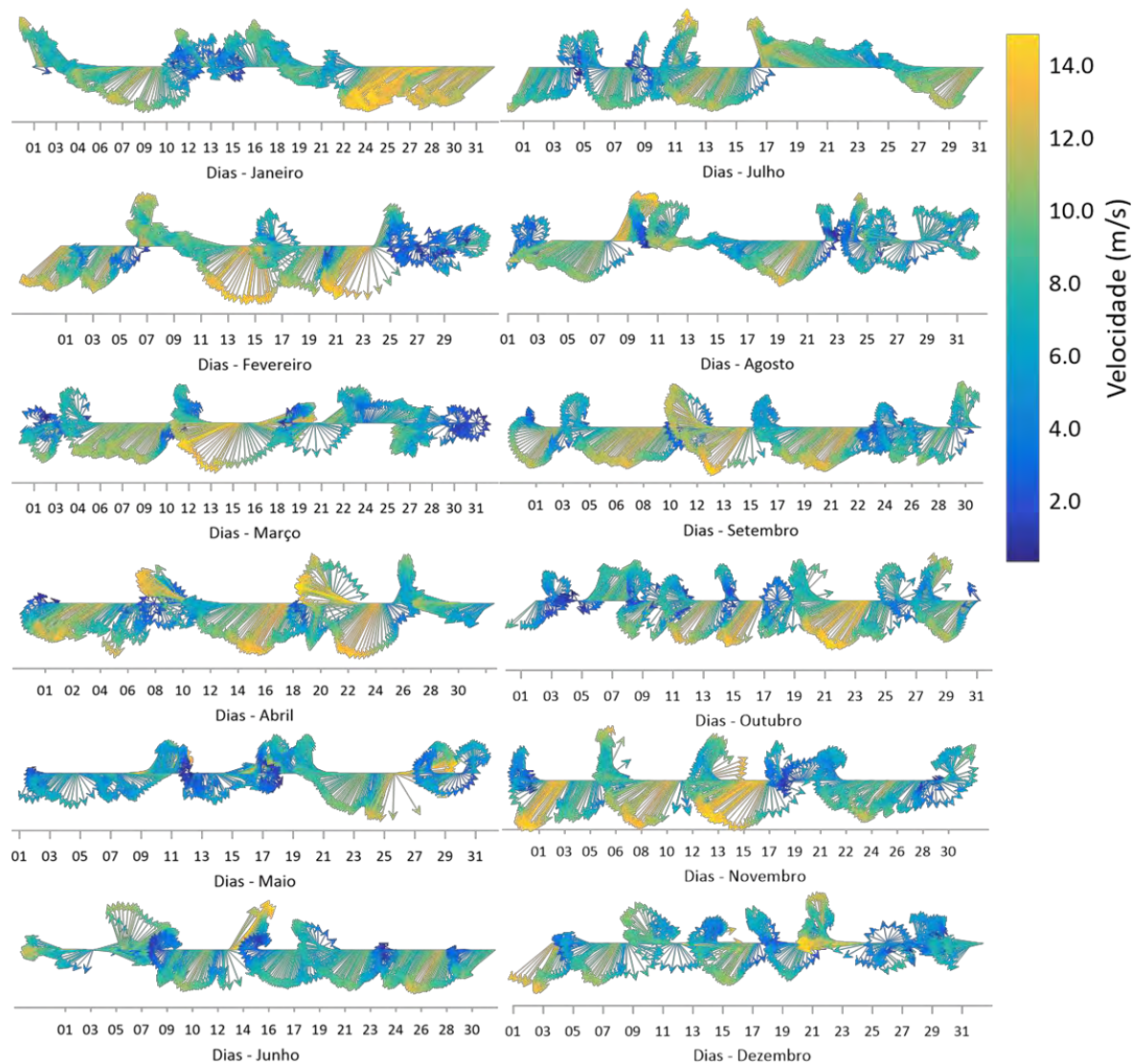


Figura II.5.1.1.1.2-98– Stickplots mensais da velocidade e direção do vento no ano de modelagem (2004), meses de janeiro a dezembro, segundo dados da reanálise ERA 5 no ponto de análise.

II.5.1.1.1.3 Caracterização dos fenômenos de microescala

Em microescala, um fenômeno menos conhecido e com registros incertos e pouco frequentes na área de estudo são as trombas d'água. Este é um fenômeno meteorológico que visualmente se assemelha a um tornado, porém a sua origem tem uma dinâmica diferente. A tromba d'água não depende da existência de uma super-célula (ao contrário do tornado) e tem como um dos principais fatores de formação, o forte cisalhamento horizontal do vento. Além disso, a tromba d'água se

forma sobre uma superfície líquida, e assim captura umidade e tem um ciclo de vida curto, da ordem de alguns minutos, com ventos, em média, de aproximadamente 30 m/s (GOLDEN, 1974).

De forma geral, esta formação é um vórtice intenso, visível sob a forma de uma nuvem colunar, em formato de funil estreito, girando rapidamente em volta de si mesma, ligado à superfície da água e a base de uma nuvem cumuliforme. Mesmo tendo a semelhança com um tornado, os danos causados pelas trombas d'água não costumam ser significativos devido aos ventos associados. Um dos fatores que dificulta o registro e a identificação deste fenômeno é que por não ter sua formação dependente de uma super-célula, não há como identificá-lo através de imagens de radar ou de imagens de satélite. Dependendo, desta forma, só de registros visuais.

NUNES e BONA (2011) analisaram os registros de tornados e trombas d'água durante o período entre 1991 e 2010, distinguindo as ocorrências dos dois fenômenos. Dos 205 eventos tornáticos identificados, 38 (19%) foram de trombas d'água e os estados com maior ocorrência foram: São Paulo (14 municípios), para tornados, e Rio de Janeiro (12 municípios), para trombas d'água. Foi concluído que este fenômeno não está ligado as variações sazonais, ou seja, pode ocorrer durante todo o ano.

II.5.1.1.1.4 Identificação de Sazonalidade

Neste item, as séries de dados dos parâmetros meteorológicos foram analisadas visando à identificação da presença de variações intra-anuais na área de estudo, em especial do regime de ventos. Uma análise global e integrada dos resultados apresentados em formas de gráficos e tabelas na análise de mesoescala (**item II.5.1.1.1.2**) evidencia um padrão sazonal, principalmente no regime de ventos, relacionado à variação de posição e intensidade do ASAS, bem como à perturbação causada por passagens de sistemas frontais.

As variações sazonais das variáveis estão relacionadas também direta ou indiretamente com a variação da intensidade da radiação solar ao longo do ano, fato que advém da obliquidade do eixo da terra em relação à eclíptica (plano da órbita da terra em torno do sol). Considerando-se que o vento é a variável

meteorológica que pode apresentar maiores riscos à atividade *offshore*, a variabilidade intra-anual da mesma foi utilizada como principal orientadora da divisão sazonal para a área de estudo.

A partir dos dados de reanálise ERA 5 no ponto de análise verifica-se que ventos superiores a 10 m/s são mais frequentes no inverno (**Quadro II.5.1.1.1.2-95**) e na primavera (**Quadro II.5.1.1.1.2-96**) e a estação do ano com ventos mais fracos é o outono (**Quadro II.5.1.1.1.2-94**). No verão (**Quadro II.5.1.1.1.2-93**), a frequência de ventos no quadrante sul é inferior às demais direções, o que concorda com a reduzida passagem de sistemas transientes na área de estudo nesta estação do ano. Ao longo do ano, os ventos sopram predominantemente com intensidade moderada (média 6,7 m/s) e, com relação à direção do vento, nota-se que a maior frequência ocorre na direção de NE. Tais ventos estão associados à atuação do ASAS na região.

Os ventos fortes do quadrante sul estão em geral associados à penetração de sistemas transientes na região, tais como sistemas frontais, ciclones extratropicais e subtropicais. Contudo, ressalta-se que ao longo do ano as velocidades médias dos ventos de NE são superiores aos ventos das demais direções. Isto demonstra que os ventos intensos de NE que ocorrem antes da entrada dos sistemas frontais são, em média, mais intensos que os ventos de quadrante sul que sopram após a entrada de tais sistemas.

Em termos de estatísticas de ocorrência de frentes frias, o estudo de OLIVEIRA (1986) dividiu a América do Sul em quatro faixas de latitude (bandas) (**Figura II.5.1.1.1.4-1**). Na área de estudo, localizada na “banda C” os trimestres de primavera (SON) e de inverno (JJA) são aqueles em que as frentes atingem a faixa da Bacia de Santos com maior frequência, com médias de 4,3 ocorrências por mês no período de primavera e 4 ocorrências por mês no inverno. O trimestre de verão (DJF) é o que apresenta menor frequência de sistemas frontais na região, com média de 3 ocorrências mensais.

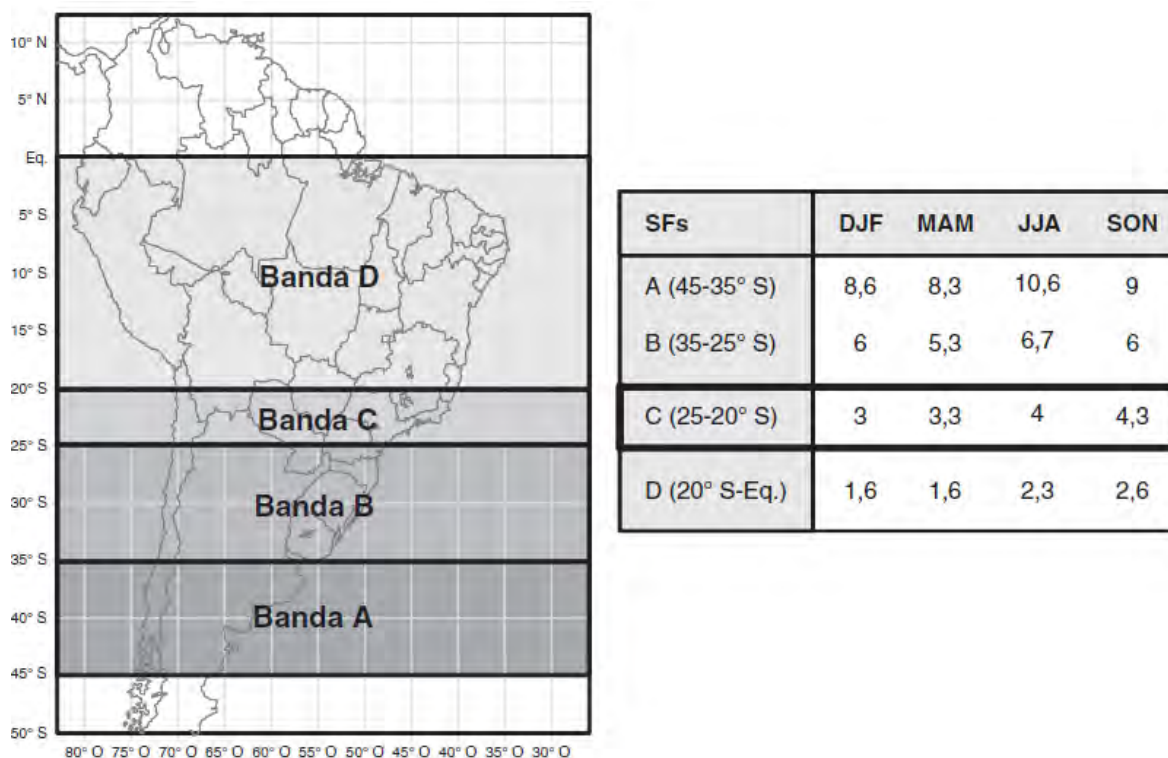


Figura II.5.1.1.1.4-1– Frequência média mensal de ocorrência de frentes frias por faixas de latitude (adaptado de OLIVEIRA, 1986). O retângulo preto na tabela (banda C) representa a faixa de latitudes em que se encontra a área de estudo na Bacia de Santos.

Diante das características apresentadas com relação ao regime de ventos na área de estudo, considera-se a existência de dois períodos contrastantes: o período de janeiro a junho e o período de julho a dezembro. A partir desta demarcação sazonal, apresenta-se a seguir um quadro resumindo os valores médios de cada variável durante os dois períodos sazonais (**Quadro II.5.1.1.1.4-1**). Estes valores foram obtidos a partir de uma análise global das séries de dados disponíveis das estações meteorológicas costeiras do INMET selecionadas (Rio de Janeiro, Ubatuba, Santos, Paranaguá e Florianópolis) e do ponto de análise do ERA 5 representativo para a região oceânica da área de estudo.

Quadro II.5.1.1.1.4-1– Valores dos parâmetros meteorológicos obtidos a partir da análise integrada das séries de dados disponíveis utilizados para a caracterização da área de estudo na Bacia de Santos nos períodos definidos: Período 1 – janeiro a junho e Período 2 – julho a dezembro.

	Período 1 (Janeiro a Junho)	Período 2 (Julho a Dezembro)
Temperatura do Ar (°C)	23,47	21,30
Precipitação (mm/dia)	5,35	4,15
Insolação (h/dia)	5,36	4,52
Evaporação (mm)	2,86	2,76
Umidade Relativa do Ar (%)	81,52	80,70
Pressão Atmosférica (hPa)	1013,22	1014,98
Velocidade Média Vento (m/s)	6,36	7,12
% Vento Velocidade acima 10 m/s	34 (n=15.659)	66 (n=30.398)

Em resumo, o Período 1 pode ser definido como um período mais quente e úmido, com maior incidência de chuvas e com ventos predominantemente de nordeste e menos intensos. Por outro lado, o Período 2 apresenta menores temperaturas, menor precipitação e maior ocorrência de ventos do quadrante sul, associados a maior frequência de entrada de frentes frias, ainda que os ventos de NE sejam predominantes na área de estudos.

II.5.1.1.1.5 Identificação de fenômenos meteorológicos extremos

O termo “eventos extremos” indica os maiores (ou menores) valores de uma variável em um determinado número de observações (WILKS, 1995). Sendo assim, para caracterizar as condições extremas foram considerados os maiores valores da velocidade do vento. Uma vez que a intensidade mínima dos ventos é zero, associado a condição de calmaria, esta não se caracteriza uma condição extrema do regime de ventos.

Foram utilizados dois critérios para selecionar os eventos extremos, sendo eles:

- 1) Valor médio mais um desvio padrão – representando aproximadamente o percentil de 85%.

- 2) Valor médio mais dois desvios padrão – representando aproximadamente o percentil de 95%.

A caracterização dos eventos extremos de vento foi realizada para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020 com base nos dados da reanálise ERA 5 para o ponto de análise selecionado. Para o critério 1 o valor limite foi de 12,4 m/s e para o critério 2 de 13,1 m/s.

No **Gráfico II.5.1.1.1.5-1** que apresenta as rosas de ventos dos eventos extremos de acordo com o primeiro e o segundo critérios, observa-se que a maior parte dos eventos extremos de vento foi de direção NE, em função da sua predominância anteriormente descrita, associados à influência da circulação da ASAS. A análise da ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos para o referido ponto de análise (**Quadro II.5.1.1.1.5-1** e **Quadro II.5.1.1.1.5-2**), mostrou que para ambos critérios adotados ventos predominantemente de nordeste atuam em condições extremas com intensidade máxima de 15,3 m/s.

No período de inverno (destaque para o mês de setembro) e primavera são contabilizadas as maiores quantidades de eventos extremos de velocidade do vento para o critério 1 e no inverno para o critério 2 (**Quadro II.5.1.1.1.5-3** e **Gráfico II.5.1.1.1.5-2**, direita). Durante a passagem de frentes frias os ventos em superfície, originalmente de nordeste, rondam em sentido anti-horário, para sudoeste e sul. Após a passagem dos sistemas frontais, o vento passa a ser de sudeste e leste, com o estabelecimento do regime de alta pressão do Atlântico Sul, próximo à região Sudeste. Esta situação pode permanecer persistente, dependendo das condições atmosféricas em escala maior. A variação interanual da quantidade de eventos extremos no período de 1979 a 2020, apresentada no **Gráfico II.5.1.1.1.5-2** (esquerda), destaca os anos de 2007, 1989 e 2001, no entanto, os resultados não apresentam tendência de aumento ou diminuição na quantidade de eventos extremos de vento ao longo do período analisado.

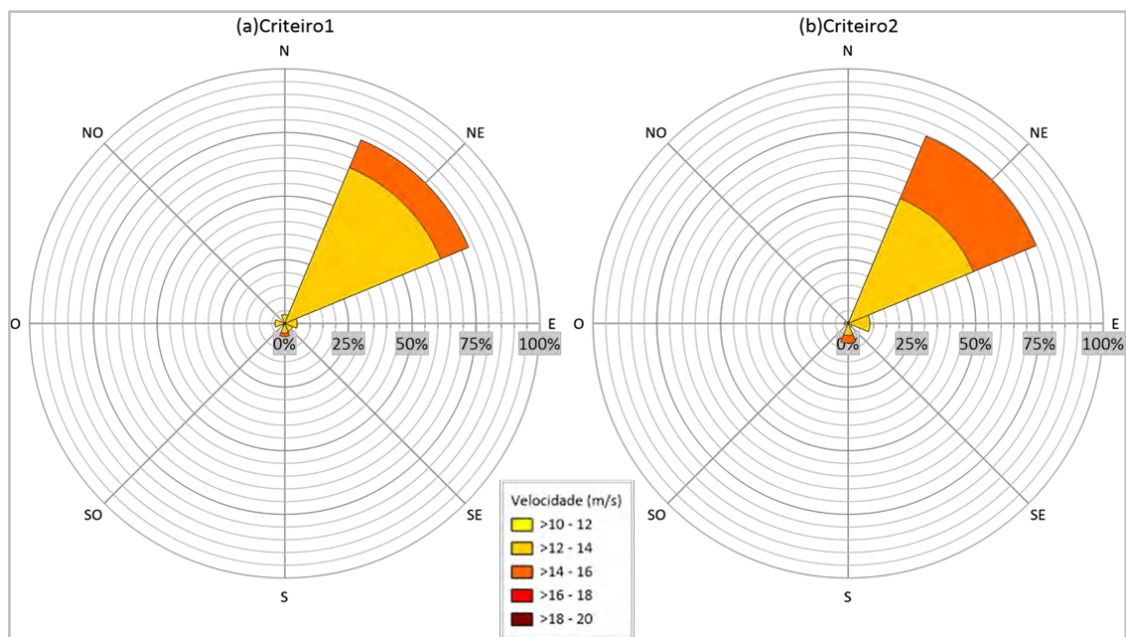


Gráfico II.5.1.1.5-1– Rosas direcionais para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, referente ao campo de vento a 10m conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

Quadro II.5.1.1.5-1– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro critério, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
12.0 - 14.0	66.20	4.88	3.48	3.83	1.05	3.83	0.00	3.48	86.76
14.0 - 16.0	11.85	0.00	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	13.24
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	78.17	4.88	3.48	5.24	1.05	3.83	0.00	3.48	-
Média (m/s)	13.27	13.50	12.99	13.46	12.66	12.84	0.00	12.85	-
Máximo (m/s)	15.53	13.99	13.97	14.14	12.84	13.56	0.00	13.36	-

Quadro II.5.1.1.1.5-2– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do vento para o para eventos extremos de vento selecionados pelo segundo critério, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
12.0 - 14.0	53.13	8.59	1.56	4.69	0.00	1.56	0.00	0.78	70.31
14.0 - 16.0	26.56	0.00	0.00	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	29.69
16.0 - 18.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	79.95	8.59	1.56	7.84	0.00	1.56	0.00	0.78	-
Média (m/s)	13.88	13.70	13.74	13.81	0.00	13.37	0.00	13.36	-
Máximo (m/s)	15.53	13.99	13.97	14.14	0.00	13.56	0.00	13.36	-

Quadro II.5.1.1.1.5-3– Número de eventos extremos por meses e estações do ano conforme dados da reanálise ERA 5 no ponto de análise para o período de 1979 a 2020.

	Critério 1			Critério 2		
	Total	Média (m/s)	%	Total	Média (m/s)	%
Janeiro	283	13.2	3.5%	118	13.9	1.5%
Fevereiro	99	13.1	1.2%	39	13.7	0.5%
Março	102	13.2	1.3%	38	13.8	0.5%
Verão	484	13.2	6.0%	195	13.8	2.4%
Abril	170	13.4	2.1%	82	14.1	1.0%
Maio	576	13.7	7.2%	335	14.4	4.2%
Junho	397	13.6	4.9%	218	14.2	2.7%
Outono	1143	13.6	14.2%	635	14.2	7.9%
Julho	532	13.2	6.6%	223	13.9	2.8%
Agosto	572	13.2	7.1%	202	13.9	2.5%
Setembro	1259	13.4	15.6%	642	13.9	8.0%
Inverno	2363	13.3	29.4%	1067	13.9	13.3%
Outubro	880	13.2	10.9%	366	13.8	4.5%
Novembro	369	13.1	4.6%	128	13.7	1.6%
Dezembro	287	13.2	3.6%	128	13.8	1.6%
Primavera	1536	13.2	19.1%	622	13.8	7.7%



Gráfico II.5.1.1.1.5-2– Variação interanual da quantidade de eventos extremos relacionado ao dado horário de vento (esquerda) e variação sazonal do percentual de ocorrências dos eventos extremos (direita) ocorridos conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

Complementarmente, analisou-se os dados provenientes das unidades marítimas da PETROBRAS, FPSO Cidade de Angra dos Reis e plataforma MLZ1, cujos dados foram extraídos de PETROBRAS/TETRATECH (2016). Os critérios utilizados são os mesmos descritos anteriormente.

Para o FPSO Cidade de Angra dos Reis, os valores de corte no primeiro e no segundo critério são 11,8 m/s e 15,1 m/s, respectivamente. Para ambos critérios os ventos mais frequentes são de NE, relacionados a localização da estação de medição e posição do ASAS (**Gráfico II.5.1.1.1.5-3**). A maior quantidade de eventos extremos de velocidade do vento ocorre no inverno para o primeiro critério e na primavera para o segundo critério (**Quadro II.5.1.1.1.5-4**).

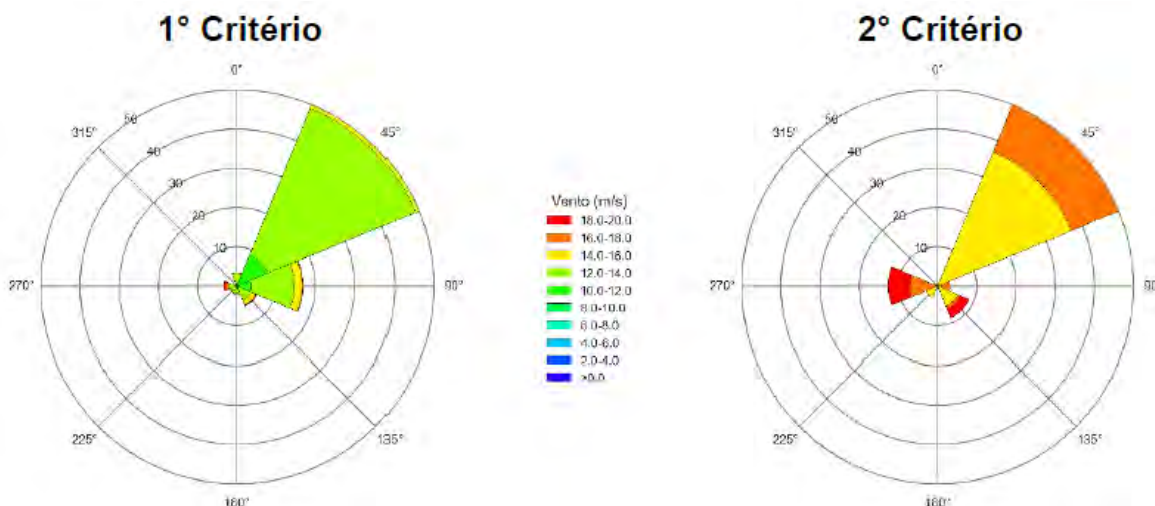


Gráfico II.5.1.1.1.5-3– Rosas direcionais para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, referente ao campo de vento, conforme os dados do FPSO Cidade de Angra dos Reis. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.5-4– Número de eventos extremos por estações do ano conforme dados do FPSO Cidade de Angra dos Reis (2011 e 2012). Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Estação do ano	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	379	189,5	17,4	11	5,5	0,5
Outono	104	52,0	4,8	7	3,5	0,3
Inverno	589	294,5	26,7	42	21,0	1,9
Primavera	429	214,5	20,4	72	36,0	3,4

No **Gráfico II.5.1.1.1.5-4** é apresentada a rosa dos ventos dos eventos extremos registrados na plataforma MLZ1. O valor de corte no primeiro critério é de 9,8 m/s e no segundo critério de 13,0 m/s. Considerando os dois critérios utilizados, os ventos de NE são os mais frequentes, relacionados ao ASAS e a localização da estação de medição. No entanto, os ventos mais intensos são do quadrante S, associados às perturbações ocasionadas pela passagem de frentes frias na região. Os eventos extremos de velocidade do vento são mais frequentes no inverno no primeiro critério e na primavera no segundo critério (**Quadro II.5.1.1.1.5-5**).

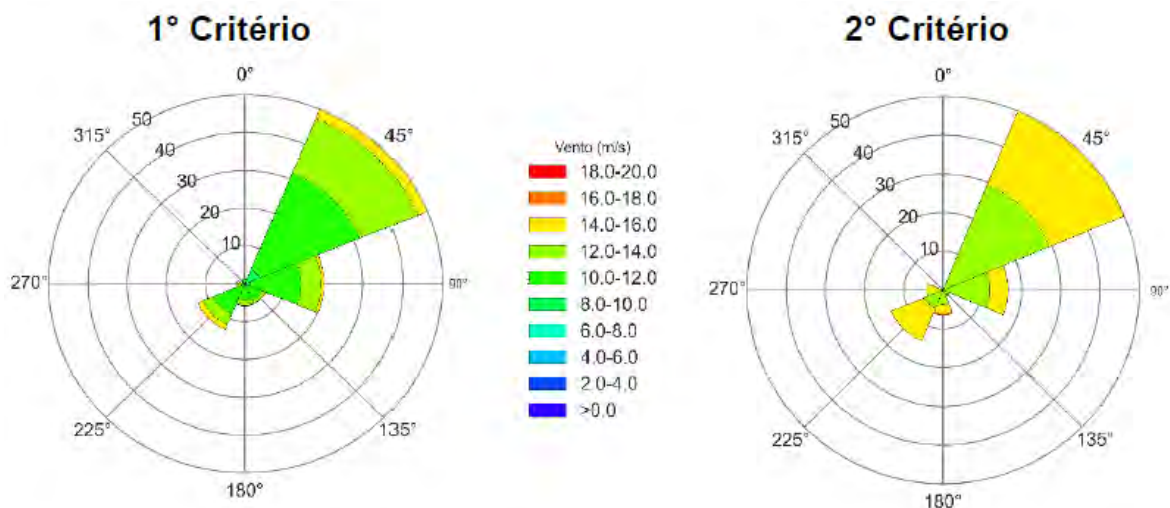


Gráfico II.5.1.1.1.5-4– Rosas direcionais para eventos extremos de vento selecionados pelo primeiro e segundo critérios, referente ao campo de vento, conforme os dados da plataforma MLZ1. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.1.5-5– Número de eventos extremos por estações do ano conforme dados da plataforma MLZ1 (2006 a 2007). Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Estação do ano	1º CRITÉRIO			2º CRITÉRIO		
	Total	Média por ano	%	Total	Média por ano	%
Verão	273	136,5	13,0	15	7,5	0,7
Outono	359	179,5	16,7	42	21,0	1,9
Inverno	381	190,5	21,5	96	48,0	5,4
Primavera	423	211,5	19,7	65	32,5	3,0

Considerações Finais

A região SE do Brasil encontra-se numa área de transição entre os climas quentes de latitudes baixas e mesotérmicos (do tipo temperado) de latitudes médias (SILVA DIAS e MARENGO, 1999). Os principais sistemas de grande escala que interferem na meteorologia local são o ASAS (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), e sistemas transientes, como ciclones extratropicais, frentes frias e a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul). Periodicamente, a situação induzida pelo ASAS, caracterizada por ventos vindos de NE, com intensidade de fraca a

moderada e de céu sem nebulosidade, é perturbada pelo deslocamento de sistemas frontais.

Os parâmetros meteorológicos analisados no presente diagnóstico apontam sazonalidade bem definida, em decorrência a localização da latitude afastada do Equador. A variação de temperatura do ar é caracterizada por mínimos no inverno e máximos no verão, sendo fevereiro em geral o mês mais quente e julho o mais frio. As estações localizadas mais ao sul, Florianópolis e Paranaguá, apresentam temperaturas médias inferiores às demais estações analisadas (Santos, Ubatuba Rio de Janeiro e oceano). A pressão atmosférica que é caracterizada pelo padrão inverso ao da temperatura, apresenta valores mínimos no verão e máximos no inverno, apresentando pouca variabilidade espacial. A umidade relativa do ar mostra pequena variabilidade nos valores médios ao longo do ano tanto na região costeira quanto oceânica, com elevada amplitude entre os mínimos e máximos mensais, indicando o caráter de variação deste parâmetro mais significativo em curtos períodos (ciclo diurno) do que sazonalmente. A insolação é maior no verão e menor a partir do final do inverno e início da primavera e, como consequência, o mesmo padrão é verificado para a evaporação. O regime de precipitação aponta um período mais chuvoso durante o verão e menores volumes de chuva durante o inverno, como é característico na região de interesse. Ao longo do ano, climatologicamente, a intensidade média dos ventos é controlada pela posição do ASAS em relação à área de estudo. A direção dos ventos é predominantemente de nordeste nas quatro estações do ano, com velocidades médias superiores aos ventos provenientes de outras direções. A situação de estabilidade é frequentemente perturbada pela penetração de sistemas frontais e outros distúrbios na região, aumentando a frequência de ventos do quadrante sul.

II.5.1.1.2 – Oceanografia

O presente relatório apresenta uma análise dos aspectos oceanográficos mais relevantes na Bacia de Santos. As descrições incluem levantamentos bibliográficos e dados disponíveis para a região de interesse. O objetivo é realizar uma caracterização oceanográfica para o desenvolvimento da produção do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos (PPSBS). Com a finalidade de cumprir o objetivo exposto, os processos que envolvem ondas, correntes, marés, bem como os parâmetros de temperatura, salinidade, densidade e massas d'água estão descritos e discutidos no presente estudo, nos subitens que se seguem.

A descrição foi elaborada para os compartimentos fisiográficos plataforma continental, talude continental e oceano profundo, sendo que, para cada uma destas feições, foram descritos os principais processos oceanográficos e os que são importantes para o completo entendimento dos movimentos e das características da região oceanográfica da área de interesse.

II.5.1.1.2.1 Caracterização dos fenômenos de macroescala

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 de altas latitudes para 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.

No Atlântico Sul, a circulação de grande escala nos primeiros 1000 metros é um giro anticiclônico conhecido como Giro Subtropical do Atlântico Sul. Segundo STRAMMA e ENGLAND (1999), o giro é delimitado ao sul pela Corrente do Atlântico Sul, que flui para leste em direção à África, onde parte do fluxo contribui

para a Corrente de Benguela, que escoia para norte. A Corrente Sul Equatorial (CSE), que forma o limite norte do giro subtropical, é uma extensa corrente que escoia desde o sul do continente africano, a partir da Corrente de Benguela, até a costa brasileira. Ao atingir a margem continental, por volta de 10°S, a CSE se divide em Corrente do Brasil (CB) e Corrente Norte do Brasil (TALLEY, 2003).

A CB flui para sul como uma corrente rasa e quente e torna-se mais profunda em latitudes mais altas ao longo da costa do Brasil, em aproximadamente 28°S (SILVEIRA *et al.*, 2000). A CB se separa da costa próximo à latitude em que se encontra com a Corrente das Malvinas, em torno de 38°S, região conhecida como Confluência Brasil-Malvinas (PETERSON e STRAMMA, 1991). O giro também é influenciado pela Corrente Circumpolar Antártica e Corrente das Agulhas, que introduz águas do oceano Índico no Atlântico, porém parte desse fluxo retorna devido à retroflexão da corrente (PETERSON e STRAMMA, 1991) (**Figura II.5.1.1.2.1-1**).

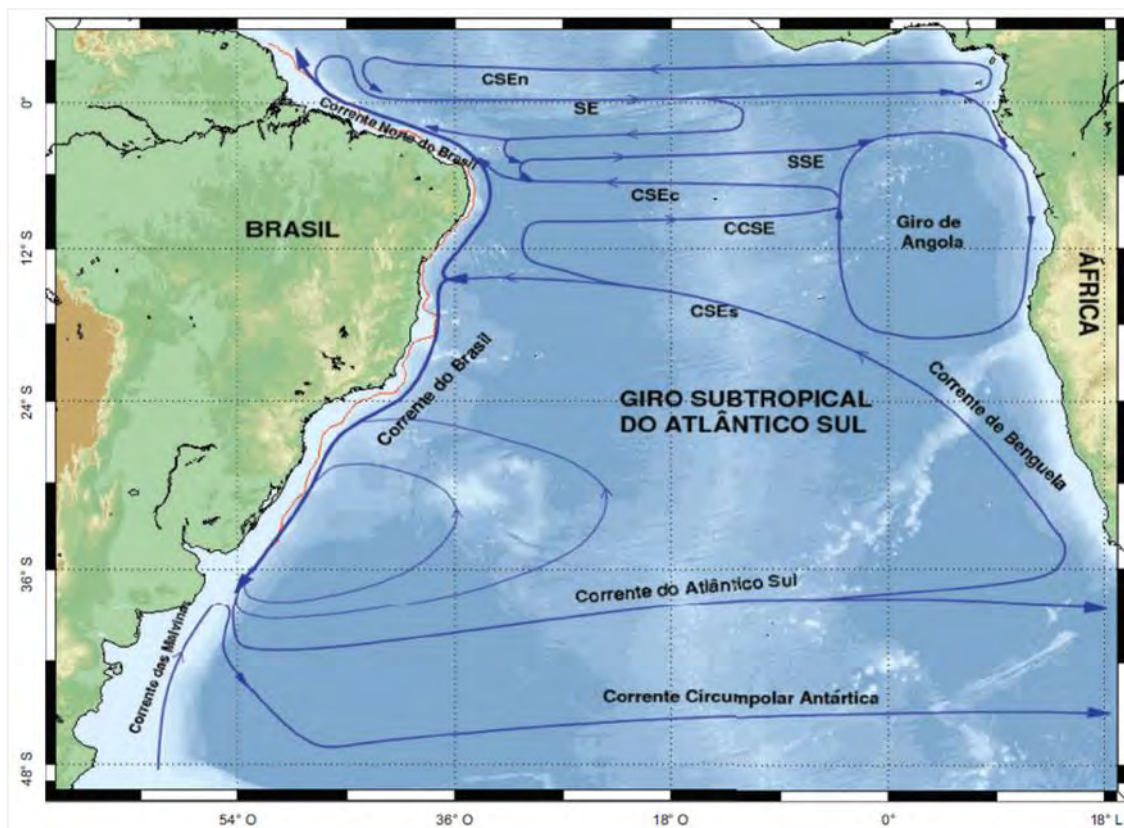


Figura II.5.1.1.2.1-1– Representação esquemática da circulação do Oceano Atlântico Sul integrada nos primeiros 500 m. As abreviações se referem a: Corrente Sul Equatorial em seus ramos sul (CSEs), central (CSEc) e norte (CSEn); Contracorrente Sul Equatorial (CCSE), Subcorrente Sul Equatorial (SSE) e Subcorrente Equatorial (SE). A isóbata de 200 m está em vermelho. Extraído de SILVEIRA et al., 2009.

A região da Bacia de Santos é ocupada pelo sistema de correntes que compõem a borda oeste do Giro Subtropical do Atlântico Sul. É a CB, a chamada corrente de contorno oeste de superfície, que fecha a margem oeste do giro (REID, 1989; STRAMMA e ENGLAND, 1999). A CB, ao longo da costa sudeste possui espessura entre 400 e 500 metros e flui para sudoeste-sul, transportando águas quentes e salinas do Equador em direção aos extremos do globo (CALADO, 2001).

A configuração de escoamento oceânico em grande escala esquematizado na **Figura II.5.1.1.2.1-1** é aceita como um padrão integrado no domínio vertical da CB. No entanto, deve-se considerar que esta é apenas uma parte de um intrincado e complexo sistema de correntes que compreende mais de 3000 metros de coluna d'água (SILVEIRA et al., 2015) (**Figura II.5.1.1.2.1-2**). Na região de interesse,

subjacente à CB, flui a Corrente de Contorno Intermediária (CCI), que ocupa as porções intermediárias do talude continental (500 a 1200 m) e bifurca-se entre 25-28°S (MÜLLER *et al.*, 1998; STRAMMA e ENGLAND, 1999; SILVEIRA, 2006). Esta corrente, apenas recentemente descrita (BÖEBEL *et al.*, 1999), se origina na porção sul da Bacia de Santos e apenas quando atravessa o Alto de Cabo Frio se apresenta como uma corrente de contorno plenamente desenvolvida (SILVEIRA *et al.*, 2004).

Abaixo do domínio da CCI, em termos de Atlântico Sul, entre 1200 e 3500m de profundidade flui a Corrente de Contorno Profunda (CCP) em direção ao polo (REID, 1989; STRAMMA e ENGLAND, 1999). Esta corrente é mais lenta e de dimensões laterais bem maiores que as da CB e da CCI (SILVEIRA *et al.*, 2015). Nesta faixa de profundidade, destaca-se que a presença do Platô de São Paulo nas bacias de Campos e Santos modifica a fisiografia da margem continental sudeste (ZEMBRUSCKI, 1979) e causa o deslocamento da CCP em direção ao oceano aberto (SILVEIRA *et al.*, 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. Como apresentado na **Figura II.5.1.1.2.1-2**, a CB transporta Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS); a CCI transporta Água Intermediária da Antártica (AIA) e a Água Circumpolar Superior (ACS); e, a CCP carrega Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água Circumpolar Inferior (ACI).

Nos limites fisiográficos da Bacia de Santos, desde o talude até o sopé, a estrutura termohalina é definida pela mistura de quatro massas de água principais (SILVEIRA *et al.*, 2000): Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) cuja descrição em termos de seus padrões e características em escala de bacia oceânica são apresentadas a seguir, em direção crescente de profundidade.

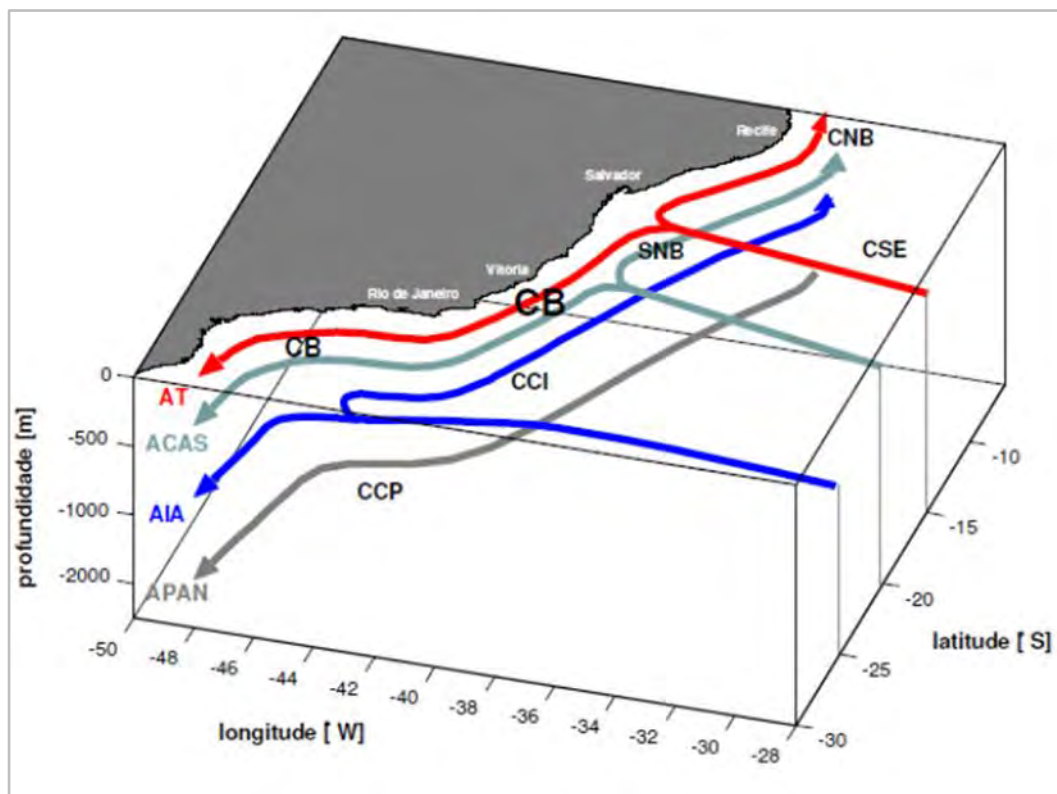


Figura II.5.1.1.2.1-2– Representação esquemática das correntes de contorno oeste e das massas de água por estas transportadas ao largo da costa brasileira. As abreviações se referem às correntes e às massas de água da margem leste-sudeste-sul brasileira. As massas de água são: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). As correntes listadas 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). Adaptado de SOUTELINO et al. (2013).

A AT foi descrita por EMILSON (1961) como parte da massa de água quente e salina que ocupa a superfície do Atlântico Sul Tropical, a qual é transportada para o sul pela CB. Em seu trajeto para o sul, a AT se mistura com águas de origem costeira, geralmente mais frias e com salinidades menores. O resultado é que a AT é caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e valores de salinidade acima de 36, ao largo do Sudeste brasileiro (SILVEIRA et al., 2000). A AT está, geralmente, localizada nos primeiros 100 m da coluna d'água. É importante considerar que, abaixo dos trópicos, essa posição varia de acordo com a termoclina sazonal (STRAMMA & ENGLAND, 1999). Segundo estes autores, sua região de

formação encontra-se na porção noroeste do Atlântico Sul entre as latitudes de 5°S e 15°S. Como pode se perceber, essa região é marcada por um regime de intensa radiação solar onde a evaporação supera a precipitação, o que reflete, portanto, em suas características termohalinas.

A ACAS é encontrada fluindo na região da picnoclina (entre 100 e 500 m) e apresenta características termohalinas de 8,72 a 20°C e 34,66 a 36,2 (SILVEIRA *et al.*, 2000). Mais precisamente, MIRANDA (1985) sugere 20°C e 36,2 como índice termohalino da ACAS no Sudeste brasileiro. SVERDRUP *et al.* (1942) mencionam que a ACAS é formada por afundamento das águas na região da Convergência Subtropical, e consequente espalhamento ao longo da superfície de densidade adequada a seu ajustamento hidrostático. Seu padrão de fluxo, no entanto, não é um simples movimento para norte em nível picnoclínico em toda bacia do Oceano Atlântico Sul.

Após sua formação, a ACAS entra como parte do Giro Subtropical, circula com as Correntes do Atlântico Sul e Benguela, e atinge a costa da América do Sul transportada pela Corrente Sul Equatorial (SILVEIRA *et al.*, 2000). Ao aproximar-se do continente, a ACAS sofre uma bifurcação. Ainda há muita dúvida sobre a localização exata da região de bifurcação da ACAS devido à sua grande variabilidade latitudinal, como também muita discussão em torno dessa questão. Esta variabilidade da região de bifurcação ocorre devido à sazonalidade, sendo nos primeiros 400 m da CSE, onde se mostra mais intensa. Segundo RODRIGUES *et al.* (2007), entre os 100 e 400 m de profundidade, a variação latitudinal da posição de bifurcação é cerca de 3°. Em seu comportamento sazonal, a bifurcação atinge sua posição máxima ao sul em julho, enquanto que, é durante o mês de novembro que se dispõe mais ao norte. Hoje é consenso dentro da comunidade oceanográfica o fato de, em latitudes superiores a 22°S, a ACAS fluir predominantemente para sul. STRAMMA e ENGLAND (1999) apontam a localização da bifurcação em 20°S, ao passo que WIENDERS *et al.* (2000) propõe a latitude de 24°S. SILVEIRA (2006) afirma que a Cadeia Vitória-Trindade atua como um divisor do escoamento associado à CSE em nível da picnoclina. No intuito de esclarecer esse aspecto da circulação da ACAS, CIRANO *et al.* (2006) utilizaram a isoterma de 15°C a 295 m como traçador na identificação da região da bifurcação. Além disso, segundo esses autores, ao ocorrer o encontro da CSE com a quebra da plataforma, em nível

picnoclinico, há a partição do fluxo zonal e a ACAS se integra à circulação de contorno oeste.

Se AT e ACAS são transportadas pela CB, a AIA, dentro da região de interesse, é transportada pela CCI. Segundo SVERDRUP *et al.* (1942), a AIA é uma massa d'água de relativamente baixa salinidade e temperatura que é formada na Convergência Antártica, sendo seus limites termohalinos de 3-6°C para temperatura e 34,2-34,6 para salinidade. De acordo com BÖEBEL *et al.* (1999), a bifurcação da AIA ocorre à longitude de Santos, mas com o eixo de divergência ocorrendo praticamente paralelo ao talude em torno de 28°S. O escoamento associado à AIA – corrente de contorno oeste intermediária (CCI) – flui praticamente para o norte no interior da Bacia de Santos (BÖEBEL *et al.*, 1999).

Subjacente à AIA, a APAN é caracterizada por valores de temperatura entre 3-4°C e salinidades entre 34,6 – 35, ocupando níveis entre 1.200 m e 3.300 m, ao largo do Sudeste brasileiro (SILVEIRA *et al.*, 2000). Há consenso na literatura de que a APAN se apresenta como um fluxo organizado fluindo para sul ao longo do contorno oeste até cerca de 32°S, onde pelo menos parte da corrente retorna em direção ao Equador (REID, 1989; WEATHERLY, 1993).

Os padrões de escoamento descritos se referem a um cenário de grande escala. Na sequência deste documento são abordadas as atividades de mesoescala dessas feições, para um maior entendimento da complexa dinâmica desse sistema.

II.5.1.1.2.2 Caracterização dos fenômenos de mesoescala

De acordo com PEDLOSKY (1989), a atividade de mesoescala no oceano consiste de perturbações (ou desvios) em relação ao seu estado básico (ou estacionário) com escala de comprimento da ordem de 100 km e escalas temporais da ordem de dezenas de dias. Esse estado básico é o estado geostrófico de movimento, que uma vez perturbado passa a variar com comprimento de onda e com períodos, que dependem da estratificação e da latitude.

Ao longo (e ao largo) da Margem Continental Sudeste Brasileira (20-38°S), o escoamento da CB apresenta rica atividade de mesoescala na forma de meandros

e vórtices. Muitos desses meandros são instáveis e crescem temporalmente em amplitude e intensidade (BELO, 2011). Sua observação é facilitada devido aos gradientes horizontais de temperatura da superfície do mar (TSM) ocasionados pelos contrastes de águas mais frias sobre a plataforma continental com a Água Tropical (GARFIELD, 1990; SILVEIRA *et al.*, 2000a; CALADO, 2006). O vigoroso meandramento da CB é observado desde a costa de Vitória até a Bacia de Santos, com a descrição de vórtices recorrentes, como o Vórtice de Vitória (SCHMID *et al.*, 1995), o Vórtice de São Tomé (CALADO *et al.*, 2010) e o Vórtice de Cabo Frio (CALADO, 2006).

A primeira descrição do meandramento da CB e os vórtices associados ao largo da região Sudeste foi realizada por MASCARENHAS *et al.* (1971). Estes pesquisadores observaram a presença de estruturas de vórtices, tanto ciclônicas como anticiclônicas na região ao largo do Cabo Frio a partir de mapas de topografia dinâmica. Os autores também especularam que feições topográficas favoreceriam o meandramento e geração de vórtices pela CB nesta região.

SIGNORINI (1978) retomou o tema do meandramento da CB e o conjunto de dados hidrográficos analisados por este autor detectou um vórtice anticiclônico, ligeiramente ao norte de Cabo Frio. Este vórtice localizava-se em águas profundas (acima de 1000 m) e possuía uma extensão vertical de aproximadamente 500 m e cerca de 100 km de raio. Além disso, é possível especular sobre a presença de uma estrutura ciclônica mais ao sul, sucedendo o vórtice anticiclônico (PEREIRA, 2009) (**Figura II.5.1.1.2.2-1**).

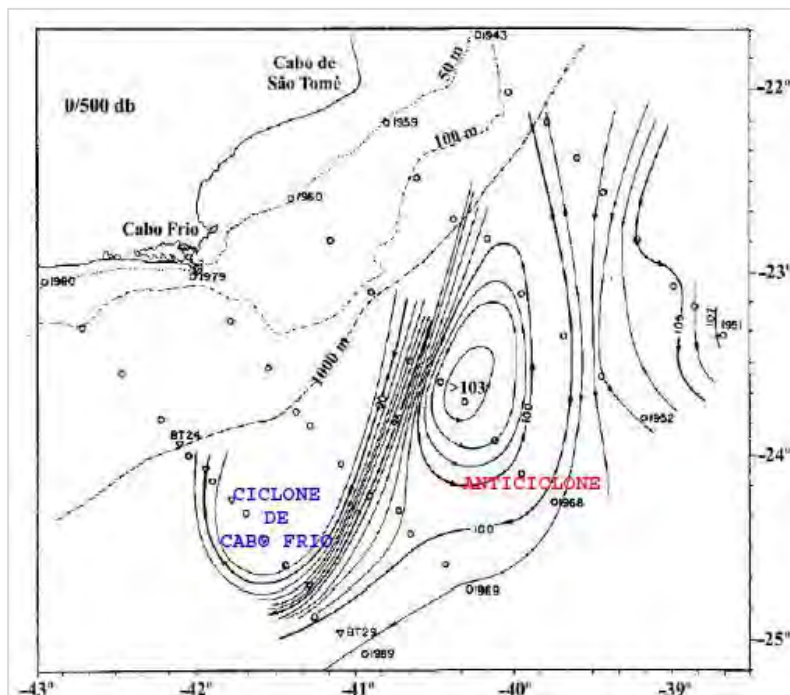


Figura II.5.1.1.2.2-1– Vórtice anticiclônico representado através da topografia dinâmica (em cm dinâmicos) relativamente a 500 dbar, baseado em SIGNORINI (1978). Embora não tenha sido relatado pelo autor, é notado um amplo vórtice ciclônico ao largo de Cabo Frio. Fonte: PEREIRA (2009).

Em termos de gênese dessas estruturas de mesoescala, CAMPOS *et al.* (1995) atribuíram a ocorrência de meandros e vórtices às mudanças de orientação da linha de costa e do gradiente da topografia de fundo: plataforma estreita e abrupta ao norte de Cabo Frio, mais extensa e suave na Bacia de Santos. Estes autores explicam que, ao norte de Cabo Frio, a CB flui principalmente na direção norte-sul, acompanhando a orientação da batimetria, mas ao sul desta localização, quando esta orientação muda para leste-oeste, o escoamento da CB tende a continuar, por inércia, para sul e atinge regiões mais profundas. Ao atingir essas regiões, a CB sofre um estiramento e adquire vorticidade ciclônica, inflexionando-se de volta em direção à plataforma continental (**Figura II.5.1.1.2.2-2**). 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 vorticidade na Bacia de Santos (**Figura II.5.1.1.2.2-3**). Adicionalmente, o processo de instabilidade

baroclínica parece contribuir significativamente para o crescimento dessas feições vorticais nos domínios entre o Cabo de São Tomé e o Cabo Frio (SILVEIRA, 2006; SILVEIRA *et al.*, 2008).

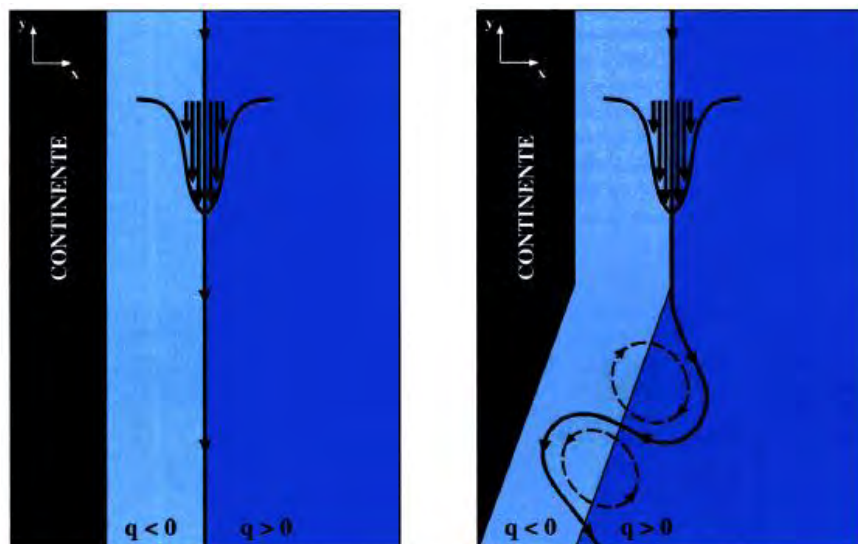


Figura II.5.1.1.2.2-2– Hipótese de CAMPOS *et al.* (1995) através da interpretação gráfica de MATTOS (2006). A figura da esquerda representa a orientação meridional da costa em relação ao fluxo médio da corrente. A figura da direita indica o comportamento da corrente quando há mudança na inclinação da costa. Extraído de SILVEIRA (2006).

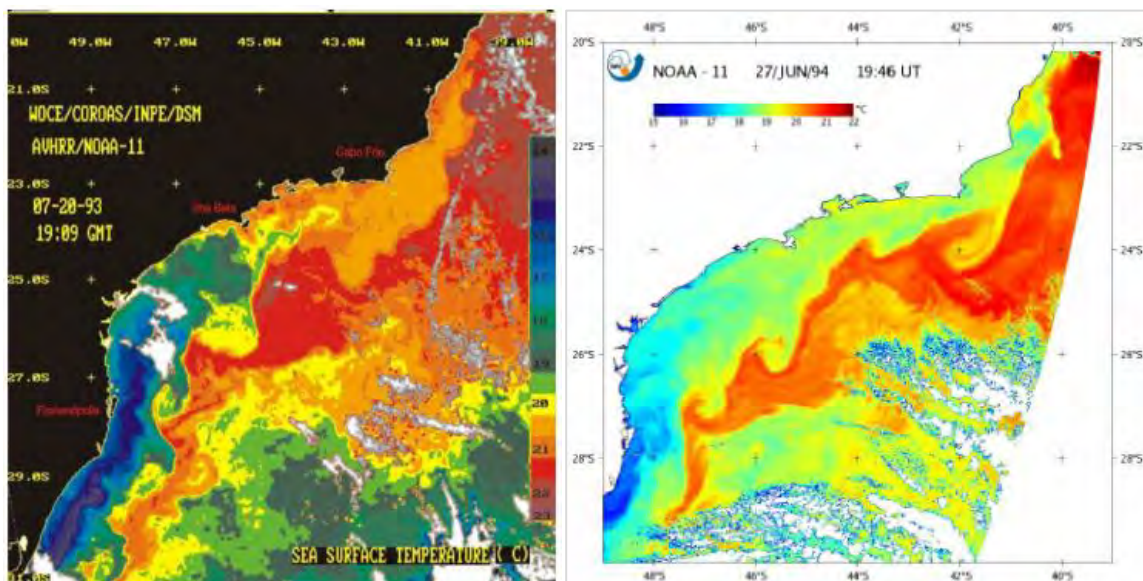


Figura II.5.1.1.2.2-3– Mapa de temperatura da superfície do mar (TSM-AVHRR) mostrando o mesmo padrão de meandramento da CB em dois momentos distintos: 20/07/1993 (superior, CAMPOS *et al.*, 1996) e 27/06/1994 (inferior, João Lorenzetti – INPE extraído de BELO, 2011). O contraste entre as águas mais frias de plataforma e as águas mais quentes, associadas a frente térmica da CB, evidenciam uma onda de vorticidade segundo CUSHMAN-ROISIN (1994).

GONÇALVES (2000) utilizou o *Princeton Ocean Model* (POM), versão tridimensional, para analisar o efeito da mudança na direção da linha de costa, observada ao redor de Cabo Frio, na propagação do escoamento de uma CB idealizada, ao longo da região da Bacia de Santos, também idealizada. As simulações numéricas de caráter idealizado, realizadas entre 20-30°S, indicaram que essa mudança desempenha um papel fundamental na geração de meandros de amplitude finita e vórtices isolados, perturbando esse escoamento de forma a induzir a ocorrência tanto de instabilidades barotrópicas quanto baroclínicas.

De acordo com GODOI (2005), o referido padrão meandrante da CB composto por meandros ciclônicos e anticiclônicos fica evidente pela observação do mapeamento da temperatura da superfície do mar (TSM), através da inspeção de imagens obtidas na faixa do infravermelho termal (**Figura II.5.1.1.2.2-4**) do sensor AVHRR. Pode-se avaliar que a geração de vórtices ao norte e no interior do Embaiamento São Paulo estão certamente relacionados, o que já foi verificado por GARFIELD (1990), CAMPOS *et al.* (1995) e SILVEIRA *et al.* (2004).

Na região do Embaiamento São Paulo, ao largo de Santos, é evidente a formação de pares de vórtices ciclones e anticiclones em lados opostos ao eixo da CB (Figura II.5.1.1.2.2-5). Estes apresentam estruturas menores em tamanho, comparadas com as de Cabo Frio e, aparentemente, não se desprendem do eixo principal da CB (GODOI, 2005).

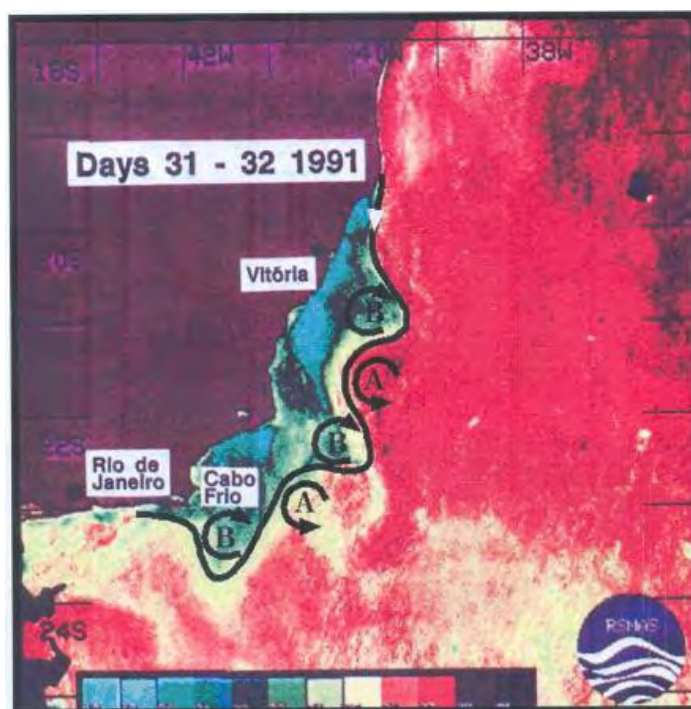


Figura II.5.1.1.2.2-4– Imagem AVHRR da área oceânica adjacente ao Sudeste brasileiro, destacando a onda de vorticidade, com alternância de ciclones (cavados, núcleos frios) e anticiclones (cristas, núcleos quentes). Extraído de GODOI (2005).

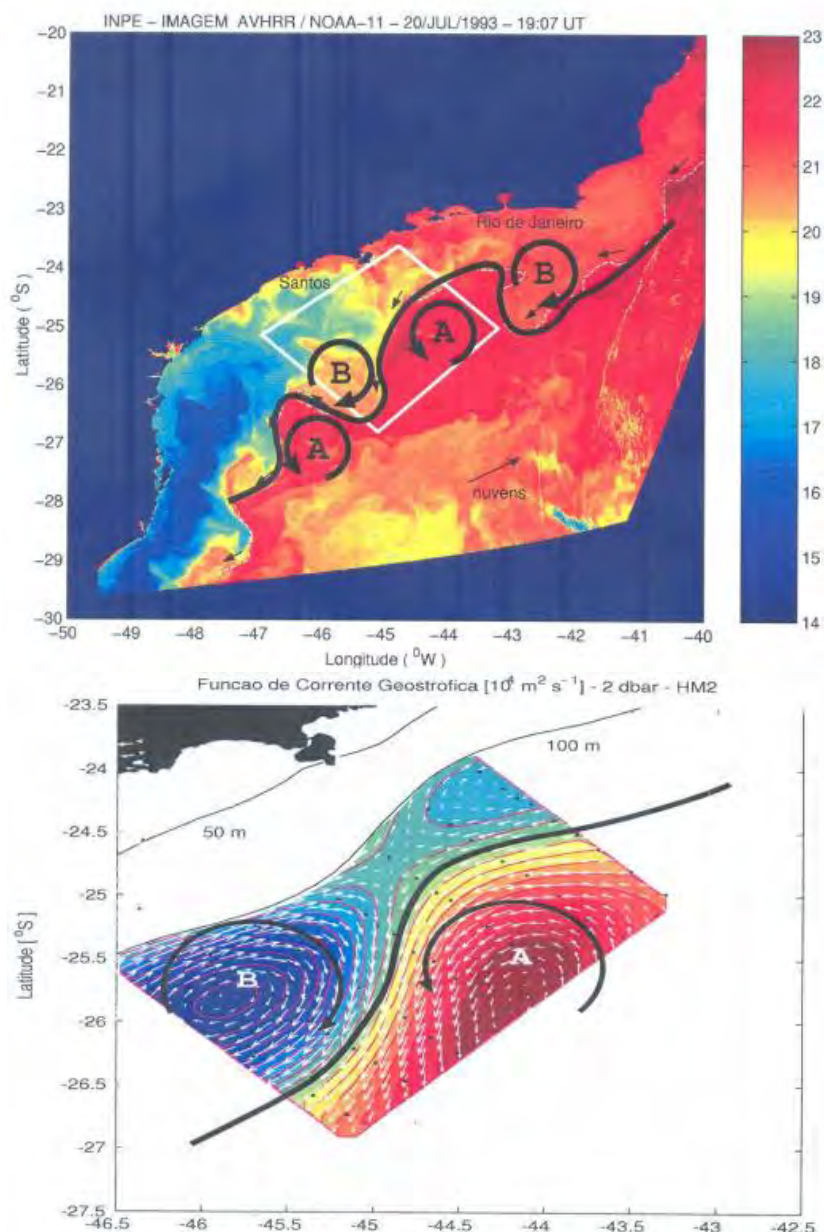


Figura II.5.1.1.2.2-5– Interpretação conjunta de imagem AVHRR de 20 de julho de 1993 (painel superior) e da função de corrente geostrofica 2 dbar (inverno 1993) (painel inferior) como onda de vorticidade baroclínica. Extraído de GODOI (2005).

Além disso, é no interior da Bacia de Santos que SILVEIRA *et al.* (2006) especularam ocorrer a formação de pares vorticais, tanto de ciclones como de anticiclones, em lados opostos ao eixo da CB. Essa estrutura também foi observada através de imagens AVHRR e relatada por CAMPOS *et al.* (1996) (Figura

II.5.1.1.2.2-6 e Figura II.5.1.1.2.2-7). Mais tarde, PEREIRA (2009) caracterizou a estrutura de massa e velocidade, além de realizar a análise dinâmica de um dipolo vortical na CB, com base em dados termohalinos e de velocidade observada. O desenvolvimento de tal estrutura se mostrou atrelado ao processo de instabilidade barotrópica que, durante sua ocorrência, pode empreender diferenças significativas com relação à velocidade do escoamento.

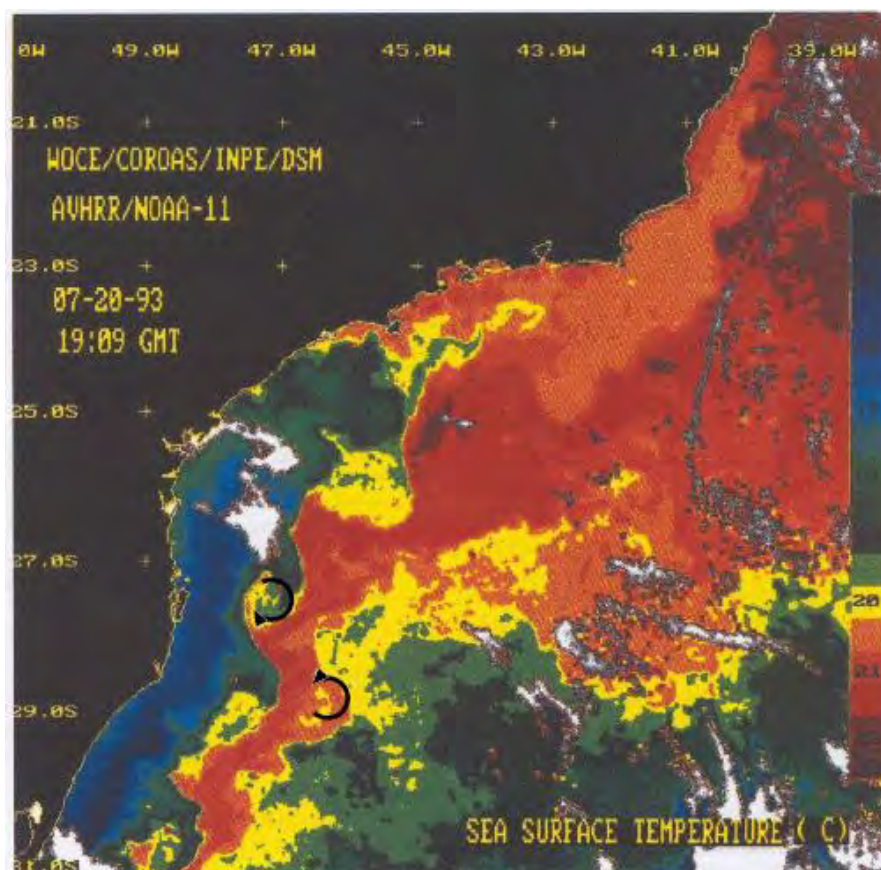


Figura II.5.1.1.2.2-6 - Imagem AVHRR apresentada por Campos et al. (1996). Extraído de PEREIRA (2009) que realizou edições na imagem, com a finalidade destacar a estrutura bipolar. As setas indicam o sentido de rotação dos dois vórtices dessa estrutura.

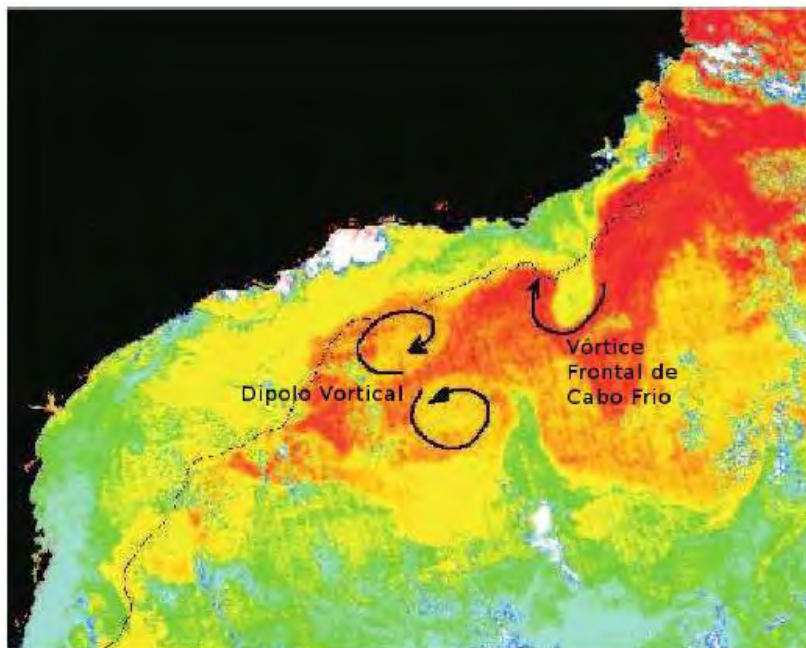


Figura II.5.1.1.2.2-7– Imagem AVHRR apresentada por VELHOTE (1998) e editada por SILVEIRA (2007). Extraída de PEREIRA (2009) que também realizou edições na imagem com a finalidade de destacar a estrutura bipolar e mostrar a diferença entre essa e um vórtice frontal (Vórtice de Cabo Frio). As setas indicam o sentido de rotação dos dois vórtices dessa estrutura. As cores próximas ao verde e azul indicam águas com menores temperaturas enquanto as cores mais próximas ao vermelho, águas mais quentes, associadas à CB.

Também se destaca a existência de uma célula de recirculação da CB na Bacia de Santos, conforme descrito por MATTOS (2006) a partir da análise de dados *in situ* (**Figura II.5.1.1.2.2-8**). O trabalho de MATTOS (2006) mostrou ainda, através da formulação de um modelo quase-geostrófico, que tal célula consiste numa estrutura de grande escala, de caráter quase-estacionário. Este autor sintetiza que o cenário sinótico ao largo do sudeste é composto por estruturas de mesoescala associadas a ondas baroclínicas de vorticidade, e uma estrutura de grande escala mais robusta, associada a célula de recirculação da CB.



Figura II.5.1.1.2.2-8– Resumo esquemático do cenário oceanográfico quase-sinótico, ao largo do Sudeste brasileiro, de acordo com MATTOS (2006). As ondas baroclínicas de vorticidade, tipicamente de mesoescala, são representadas pelas estruturas ciclônicas e anticiclônicas. O sinal mais robusto é aquele de grande escala da célula de recirculação da CB, evidenciando a separação parcial desta do contorno oeste. Fonte: MATTOS (2006).

A ocorrência de eventos de ressurgência é outra característica a ser destacada na área de estudo. Esse fenômeno ocorre na região costeira, principalmente em Cabo Frio (23°S) (RODRIGUES e LORENZETTI, 2001), na região limítrofe entre as bacias de Campos e de Santos, e também no Cabo de Santa Marta (28°S) (CASTELLO e MOLLER, 1977; CAMPOS *et al.* 2013), na região limítrofe entre as bacias de Santos e de Pelotas.

Em Cabo Frio, os ventos predominantes de nordeste, gerados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e a mudança de orientação da linha de costa de norte-sul para leste-oeste contribuem para a ocorrência da ressurgência na região (MASCARENHAS *et al.*, 1971; ODA, 1997), uma vez que o transporte de Ekman, que se dá à esquerda da direção do vento, força as águas superficiais em direção ao oceano. No caso de Cabo Frio, ocorre o afloramento da ACAS em

superfície e a disponibilidade dessa massa d'água em camadas mais rasas da plataforma continental ao largo dessa região é outro fator importante para que o mecanismo de ressurgência possa ocorrer na região (TORRES Jr., 1995). Em estudo sobre a variabilidade interanual da ressurgência, CALIL-ELIAS (2009) verificou que o fenômeno na região apresentou uma resposta efetiva à persistência do vento local e em maior escala. Entretanto, o autor concluiu que o vento não foi capaz de explicar toda a variabilidade encontrada, sugerindo uma possível influência de outras forçantes no fenômeno.

CAMPOS *et al.* (1995), CAMPOS *et al.* (2000), CALADO (2006), CASTELÃO e BARTH (2006) e CALADO *et al.* (2006) observaram que os vórtices ciclônicos podem servir como mecanismo auxiliar à ressurgência costeira, juntamente com a conhecida ação do vento local em advectar ACAS, contribuindo para a penetração destas águas frias e ricas em nutrientes em regiões mais rasas da plataforma continental ao sul de Cabo Frio, na Bacia de Santos. CASTELÃO e BARTH (2006) mostraram que o processo de bombeamento de Ekman é recorrente ao longo do ano com máximos na primavera e no verão, com reflexos diretos no campo rotacional do vento regionalmente (**Figura II.5.1.1.2.2-9**). Os experimentos numéricos de VELHOTE (1998) através do Modelo Oceânico de Coordenadas Isopicnais da Universidade de Miami (MICOM), evidenciaram a participação de vórtices ciclônicos no suprimento de ACAS para a região de plataforma (**Figura II.5.1.1.2.2-10**), sugerindo um possível aprisionamento do vórtice ciclônico advectado pela CB pela topografia com conseqüente fortalecimento da estrutura.

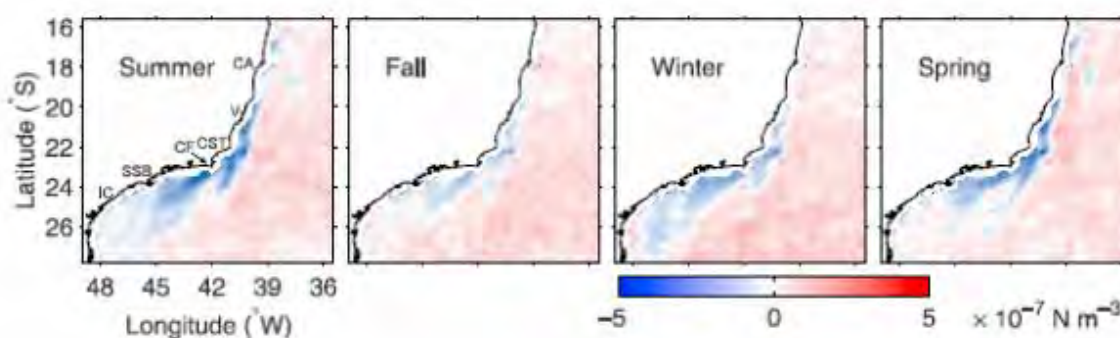


Figura II.5.1.1.2.2-9– Média sazonal do rotacional do vento com base em dados o Quickscat (2000-2004), segundo CASTELÃO e BARTH (2006). Da esquerda para direita: verão, outono, inverno e primavera.

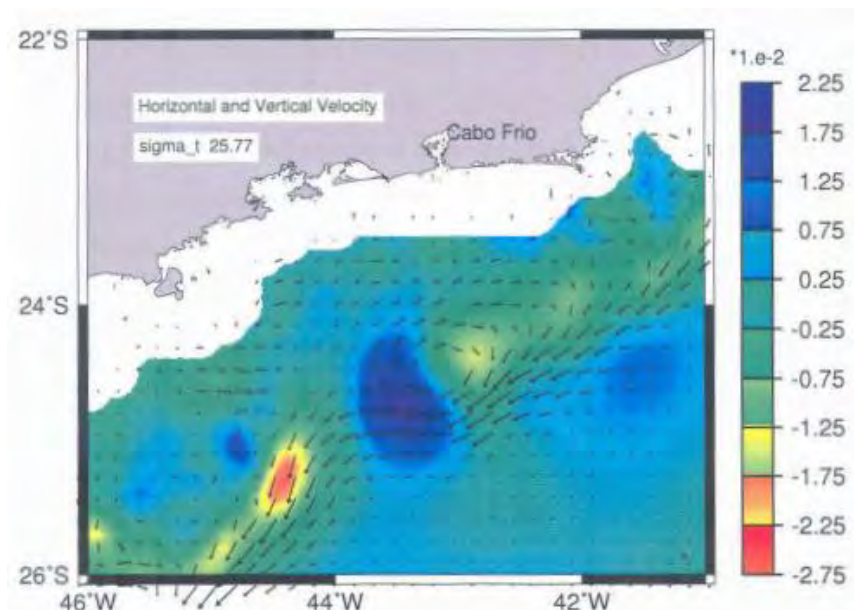


Figura II.5.1.1.2.2-10– Vórtice ciclônico, ao largo do Embaiamento São Paulo, simulado pelo MICOM. Os campos de velocidade horizontal (vetores) e vertical são apresentados, indicando que a água ressurgida na parte frontal do ciclone é advectada para águas rasas. Extraído de VELHOTE (1998).

A ressurgência de Santa Marta, processo marcante durante o verão, é a mais importante das ressurgências costeiras no Atlântico Sul, com concentrações de clorofila de até 15 mg.m^{-3} (CIOTTI *et al.*, 1995), cerca de três vezes superior à observada em Cabo frio. A região do Cabo de Santa Marta (CSM) marca uma mudança de orientação da costa catarinense. Ao norte do CSM, a costa segue uma orientação norte-sul, enquanto mais ao sul, ela é orientada nordeste-sudoeste. Além disso, no CSM, a plataforma continental é relativamente estreita (aproximadamente 100 km) e a isóbata de 50 m fica apenas a 5 km de distância da costa, enquanto ao norte e ao sul, a largura da plataforma aumenta significativamente. Durante o verão, o aumento do fluxo de águas para o sul e para o largo promovido pelos ventos de nordeste, juntamente com o estreitamento da plataforma, promovem o afloramento de águas de fundo na região (ACAS). Dada a morfologia de fundo, simulações numéricas e dados da temperatura de superfície do mar indicam que a ressurgência é centrada na porção sul do cabo (CAMPOS *et al.* 2013).

Para a caracterização oceanográfica de mesoescala da área de estudo, este item foi dividido em subitens para cada parâmetro analisado: (A) Temperatura, Salinidade e Densidade, (B) Massas d'água, (C) Correntes, (D) ondas e (E) regimes de maré.

Deve-se considerar que o presente estudo buscou dar continuidade à caracterização amplamente realizada na Etapa 3 do licenciamento ambiental da área PPSBS e, quando pertinente, informações relevantes foram obtidas do documento PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Os dados oceanográficos utilizados neste estudo incluem as seguintes bases de dados:

- *World Ocean Atlas 2018* (WOA18): temperatura e salinidade⁴.
- *Global Drifter Program* (GDP) drifters: campos de correntes⁵;
- HYCOM: campos de correntes e nível médio do mar⁶;
- PETROBRAS: dados de corrente (ADCP);
- ERA 5: campo de ondas⁷;
- FES2014: constantes harmônicas de maré⁸;

As bases de dados e estações foram selecionadas com a finalidade de representar a variabilidade espaço-temporal dos parâmetros capazes de descrever oceanograficamente a Bacia de Santos. É importante ressaltar que as bases de dados de reanálise apresentam medições pontuais. Outro critério a ser destacado para a caracterização oceanográfica de interesse foi a preferência por dados que apresentassem abrangências temporal e histórica relevantes, ou seja, séries temporais mais extensas e recentes, que estivessem nos limites geográficos desta área de estudo.

O **Quadro II.5.1.1.2.2-1** e **Quadro II.5.1.1.2.2-2** apresentam os dados utilizados, indicando sua localização, período de amostragem, suas respectivas características e coordenadas geográficas. Na **Figura II.5.1.1.2.2-11** está ilustrada a localização dos mesmos. No caso dos dados disponíveis em campos espaciais, para as análises pontuais foi selecionado o ponto de grade com maior

⁴ <https://www.ncei.noaa.gov/access/world-ocean-atlas-2018/>

⁵ https://www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/mean_velocity.php

⁶ <https://www.hycom.org/>

⁷ <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>

⁸ <https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/auxiliary-products/global-tide-fes.html>

representatividade em relação à área de estudo (de acordo com o parâmetro e resolução espacial de cada base).

Quadro II.5.1.1.2.2-1– Informações das bases de dados dos parâmetros oceanográficos para caracterização da distribuição espacial (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS E ESTAÇÃO	PARÂMETRO	RESOLUÇÃO VERTICAL	RESOLUÇÃO ESPACIAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	PERÍODO
WOA18	Temperatura Salinidade	Climatologia mensal - 0-1500 m Climatologia sazonal - 0-5000 m	1/4° x 1/4°	Médias mensais	1955 a 2017
GDP	Corrente	Superfície	1° x 1°	Climatologia	-
HYCOM	Corrente	0 - 5000m	0,08° x 0,08°	3 h	1994 a 2020
ERA5	Ondas	Superfície	0.25° x 0.25°	1 h	1979 a 2020
FES2014	Constantes harmônicas de maré	Superfície	1/16°x1/16°	-	-

Quadro II.5.1.1.2.2-2– Informações das seções verticais e pontuais dos parâmetros oceanográficos (datum SIRGAS 2000).

BASE DE DADOS	PARÂMETRO	NÍVEL VERTICAL	RESOLUÇÃO TEMPORAL	COORDENADAS DO PONTO DE ANÁLISE	PERÍODO
WOA18	Temperatura e Salinidade	0 -1500 m (mensal) 0 – 5000 m (sazonal)	Médias Mensais	25,12°S e 42,37°O	1955 a 2017
HYCOM	Corrente	0 – 5000 m	3 h	25,12°S e 42,96°O	1994 a 2020
PETROBRAS FPSO Cidade de Angra dos Reis	Corrente	38 – 550 m	Médias diária	25,54°S e 42,84°O	01/09/2015 a 14/09/2016
PETROBRAS FRANCO*	Corrente	45 – 375 m	-	24,56°S e 42,53°O	29/06/2011 a 06/02/2012
PETROBRAS SS-67*	Corrente	46 – 598 m	-	24,18°S e 42,70°O	29/12/2010 a 30/04/2011
PETROBRAS BS500*	Corrente	0 – 53,75 m	-	24,39°S e 43,95°O	13/06/2008 a 11/02/2009
PETROBRAS DEPROAS*	Corrente	85 e 965 m	-	23,30°S e 42,76°O	09/01/2003 a 05/05/2004
ERA 5	Onda	-	1 h	25,10°S e 42,90°O	1979 a 2020
FES2014	Constantes harmônicas de maré	-	-	23,06°S e 43,50°O (FES1) 24,07°S e 46,25°O (FES2) 25,57°S e 48,32°O (FES3) 26,19°S e 48,50°O (FES4)	-

*Informações obtidas de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

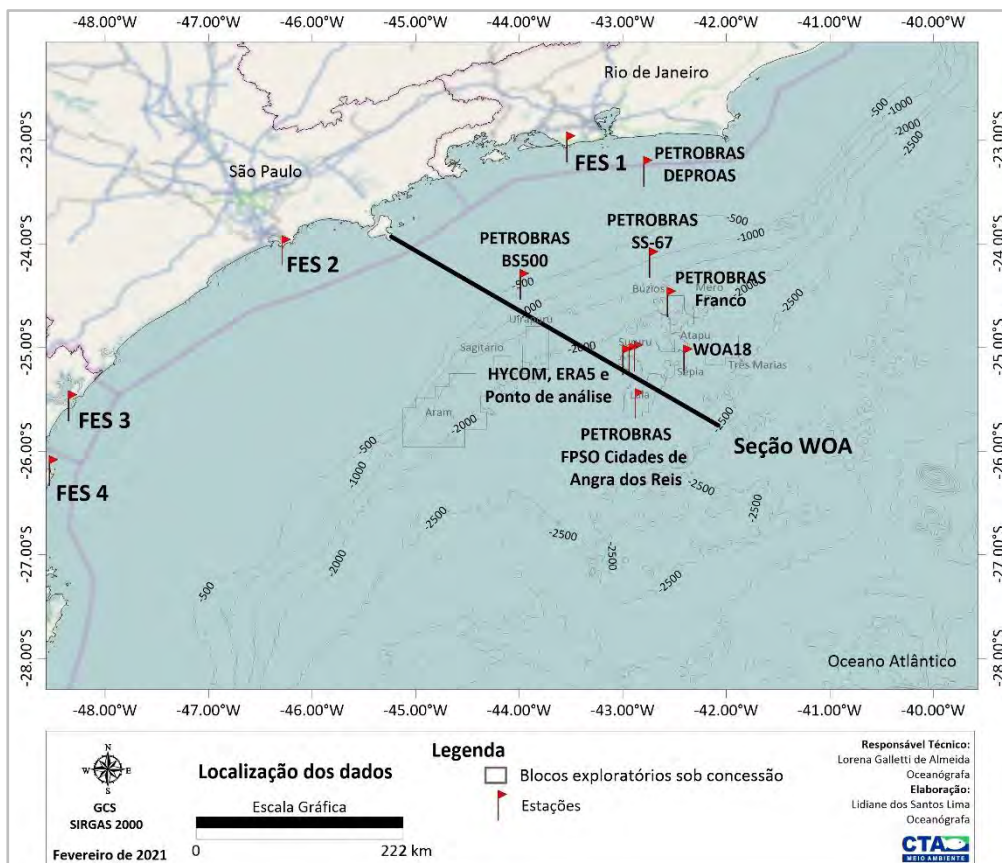


Figura II.5.1.1.2.2-11– Localização dos dados utilizados para as análises no presente estudo.

A. Temperatura, Salinidade e Densidade

Em termos gerais, a distribuição térmica superficial do oceano decresce 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 (TALLEY *et al.*, 2011): camada superficial, camada intermediária e camada profunda. De acordo com estes autores, a **camada superficial** se inicia na superfície e pode 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. A **camada intermediária** é a região da termoclina (faixa vertical onde existe um

rápido decréscimo da temperatura com a profundidade) onde se observa um declínio acentuado na temperatura. Esta camada se estende até profundidades entre 500 m e 1000 m. A **camada profunda** é região caracterizada por menores temperaturas (aproximadamente 4°C) e pequeno gradiente, em especial quando comparado à camada superficial.

A região de interesse encontra-se em latitudes tropicais do Oceano Atlântico Sul. Nesta porção do globo, a temperatura da camada superficial varia sazonalmente, afetando o comprimento da camada de mistura e a posição da termoclina. No período de inverno, quando as temperaturas são baixas e há grande ação das ondas de superfície, a camada de mistura se estende até a termoclina permanente e o perfil pode ser aproximadamente vertical nos 200 a 300 metros desde a superfície. Durante o verão, com o aumento da insolação, a termoclina sazonal é desenvolvida logo acima da termoclina permanente. Termoclinas sazonais começam a se formar nos meses de primavera e atingem o seu máximo nos meses de verão. Elas têm a espessura de cerca de algumas dezenas de metros e acima delas ocorre a camada de mistura. À medida que o inverno vai chegando e há a ocorrência de ventos mais fortes, a profundidade da termoclina sazonal aumenta e a sua temperatura diminui, reduzindo gradativamente o gradiente de tal forma que a camada de mistura atinge profundidades de 200 a 300 metros (TALLEY *et al.*, 2011).

Para a análise da temperatura, salinidade e densidade na área de estudo são apresentados mapas para superfície do mar e em diferentes profundidades (300 e 1000m), perfis e seções verticais, considerando todo o período anual (meses e estações do ano), gerados a partir das climatologias do WOA18 da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (período de 1955 a 2017) na seção transversal ilustrada na **Figura II.5.1.1.2.2-11**. O WOA é uma coleção de dados de temperatura, salinidade, oxigênio, fosfato, silicato e nitrato com base em dados de perfil do *World Ocean Database* (WOD). Conjuntos de médias climatológicas são fornecidas em períodos médios mensais, sazonais e anuais em 102 níveis de profundidade (padrão de 0 a 5500 m) e em resoluções horizontais a 0,25° (temperatura, salinidade) e 1° (todas as variáveis), baseadas em medições *in situ* oriundas de diversas fontes.

A temperatura é apresentada em °C enquanto a salinidade é dada em PSU (Unidade de Salinidade Prática, em inglês). PSU representa a quantidade de sal medida em gramas para cada 1 kg de água. A densidade foi calculada a partir do polinômio apresentado em FOFONOFF e MILLARD (1983).

A temperatura máxima encontrada a partir das médias sazonais em superfície (**Figura II.5.1.1.2.2-12** a **Figura II.5.1.1.2.2-27**) foi de 29,6°C (verão) e a mínima foi de 14,9°C (inverno). A variabilidade sazonal mostrou que as estações mais quentes são o verão e o outono com temperaturas médias de 26,4°C e 24,4°C, respectivamente, e a primavera (22,2°C) e o inverno (19,3°) são as estações mais frias. Ainda, é possível observar, em todas as estações, a ocorrência de temperaturas mais elevadas desde a região nordeste em direção à área de estudos, como resultado da influência da Corrente do Brasil.

Com relação às temperaturas no nível de 300 m de profundidade (**Figura II.5.1.1.2.2-28** a **Figura II.5.1.1.2.2-43**), não foram identificadas grandes variações espaciais na Bacia de Santos. As temperaturas mais elevadas foram encontradas em pontos mais afastados da costa, reflexo da Corrente do Brasil (CB), e as menores temperaturas foram observadas próximas à quebra da plataforma, resultante do efeito baroclínico da corrente, que disponibiliza águas mais frias próximas ao fundo. O máximo da temperatura ocorreu no outono (15,9°C) e o mínimo no inverno (9,7°C) cuja inversão com relação ao observado no verão pode estar relacionada às variações sazonais do limite superior da termoclina.

Em região mais profunda (1000 m) (**Figura II.5.1.1.2.2-44** a **Figura II.5.1.1.2.2-59**), os campos horizontais indicam reduzida variação espacial e sazonal da temperatura, que atinge um máximo de 4,2°C e um mínimo de 3,3°C, ambos no verão. Os resultados nesta profundidade mostram a existência de um sutil gradiente de temperatura das regiões mais ao norte da Bacia de Santos para aquelas situadas mais ao sul.

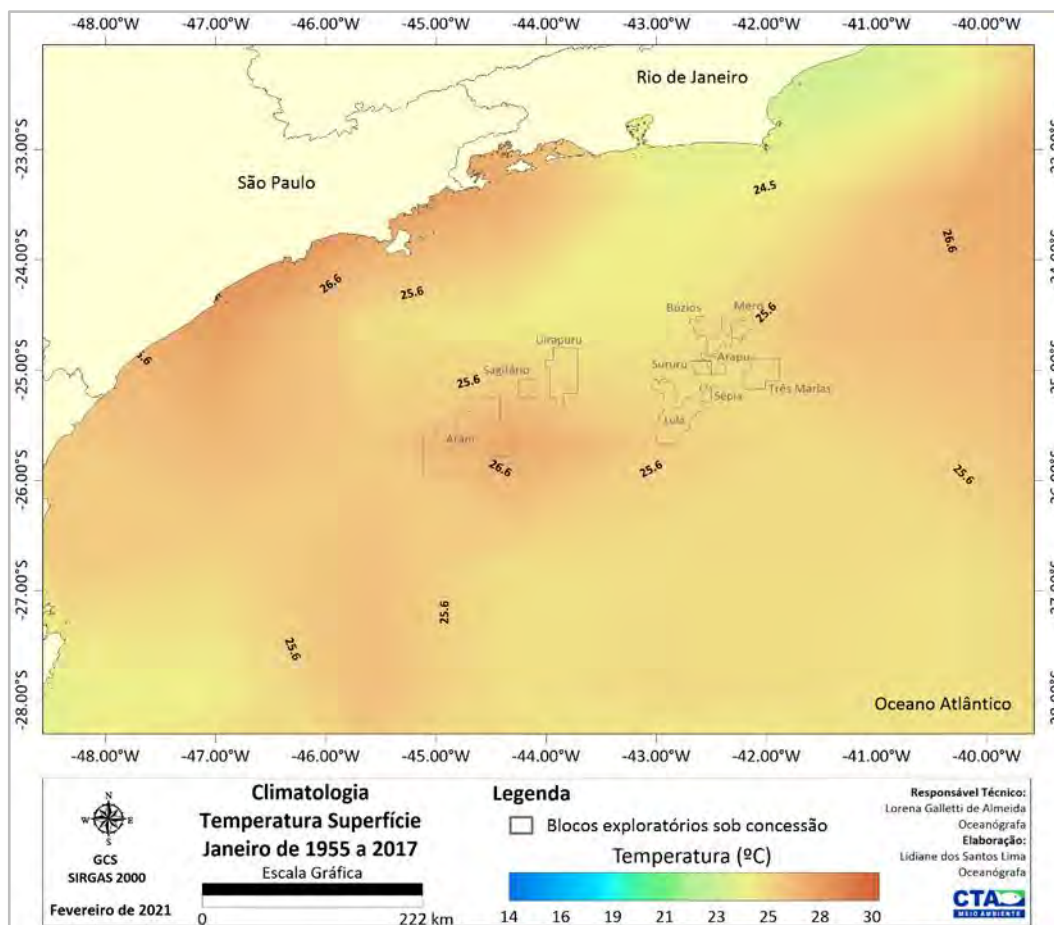


Figura II.5.1.1.2.2-12– Climatologia de janeiro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

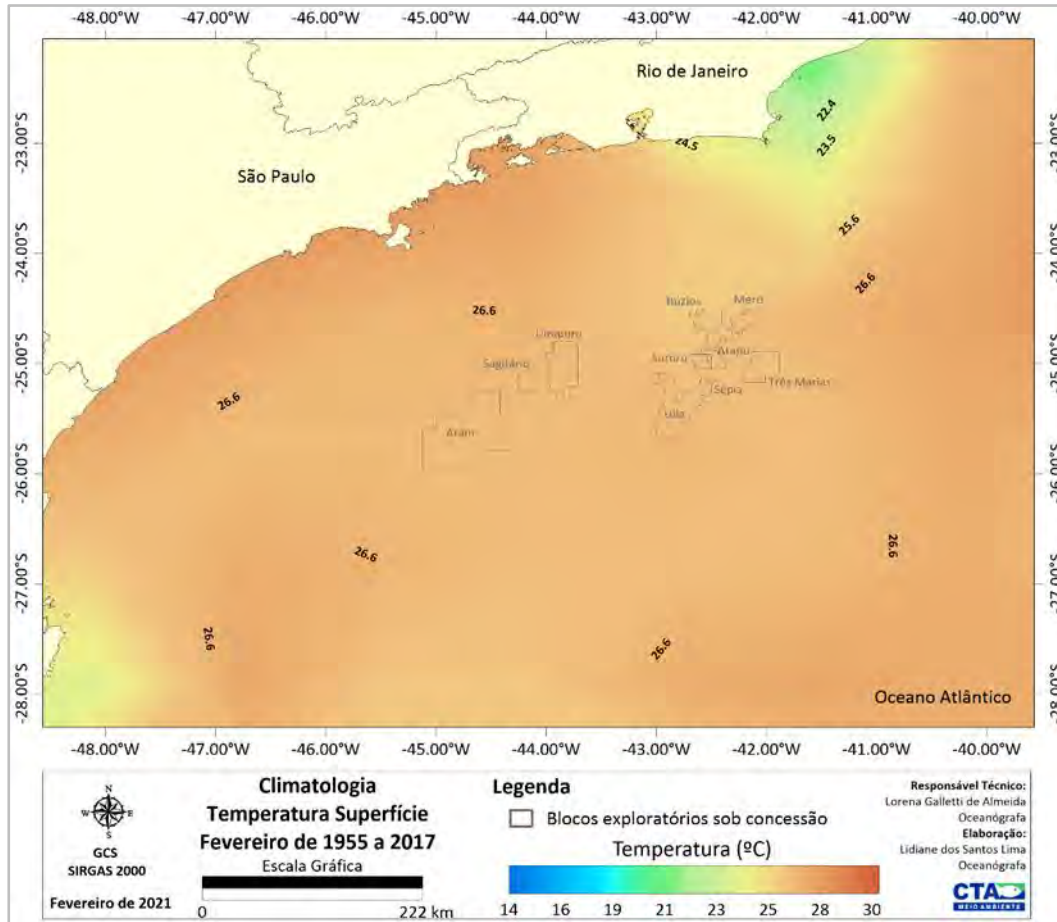


Figura II.5.1.1.2.2-13– Climatologia de fevereiro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

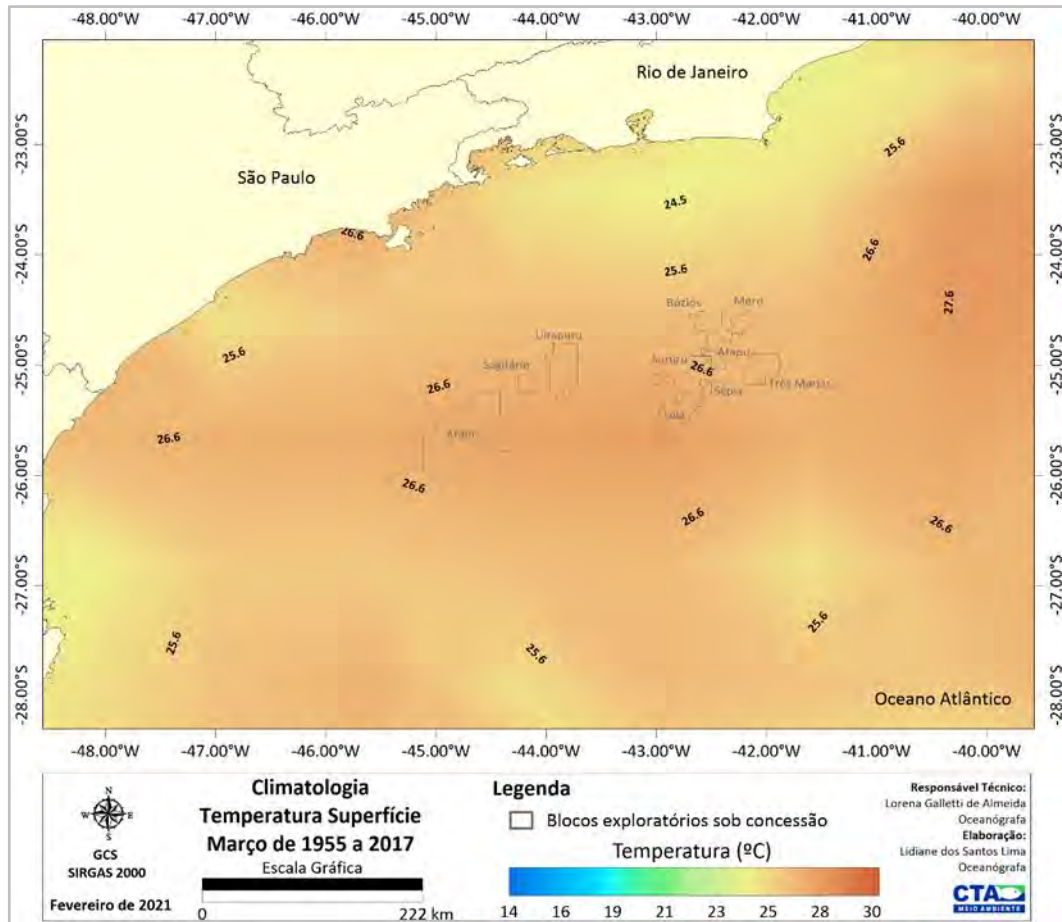


Figura II.5.1.1.2.2-14– Climatologia de março referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

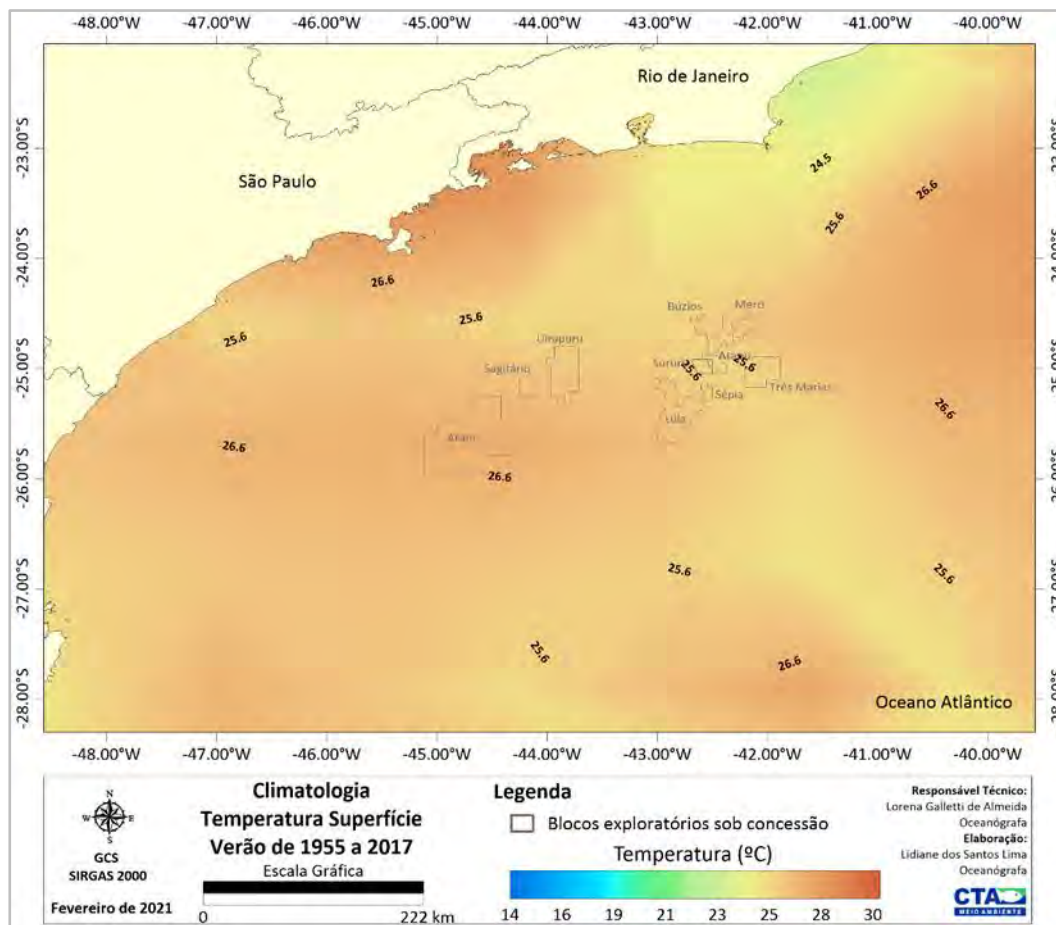


Figura II.5.1.1.2.2-15– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

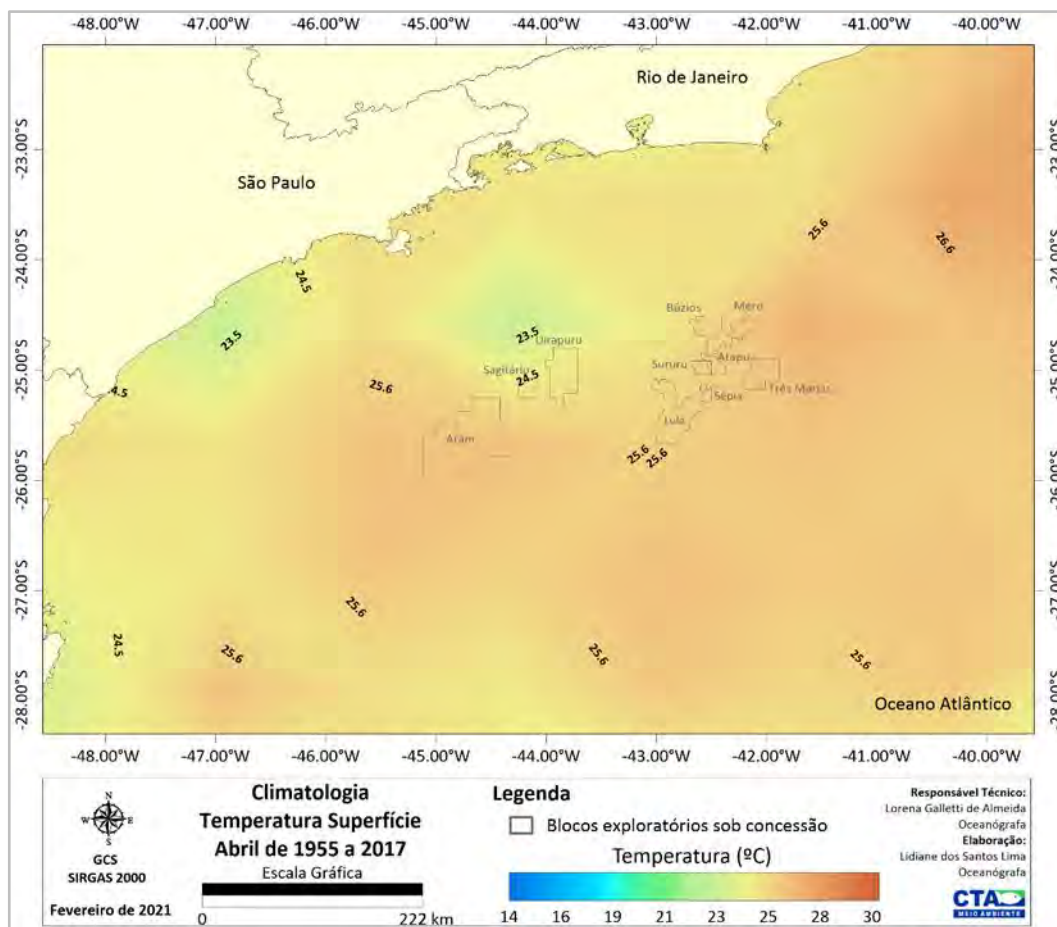


Figura II.5.1.1.2.2-16– Climatologia de abril referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

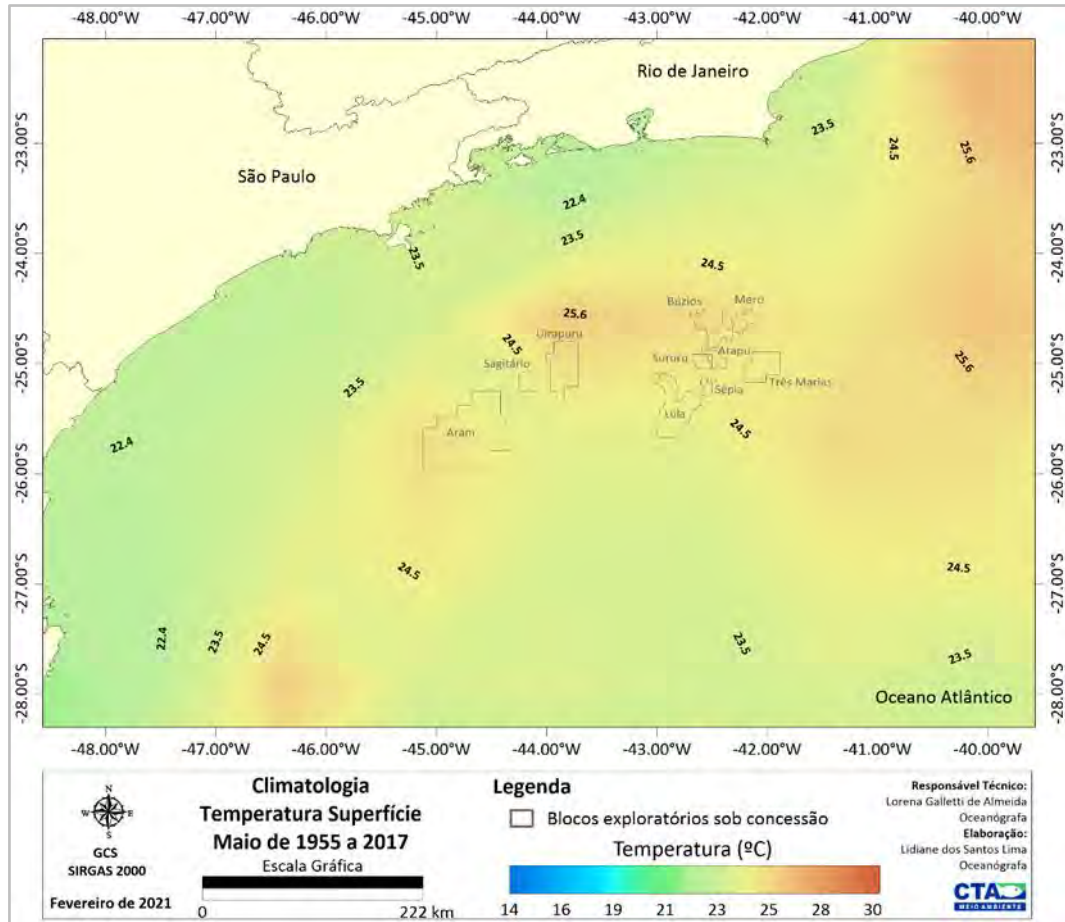


Figura II.5.1.1.2.2-17– Climatologia de maio referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

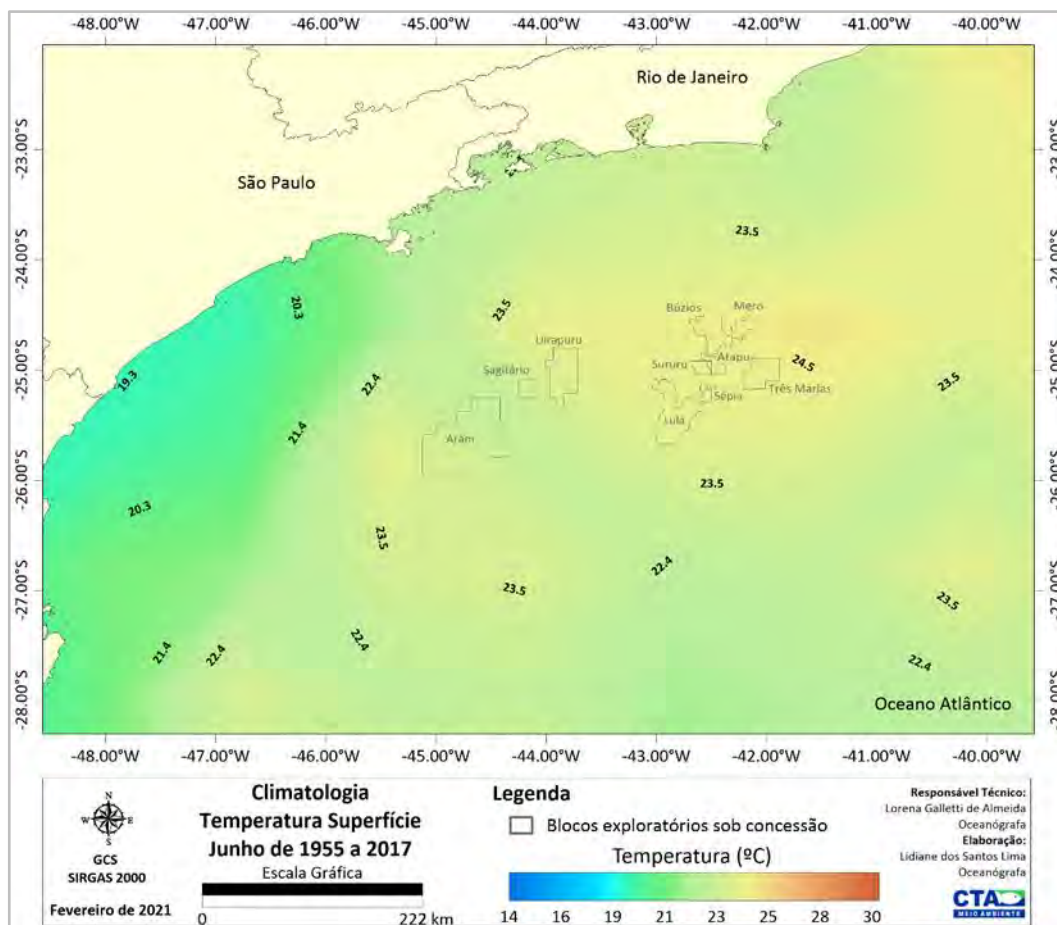


Figura II.5.1.1.2.2-18– Climatologia de junho referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

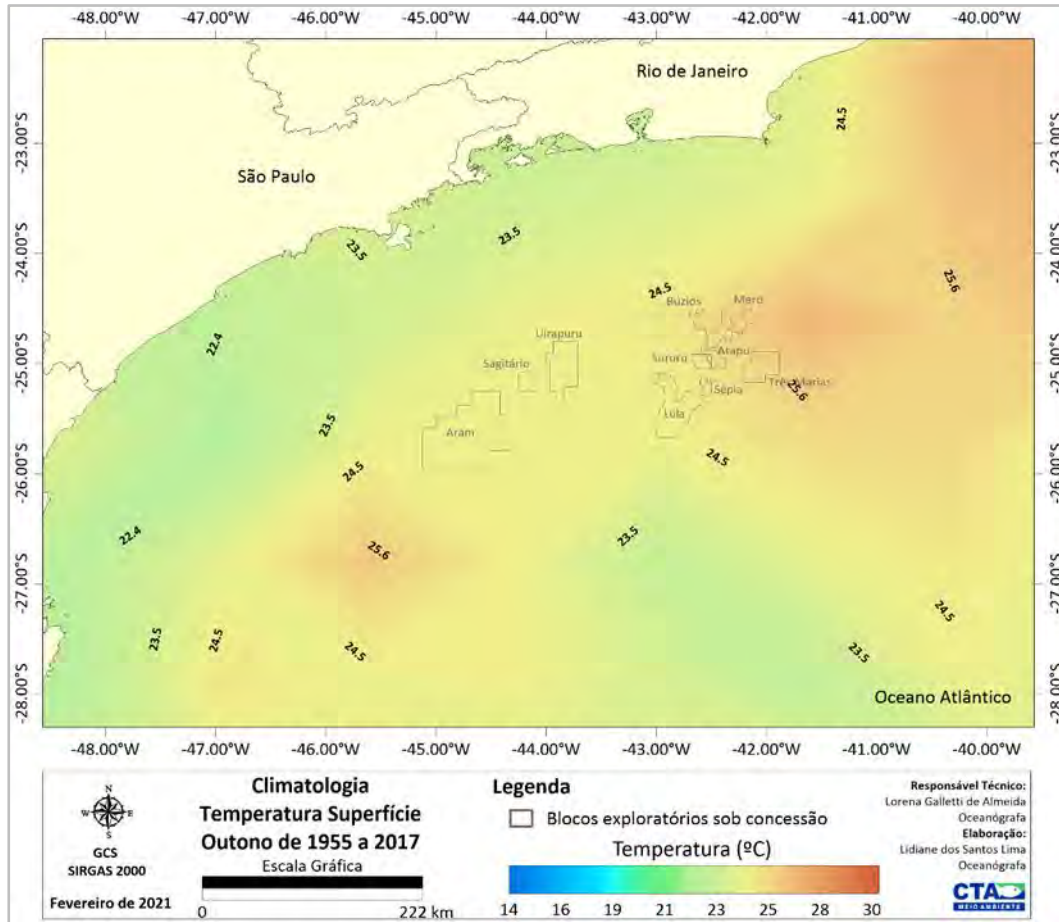


Figura II.5.1.1.2.2-19– Climatologia de outono (abril a junho) referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

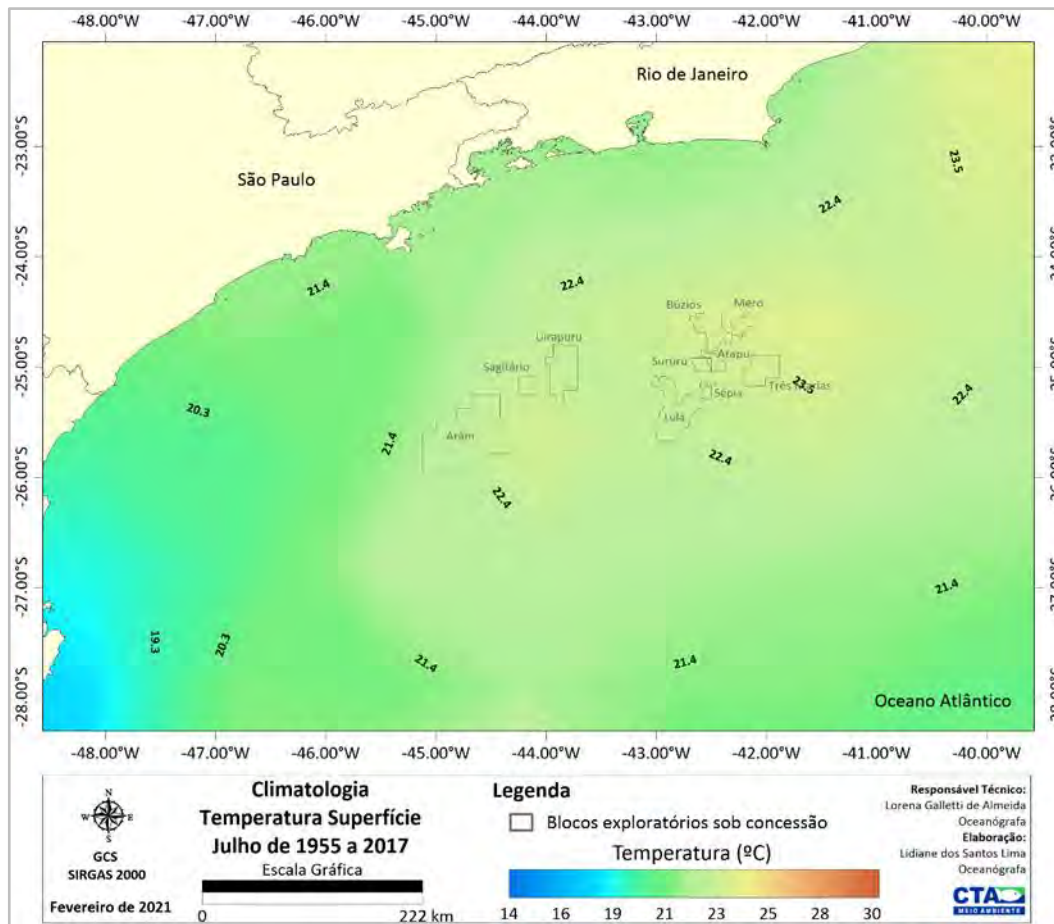


Figura II.5.1.1.2.2-20– Climatologia de julho referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

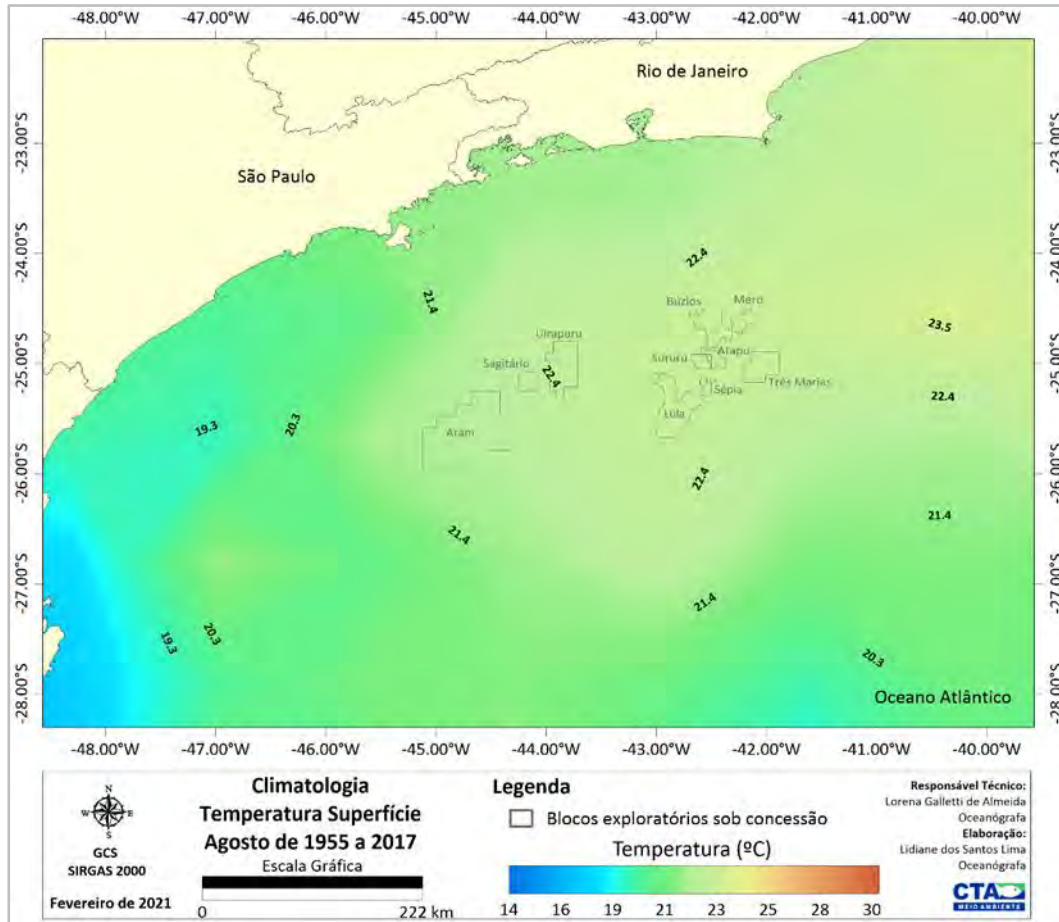


Figura II.5.1.1.2.2-21– Climatologia de agosto referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

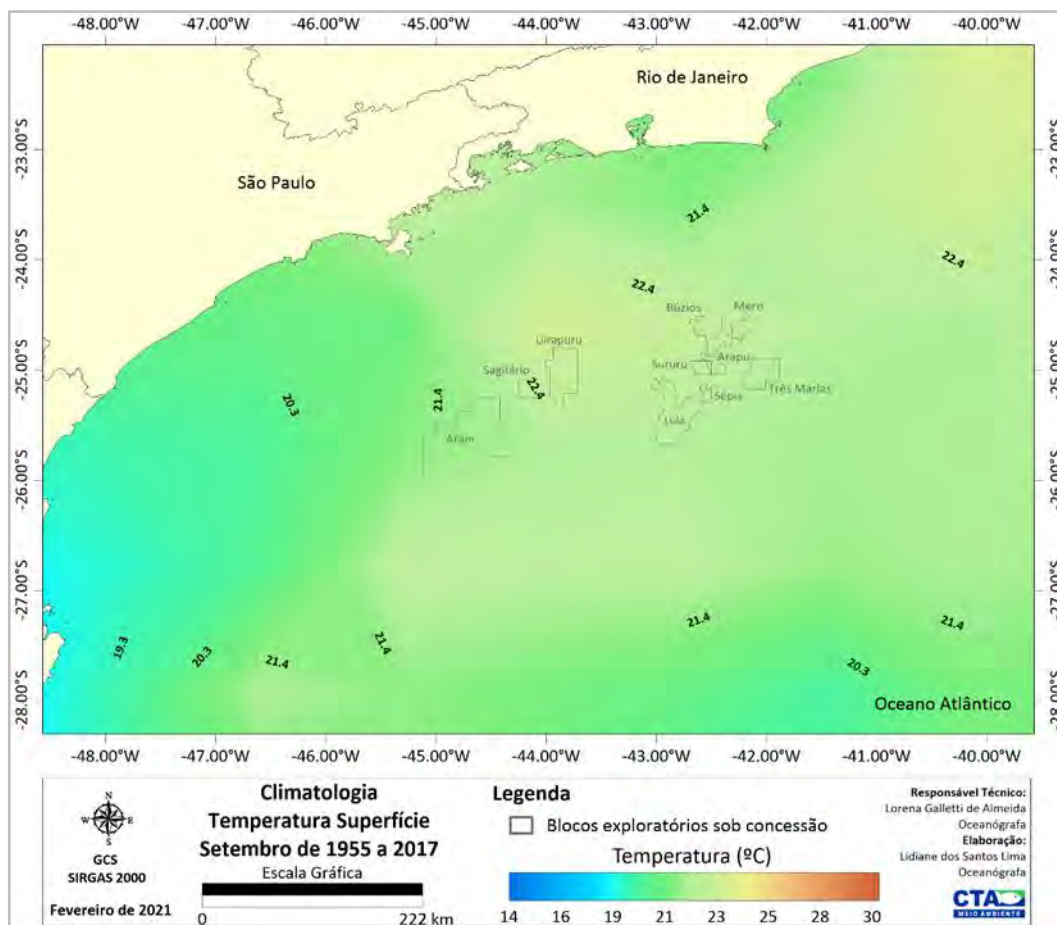


Figura II.5.1.1.2.2-22– Climatologia de setembro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

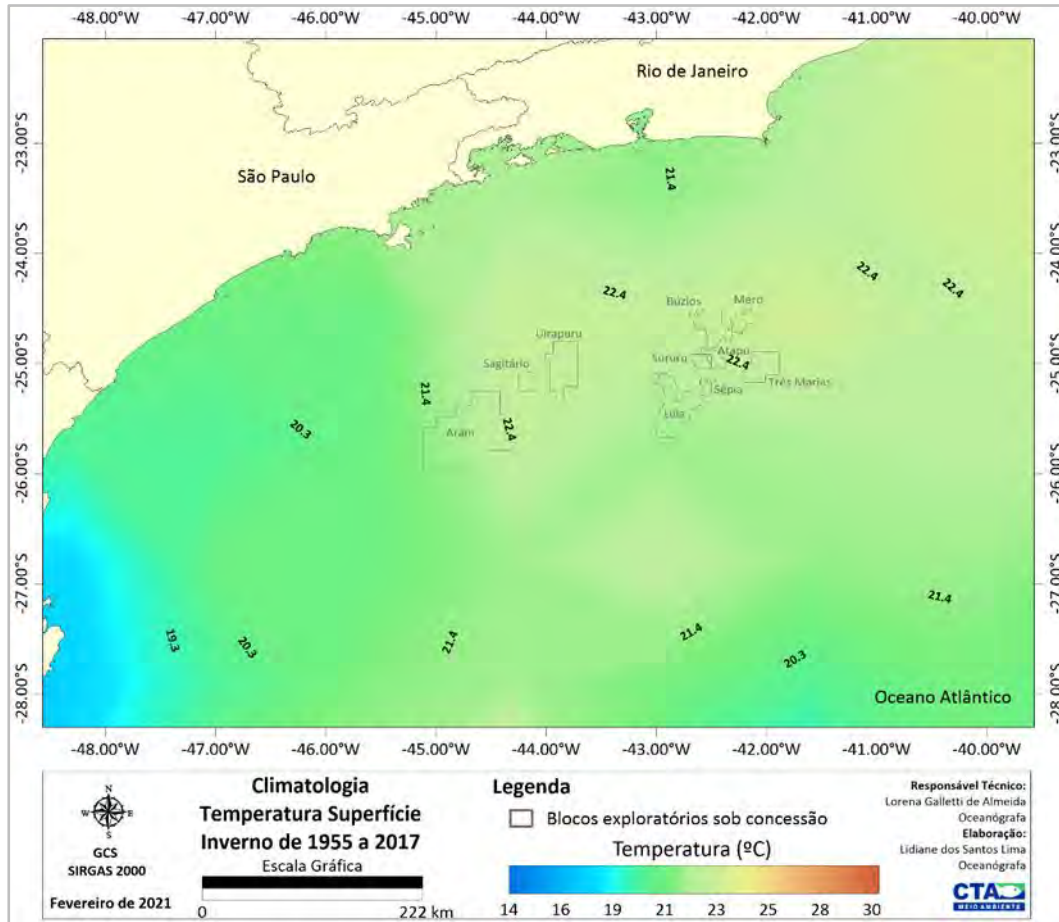


Figura II.5.1.1.2.2-23– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

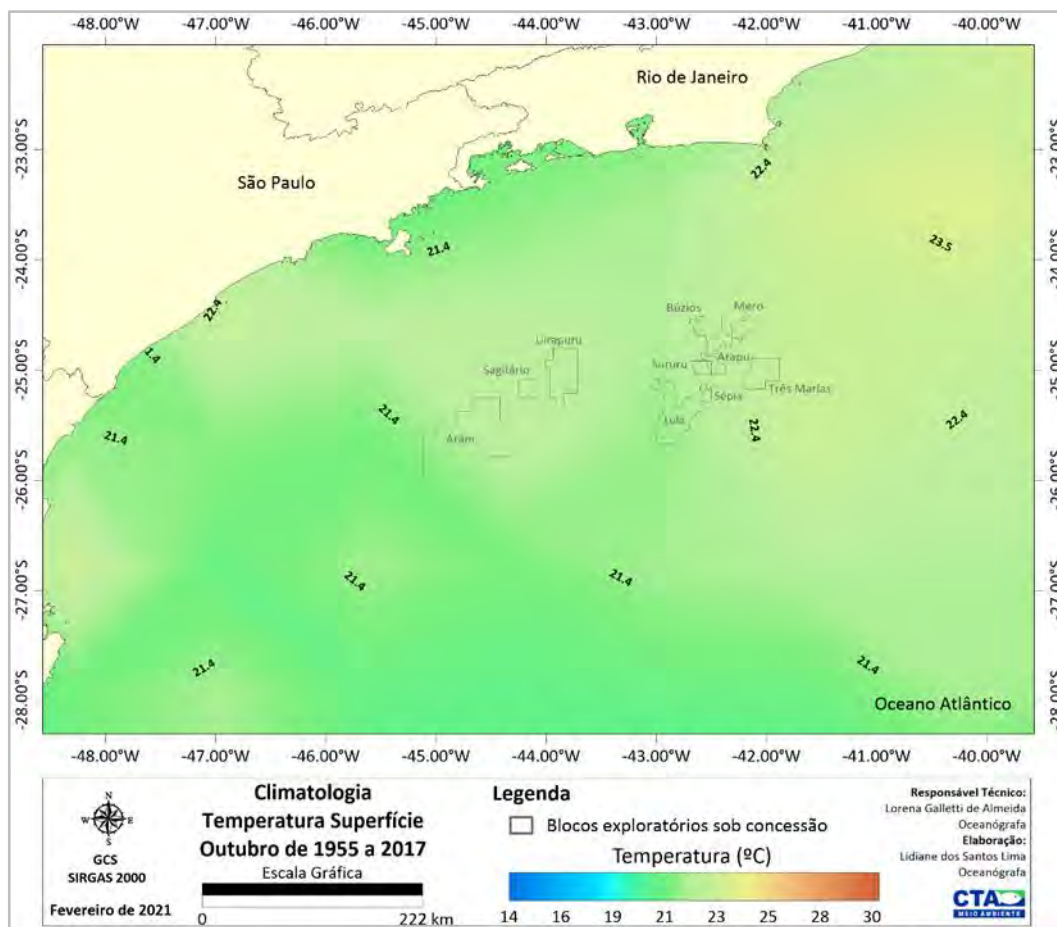


Figura II.5.1.1.2.2-24– Climatologia de outubro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

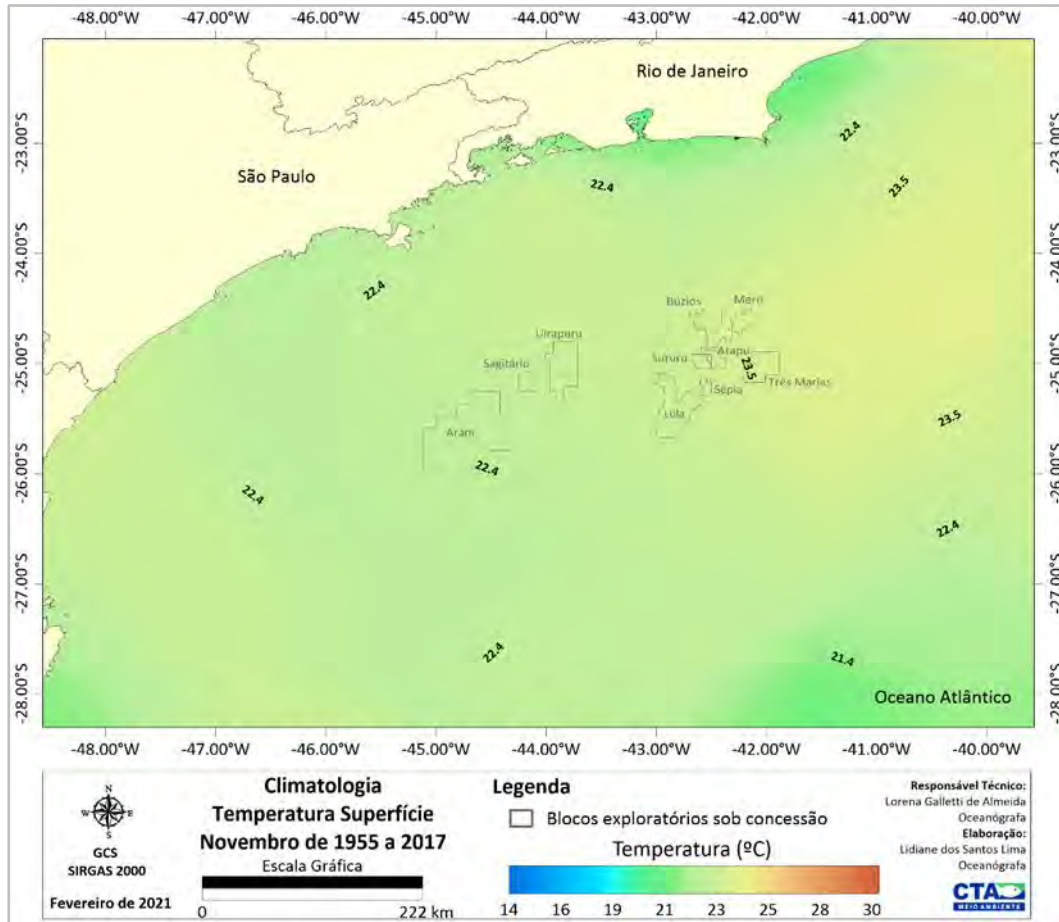


Figura II.5.1.1.2.2-25– Climatologia de novembro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

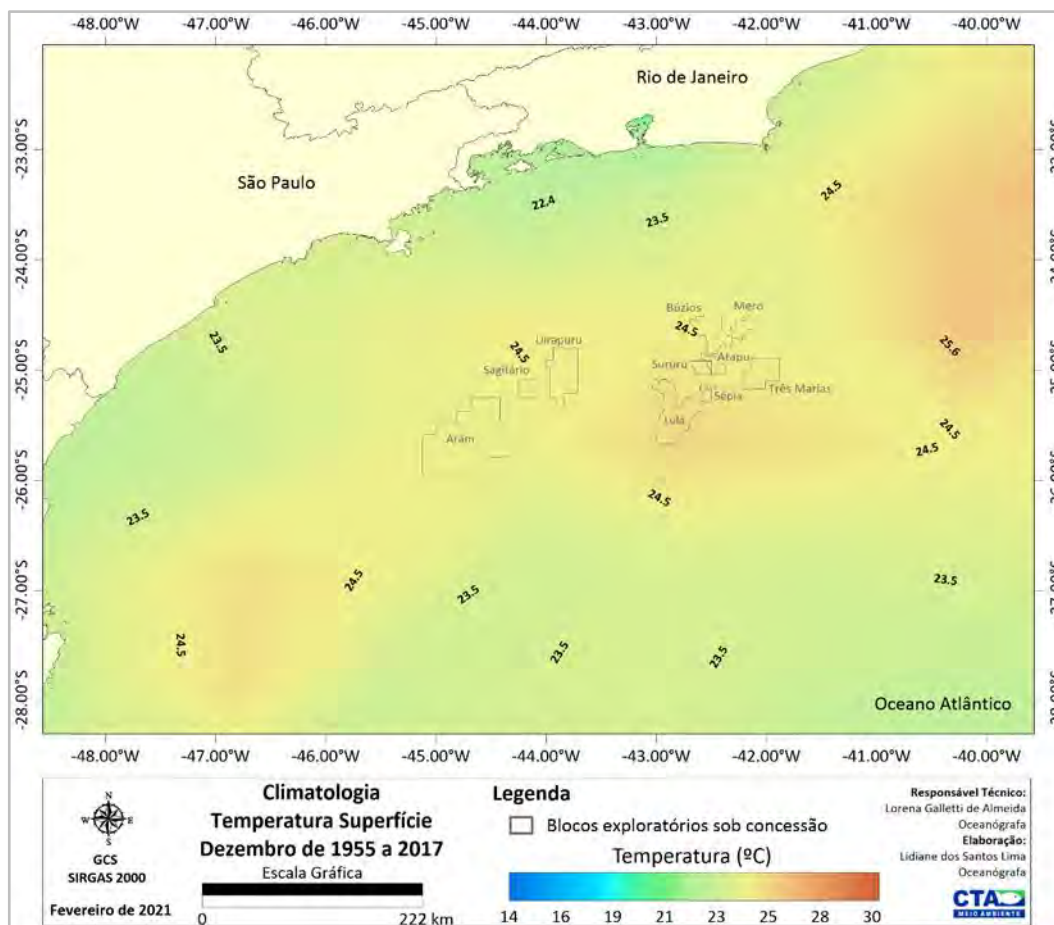


Figura II.5.1.1.2.2-26– Climatologia de dezembro referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

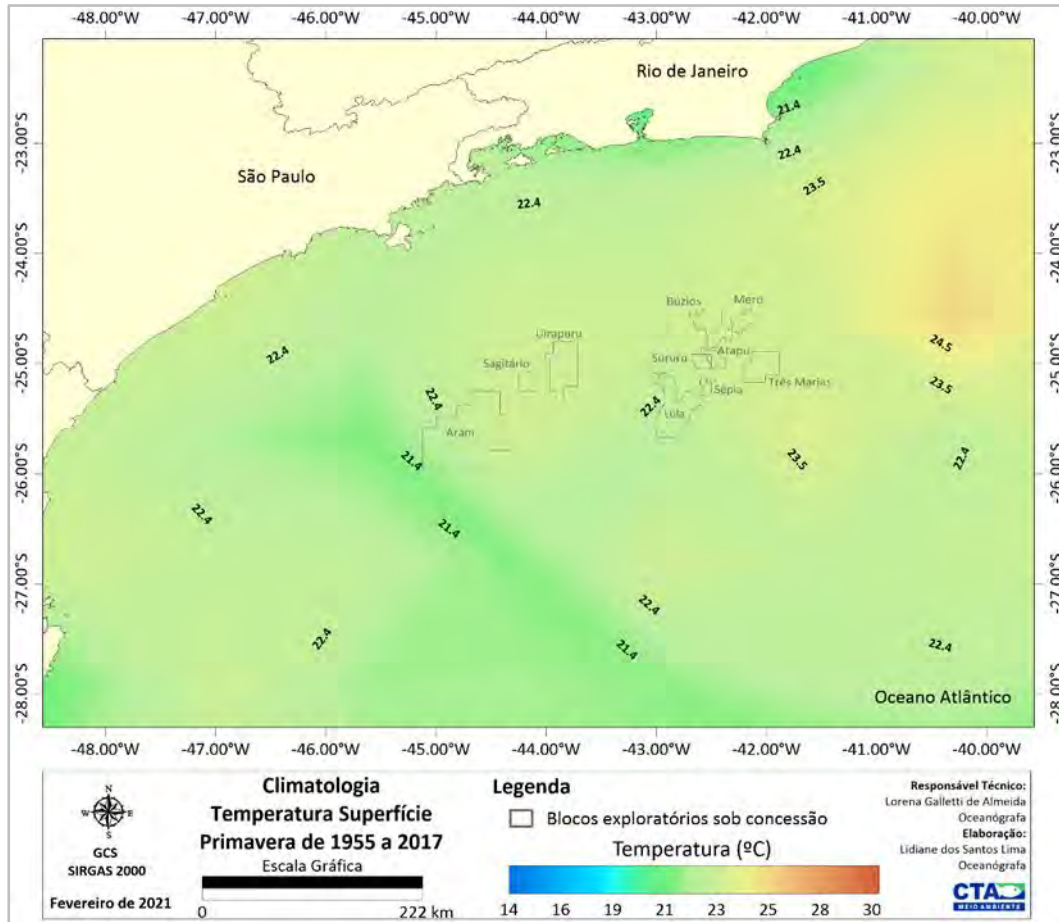


Figura II.5.1.1.2.2-27– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a temperatura média (°C) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

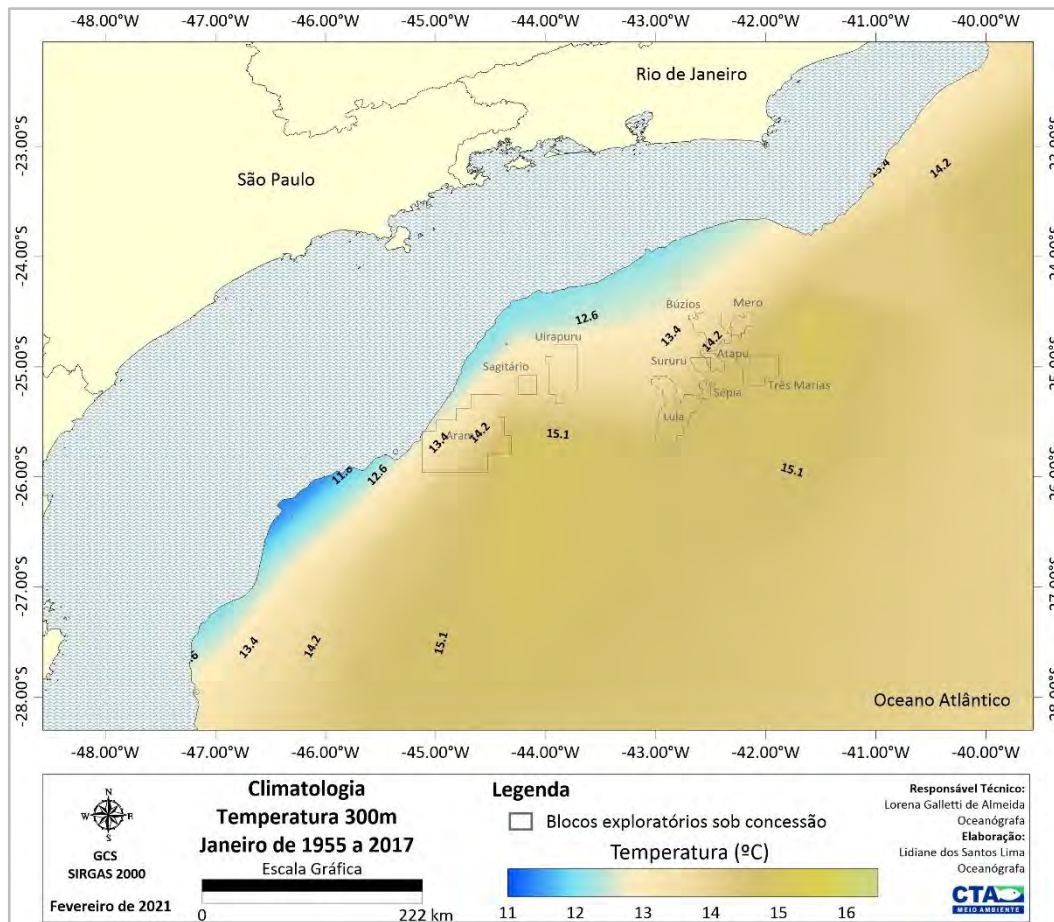


Figura II.5.1.1.2.2-28– Climatologia de janeiro referente a temperatura média (°C) 300m de profundidade, conforme os dados de WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

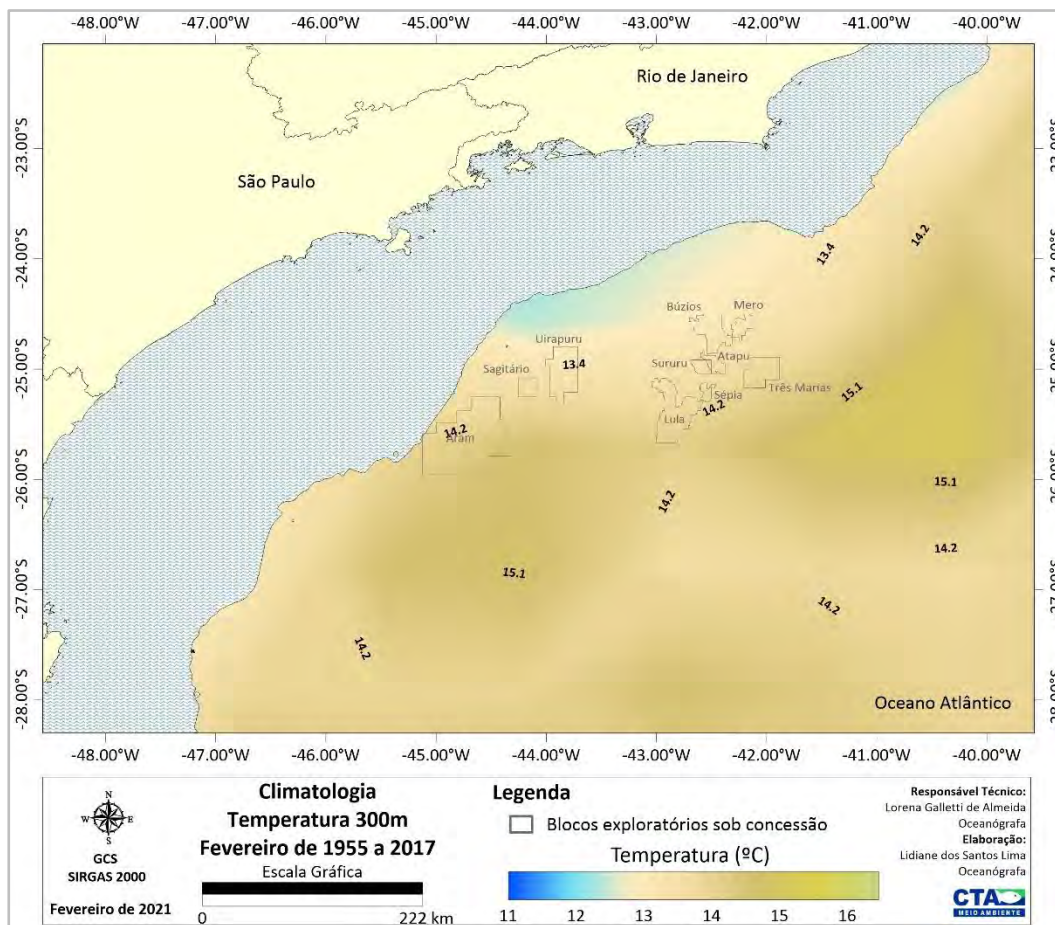


Figura II.5.1.1.2.2-29– Climatologia de fevereiro referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

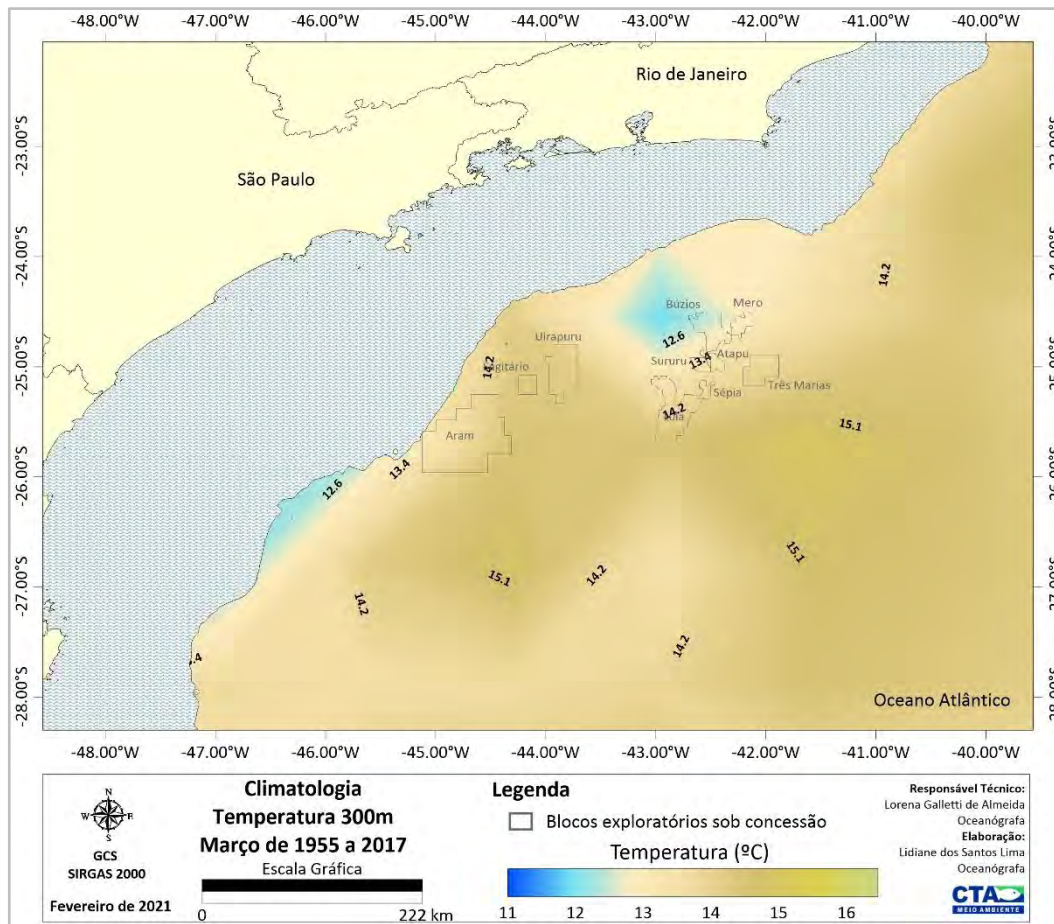


Figura II.5.1.1.2.2-30– Climatologia de março referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

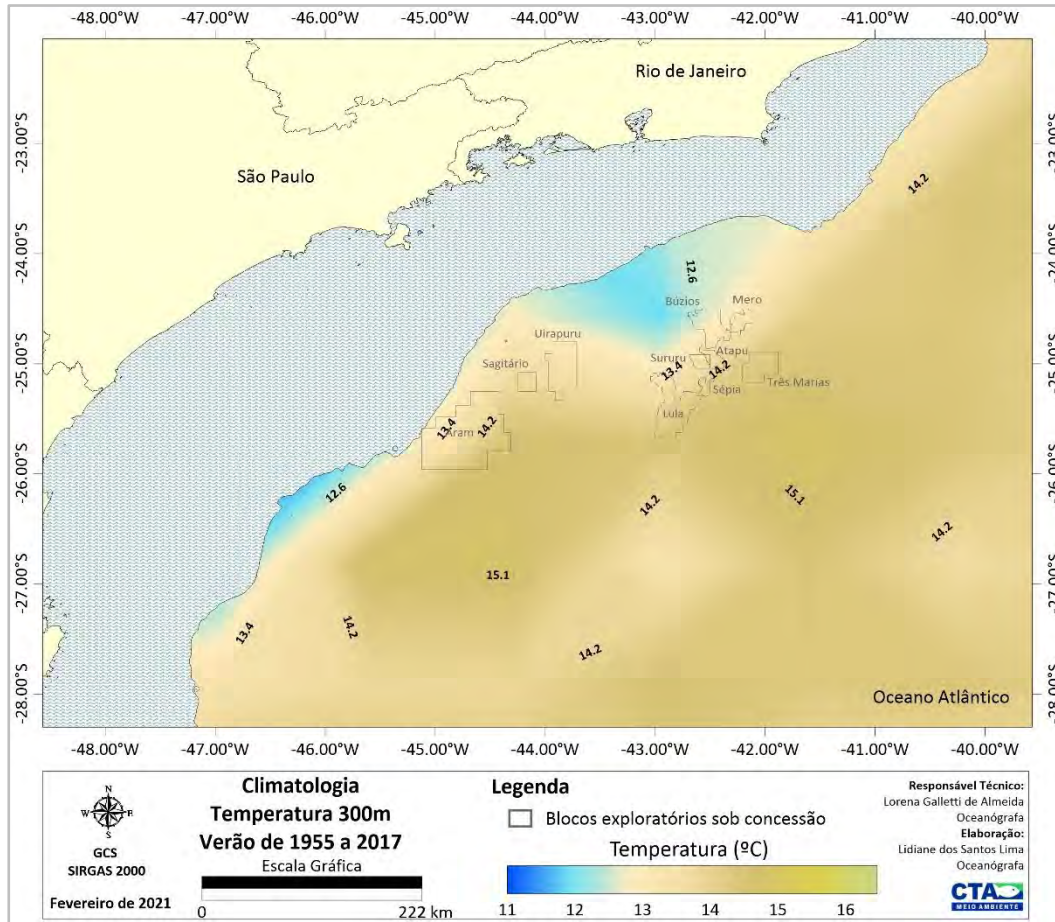


Figura II.5.1.1.2.2-31– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

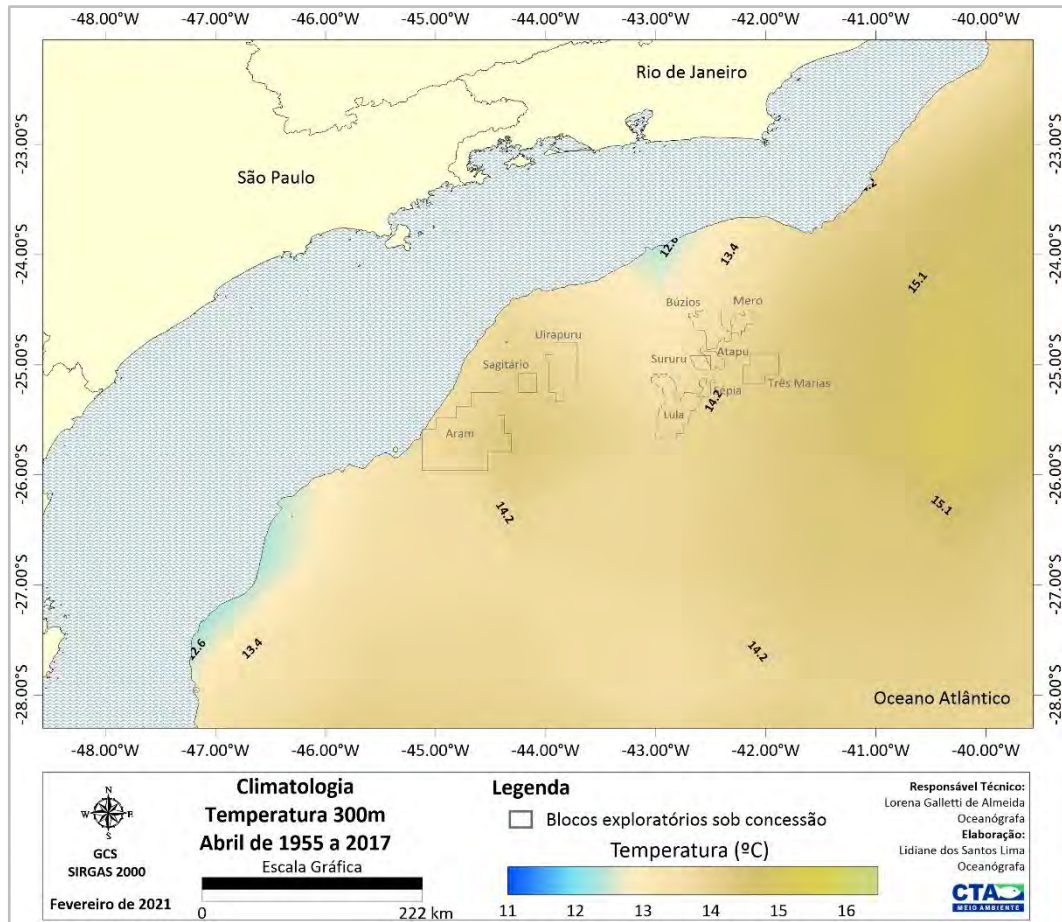


Figura II.5.1.1.2.2-32– Climatologia de abril referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

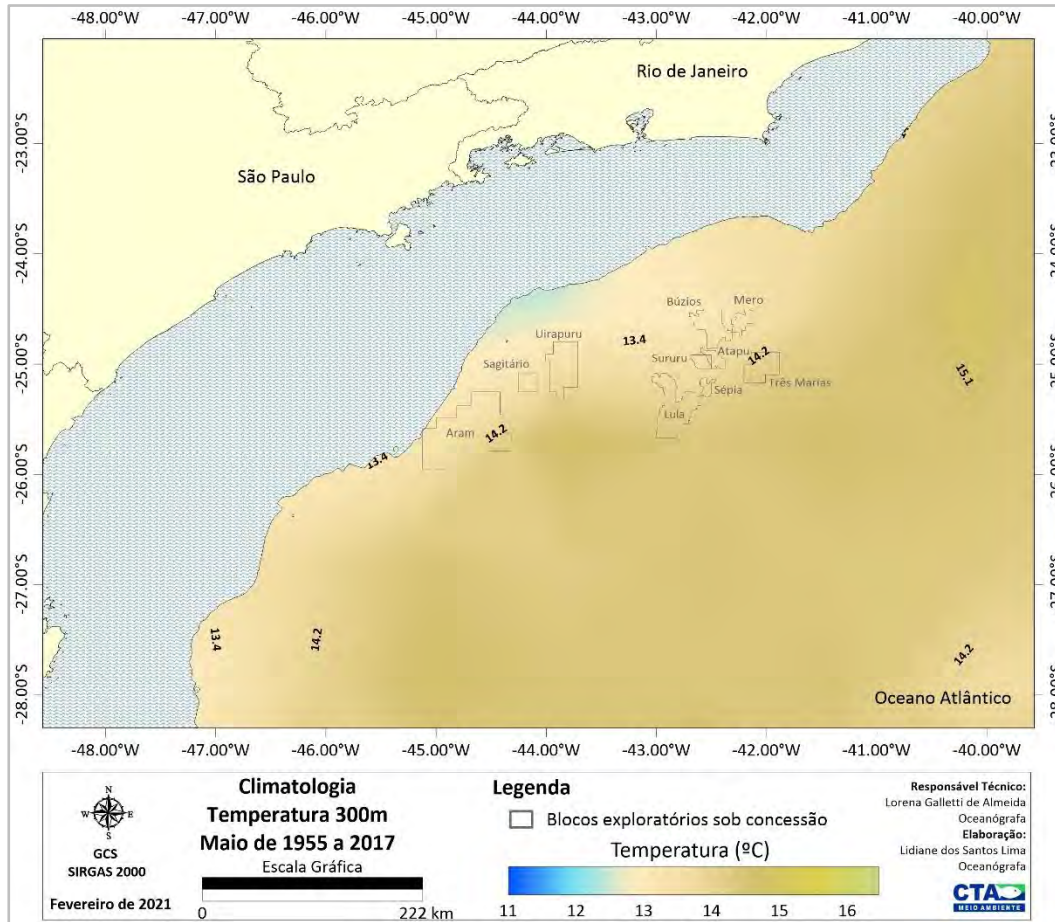


Figura II.5.1.1.2.2-33– Climatologia de maio referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

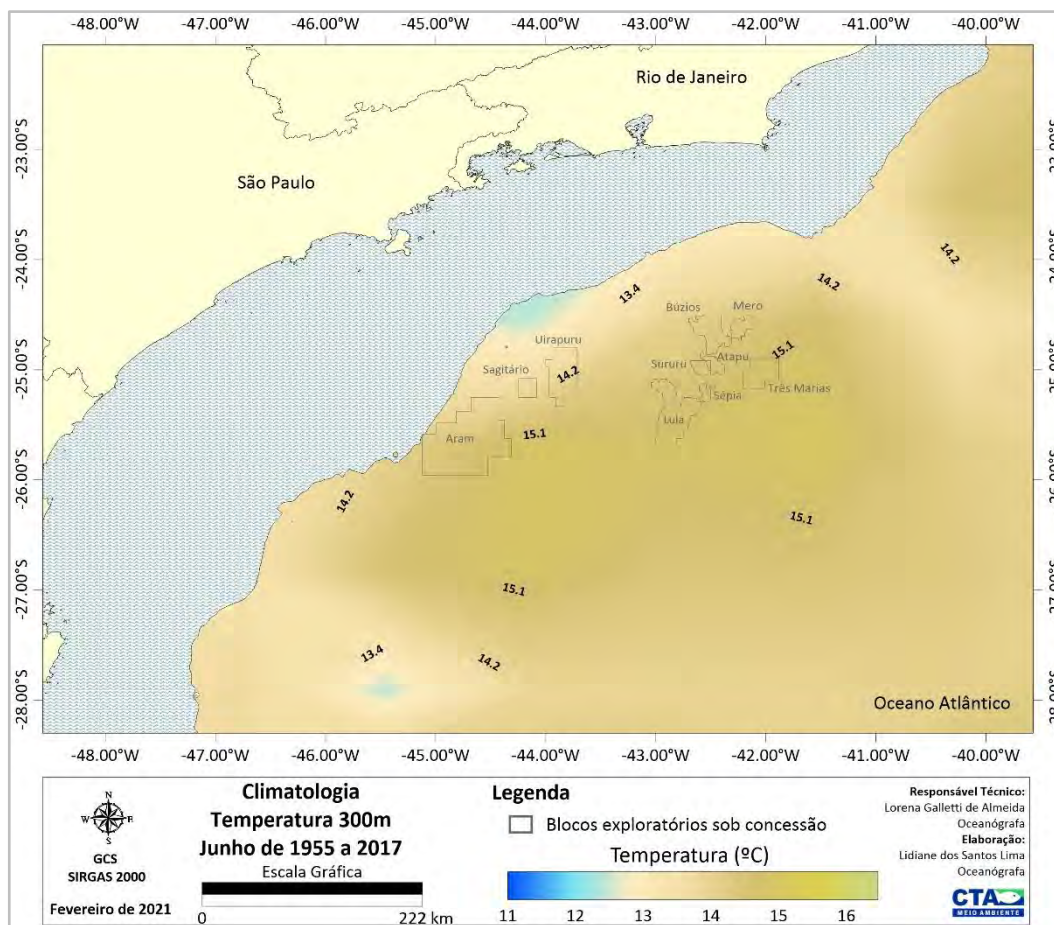


Figura II.5.1.1.2.2-34– Climatologia de junho referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

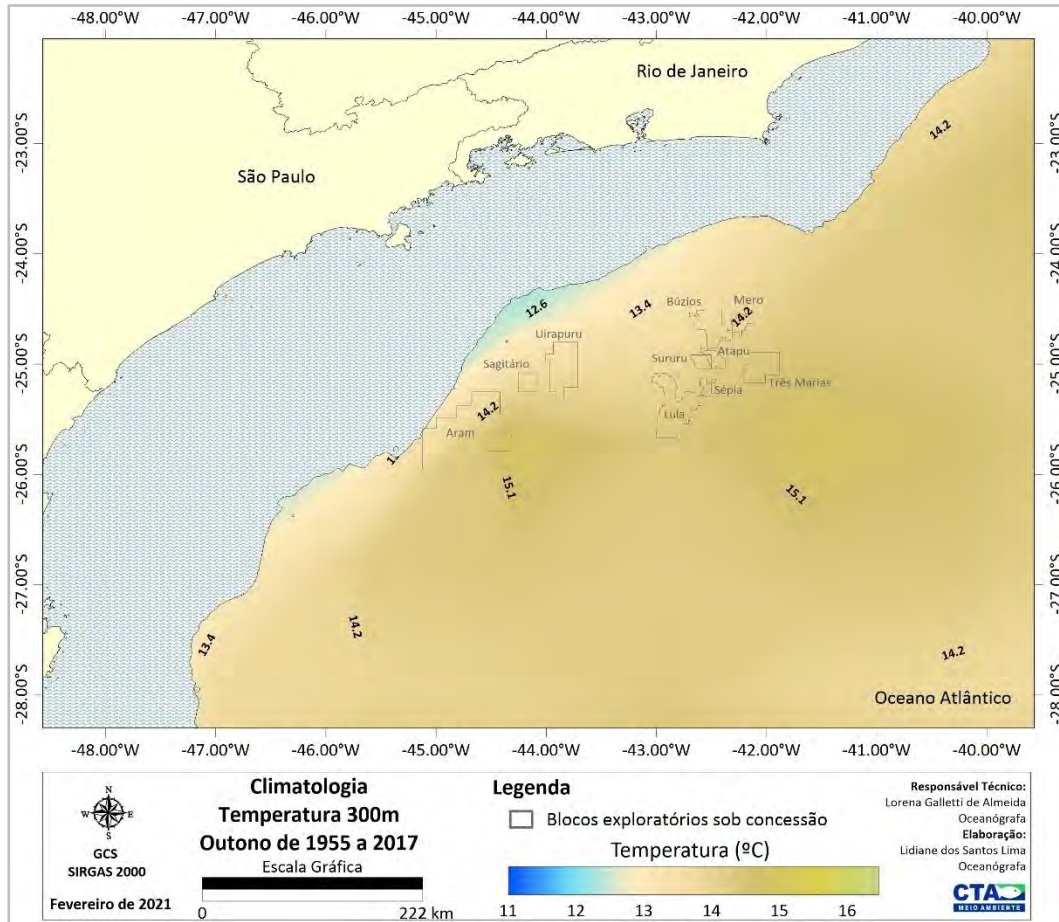


Figura II.5.1.1.2.2-35– Climatologia de outono (abril a junho) referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

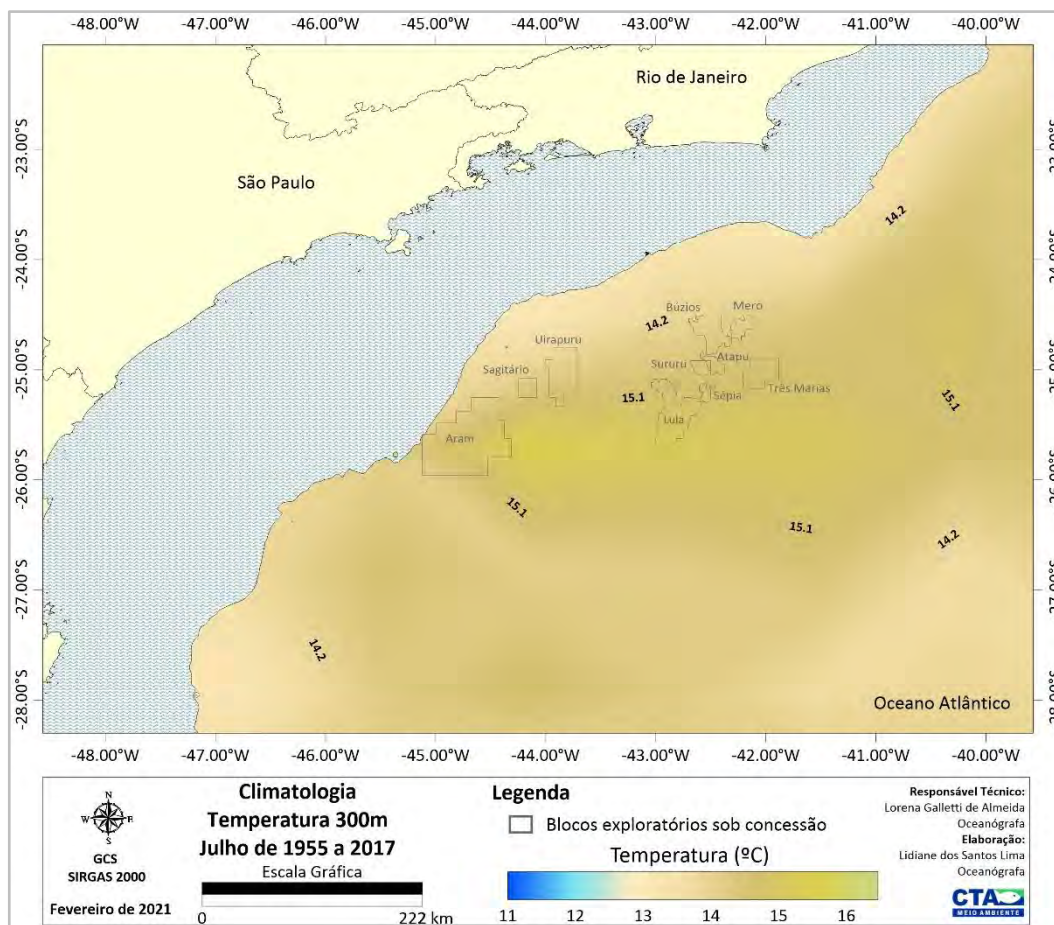


Figura II.5.1.1.2.2-36– Climatologia de julho referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

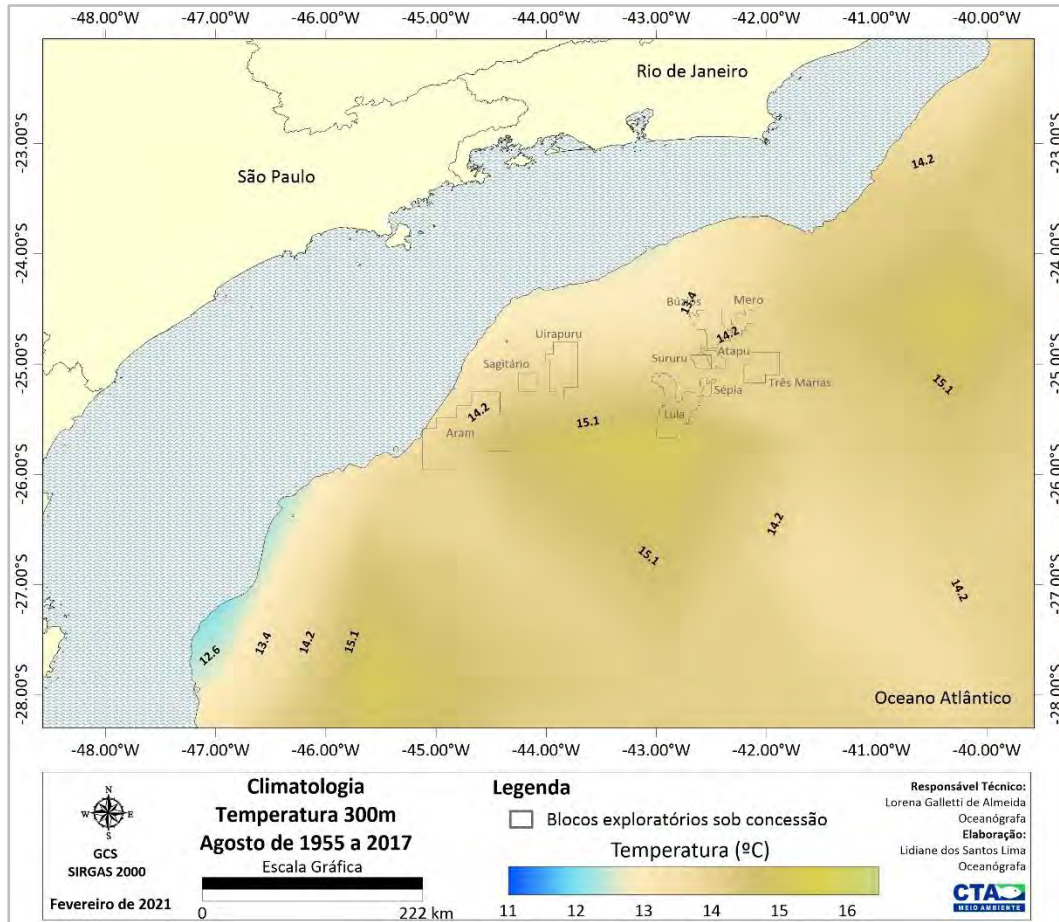


Figura II.5.1.1.2.2-37– Climatologia de agosto referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

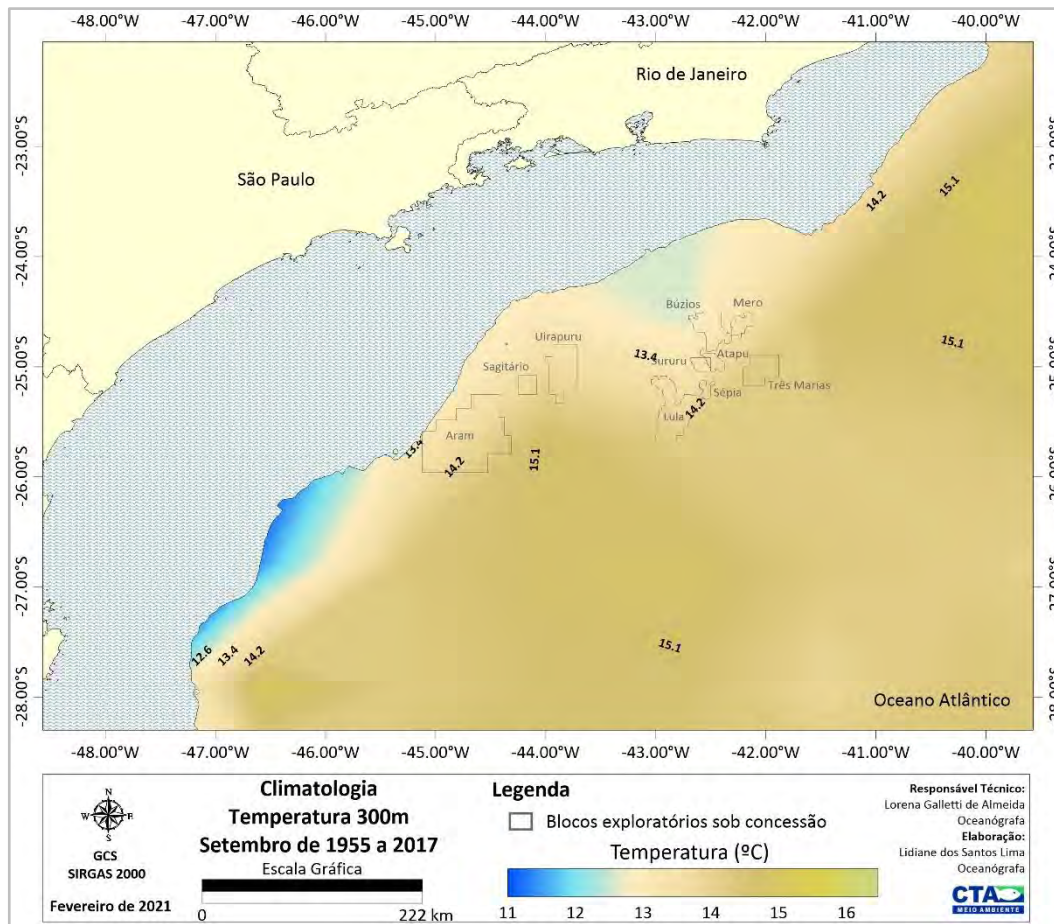


Figura II.5.1.1.2.2-38– Climatologia de setembro referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

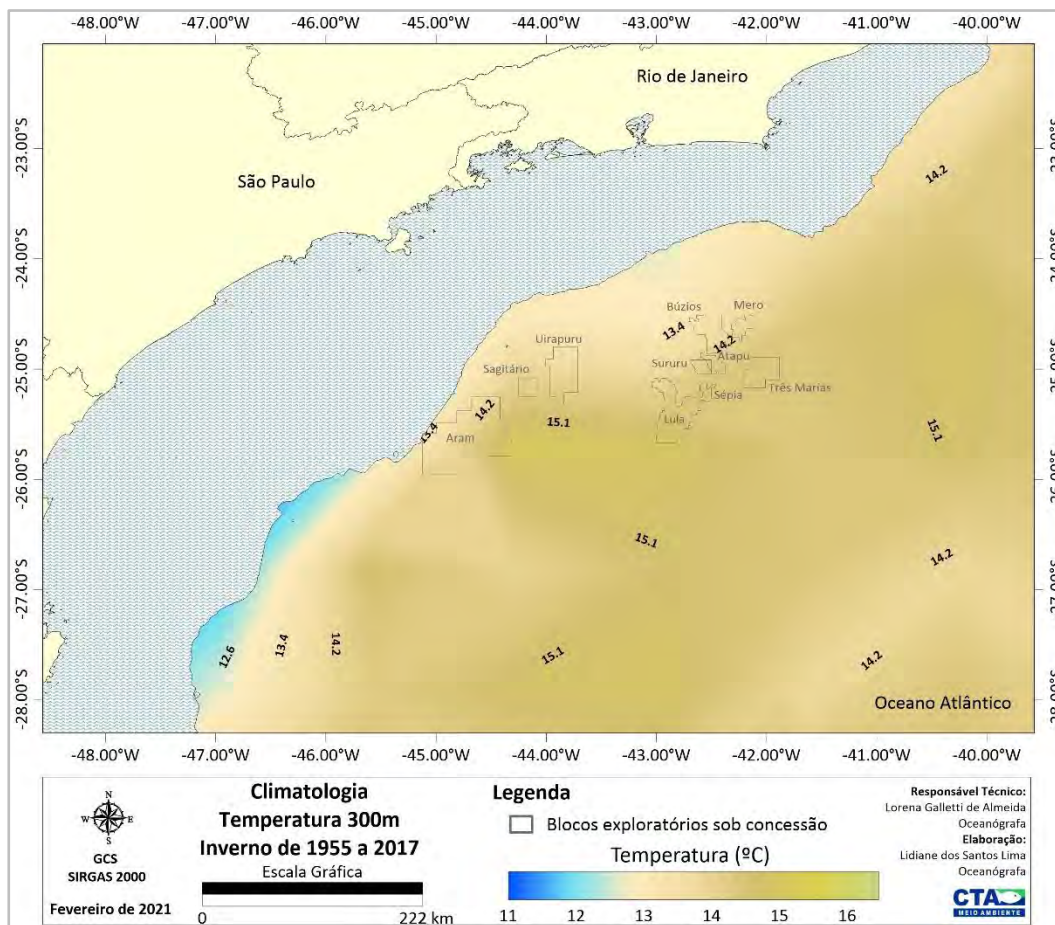


Figura II.5.1.1.2.2-39– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

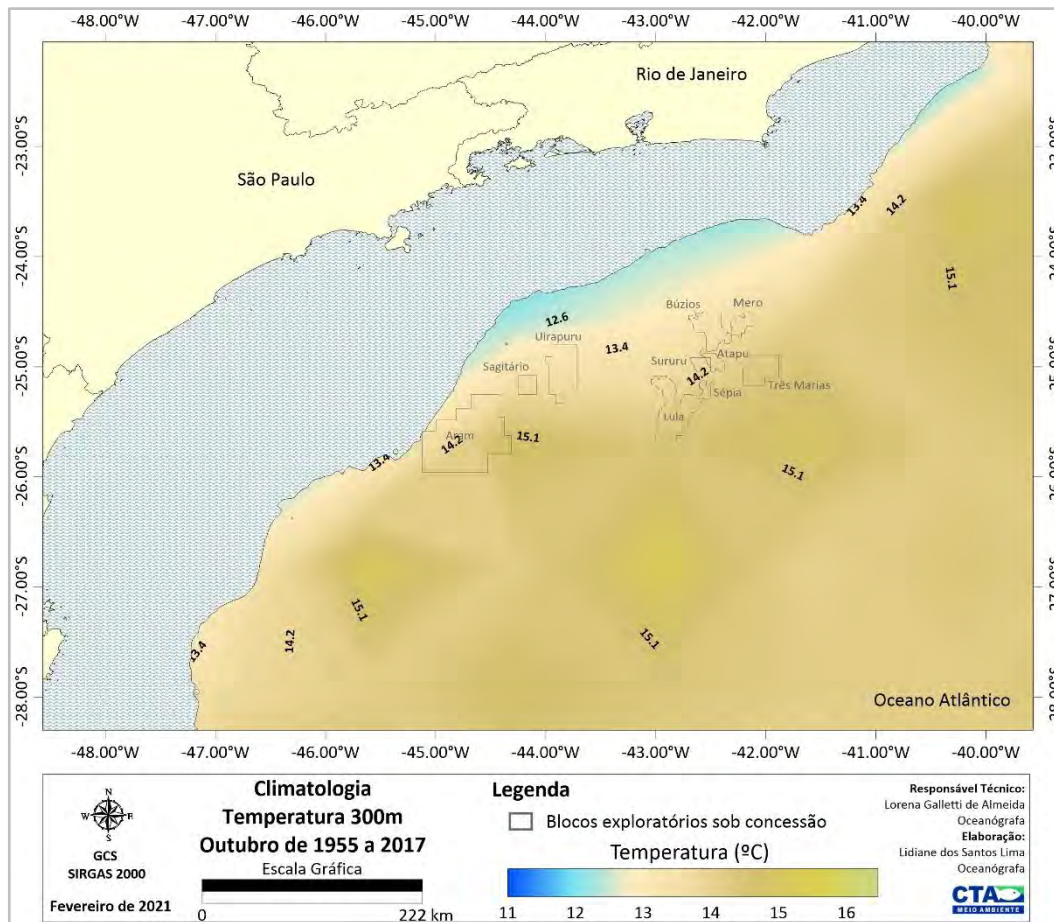


Figura II.5.1.1.2.2-40– Climatologia de outubro referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

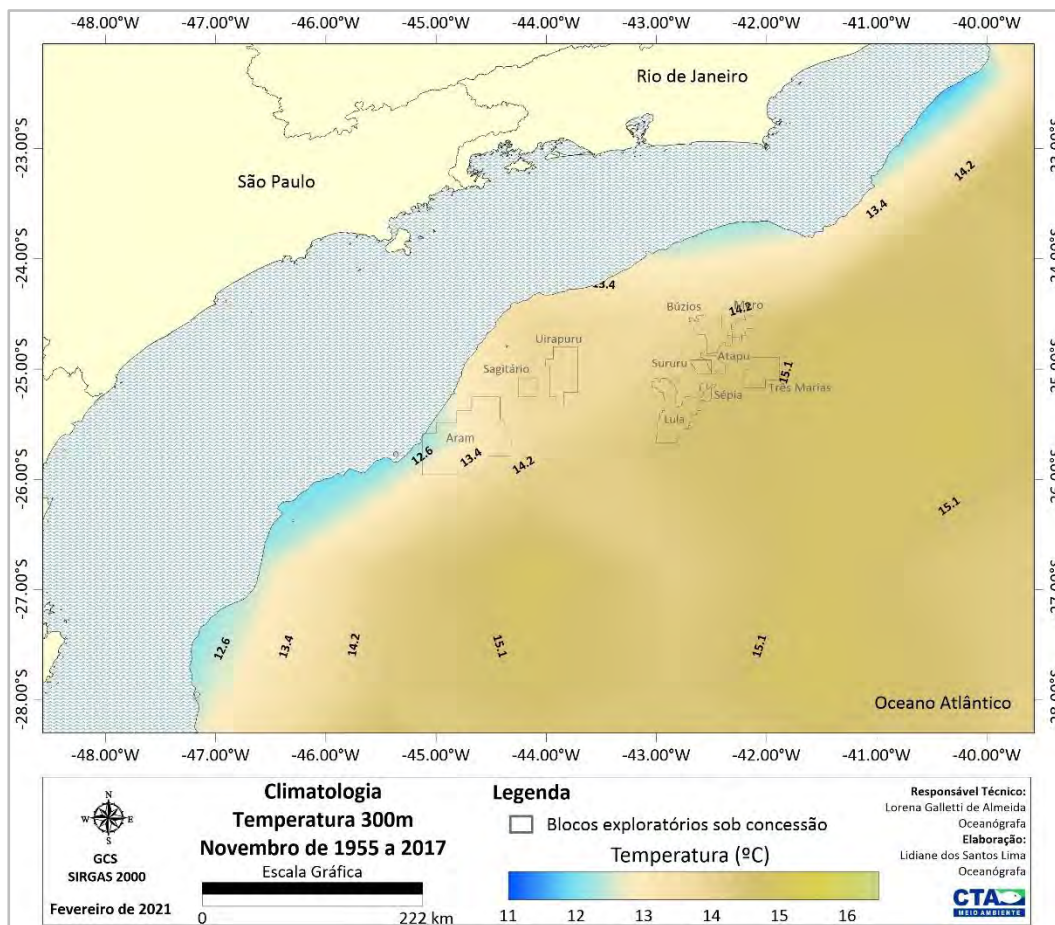


Figura II.5.1.1.2.2-41– Climatologia de novembro referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

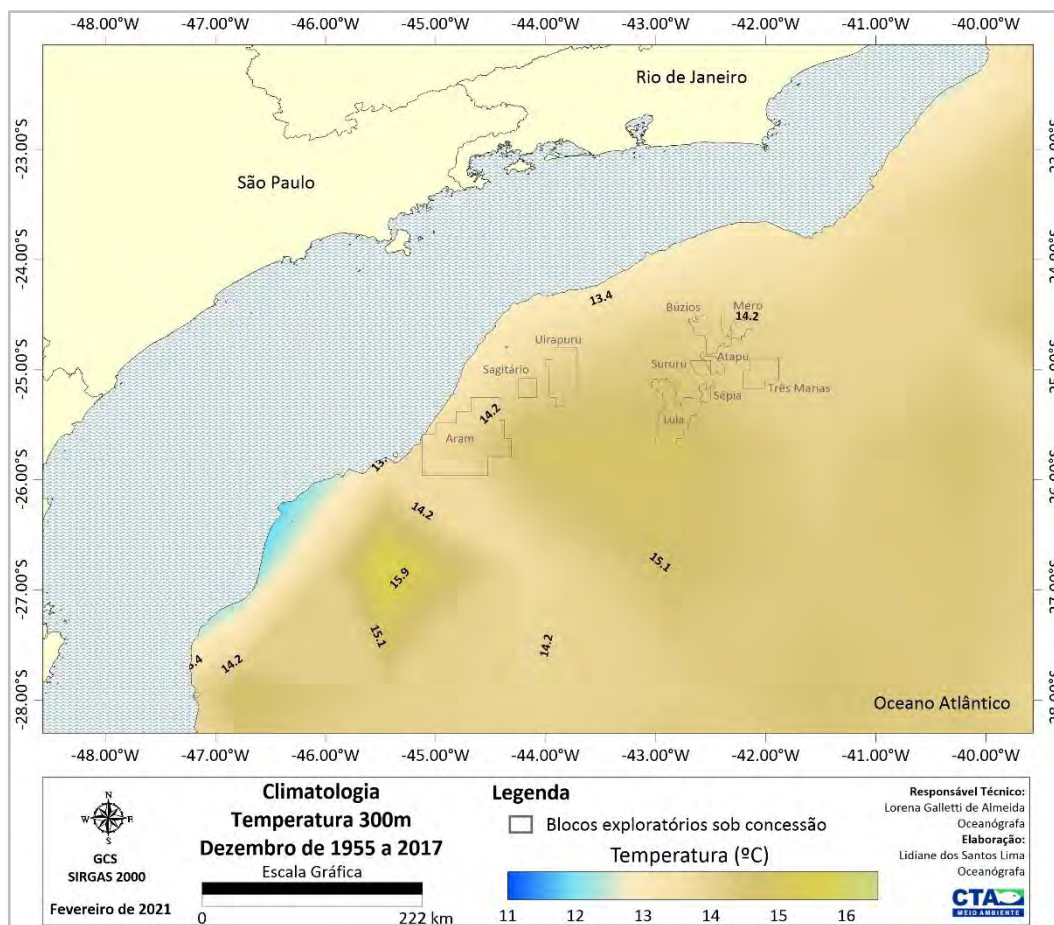


Figura II.5.1.1.2.2-42– Climatologia de dezembro referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

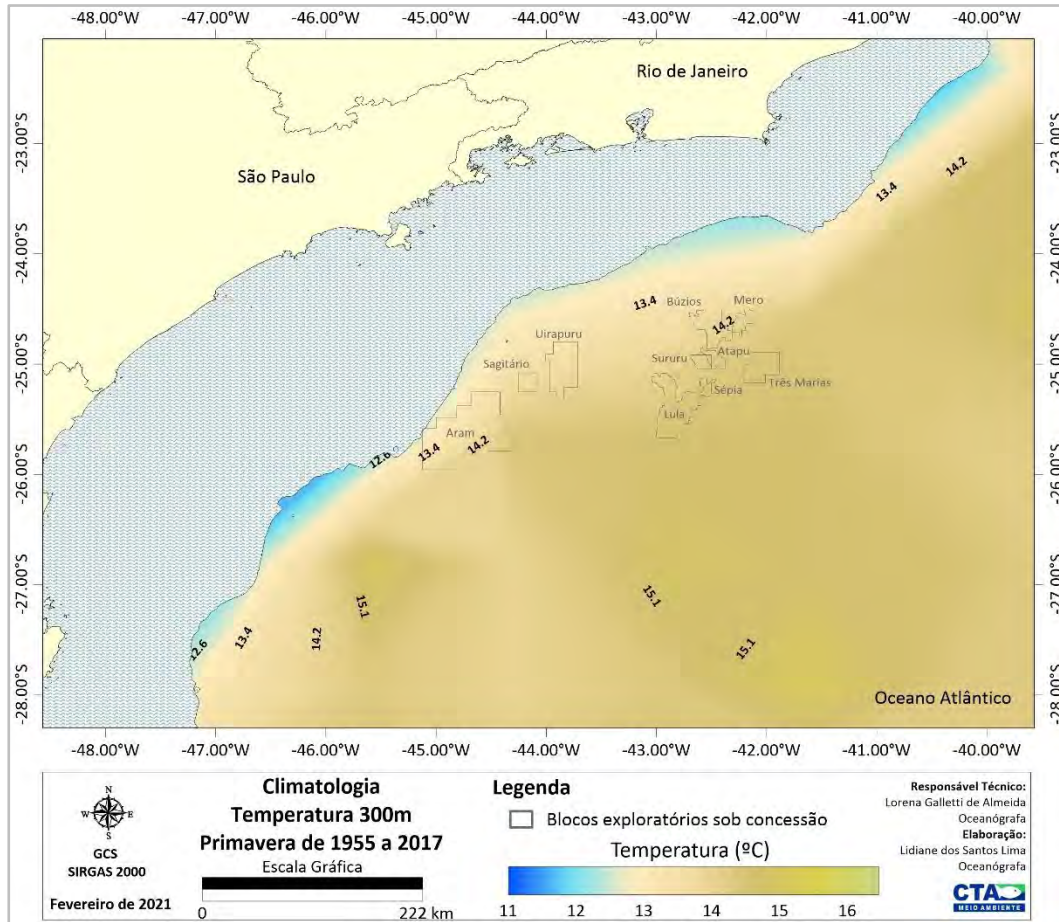


Figura II.5.1.1.2.2-43– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a temperatura média (°C) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

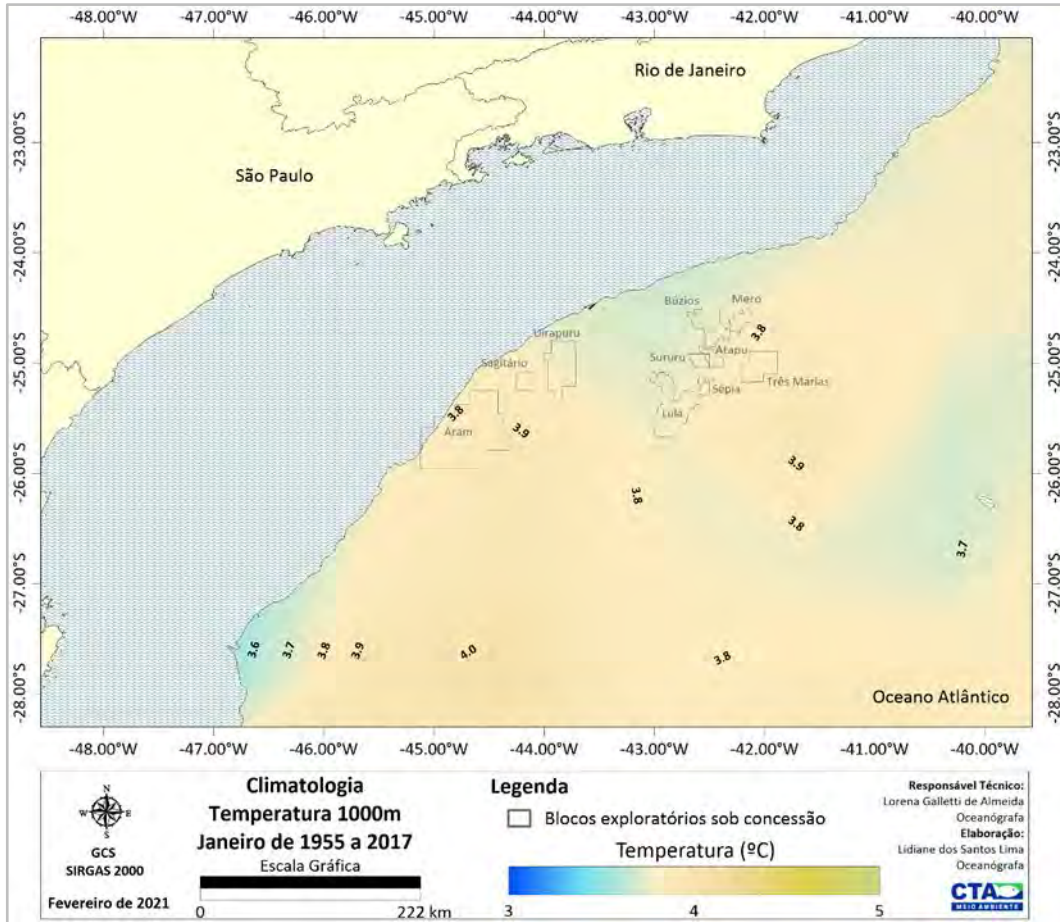


Figura II.5.1.1.2.2-44– Climatologia de janeiro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

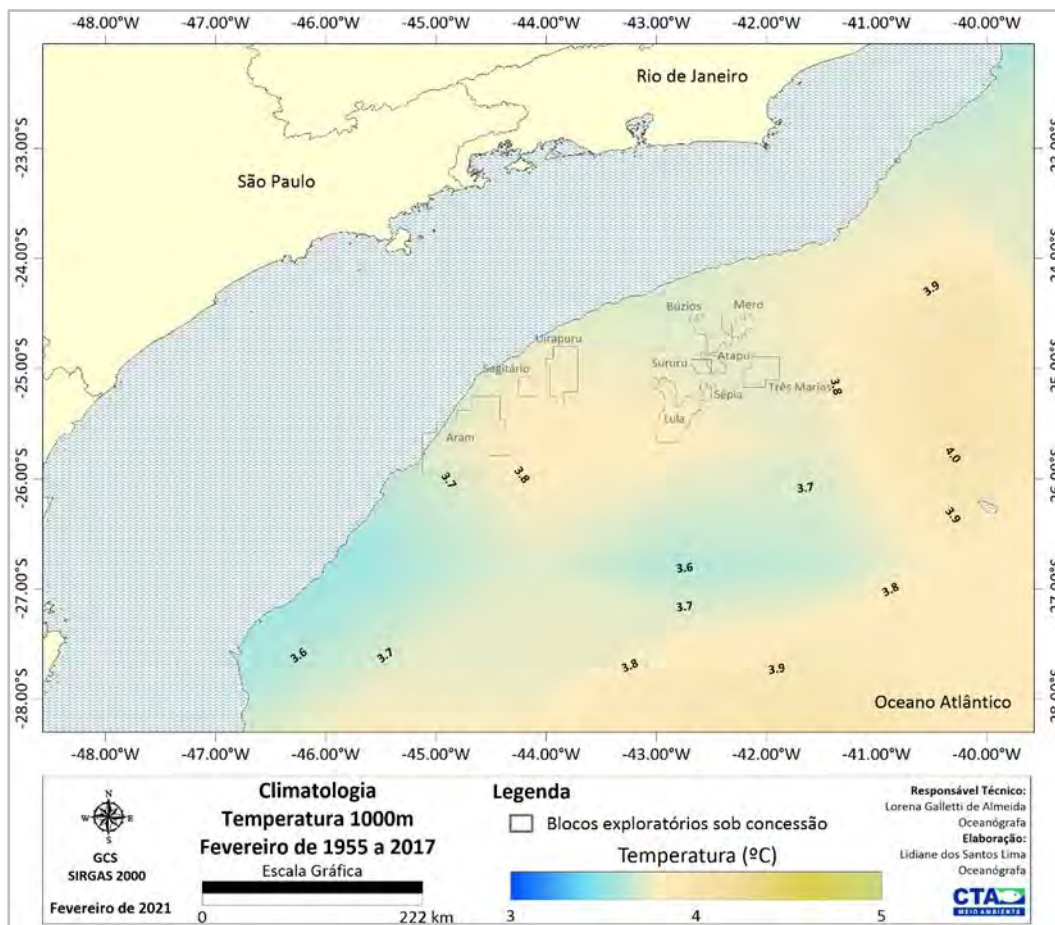


Figura II.5.1.1.2.2-45– Climatologia de fevereiro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

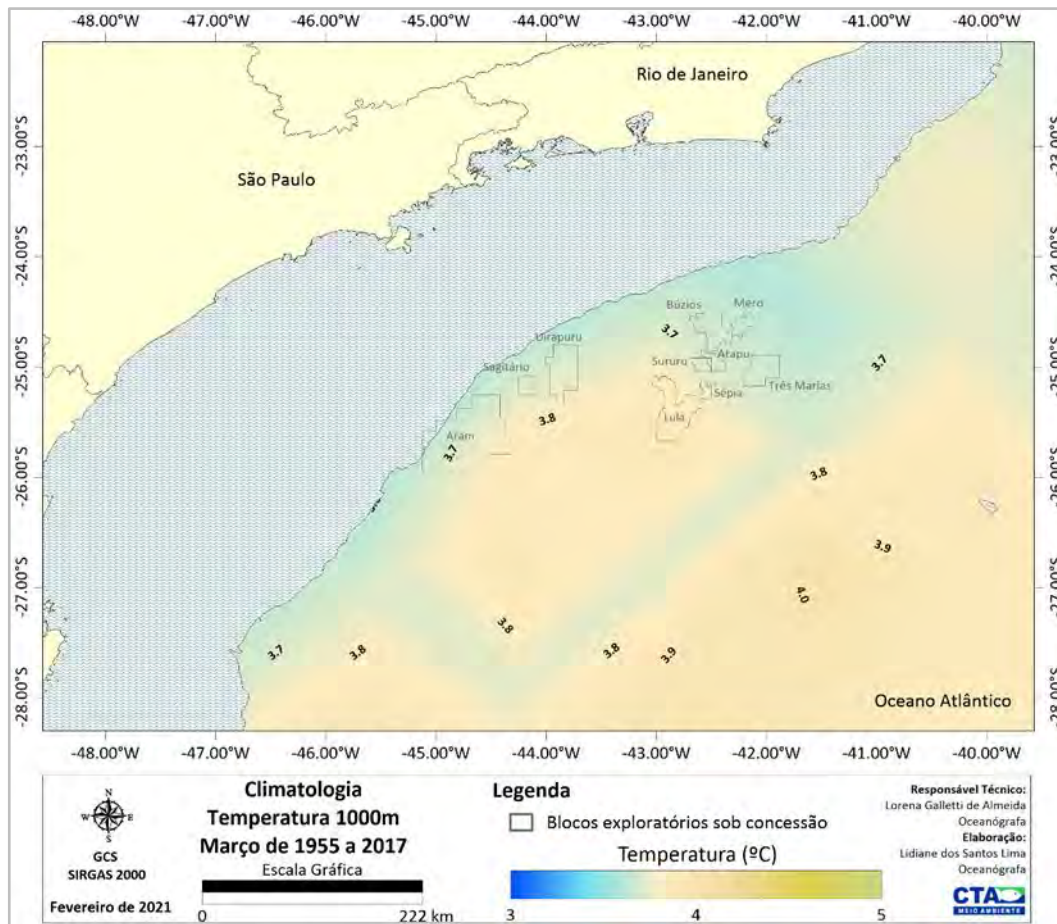


Figura II.5.1.1.2.2-46– Climatologia de março referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

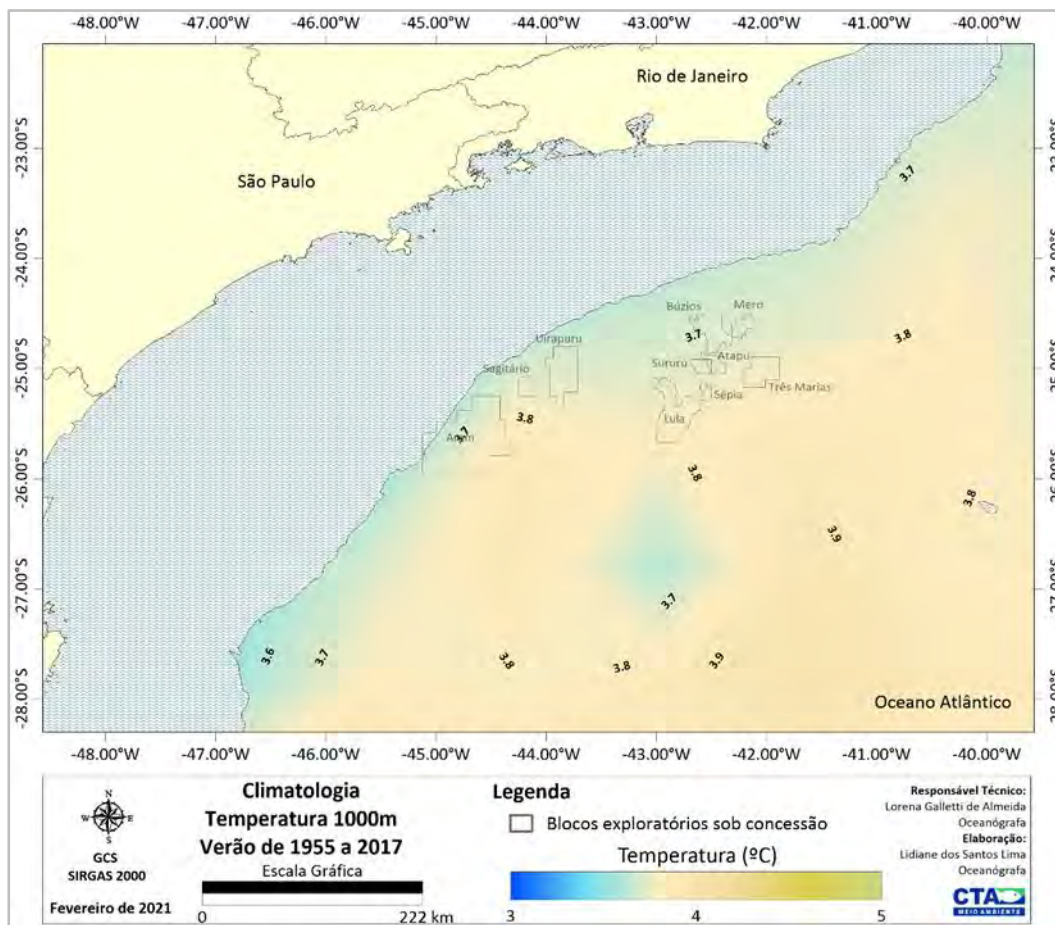


Figura II.5.1.1.2.2-47– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

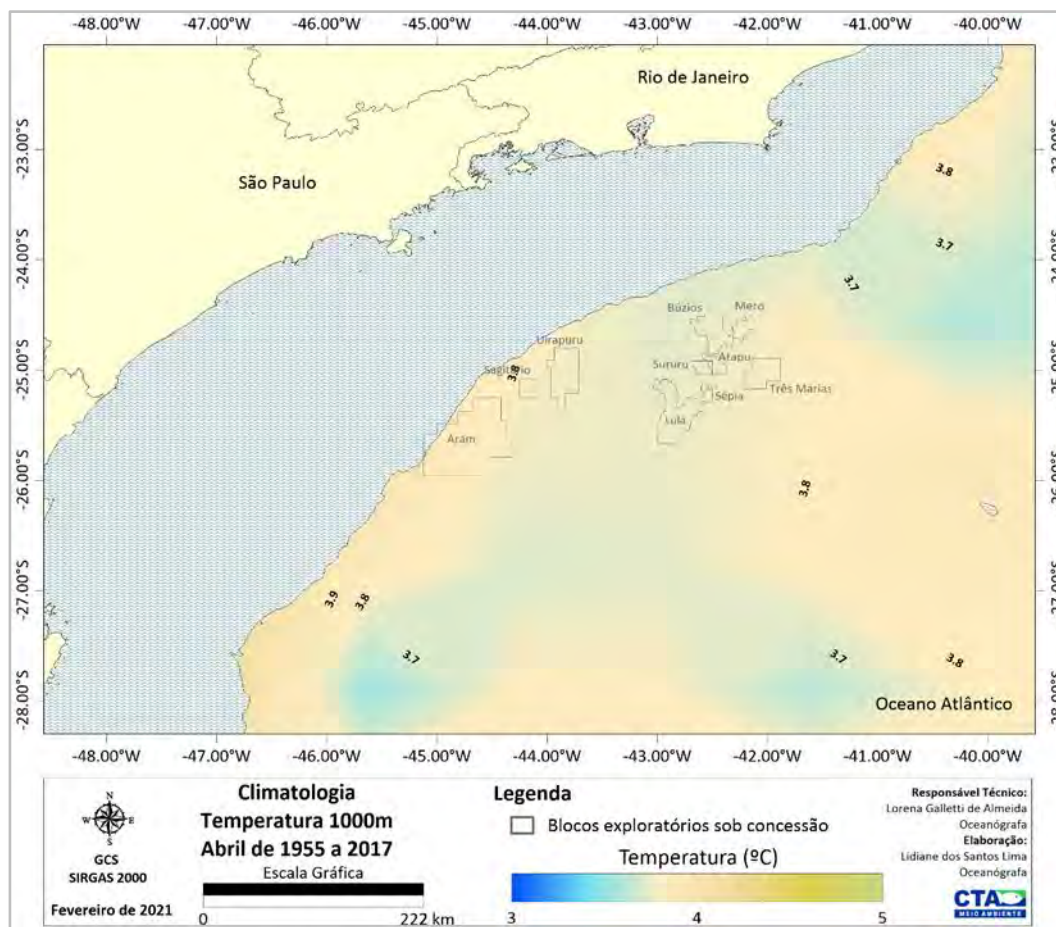


Figura II.5.1.1.2.2-48– Climatologia de abril referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

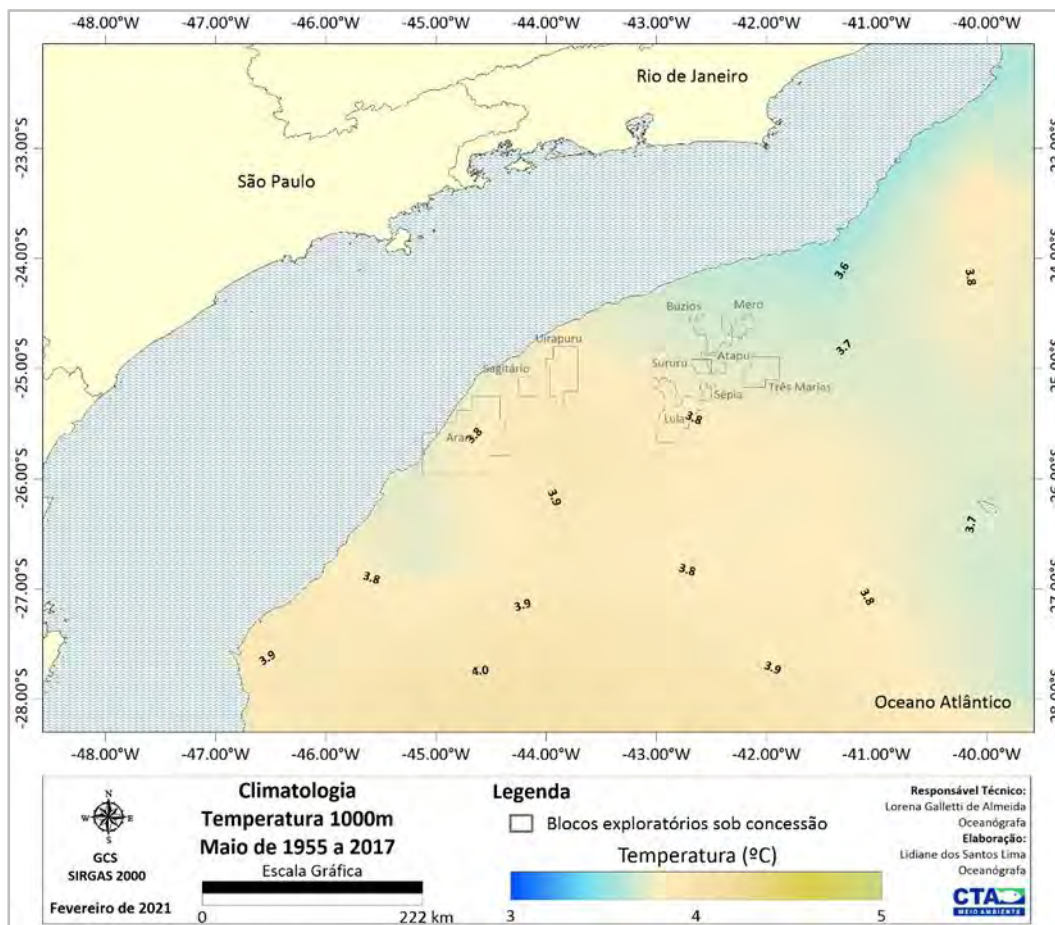


Figura II.5.1.1.2.2-49– Climatologia de maio referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

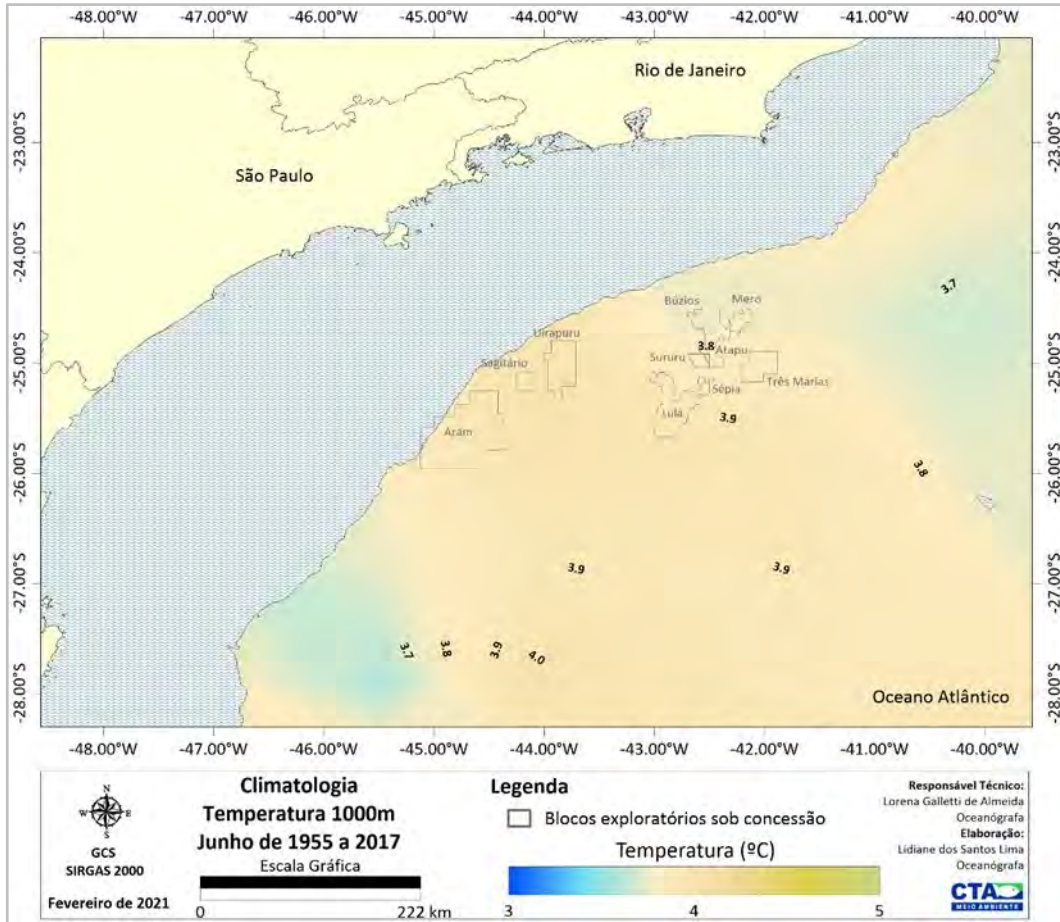


Figura II.5.1.1.2.2-50– Climatologia de junho referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

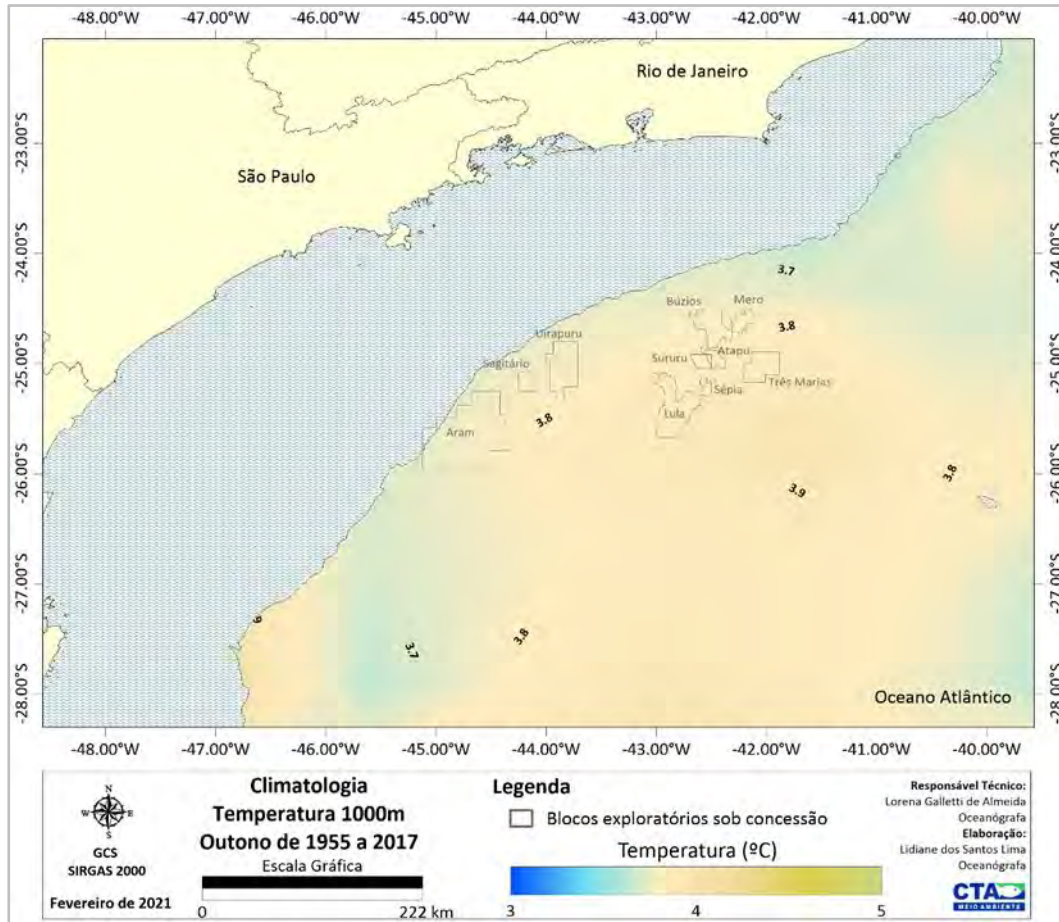


Figura II.5.1.1.2.2-51– Climatologia de outono (abril a junho) referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

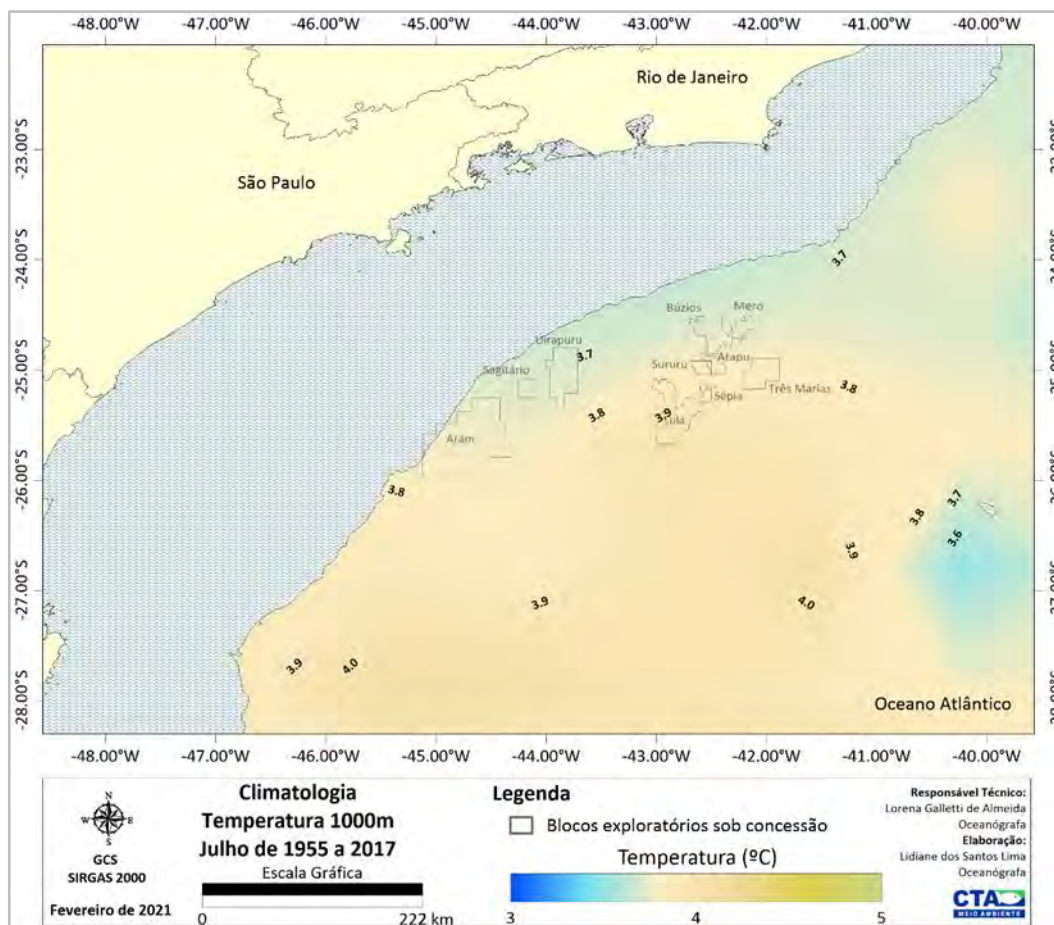


Figura II.5.1.1.2.2-52– Climatologia de julho referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

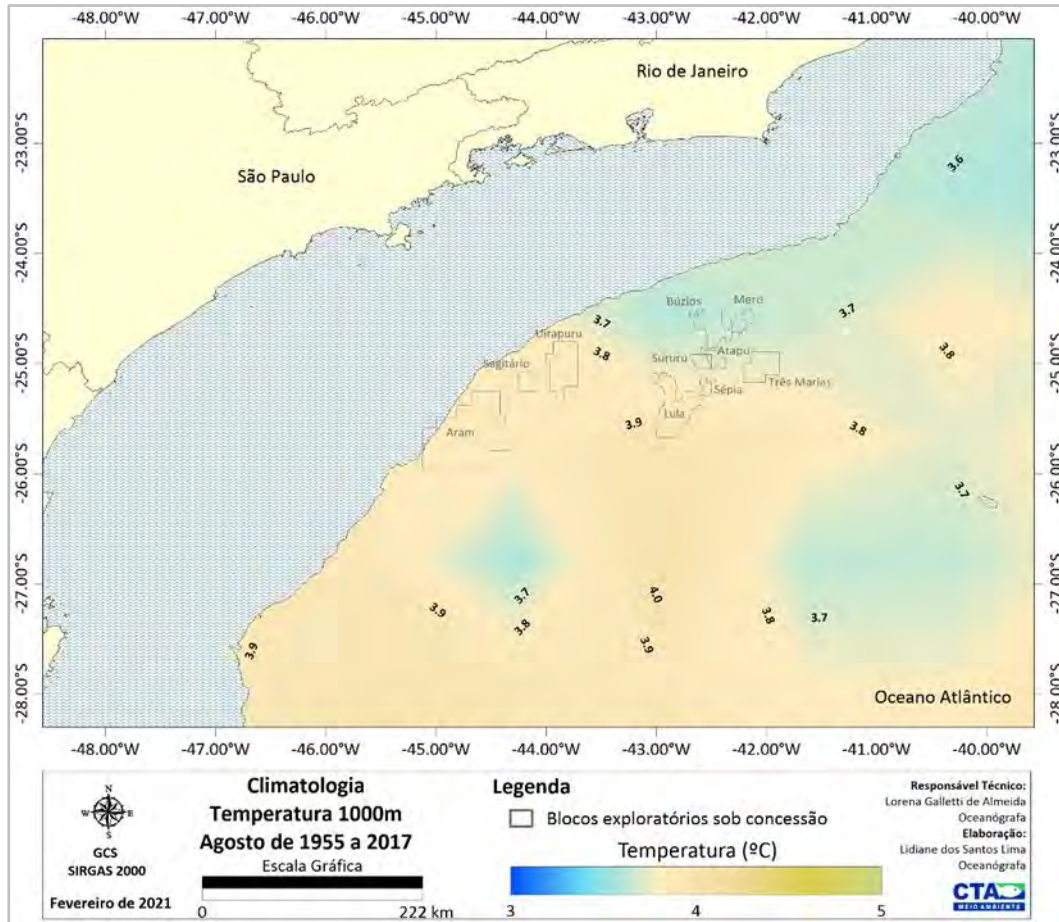


Figura II.5.1.1.2.2-53– Climatologia de agosto referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

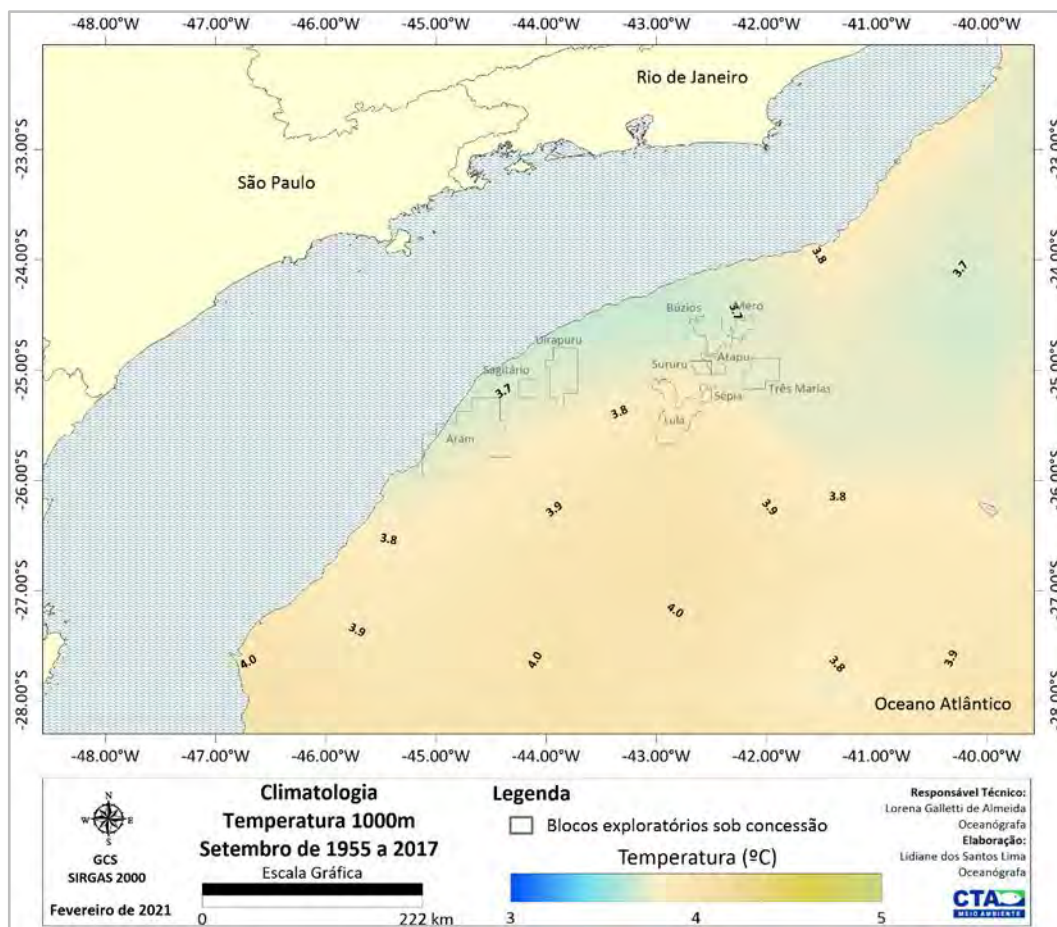


Figura II.5.1.1.2.2-54– Climatologia de setembro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

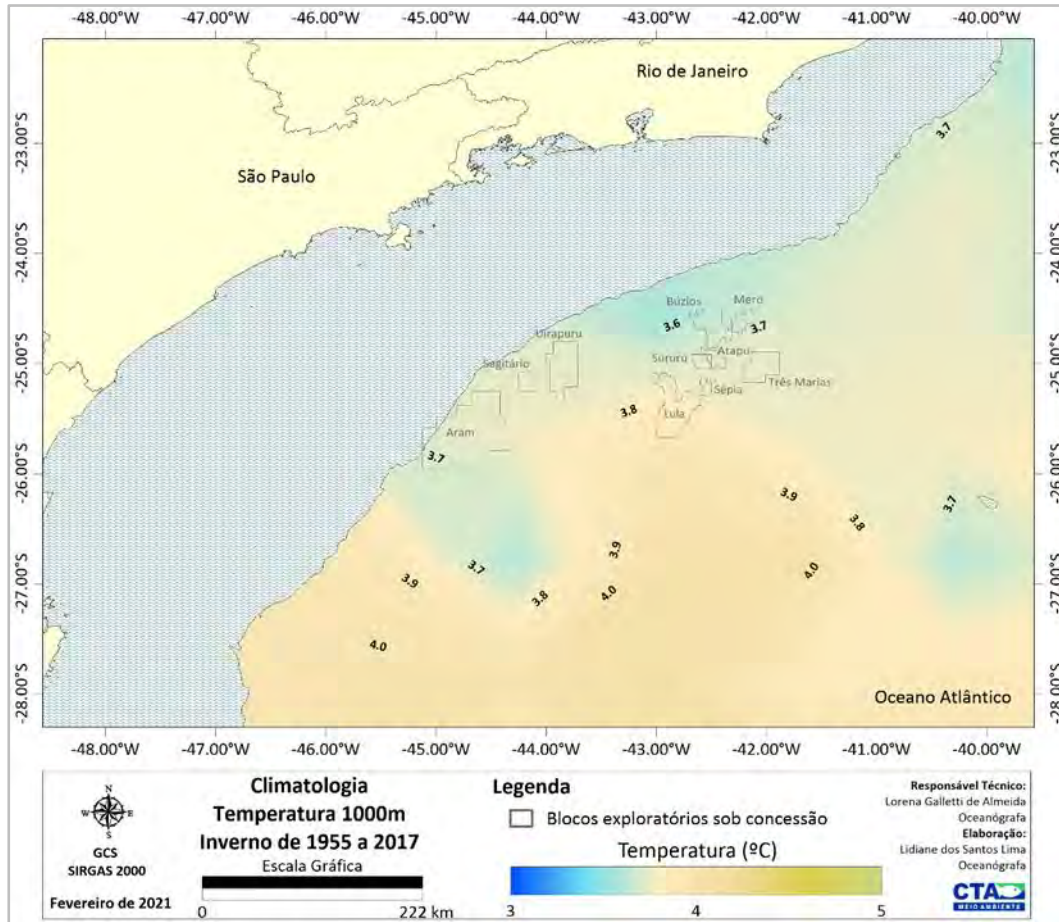


Figura II.5.1.1.2.2-55– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

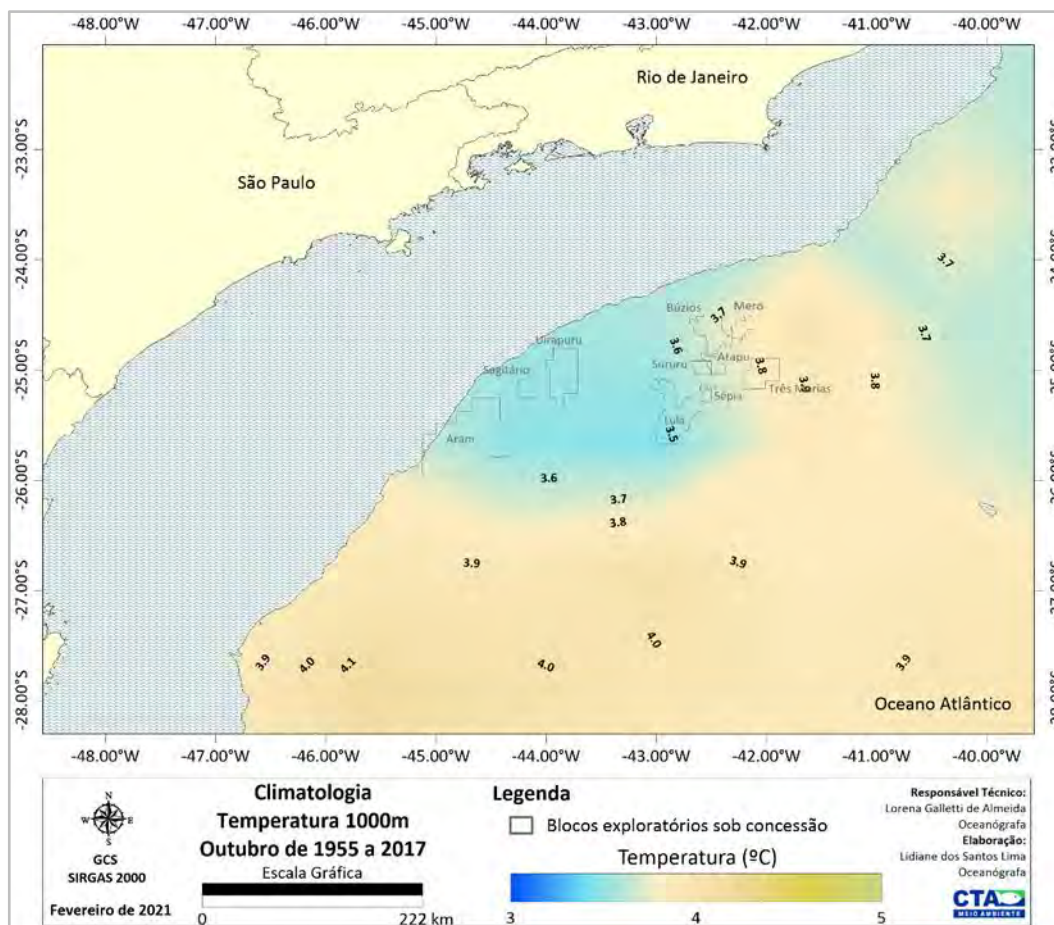


Figura II.5.1.1.2.2-56– Climatologia de outubro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

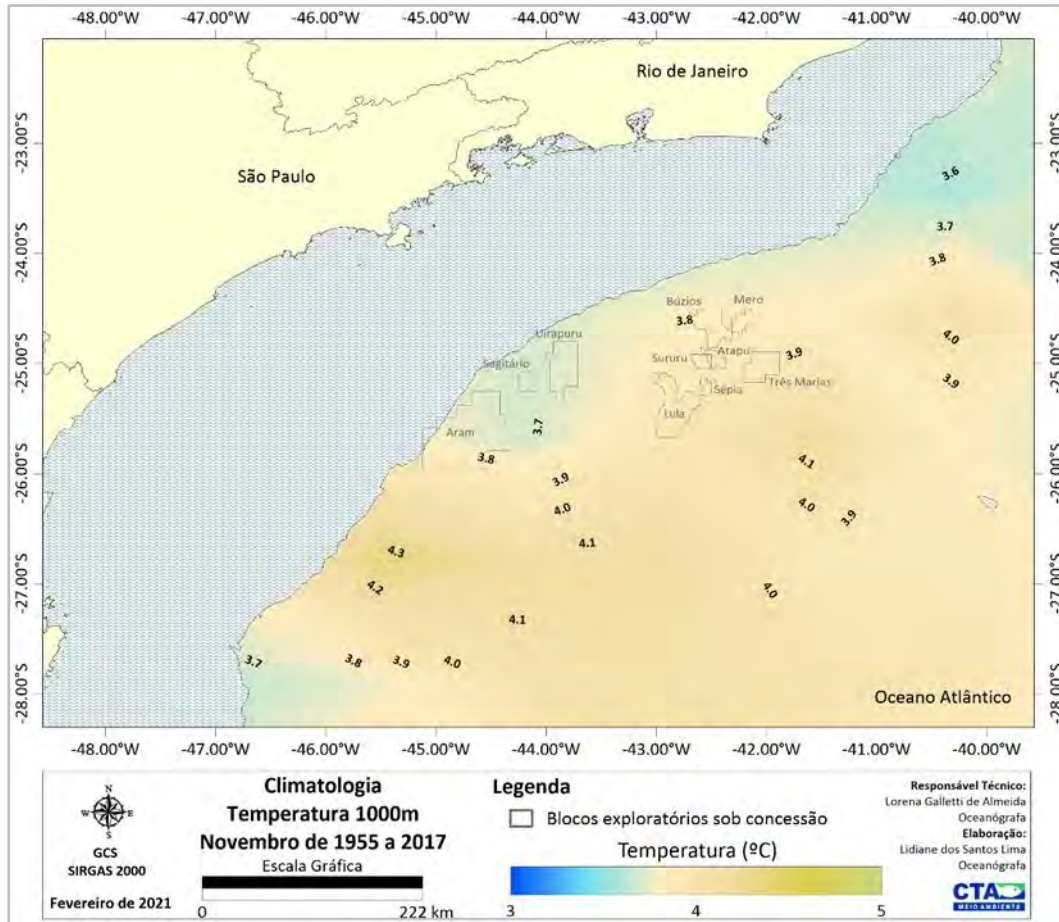


Figura II.5.1.1.2.2-57– Climatologia de novembro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

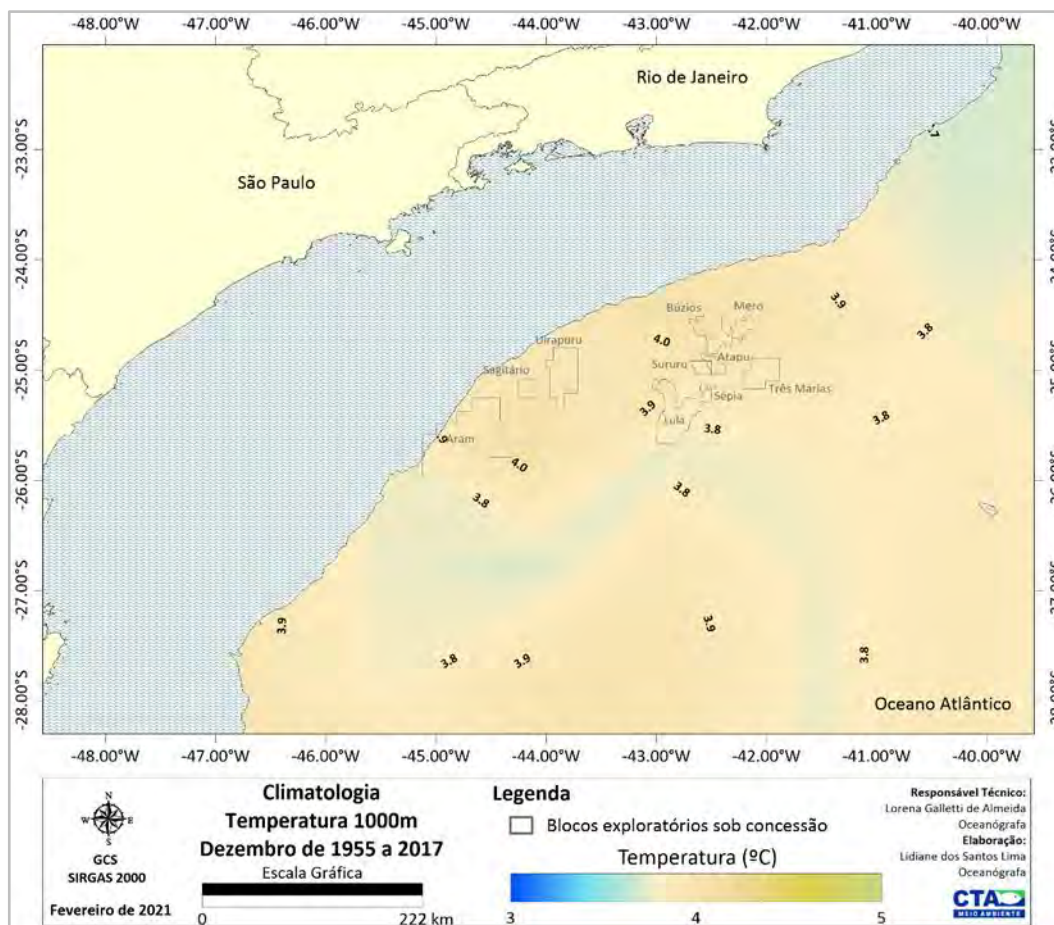


Figura II.5.1.1.2.2-58– Climatologia de dezembro referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

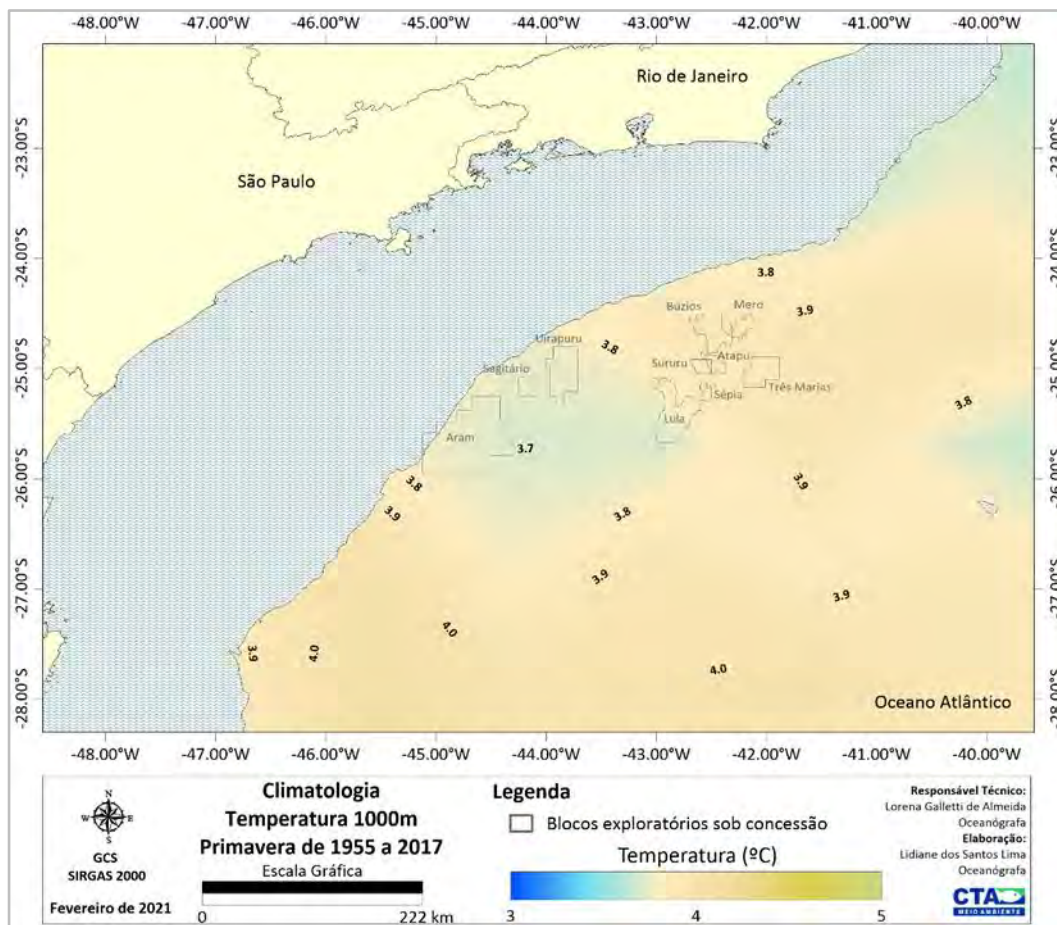


Figura II.5.1.1.2.2-59– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a temperatura média (°C) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Assim como realizado para a temperatura, os campos médios mensais e sazonais de salinidade, compilados a partir da climatologia do WOA18, são apresentados em superfície, para o nível de 300 m e para o nível de 1000 m de profundidade. Nos campos de salinidade de superfície (**Figura II.5.1.1.2.2-60** a **Figura II.5.1.1.2.2-75**) observa-se um gradiente de aumento nos valores da costa em direção ao oceano, resultante da influência de pequenas descargas fluviais ao longo da região sudeste e sul do Brasil. Ainda, a presença da Corrente do Brasil, tão importante na região, é marcada por valores máximos de salinidade, que alcançam aproximadamente 36,5 em todas as estações do ano. Os valores máximo e mínimo encontrados para os campos médios superficiais foram de 37,4 no inverno e de 32,0 no outono.

Em níveis intermediários (300 m) (**Figura II.5.1.1.2.2-76** a **Figura II.5.1.1.2.2-91**), os campos horizontais indicam uma menor salinidade que os níveis superficiais. Sazonalmente, os maiores (35,7) e menores (34,7) valores médios foram observados na primavera. Nas camadas próximas ao fundo, aproximadamente 1000 m (**Figura II.5.1.1.2.2-92** a **Figura II.5.1.1.2.2-107**), as variações nos campos de salinidade são sutis, sendo percebido um gradiente da região sul para a região norte da Bacia de Santos em todos os meses, com a região norte apresentando maiores valores de salinidade. O máximo e o mínimo de salinidade verificados são semelhantes em todas as estações, com valores próximos a 34,5.

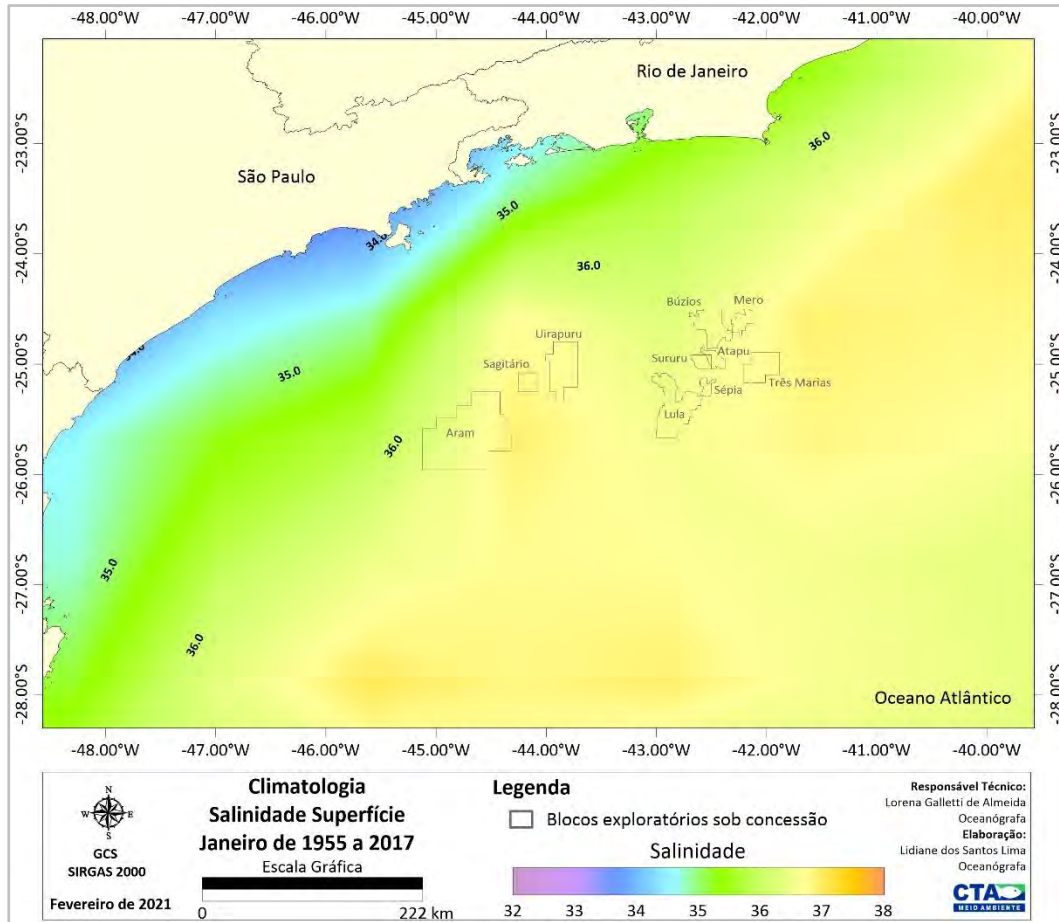


Figura II.5.1.1.2.2-60– Climatologia de janeiro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

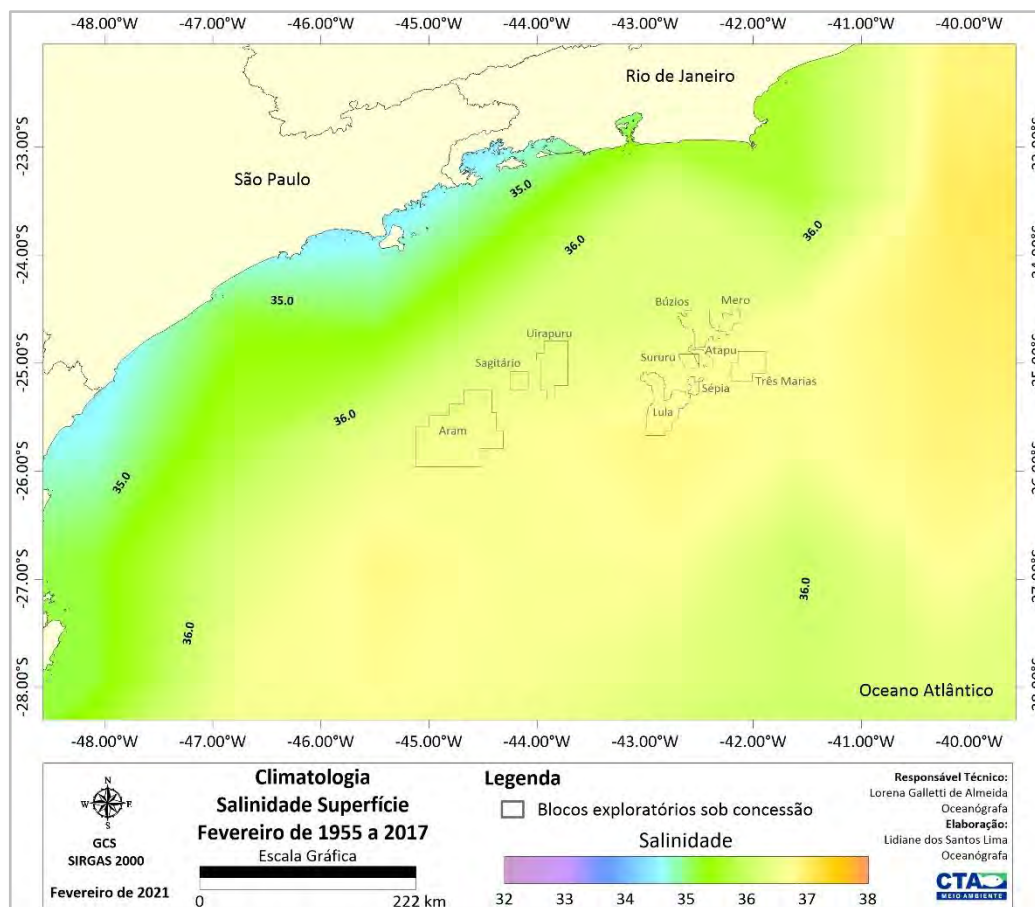


Figura II.5.1.1.2.2-61– Climatologia de fevereiro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

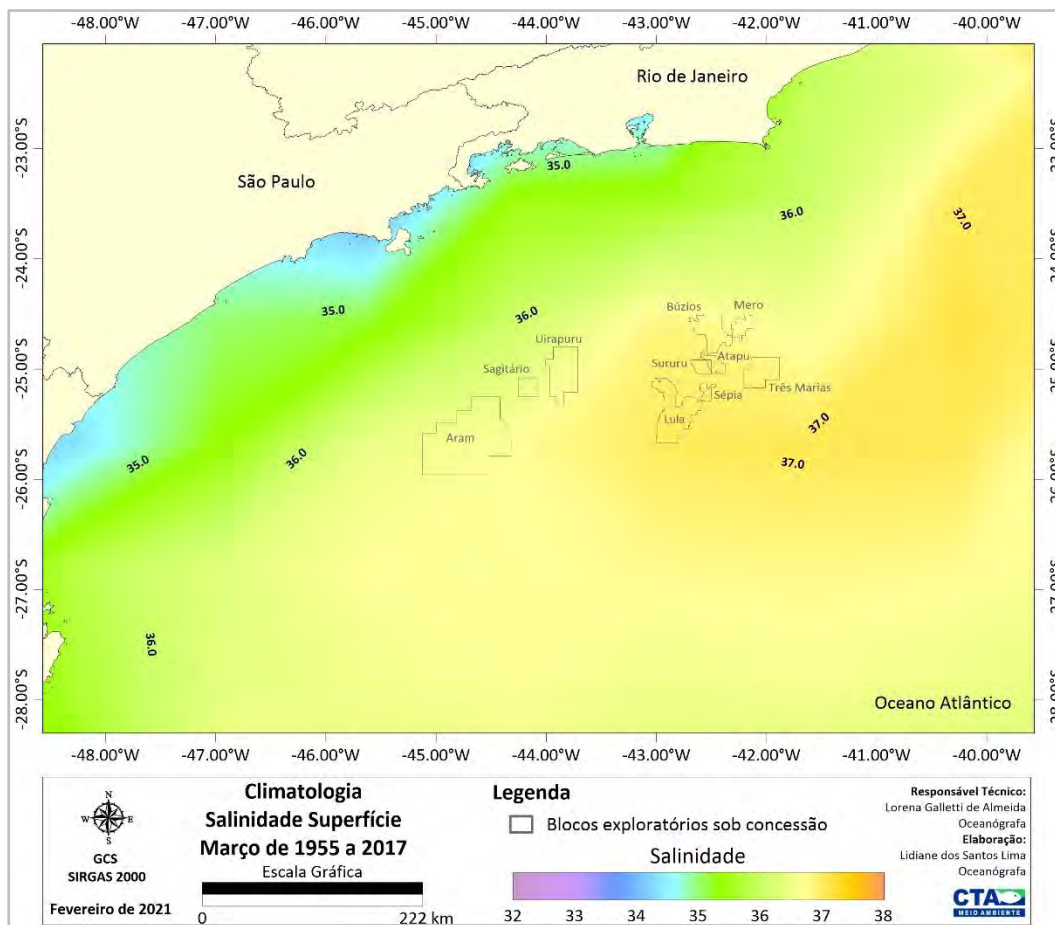


Figura II.5.1.1.2.2-62– Climatologia de março referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

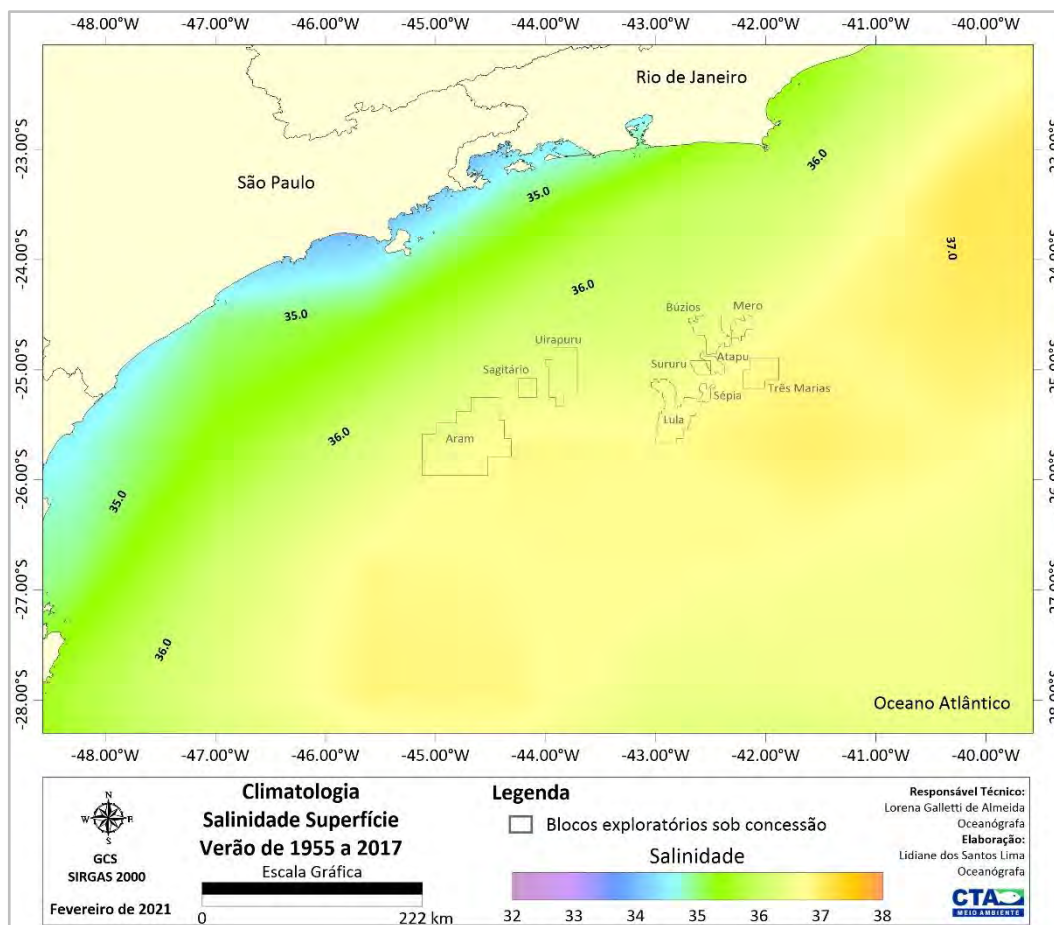


Figura II.5.1.1.2.2-63– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

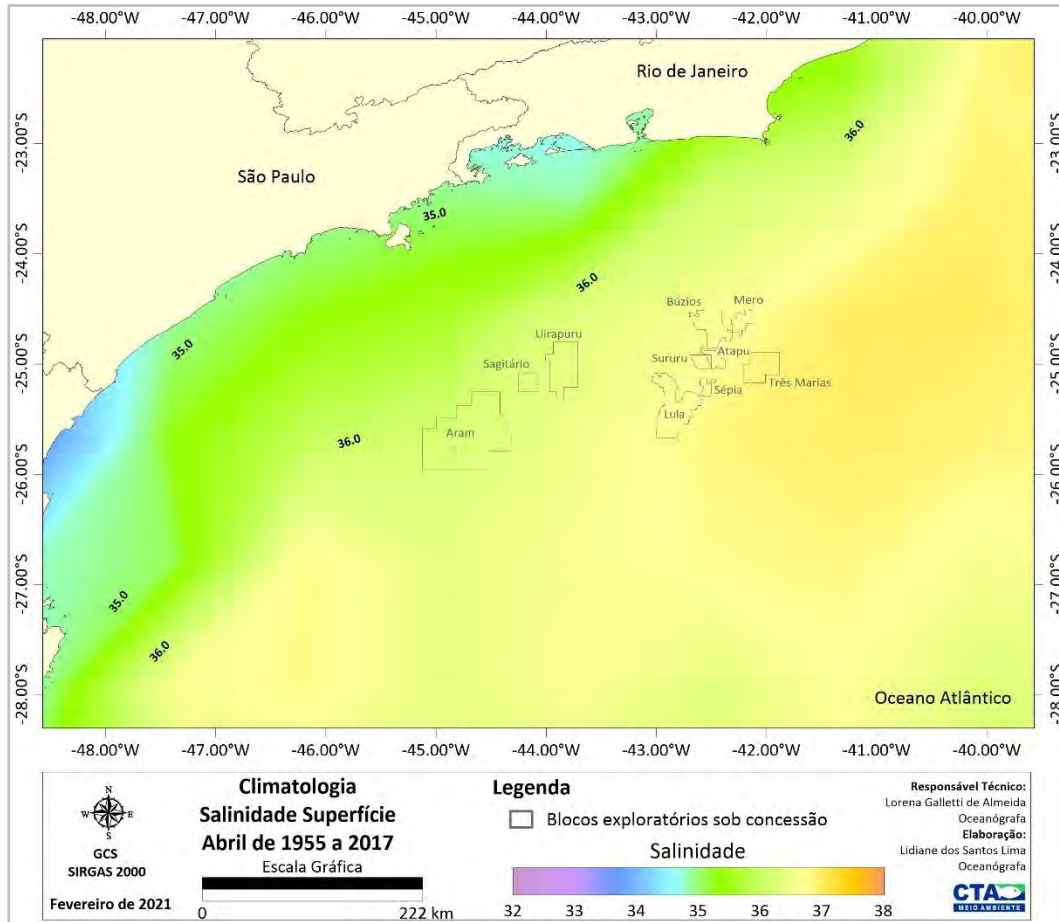


Figura II.5.1.1.2.2-64– Climatologia de abril referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

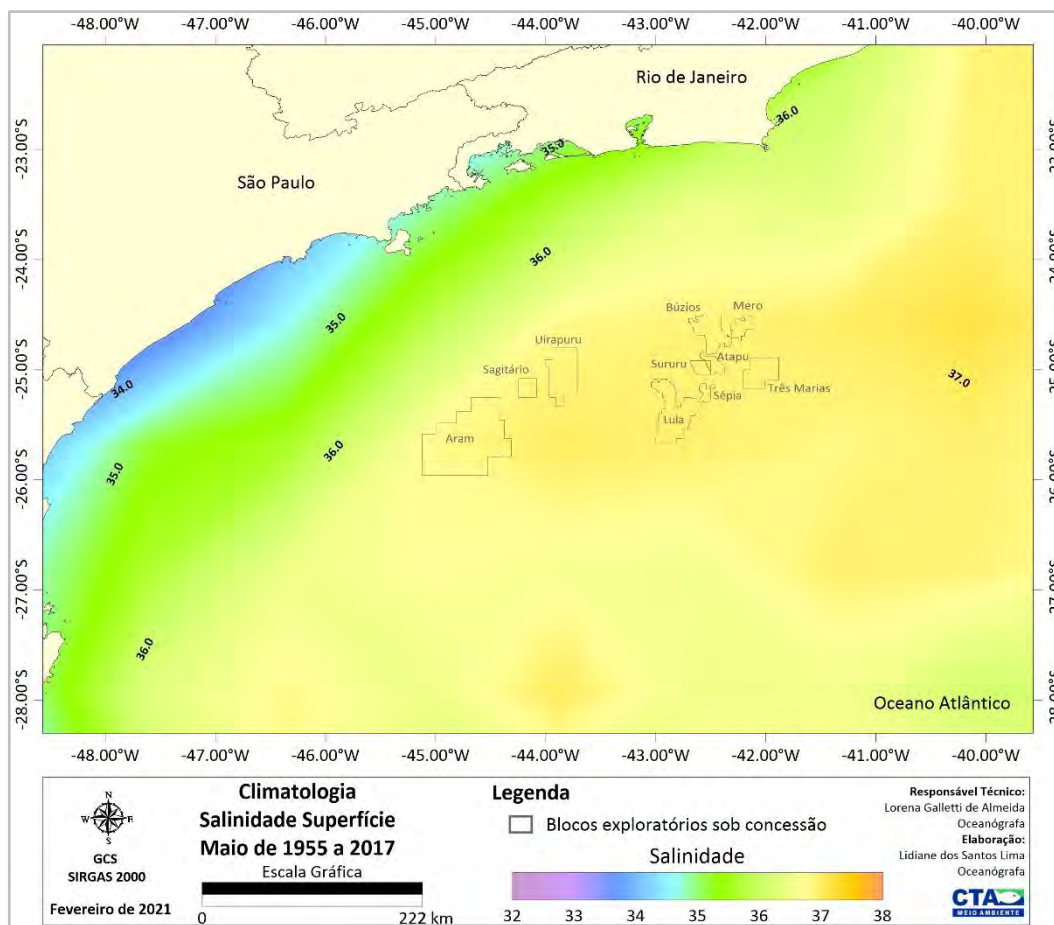


Figura II.5.1.1.2.2-65– Climatologia de maio referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

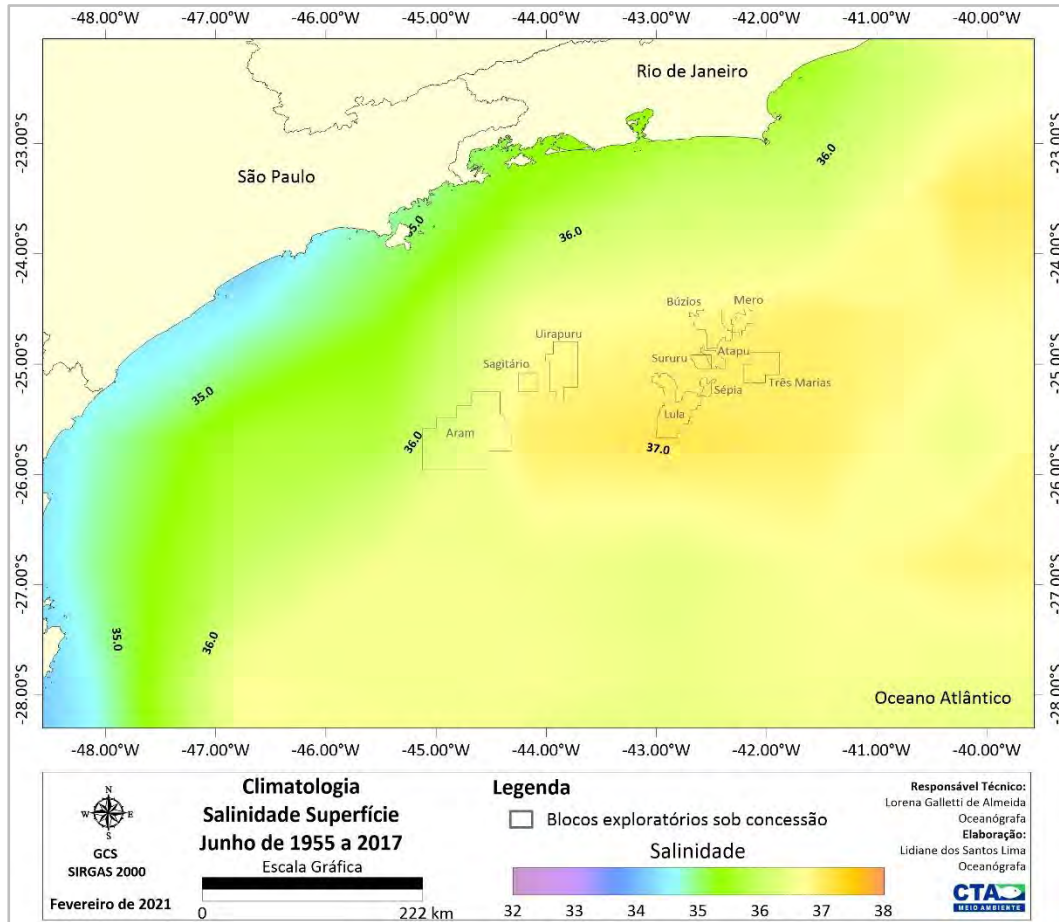


Figura II.5.1.1.2.2-66– Climatologia de junho referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

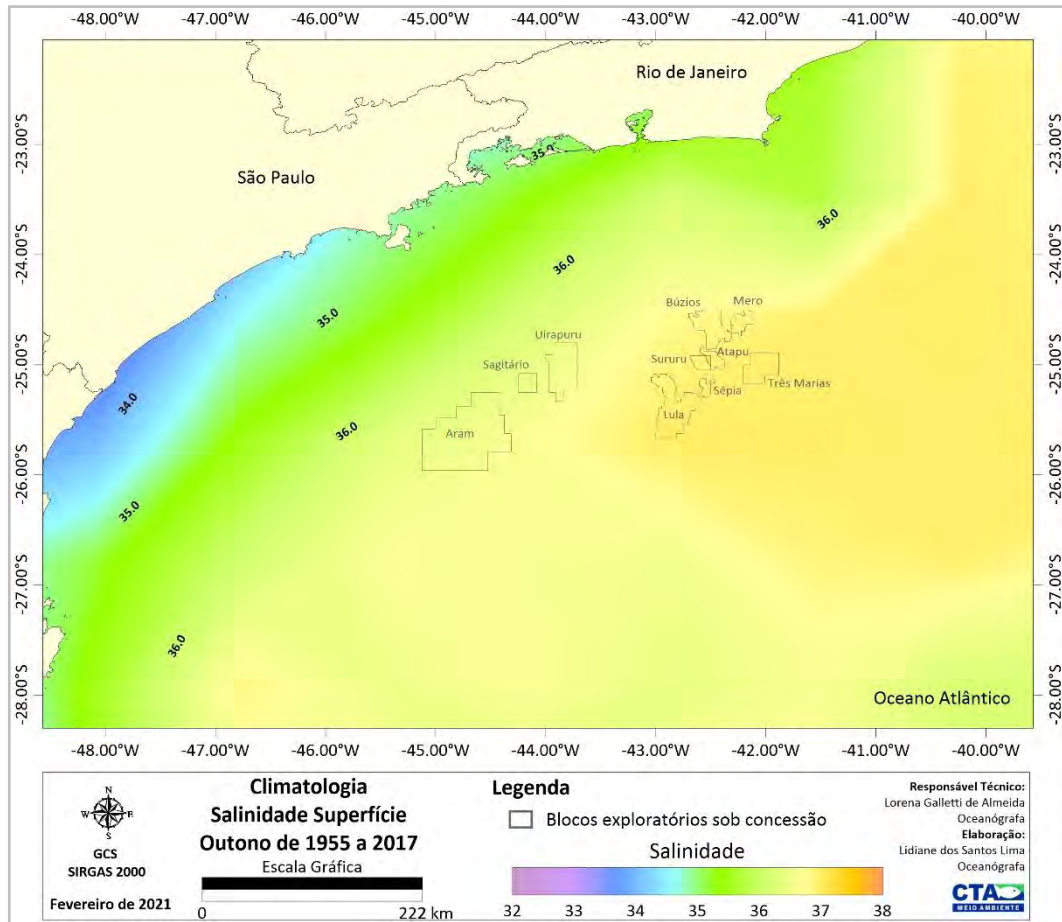


Figura II.5.1.1.2.2-67– Climatologia de outono (abril a junho) referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

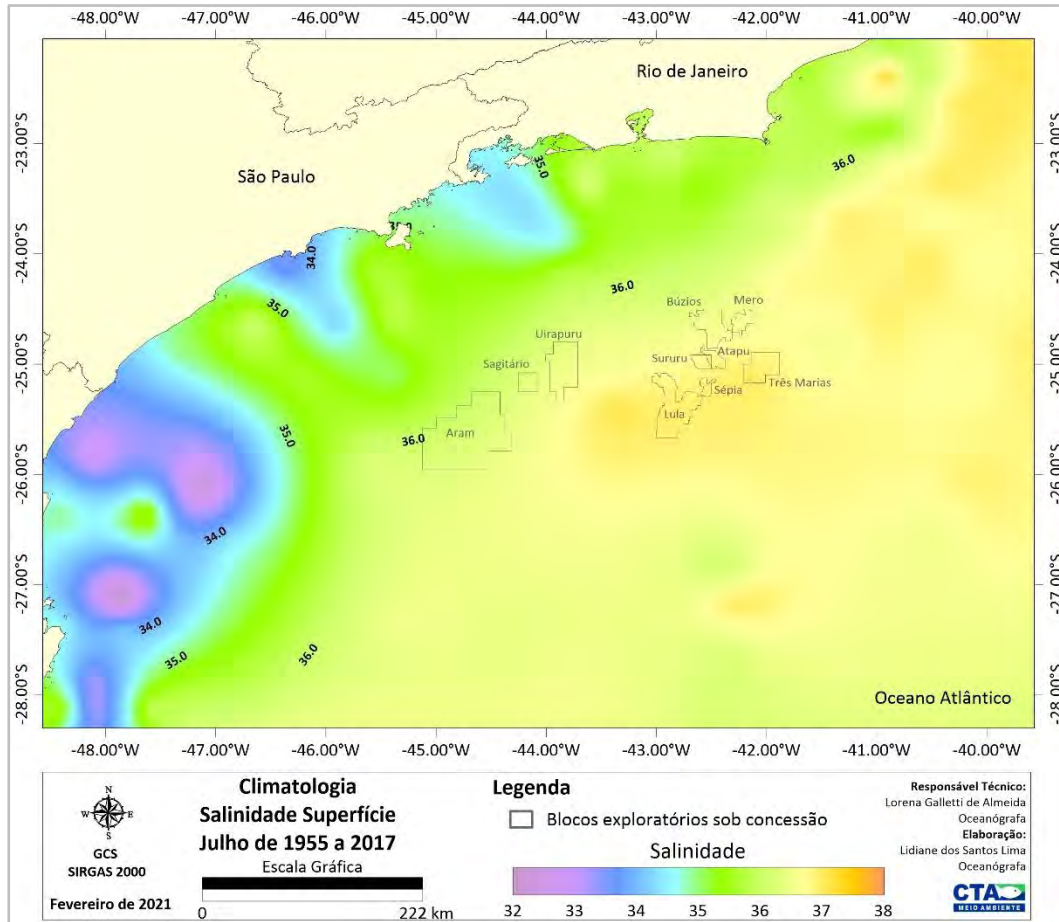


Figura II.5.1.1.2.2-68– Climatologia de julho referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

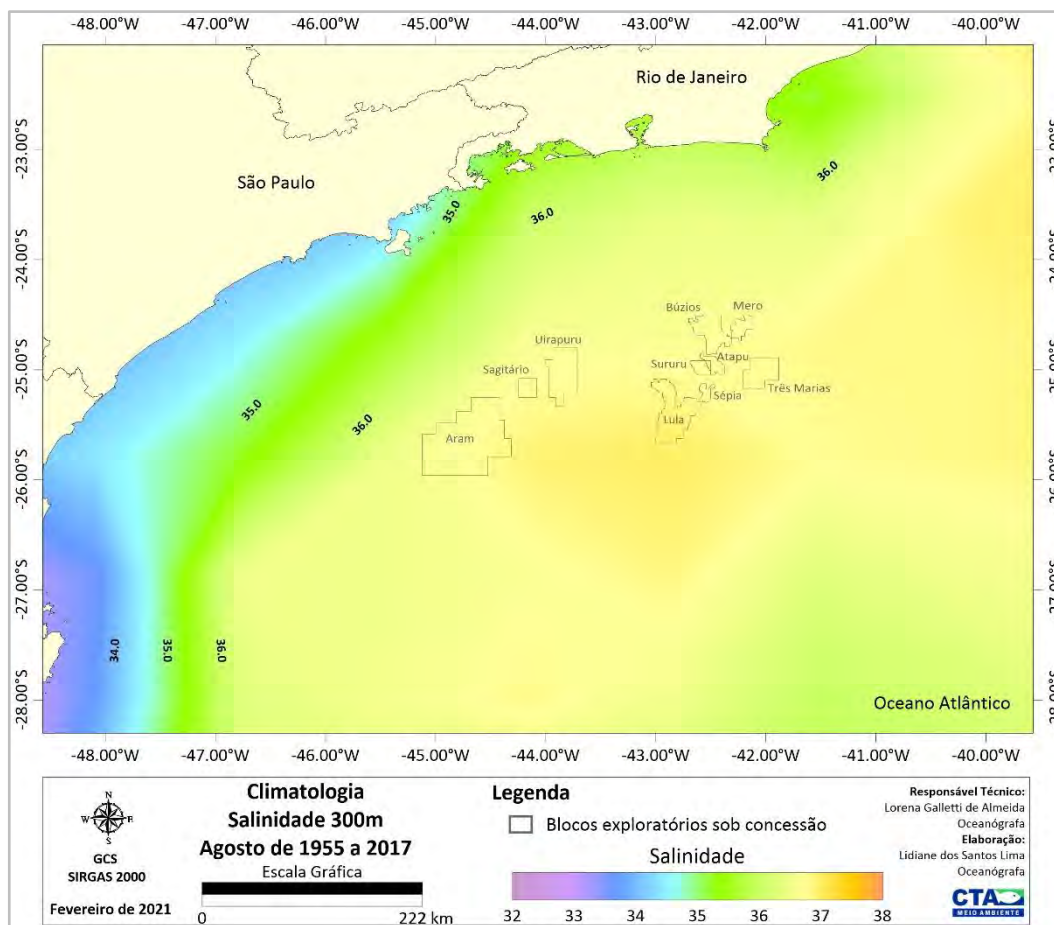


Figura II.5.1.1.2.2-69– Climatologia de agosto referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

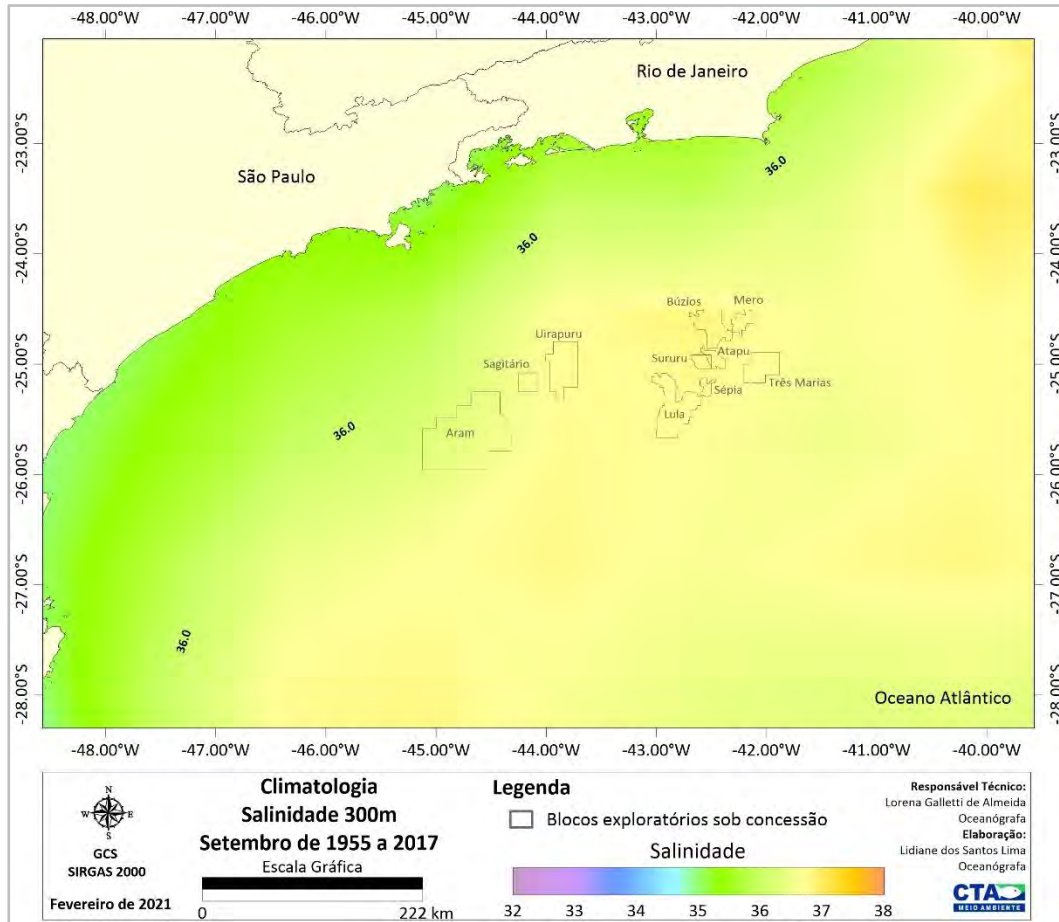


Figura II.5.1.1.2.2-70– Climatologia de setembro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

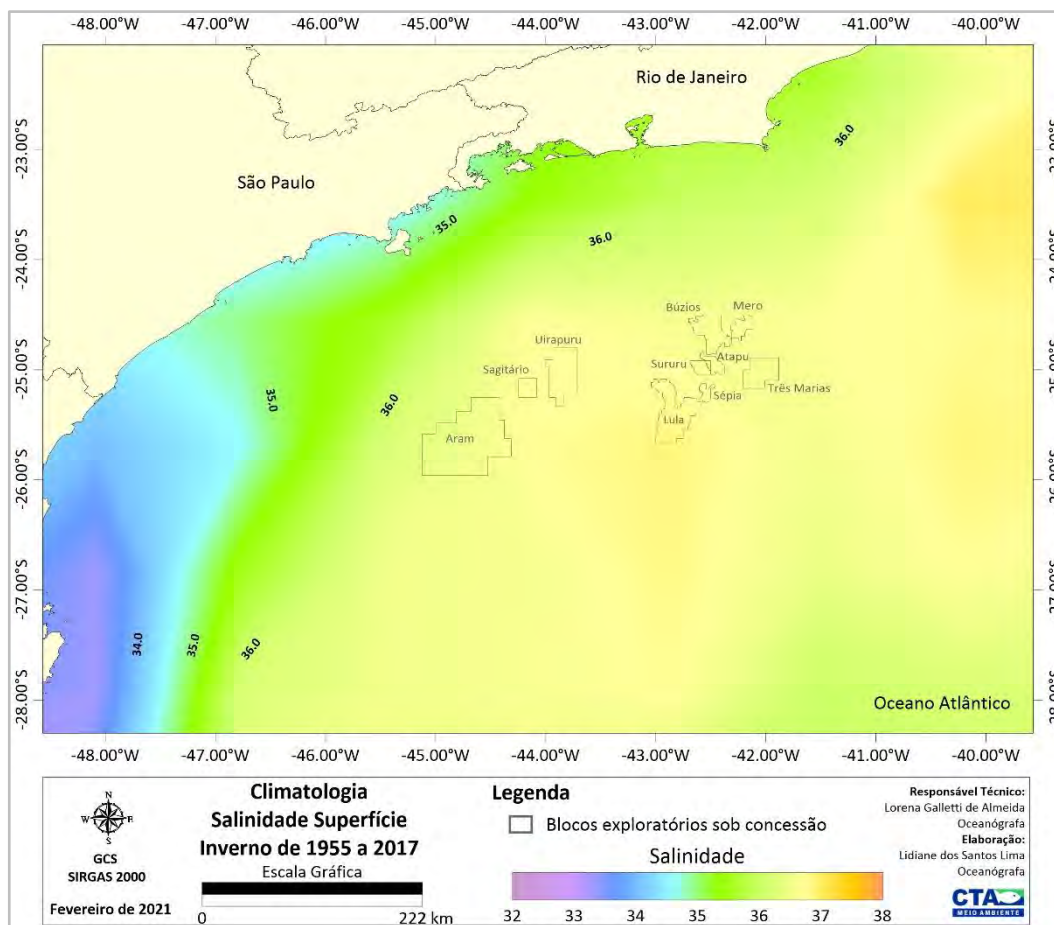


Figura II.5.1.1.2.2-71– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

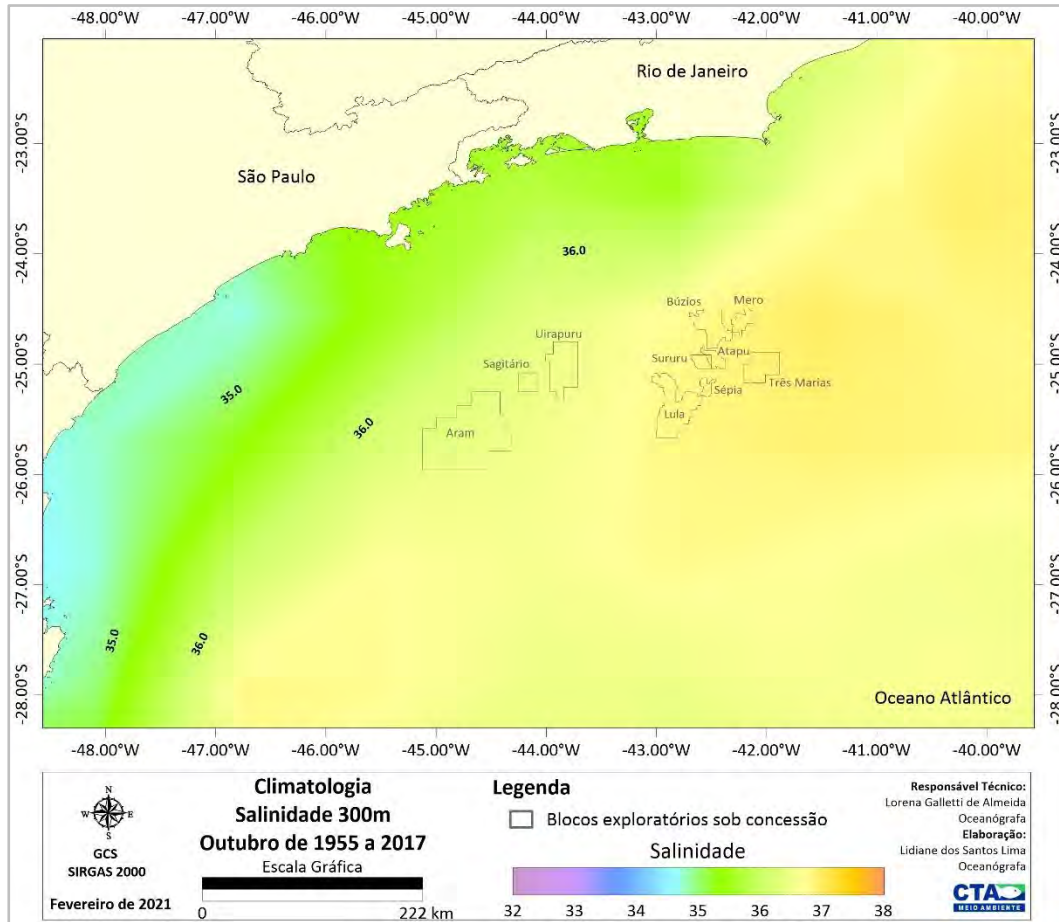


Figura II.5.1.1.2.2-72– Climatologia de outubro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

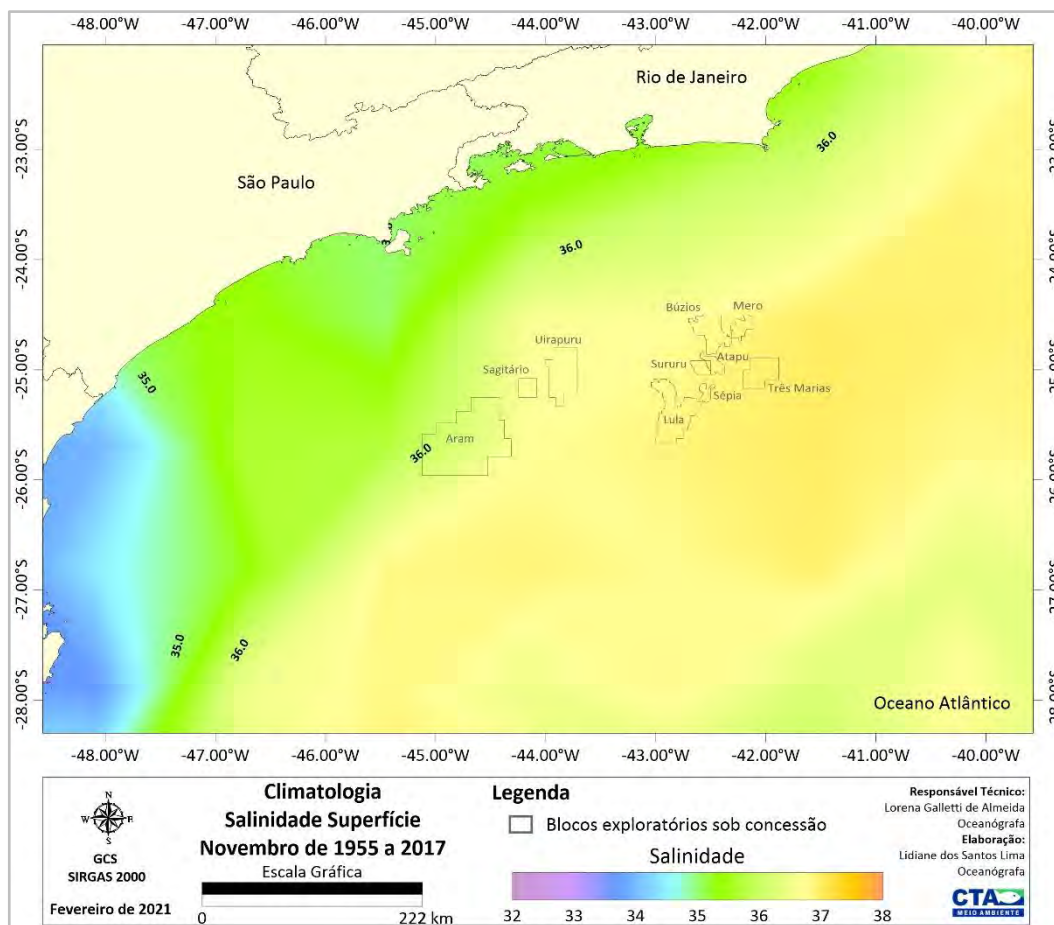


Figura II.5.1.1.2.2-73– Climatologia de novembro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

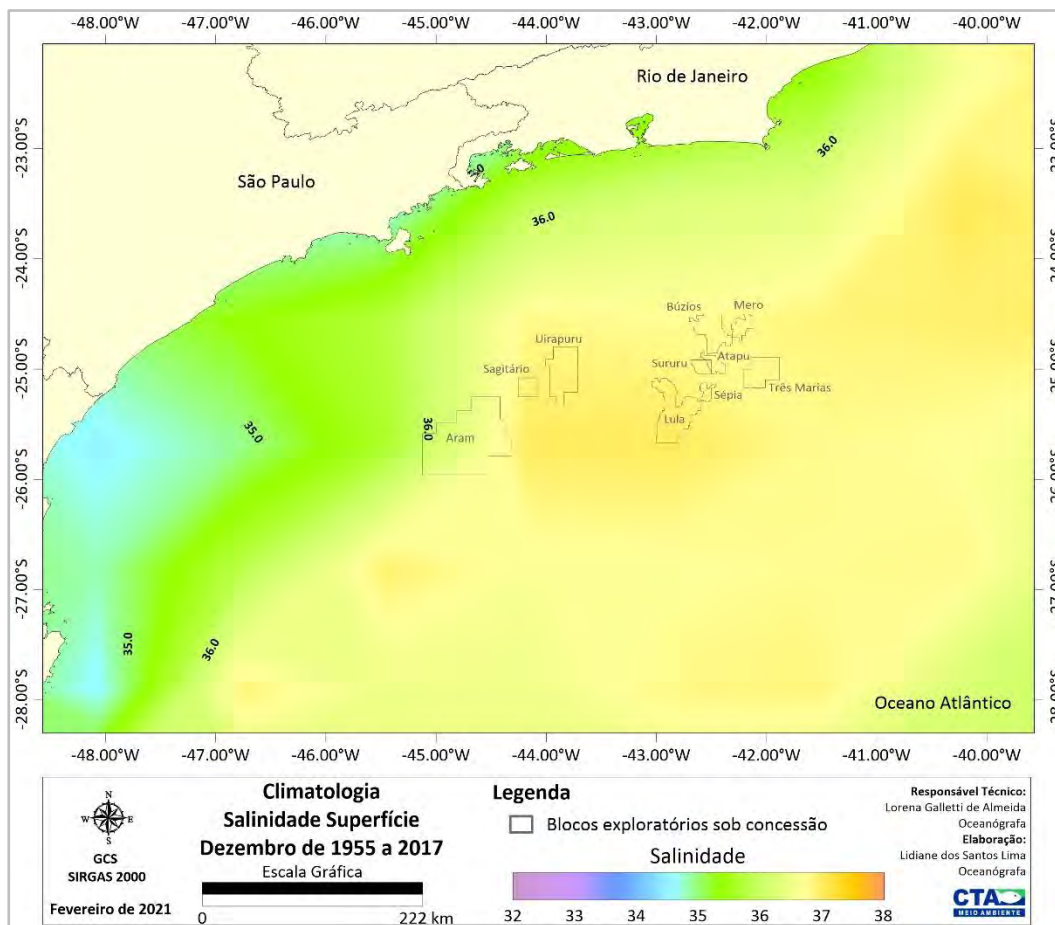


Figura II.5.1.1.2.2-74– Climatologia de dezembro referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

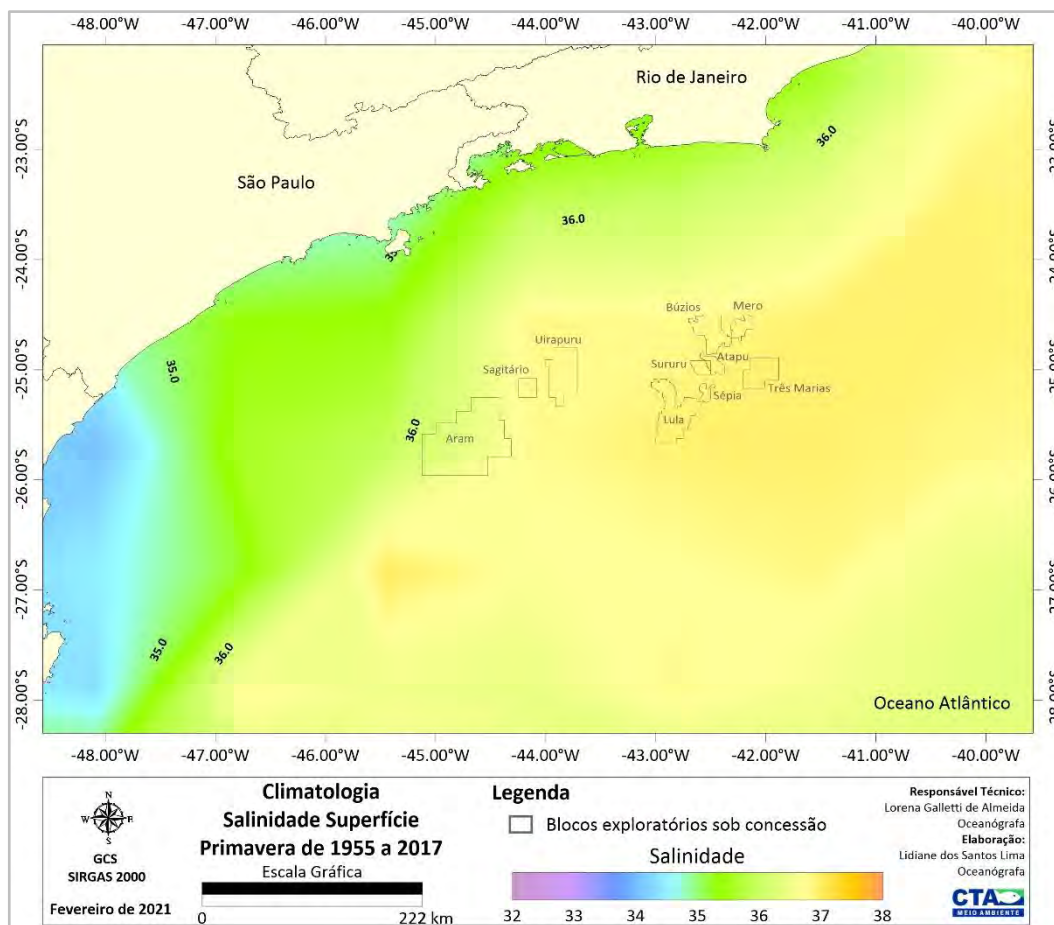


Figura II.5.1.1.2.2-75– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a salinidade média superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

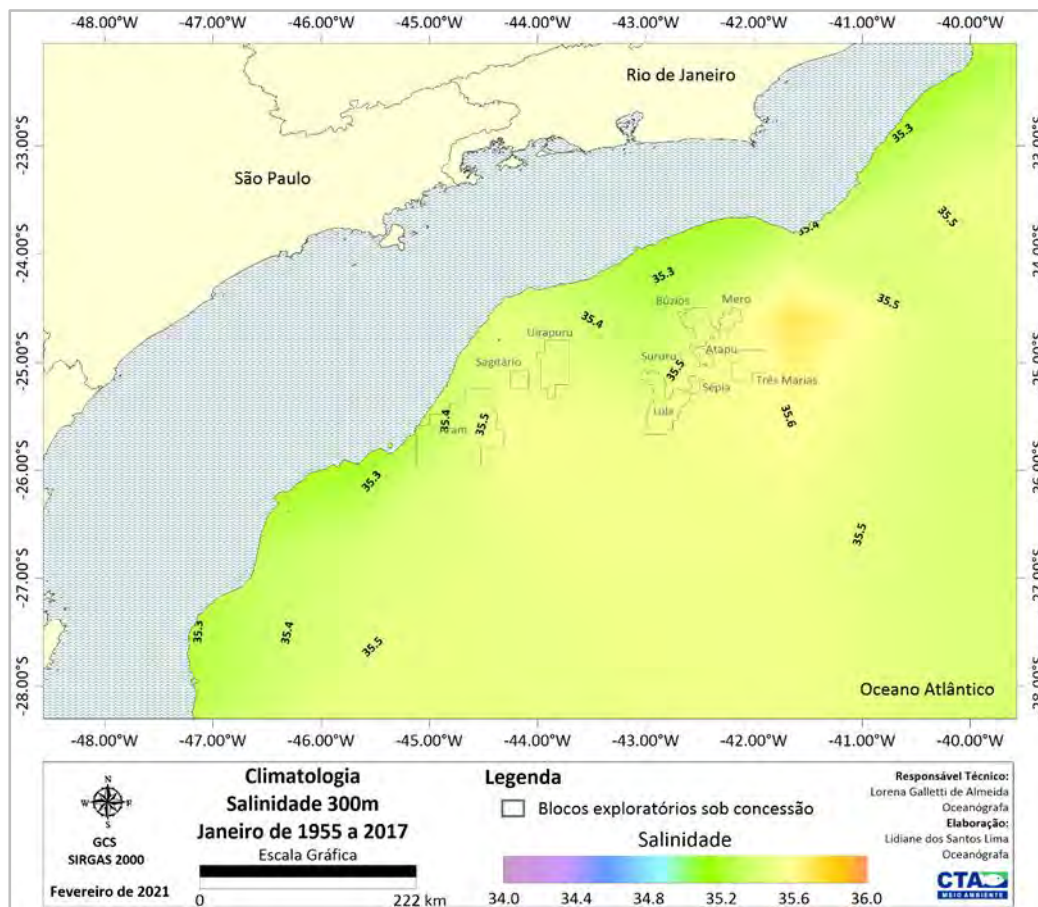


Figura II.5.1.1.2.2-76– Climatologia de janeiro referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

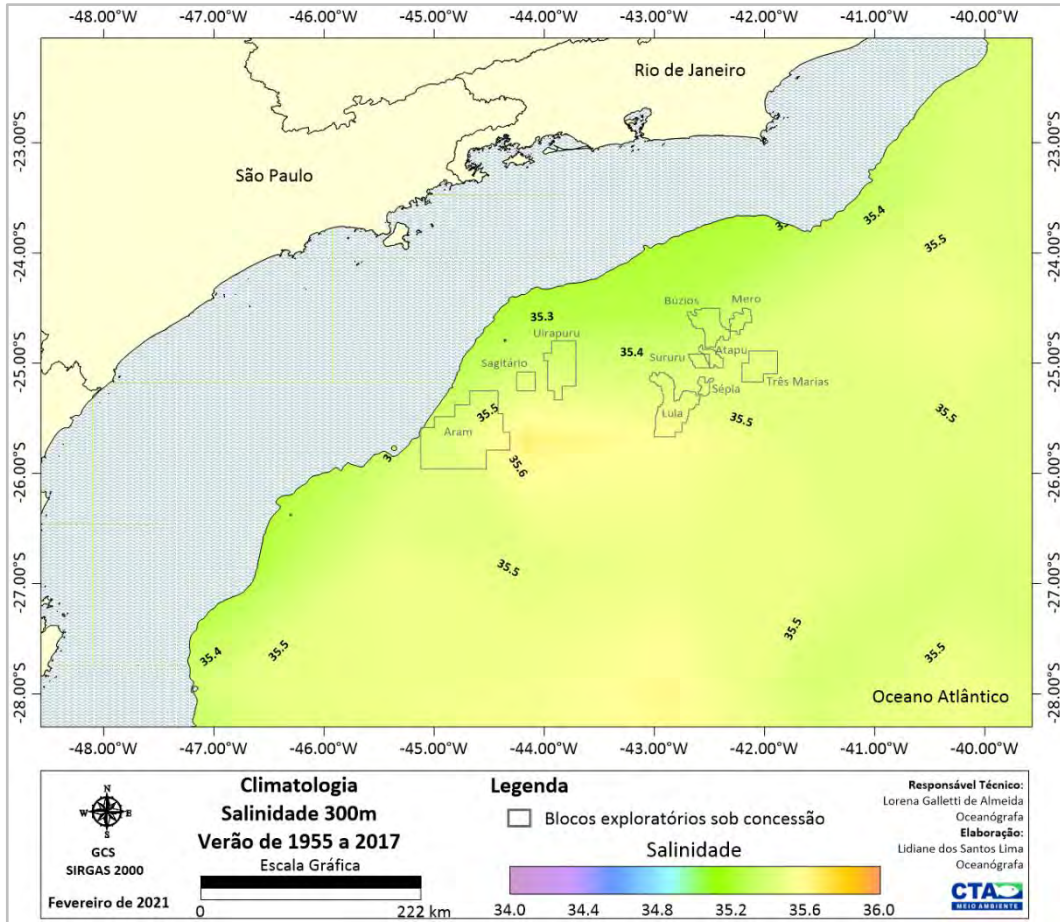


Figura II.5.1.1.2.2-77– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

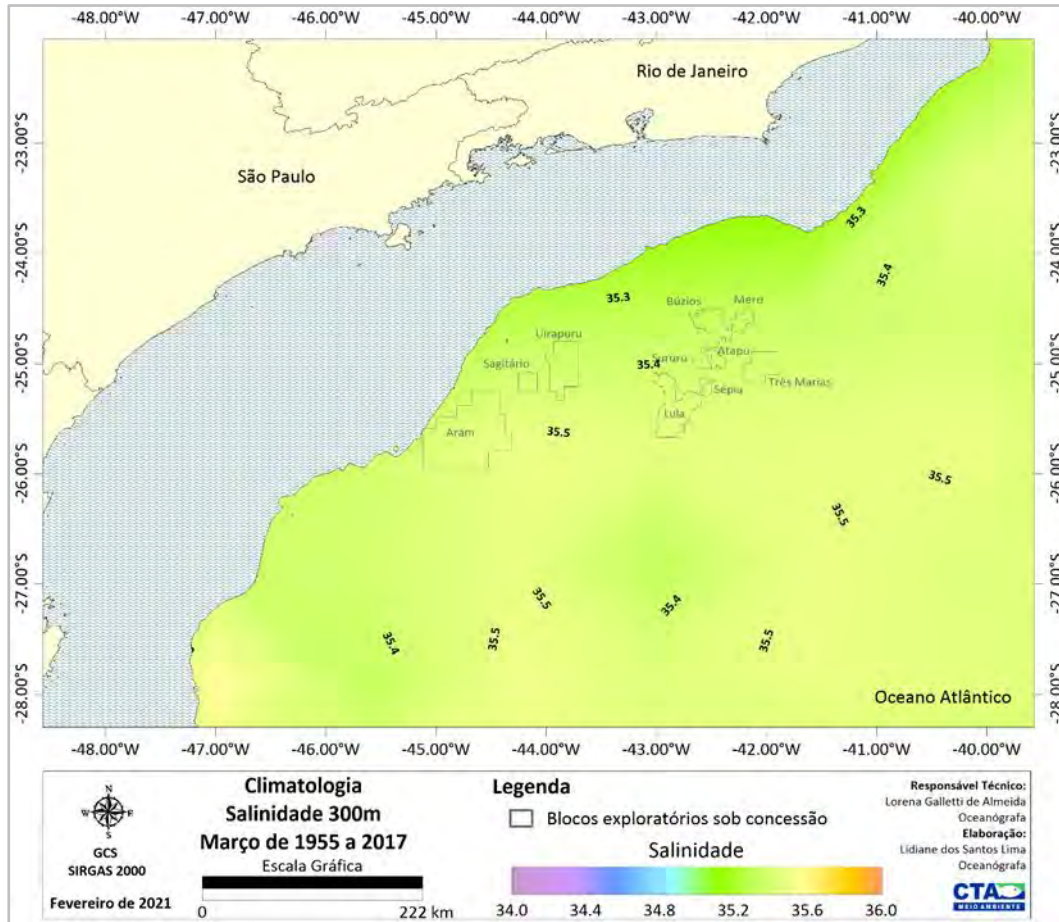


Figura II.5.1.1.2.2-78– Climatologia de março referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

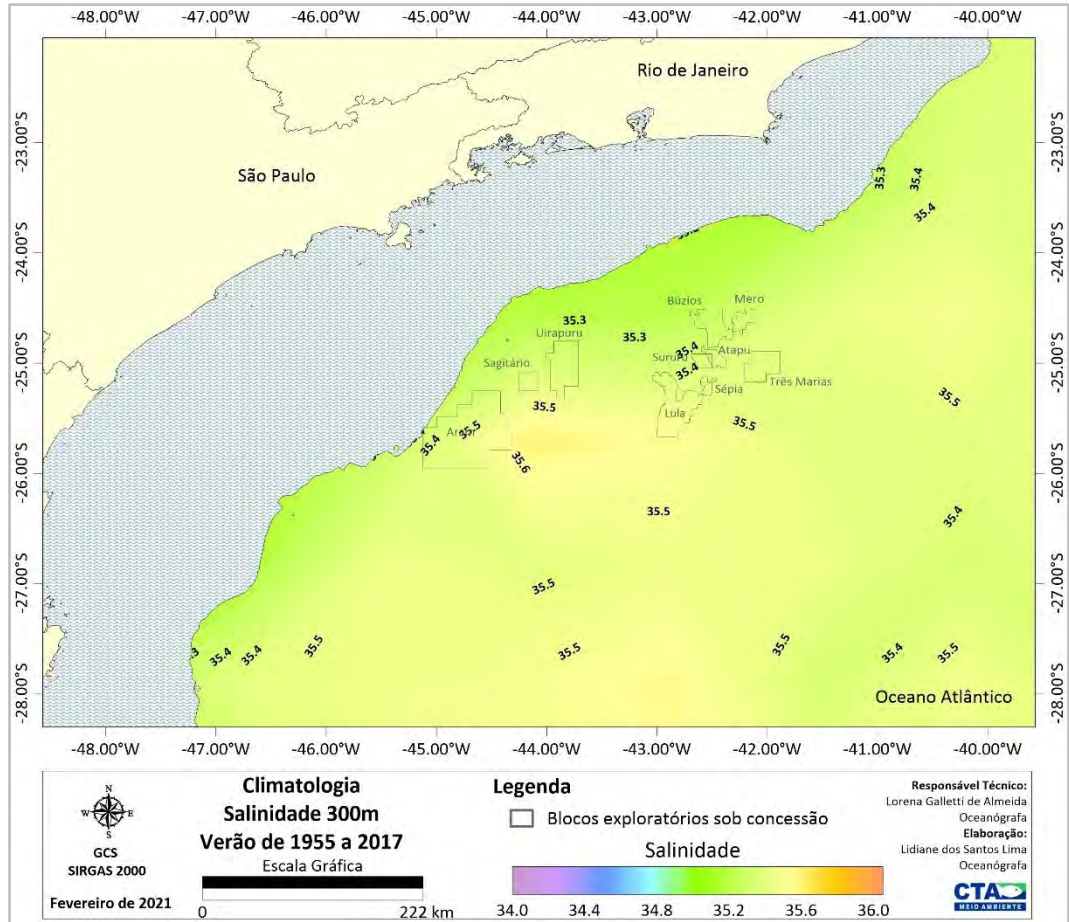


Figura II.5.1.1.2.2-79– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

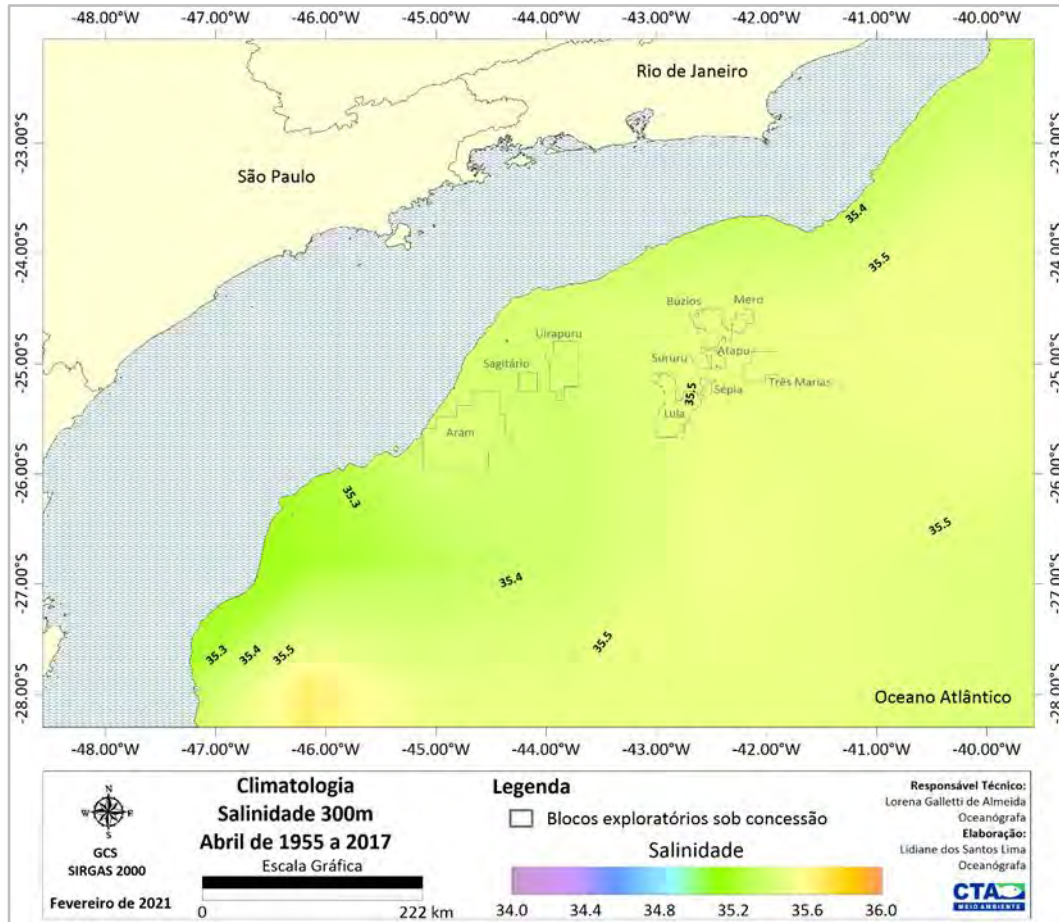


Figura II.5.1.1.2.2-80– Climatologia de abril referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

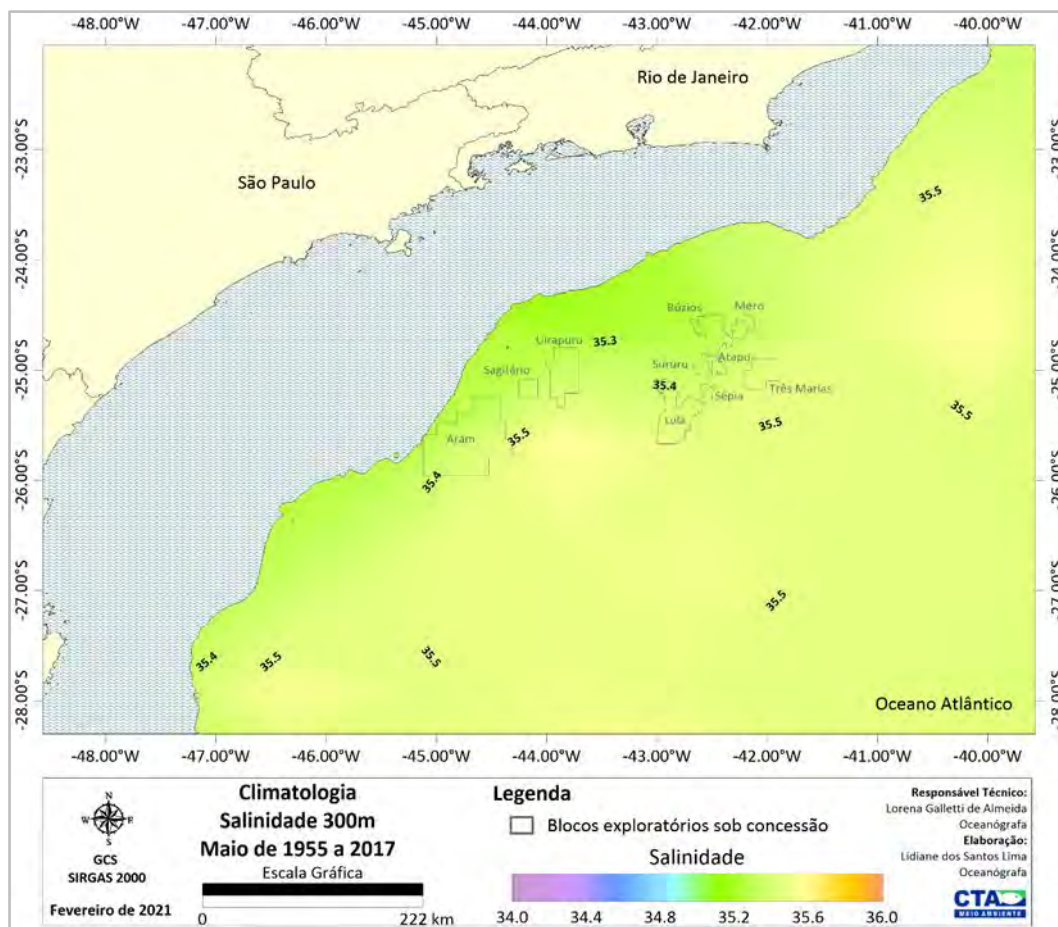


Figura II.5.1.1.2.2-81– Climatologia de maio referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

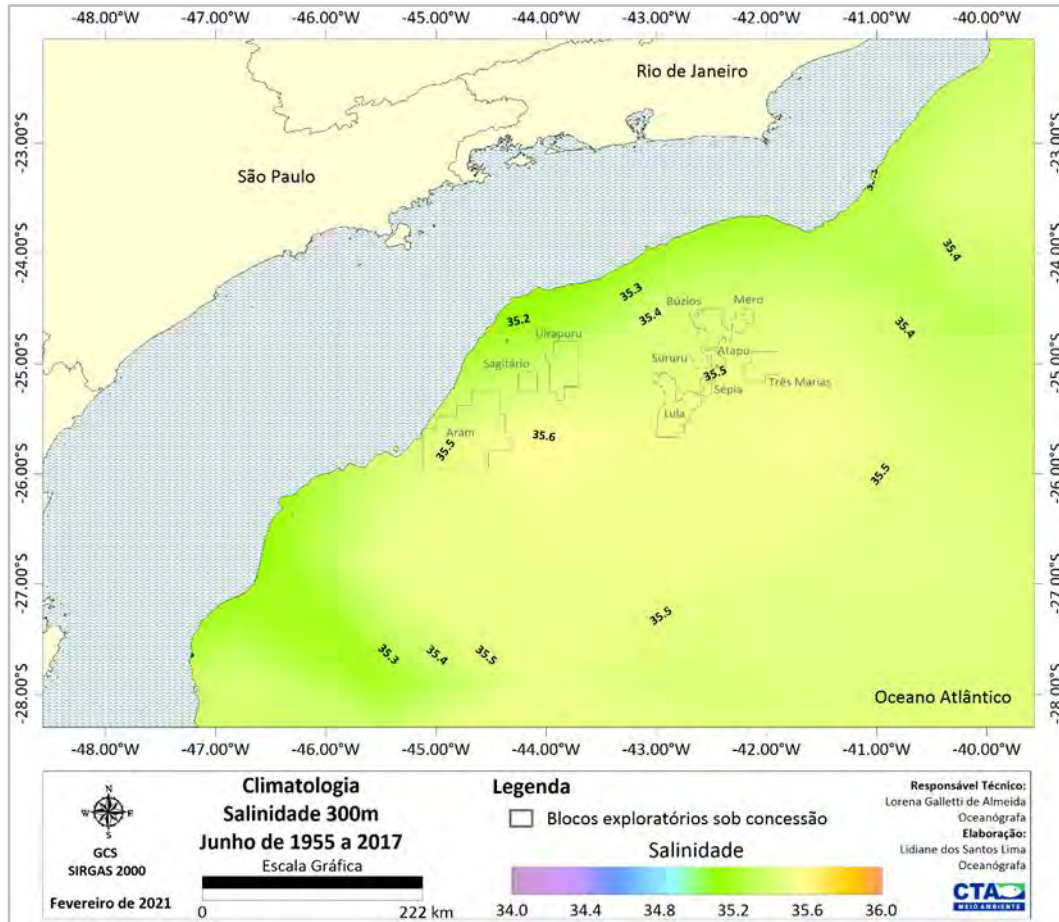


Figura II.5.1.1.2.2-82– Climatologia de junho referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

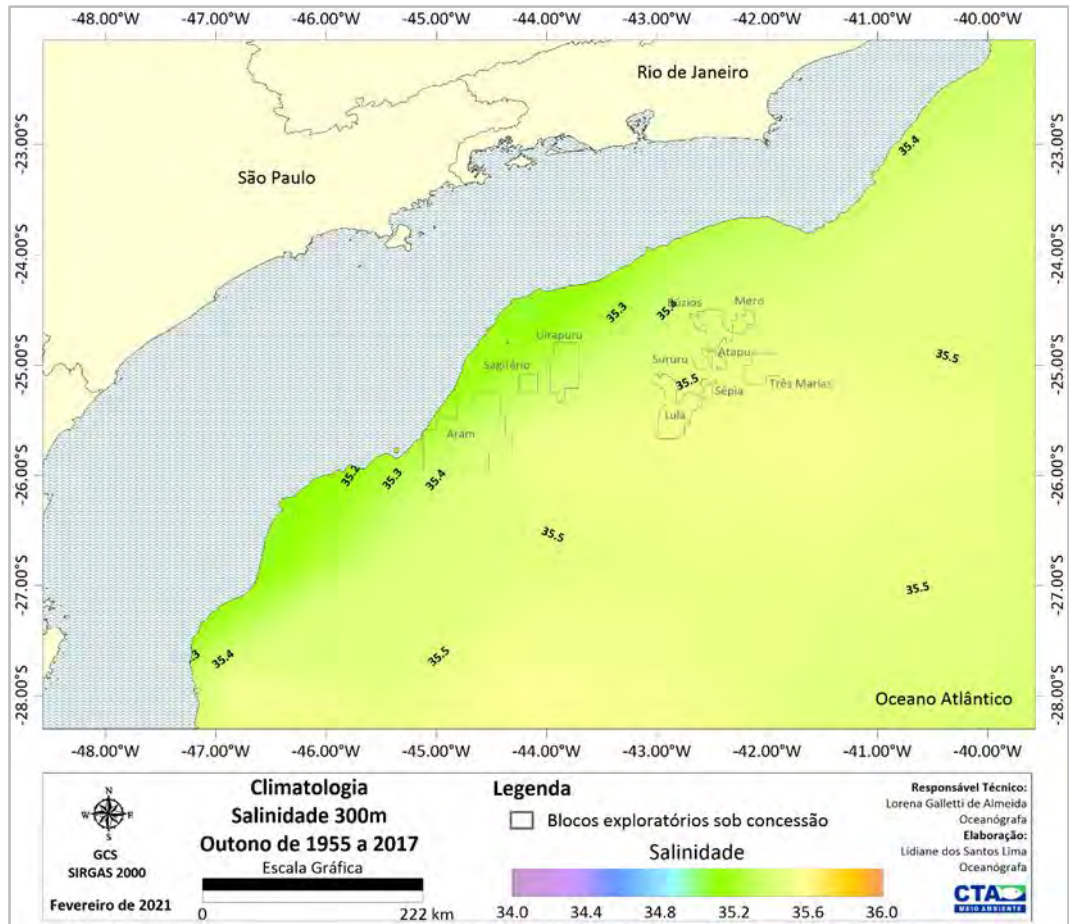


Figura II.5.1.1.2.2-83– Climatologia de outono (abril a junho) referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

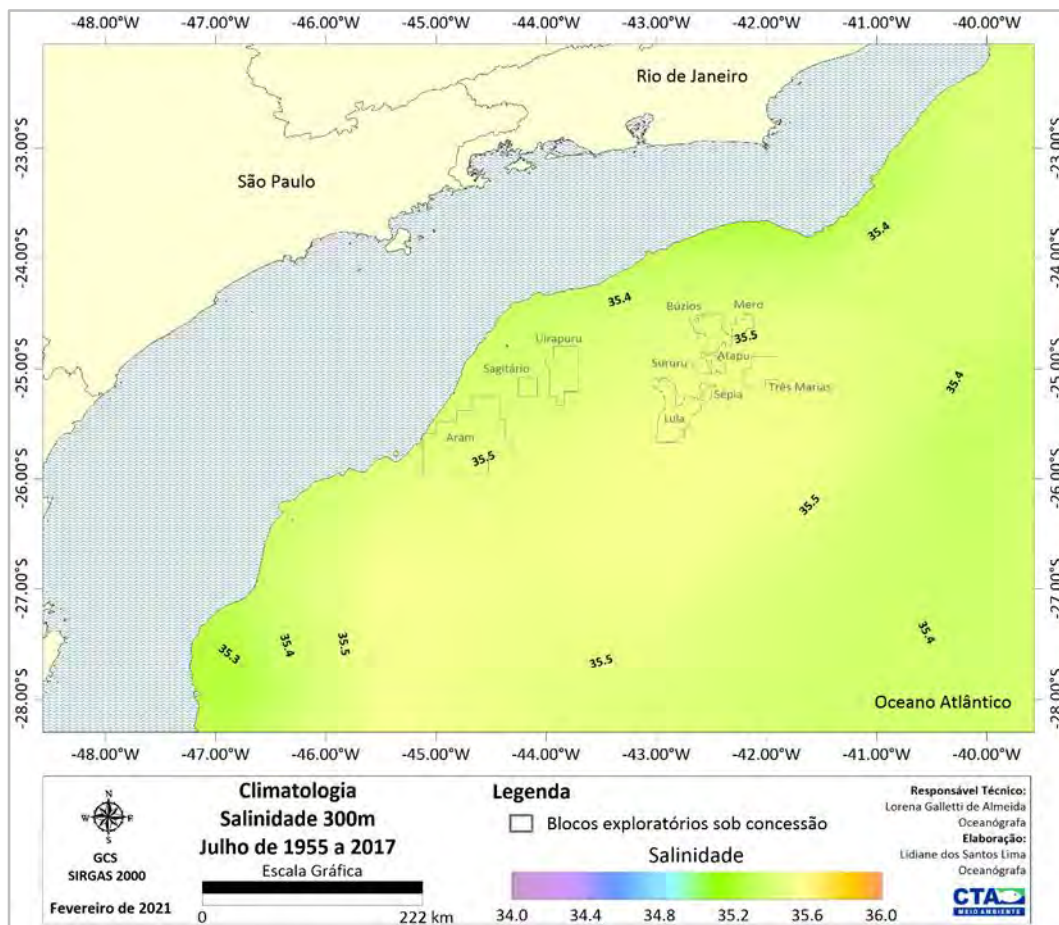


Figura II.5.1.1.2.2-84– Climatologia de julho referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

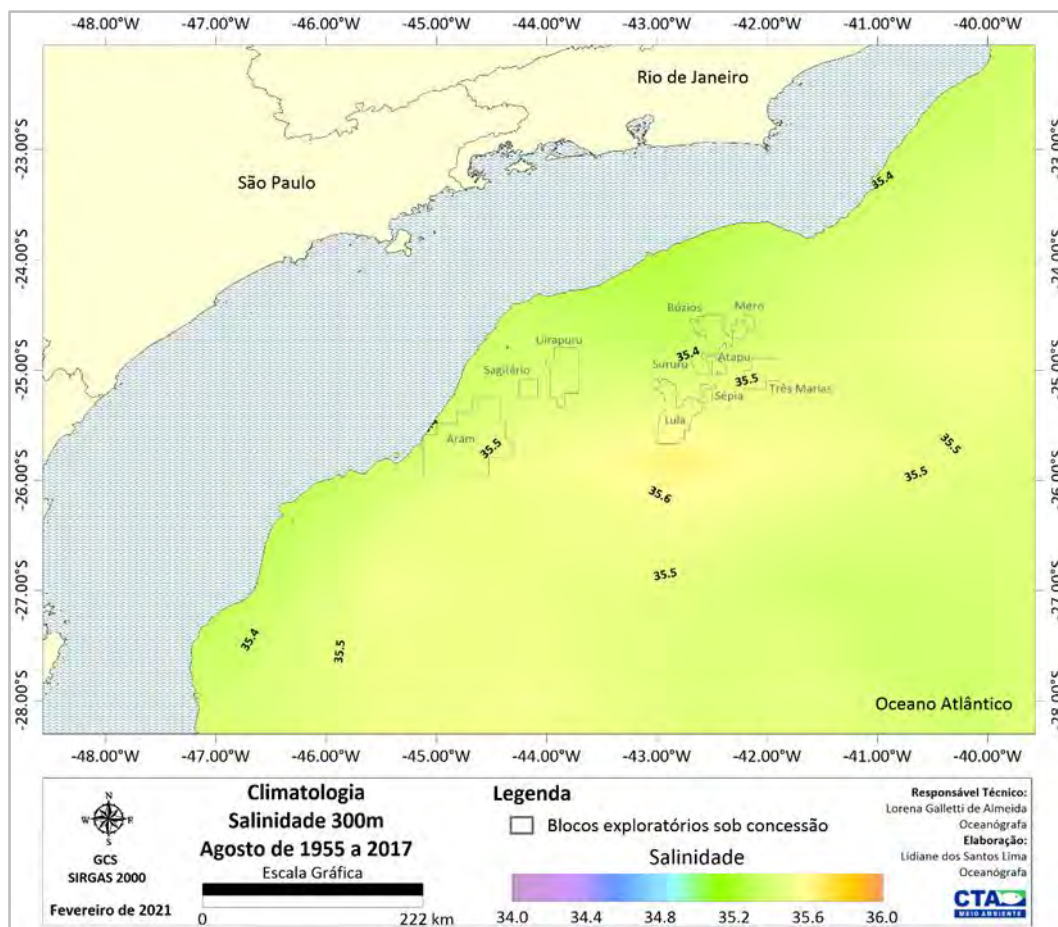


Figura II.5.1.1.2.2-85– Climatologia de agosto referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

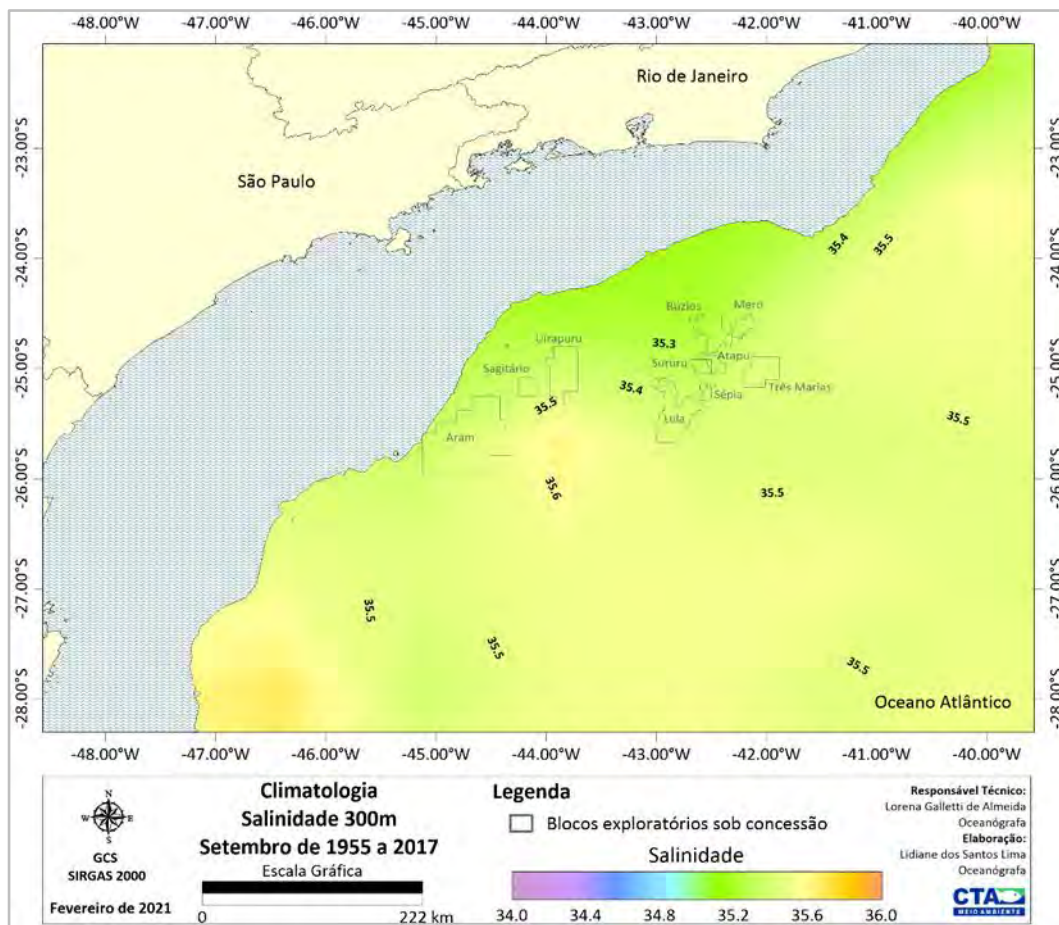


Figura II.5.1.1.2.2-86– Climatologia de setembro referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

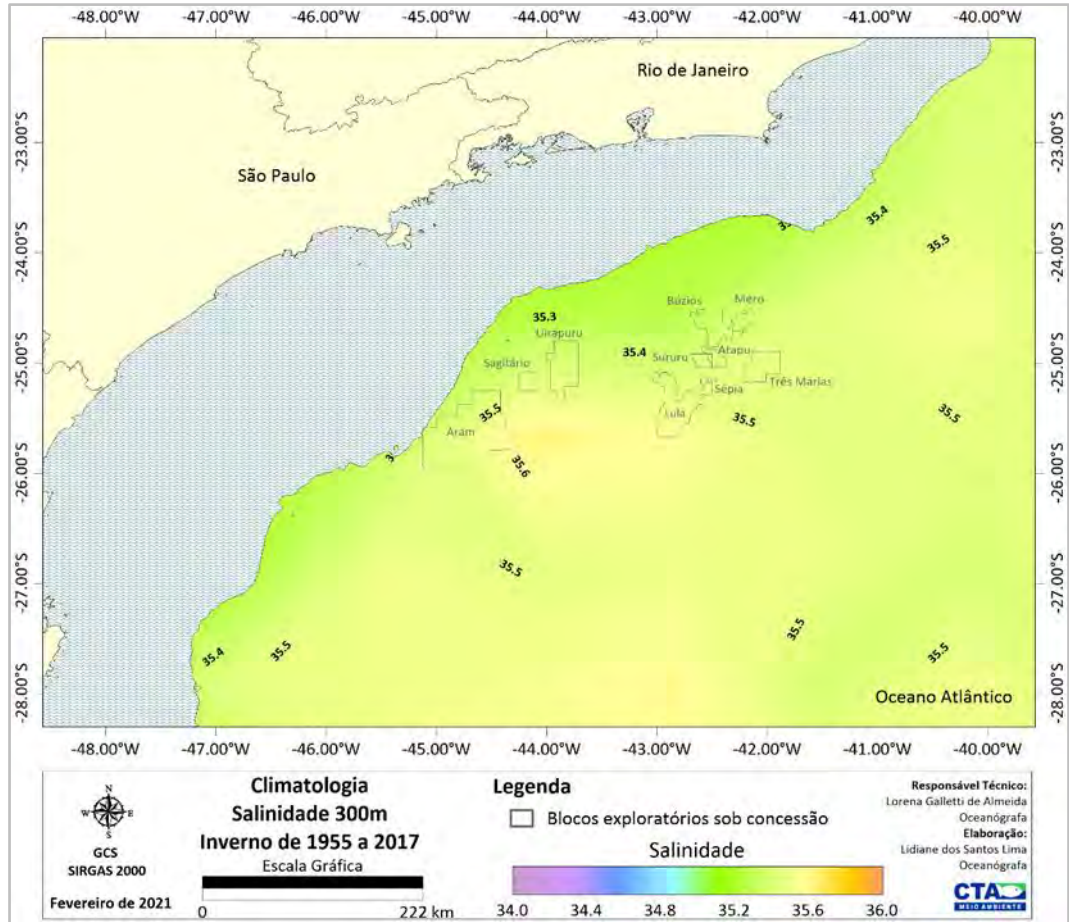


Figura II.5.1.1.2.2-87– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

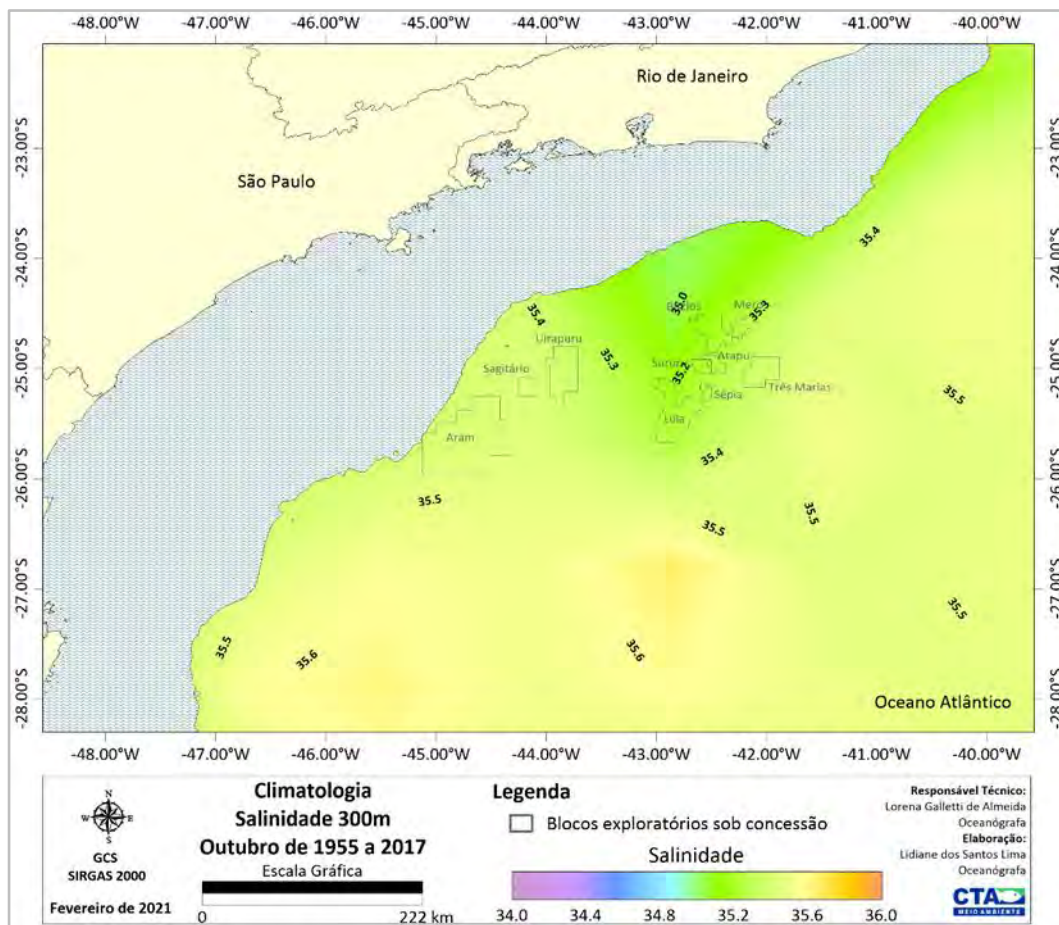


Figura II.5.1.1.2.2-88– Climatologia de outubro referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

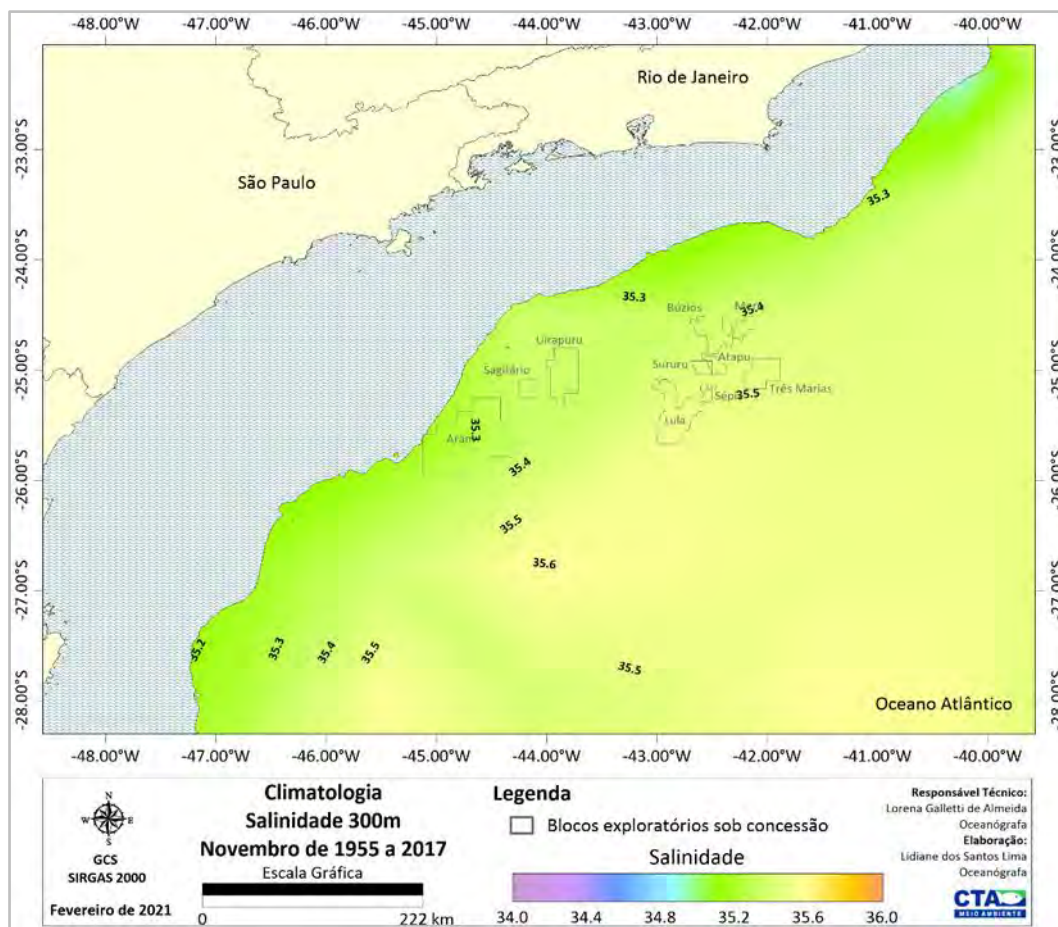


Figura II.5.1.1.2.2-89– Climatologia de novembro referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

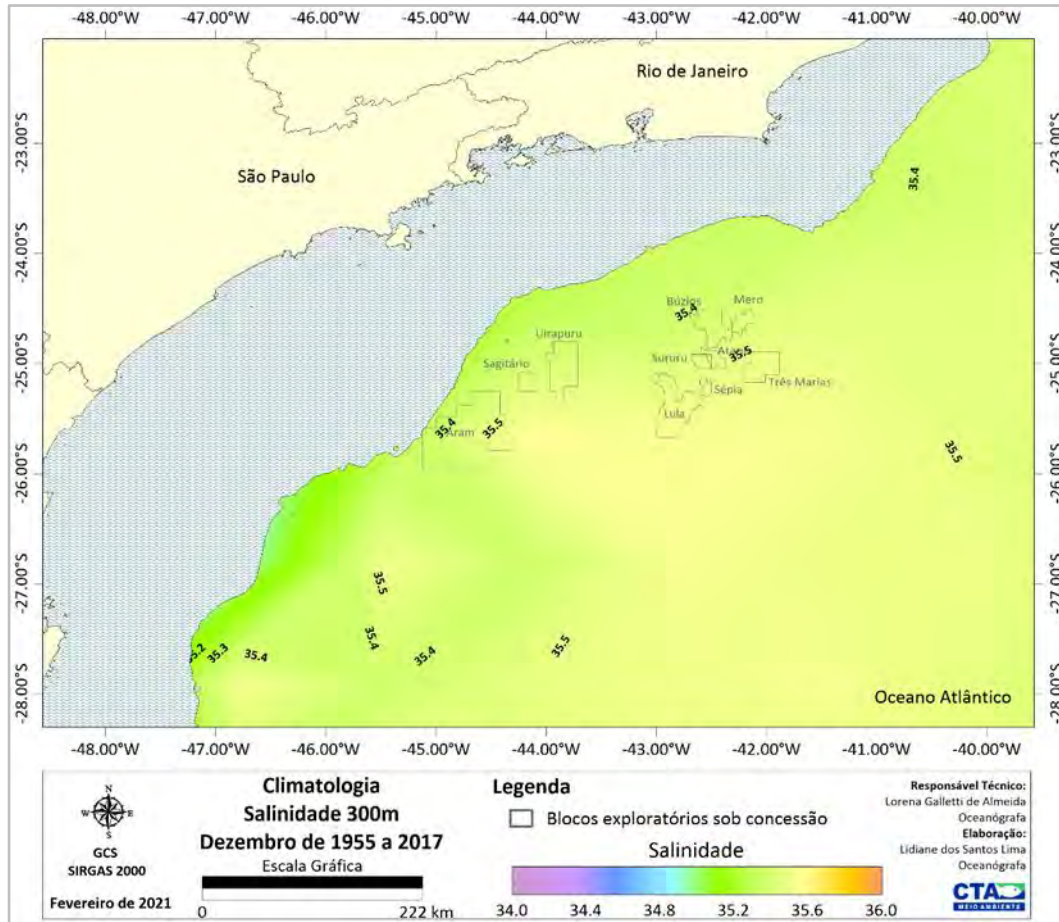


Figura II.5.1.1.2.2-90– Climatologia de dezembro referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

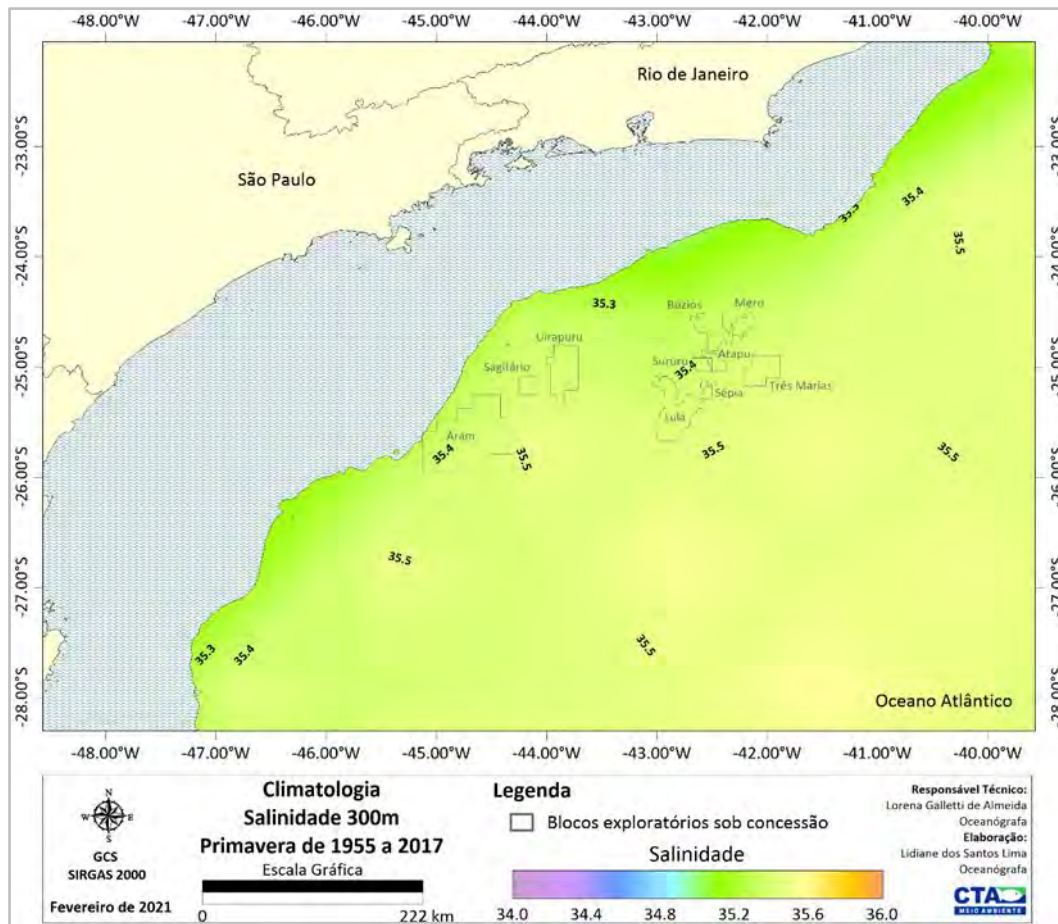


Figura II.5.1.1.2.2-91– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a salinidade média a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

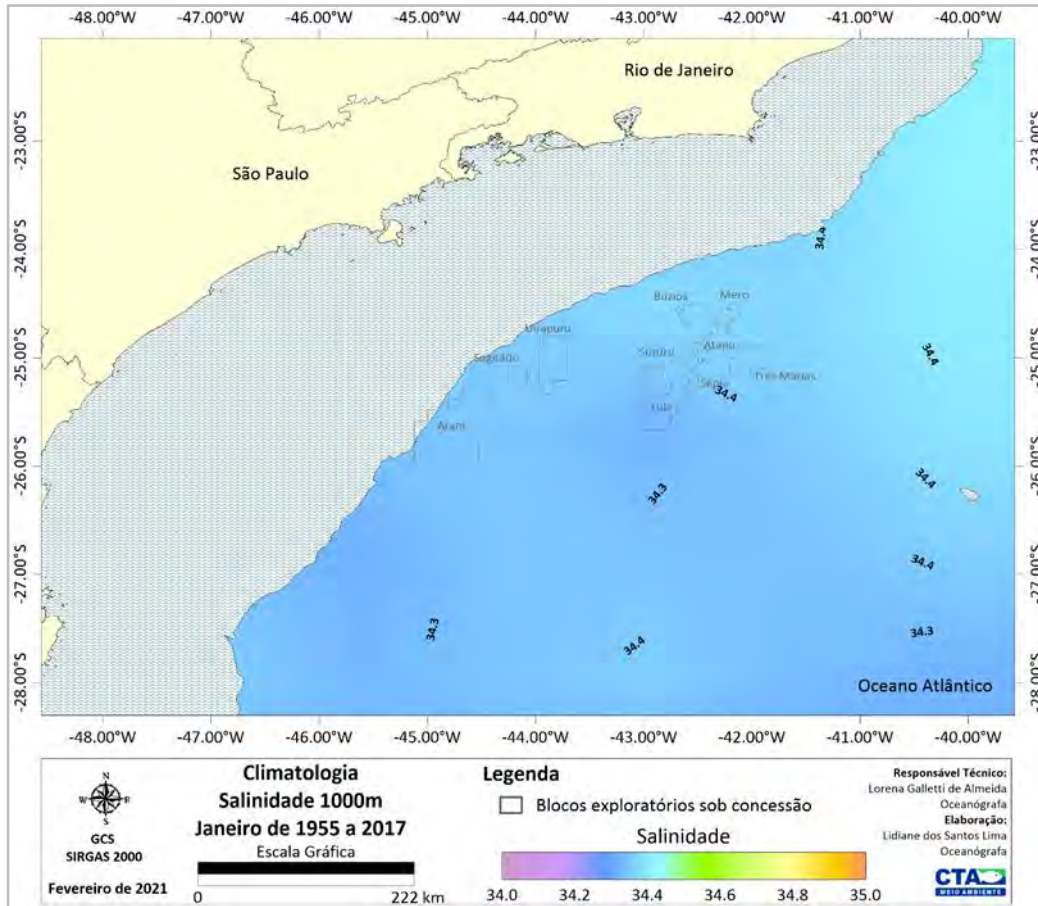


Figura II.5.1.1.2.2-92– Climatologia de janeiro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

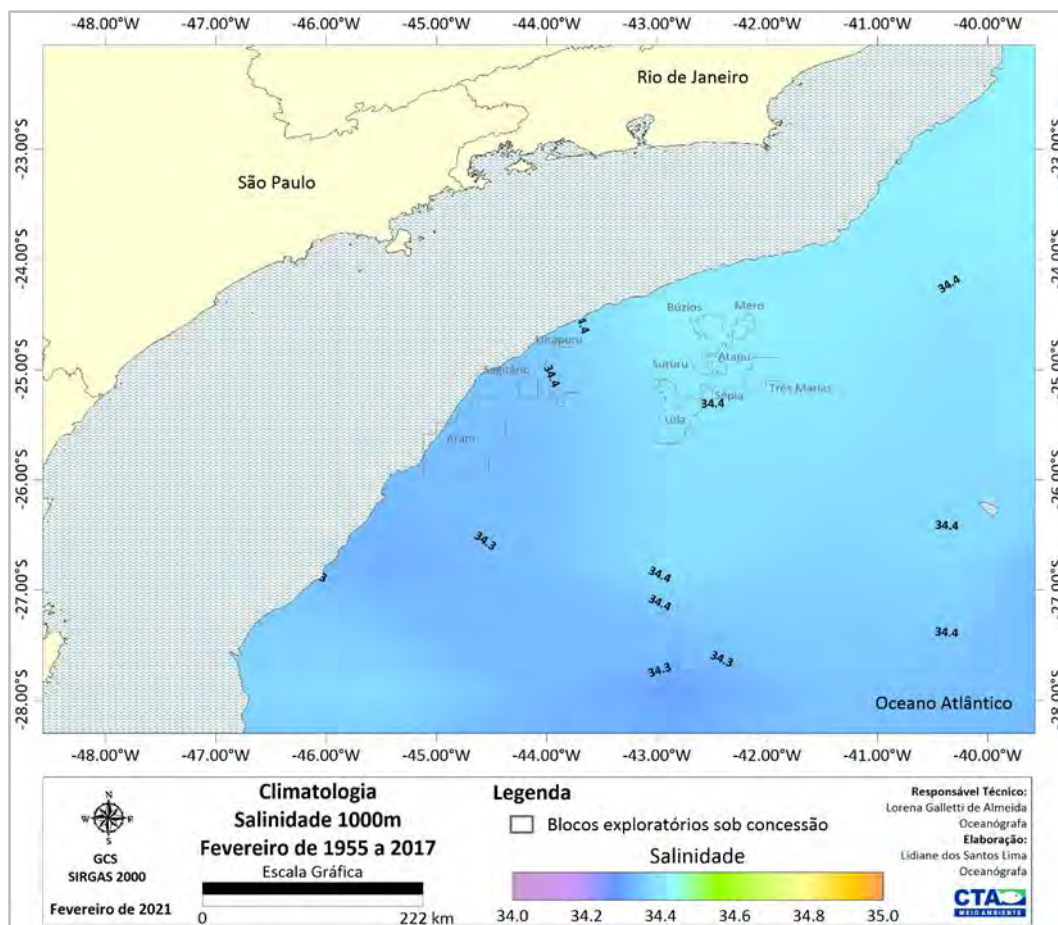


Figura II.5.1.1.2.2-93– Climatologia de fevereiro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

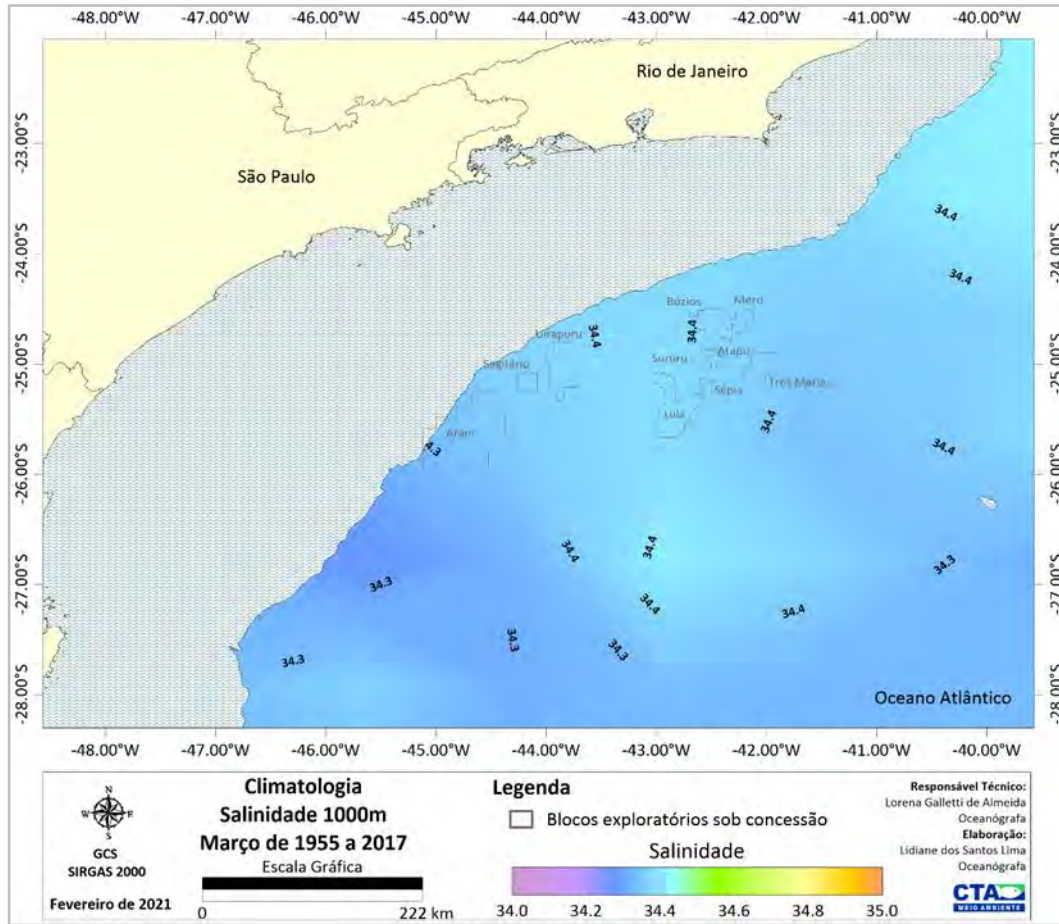


Figura II.5.1.1.2.2-94– Climatologia de março referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

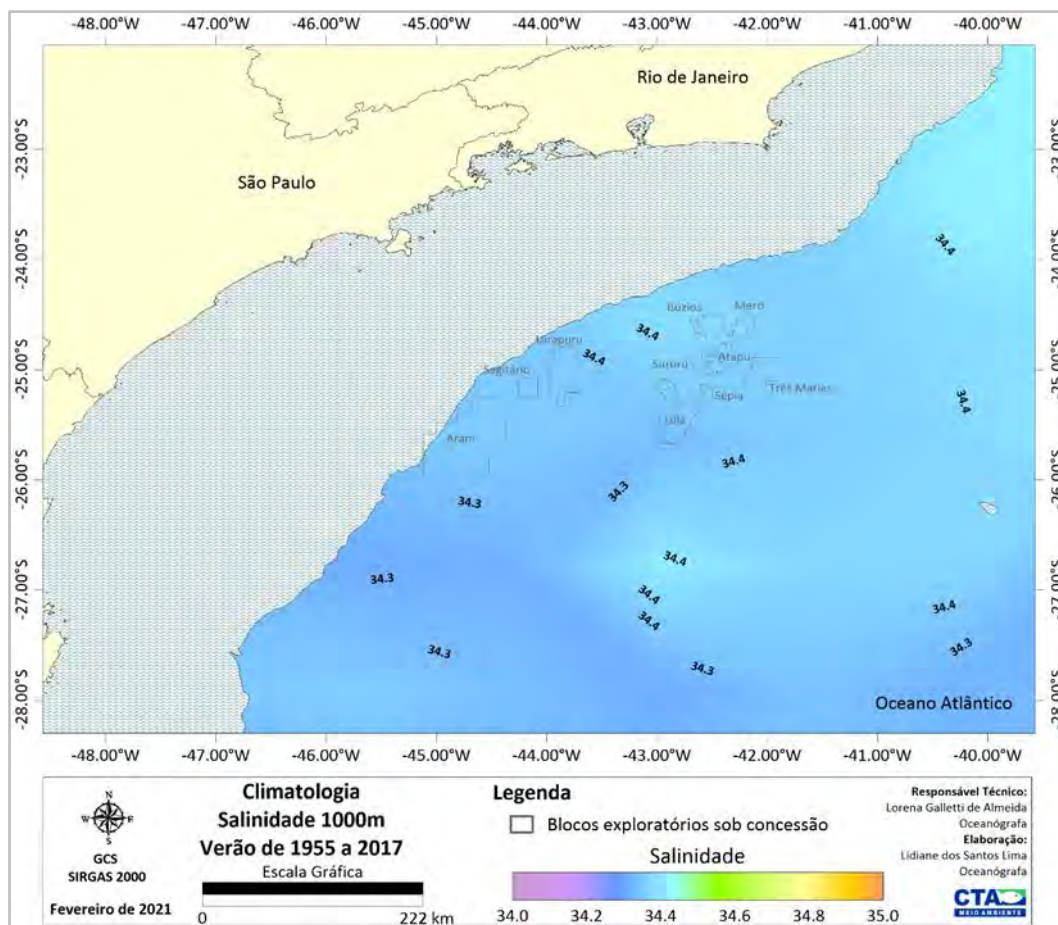


Figura II.5.1.1.2.2-95– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

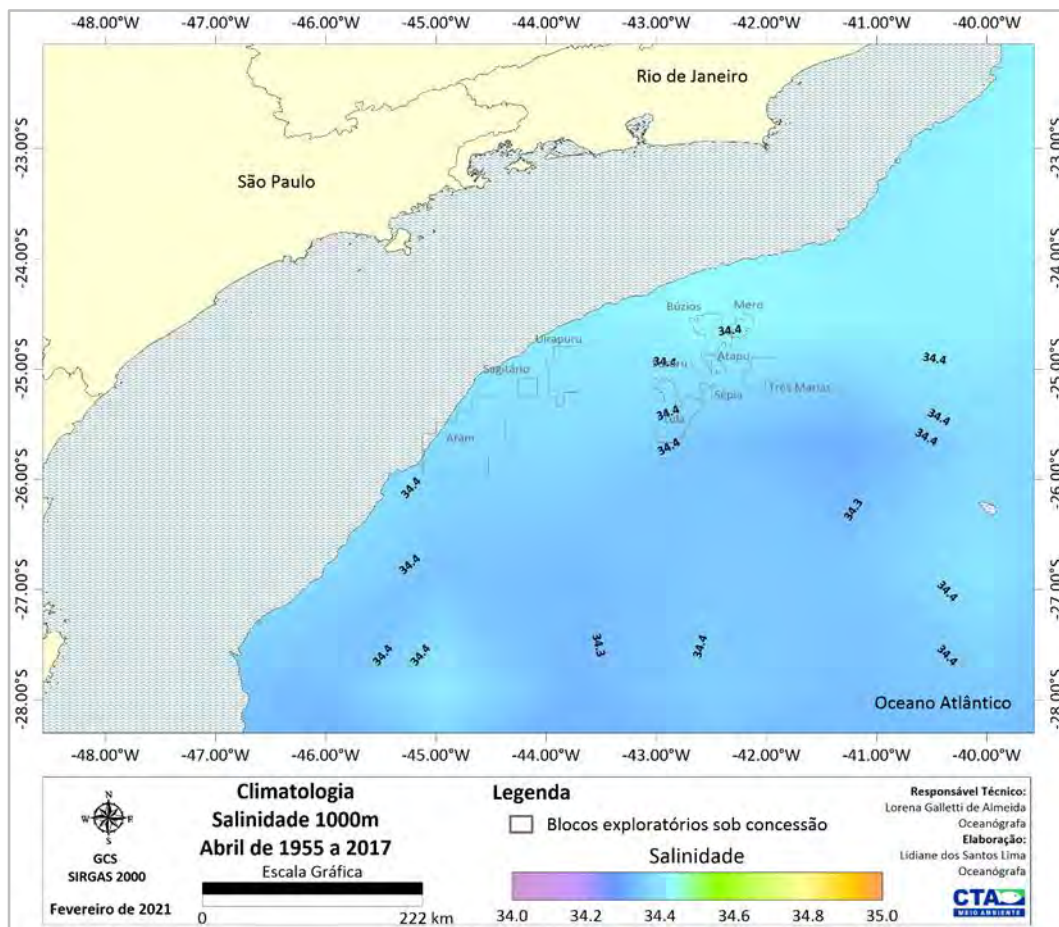


Figura II.5.1.1.2.2-96– Climatologia de abril referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

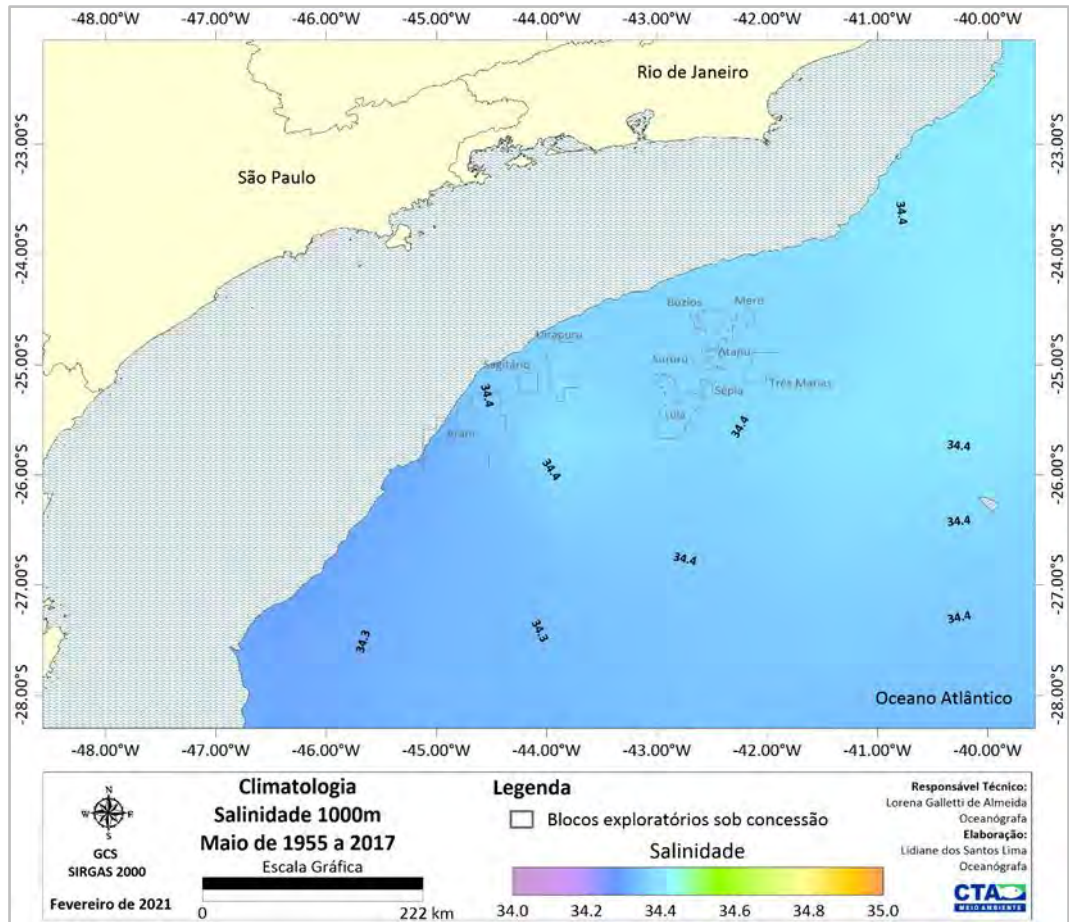


Figura II.5.1.1.2.2-97– Climatologia de maio referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

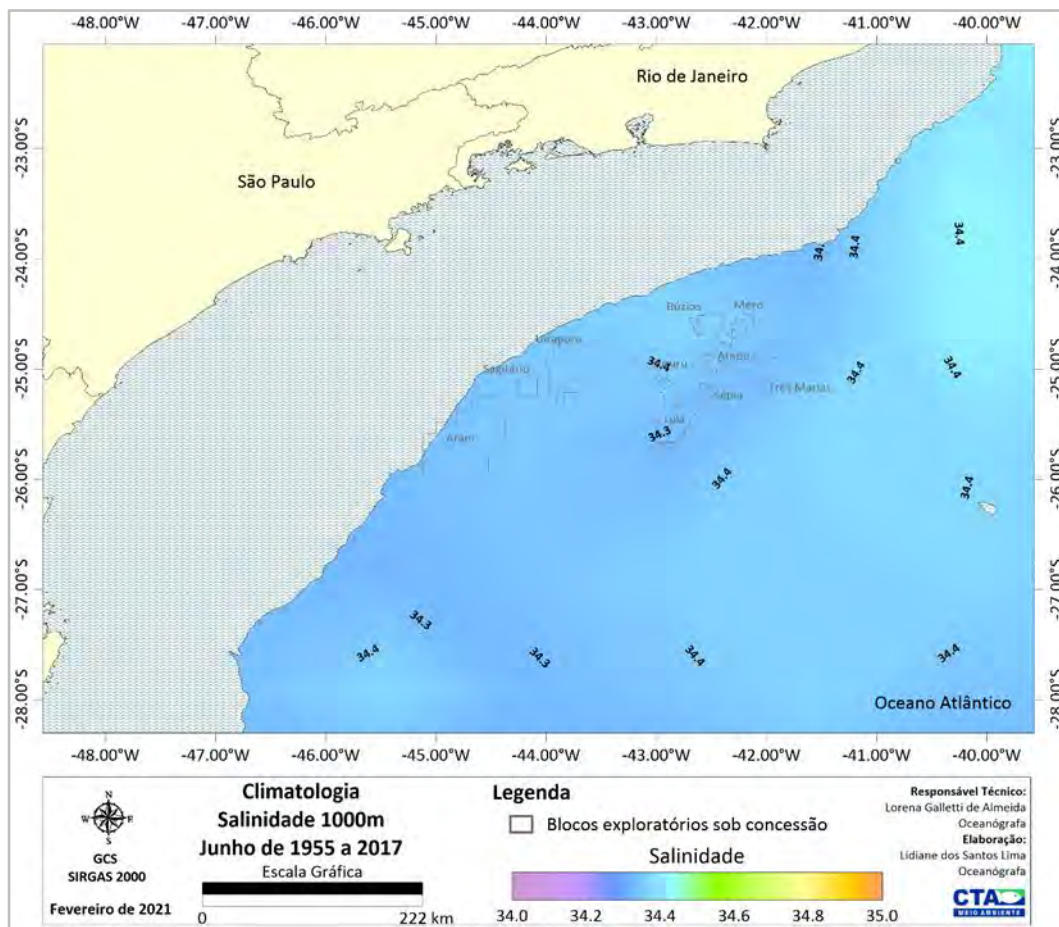


Figura II.5.1.1.2.2-98– Climatologia de junho referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

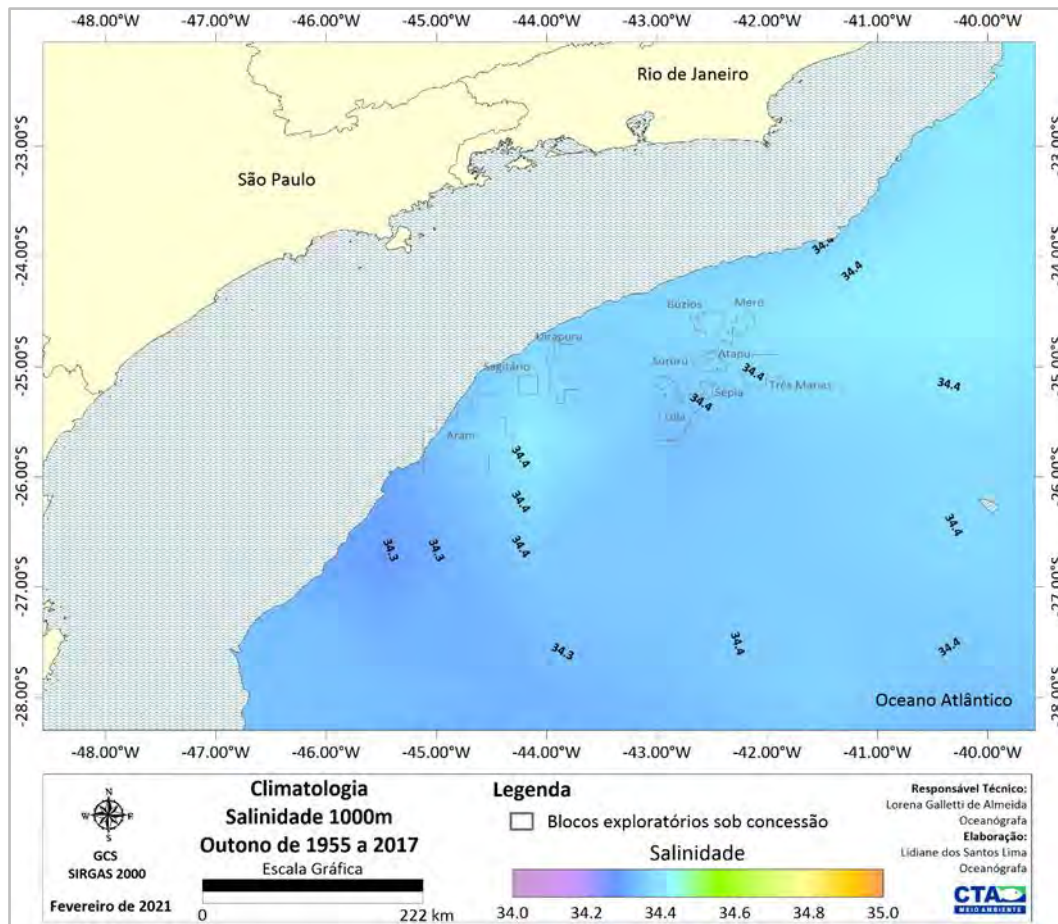


Figura II.5.1.1.2.2-99– Climatologia de outono (abril a junho) referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

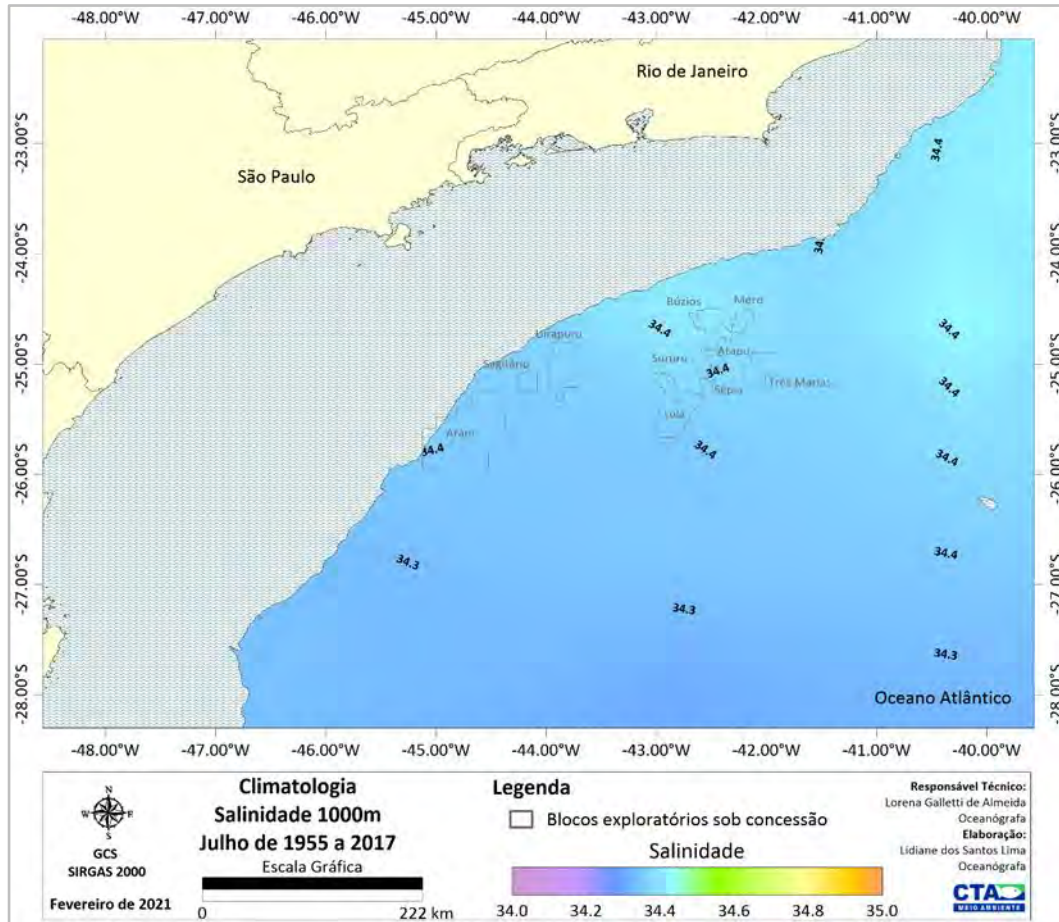


Figura II.5.1.1.2.2-100– Climatologia de julho referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

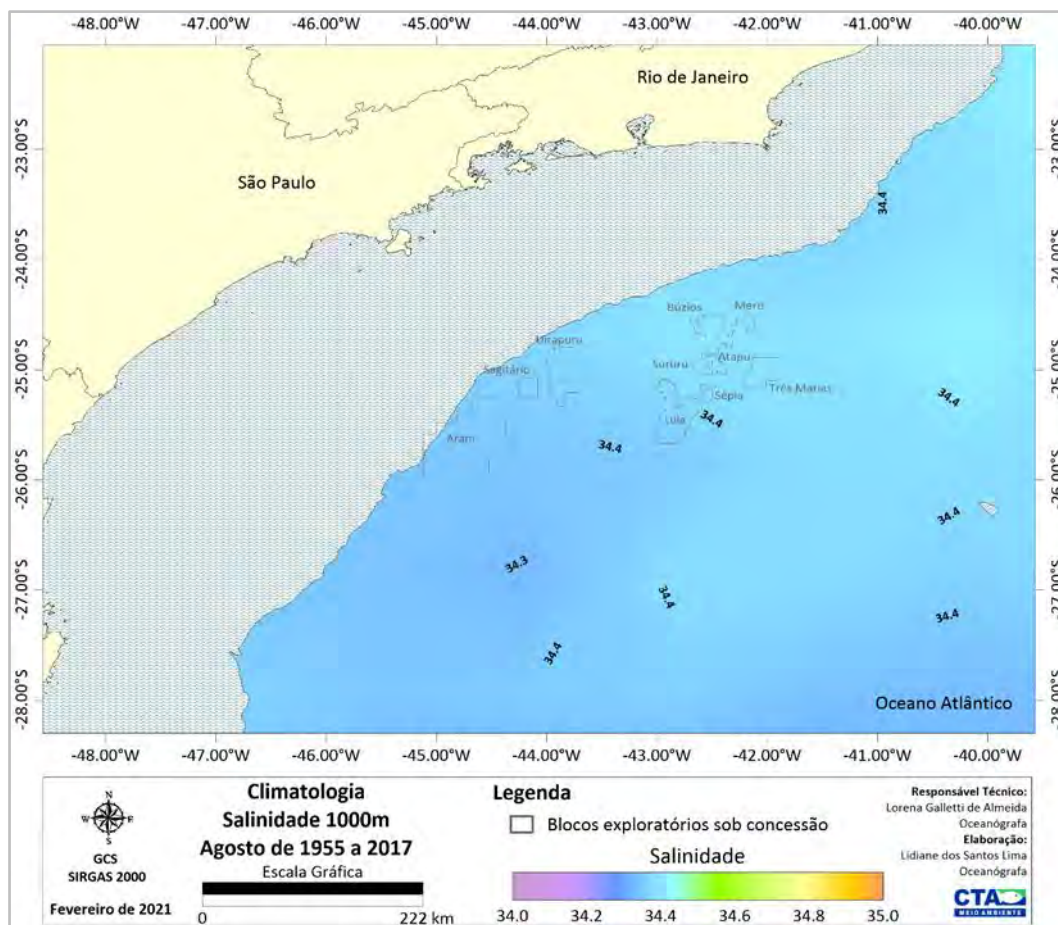


Figura II.5.1.1.2.2-101– Climatologia de agosto referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

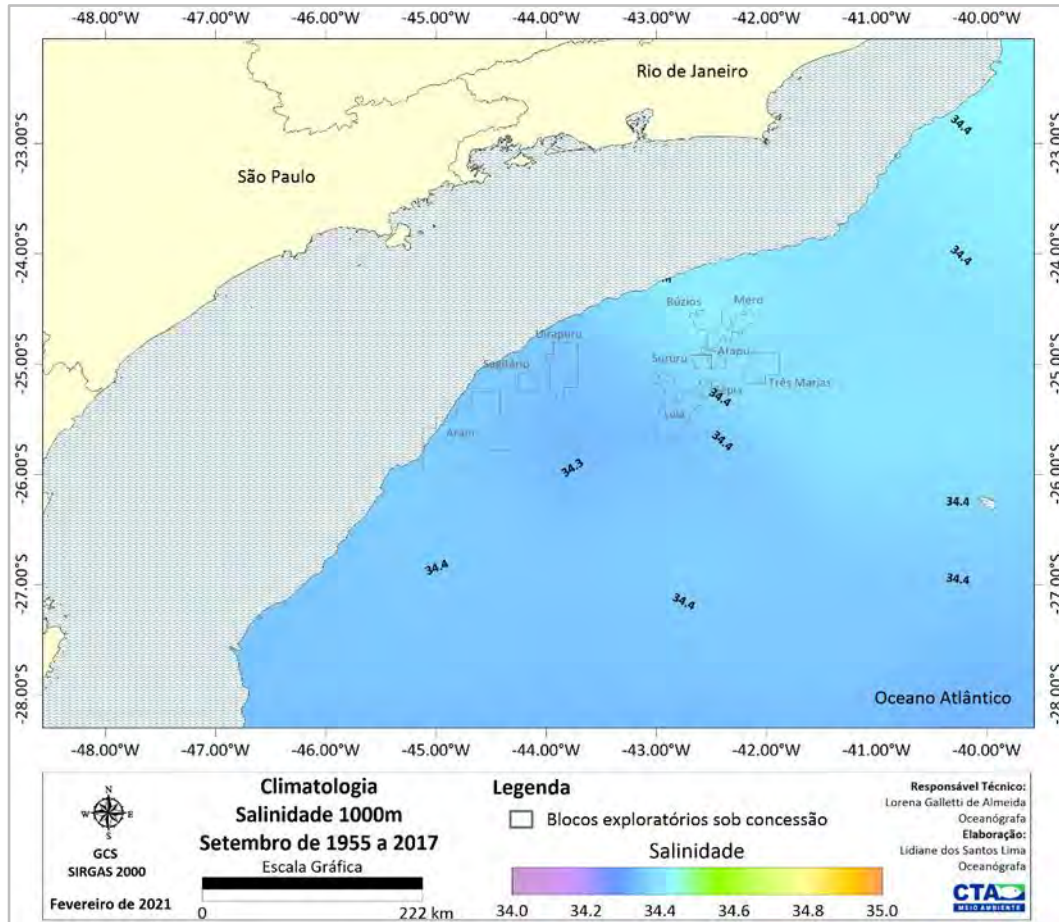


Figura II.5.1.1.2.2-102– Climatologia de setembro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

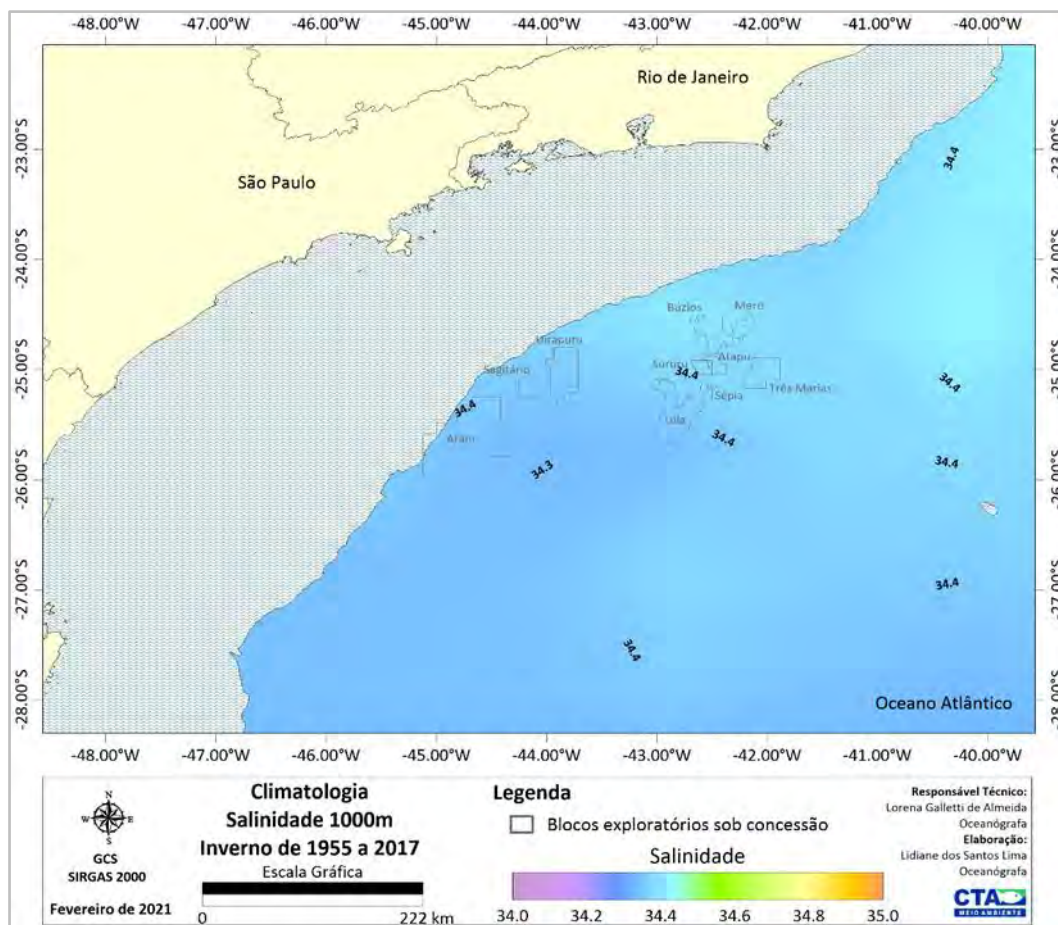


Figura II.5.1.1.2.2-103– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

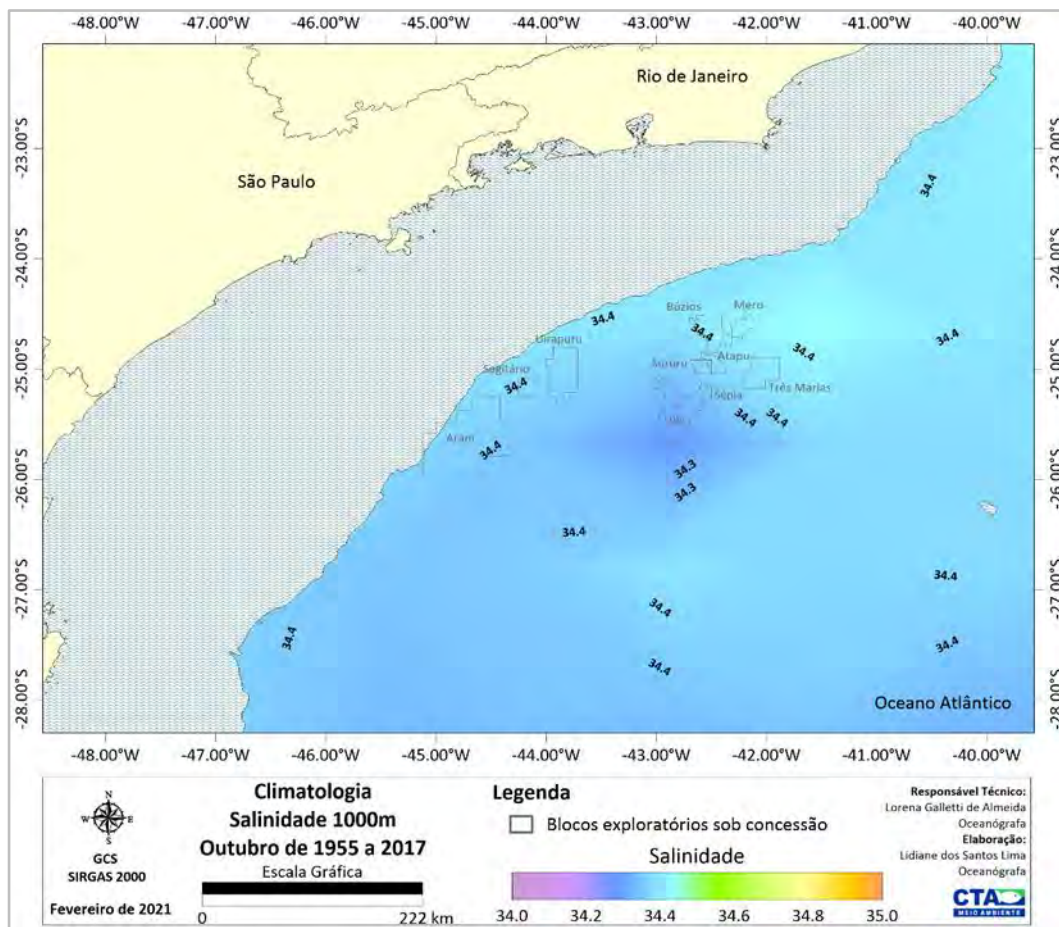


Figura II.5.1.1.2.2-104– Climatologia de outubro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

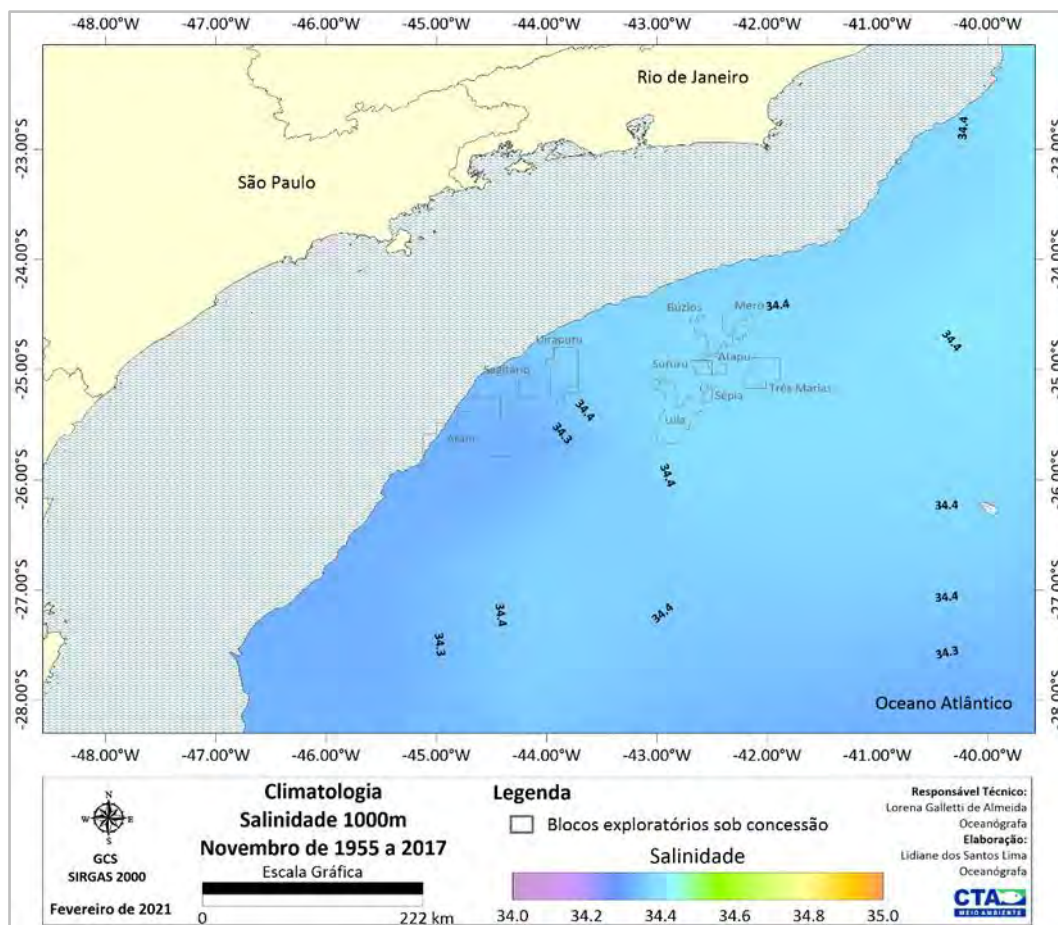


Figura II.5.1.1.2.2-105– Climatologia de novembro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

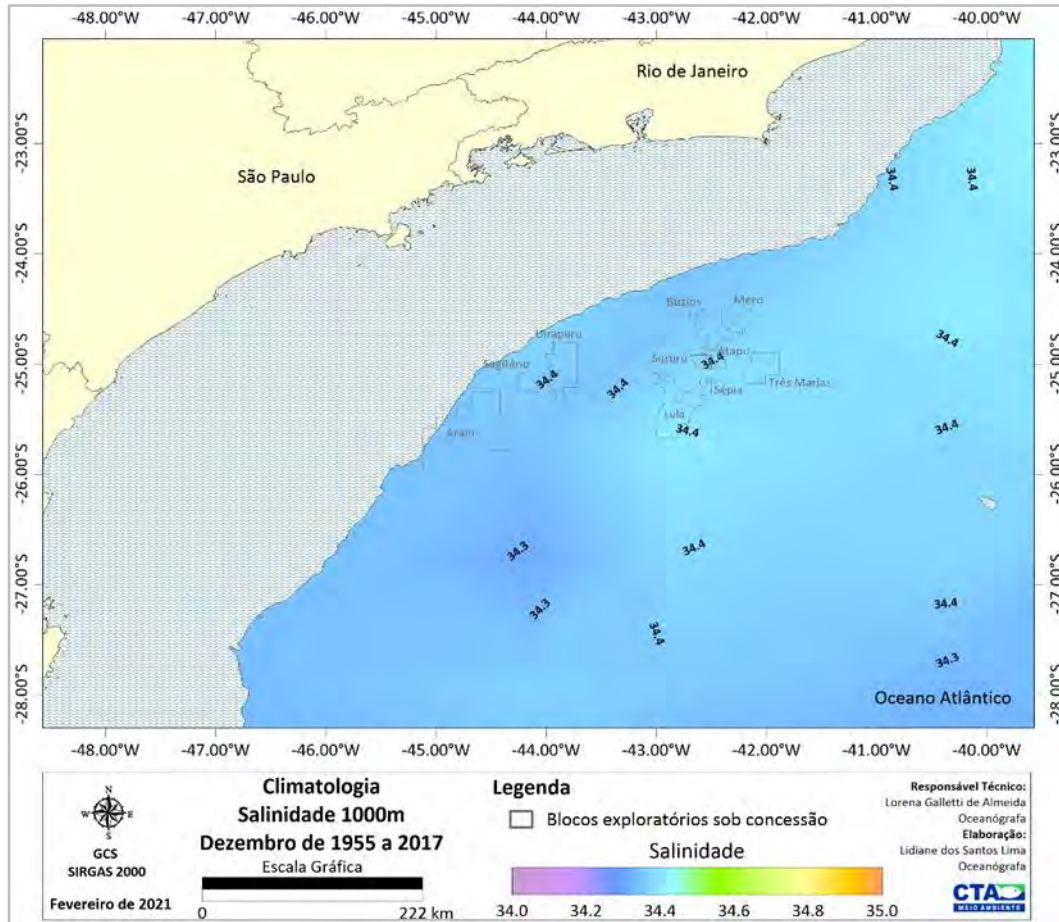


Figura II.5.1.1.2.2-106– Climatologia de dezembro referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

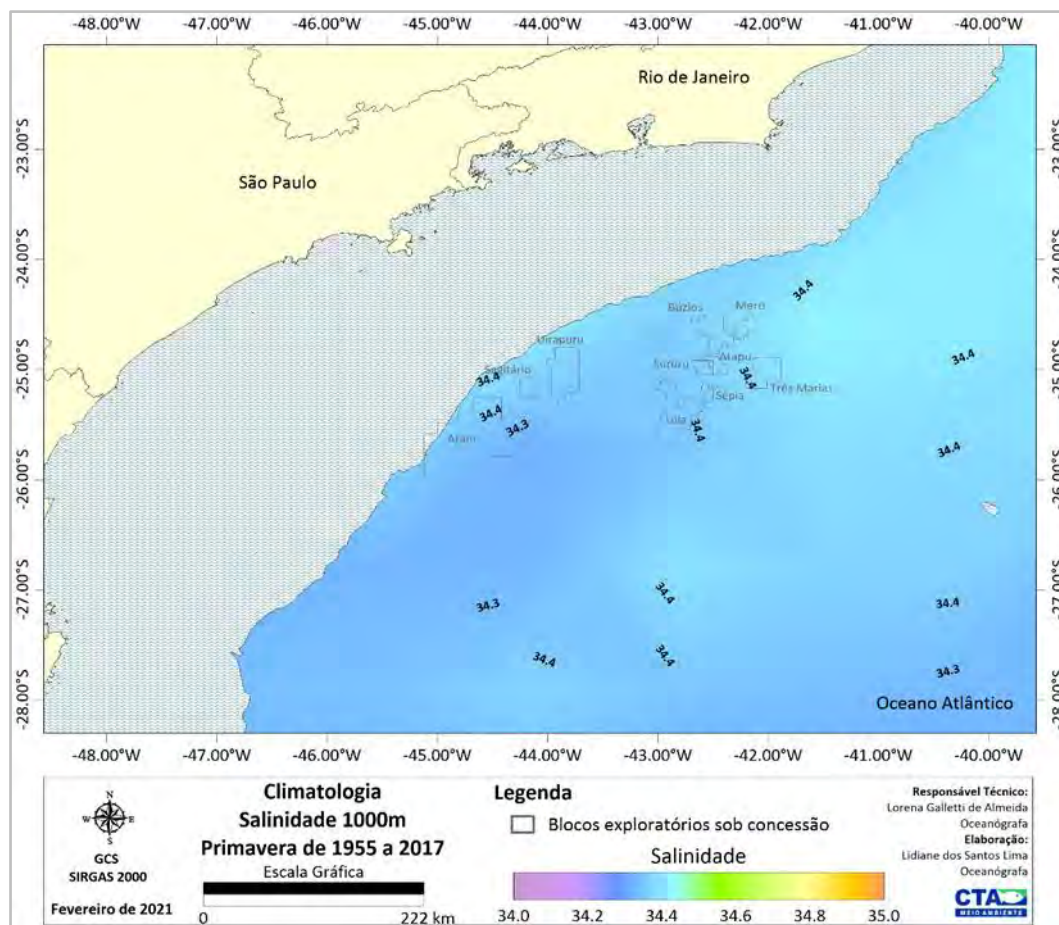


Figura II.5.1.1.2.2-107– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a salinidade média a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Os campos médios mensais e sazonais de distribuição horizontal de densidade em superfície, no nível de 300 m e no nível de 1000 m são apresentados na **Figura II.5.1.1.2.2-108** até a **Figura II.5.1.1.2.2-155** e foram calculados de acordo com FOFONOFF e MILLARD (1983). Uma característica das regiões tropicais é a diferenciação entre períodos chuvosos (primavera e verão) e secos (outono e inverno), o que resulta numa diminuição da densidade da superfície do mar, principalmente devido ao aumento no aporte pluvial e fluvial.

Em superfície (**Figura II.5.1.1.2.2-108** a **Figura II.5.1.1.2.2-123**), foi observado um aumento dos valores de densidade nos meses de inverno, com valor médio máximo de 1026,4 kg/m³. Este resultado ocorre em função da diminuição da temperatura da camada de mistura associada à interação oceano-atmosfera. O

mínimo valor obtido em relação às densidades médias em superfície foi de 1020,7kg/m³ no verão.

Em níveis intermediários (300 m) (**Figura II.5.1.1.2.2-124** a **Figura II.5.1.1.2.2-139**), na região ocupada pela Corrente do Brasil (mais afastada da costa e próxima às áreas mais profundas), são encontradas as menores densidades. Em todas as estações, os valores máximo e mínimo observados foram em torno de 1026,2 kg/m³ e 1027,1 kg/m³, respectivamente. A baixa variabilidade espacial da densidade tem relação com a dinâmica da região, pois em nível picnoclínico já é o nível de atuação da CB, uma corrente de contorno oeste dominada pelo ajuste baroclínico.

Na camada próxima ao fundo (1000 m) (**Figura II.5.1.1.2.2-140** a **Figura II.5.1.1.2.2-155**), observa-se uma ligeira variação sazonal. Assim como nos campos de salinidade e em função dessa propriedade, verifica-se um gradiente de densidade de sul para norte na região do empreendimento da Bacia de Santos. O máximo de densidade encontrado foi de 1027,4 kg/m³ registrado no verão, e o mínimo de 1027,2 kg/m³, no inverno.

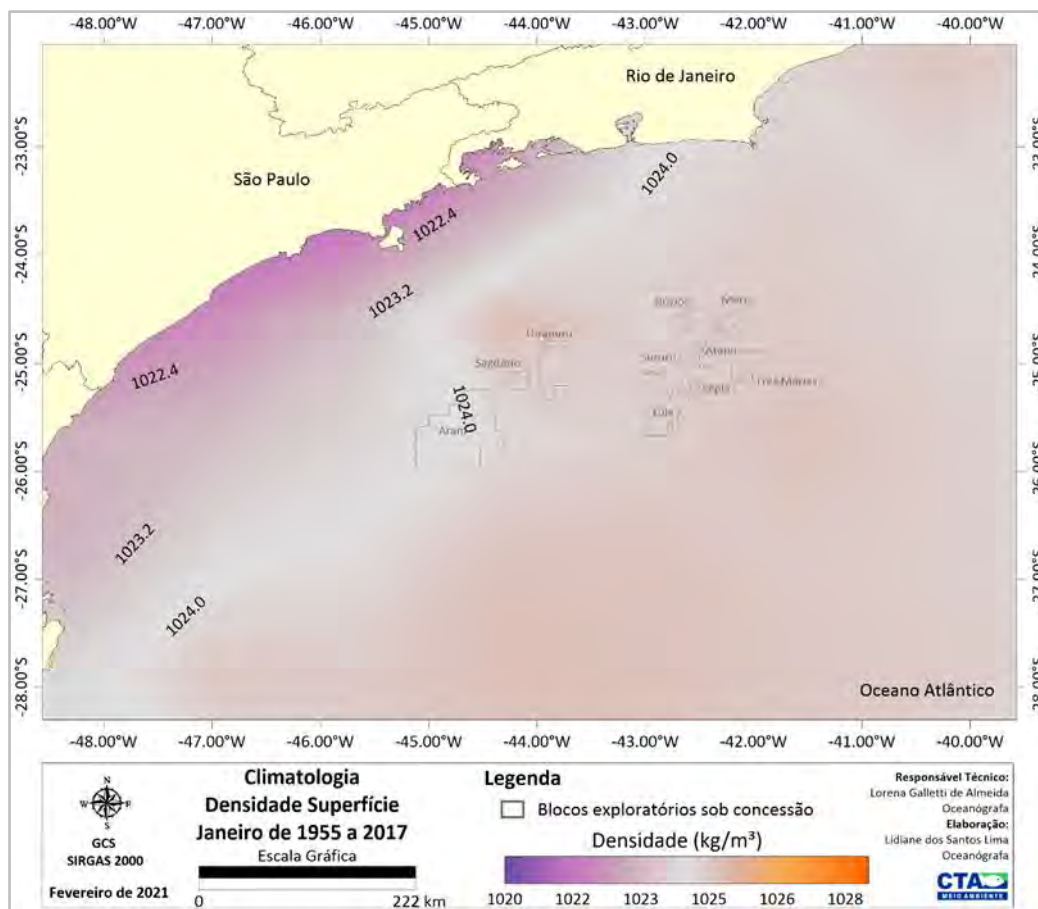


Figura II.5.1.1.2.2-108– Climatologia de janeiro referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

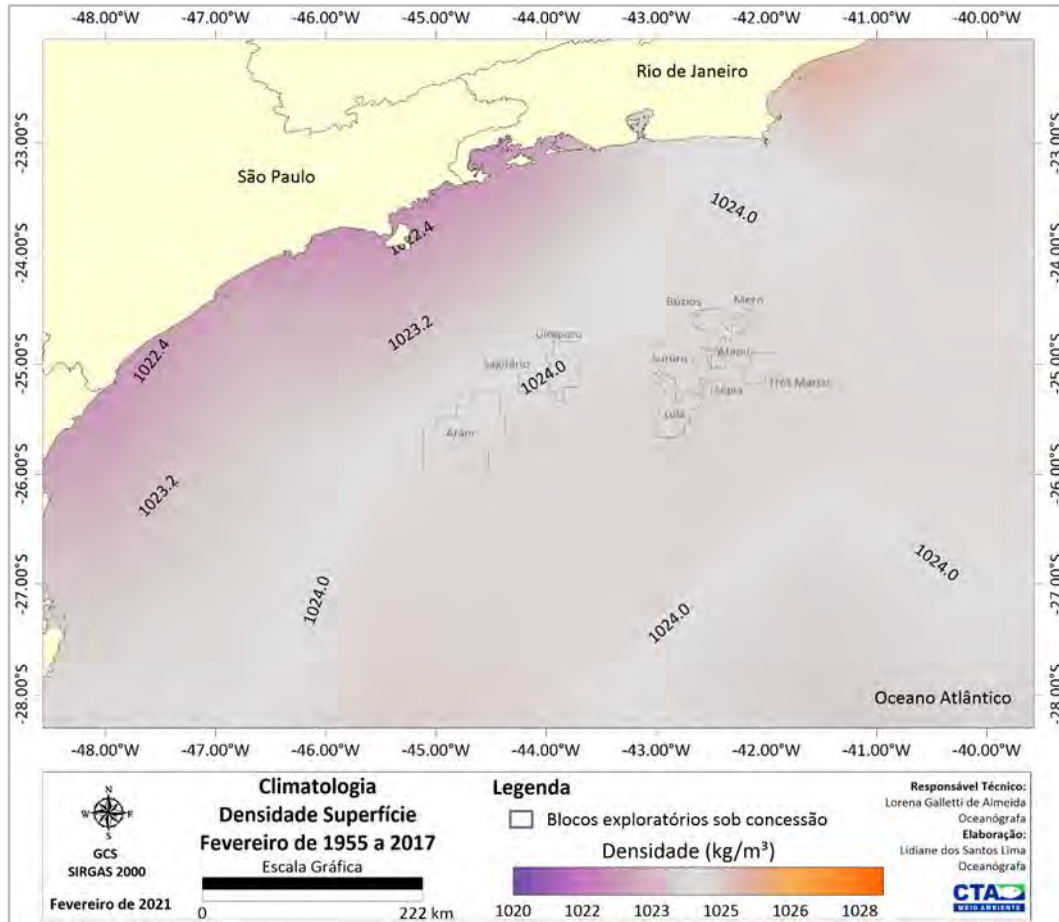


Figura II.5.1.1.2.2-109– Climatologia de fevereiro referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

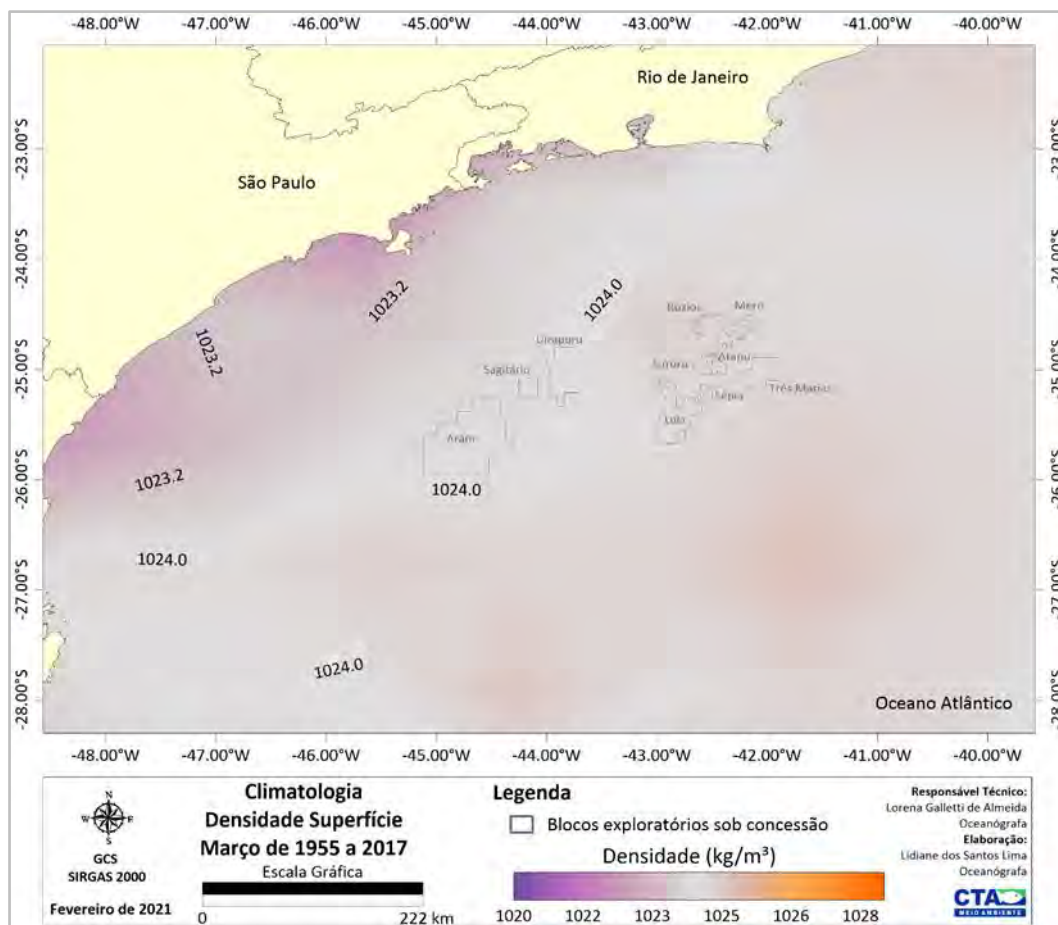


Figura II.5.1.1.2.2-110– Climatologia de março referente a densidade média (kg/m^3) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

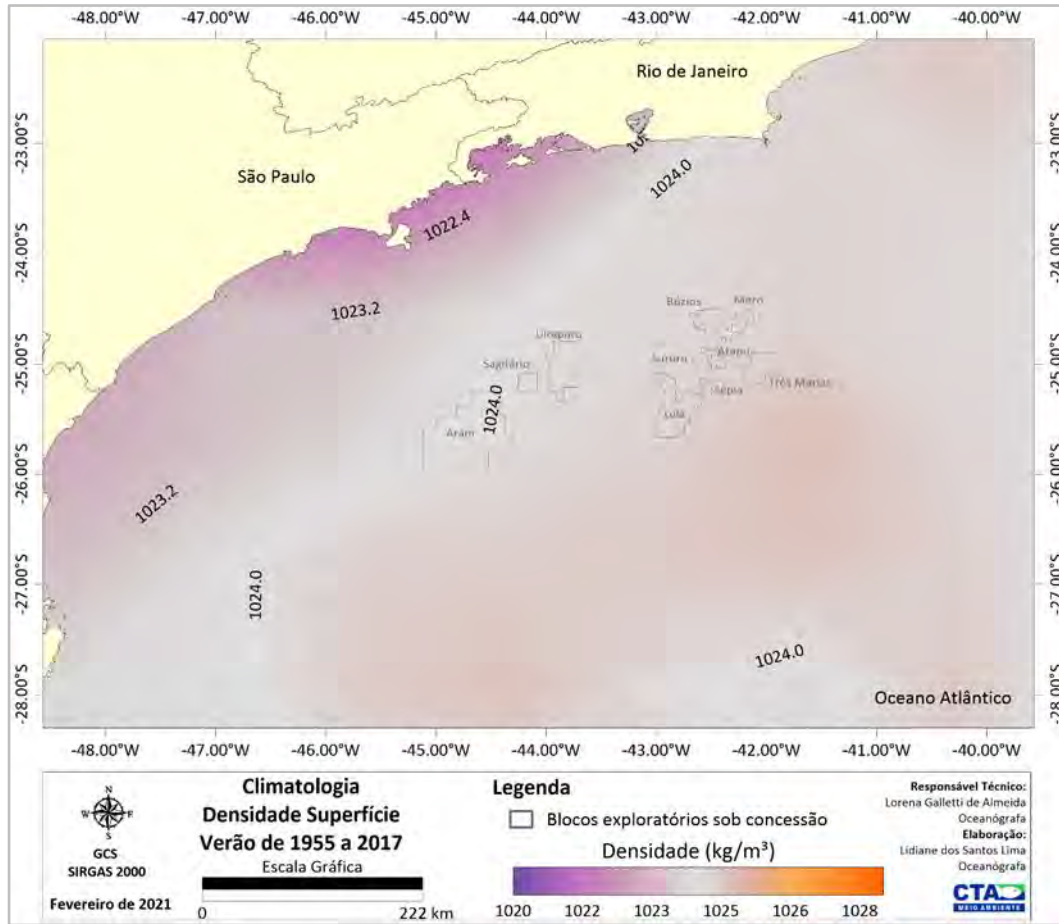


Figura II.5.1.1.2.2-111– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

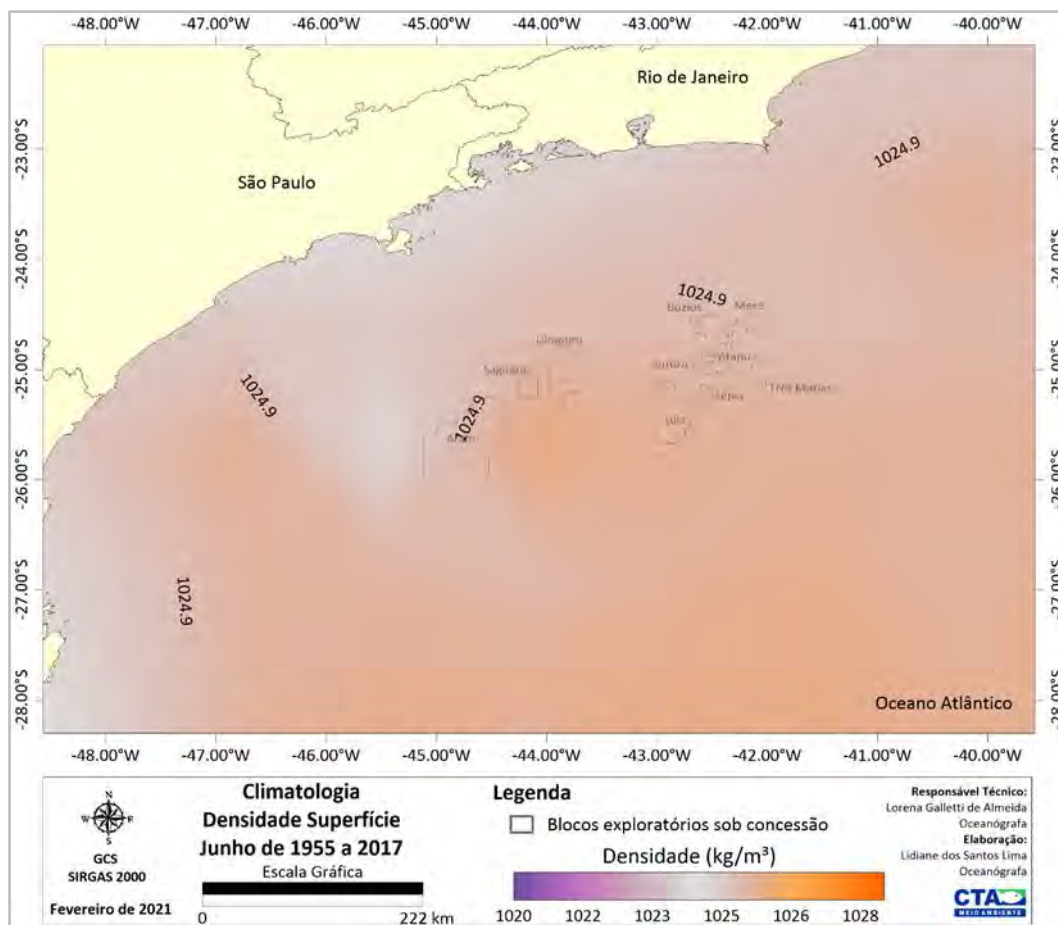


Figura II.5.1.1.2.2-114– Climatologia de junho referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

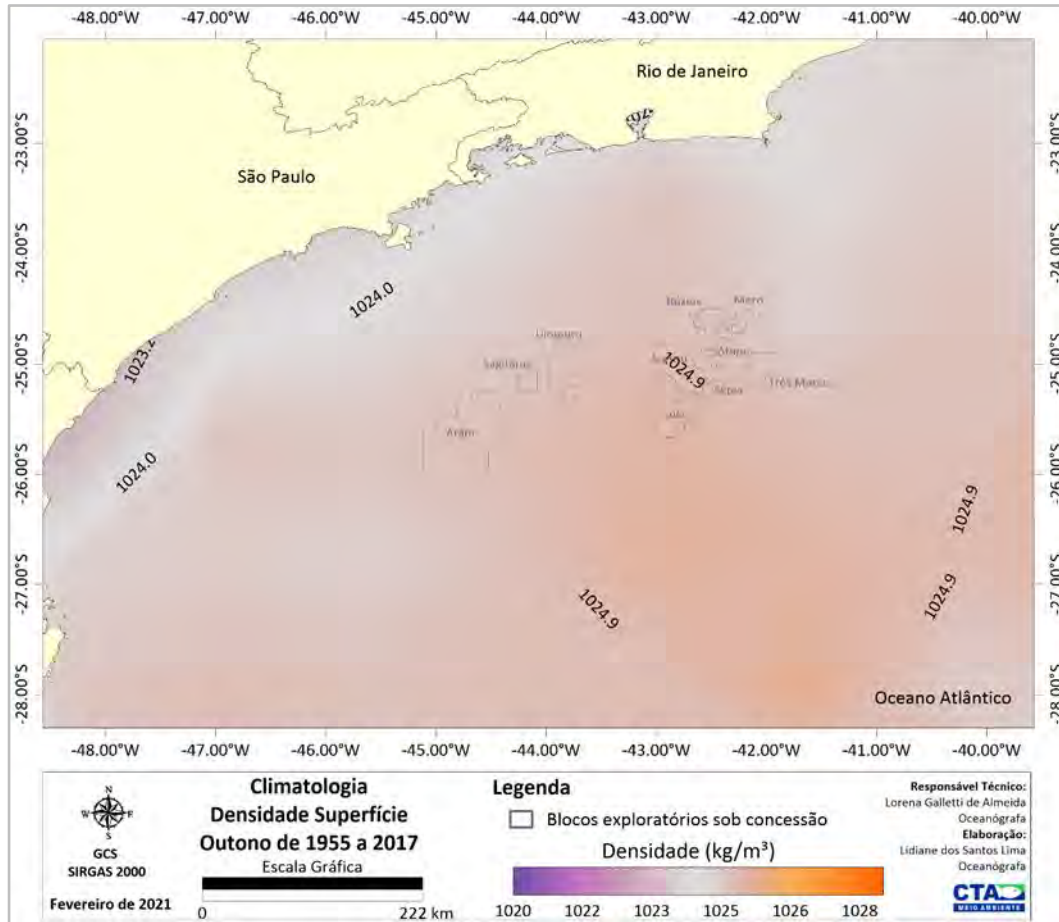


Figura II.5.1.1.2.2-115– Climatologia de outono (abril a junho) referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

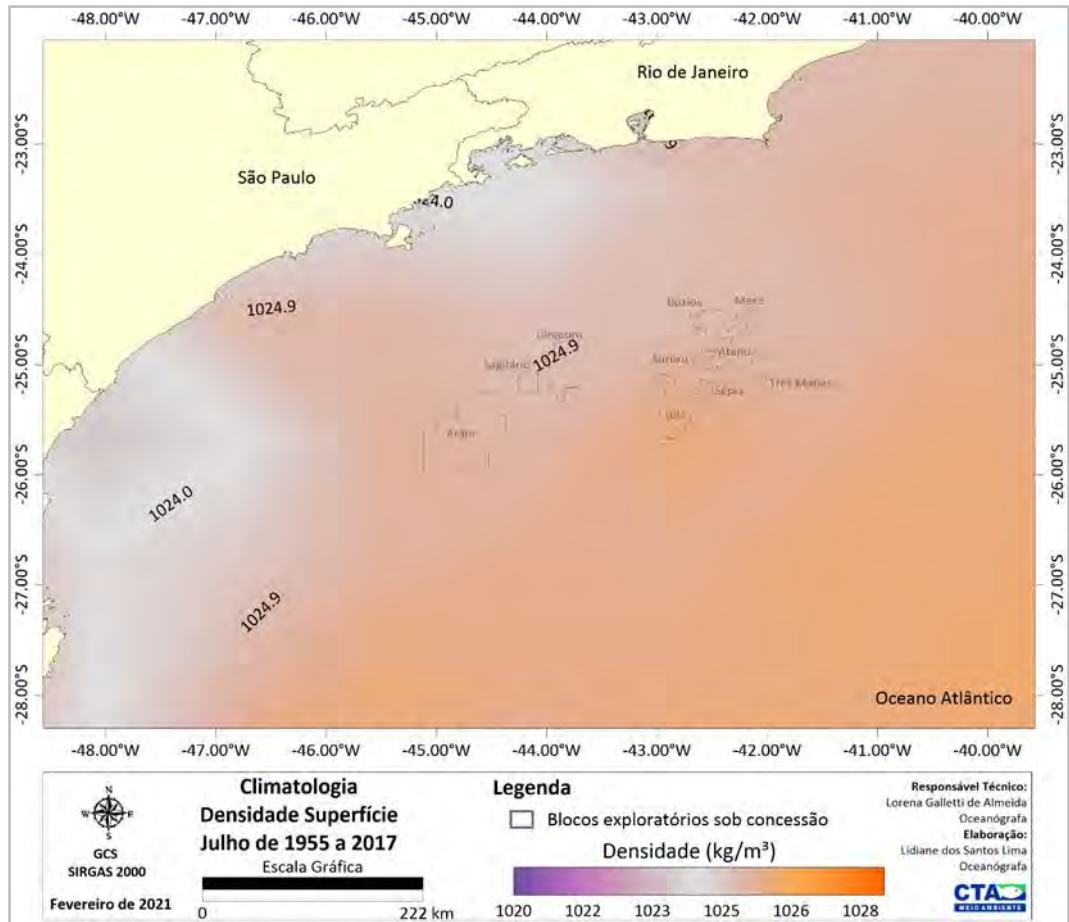


Figura II.5.1.1.2.2-116– Climatologia de julho referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

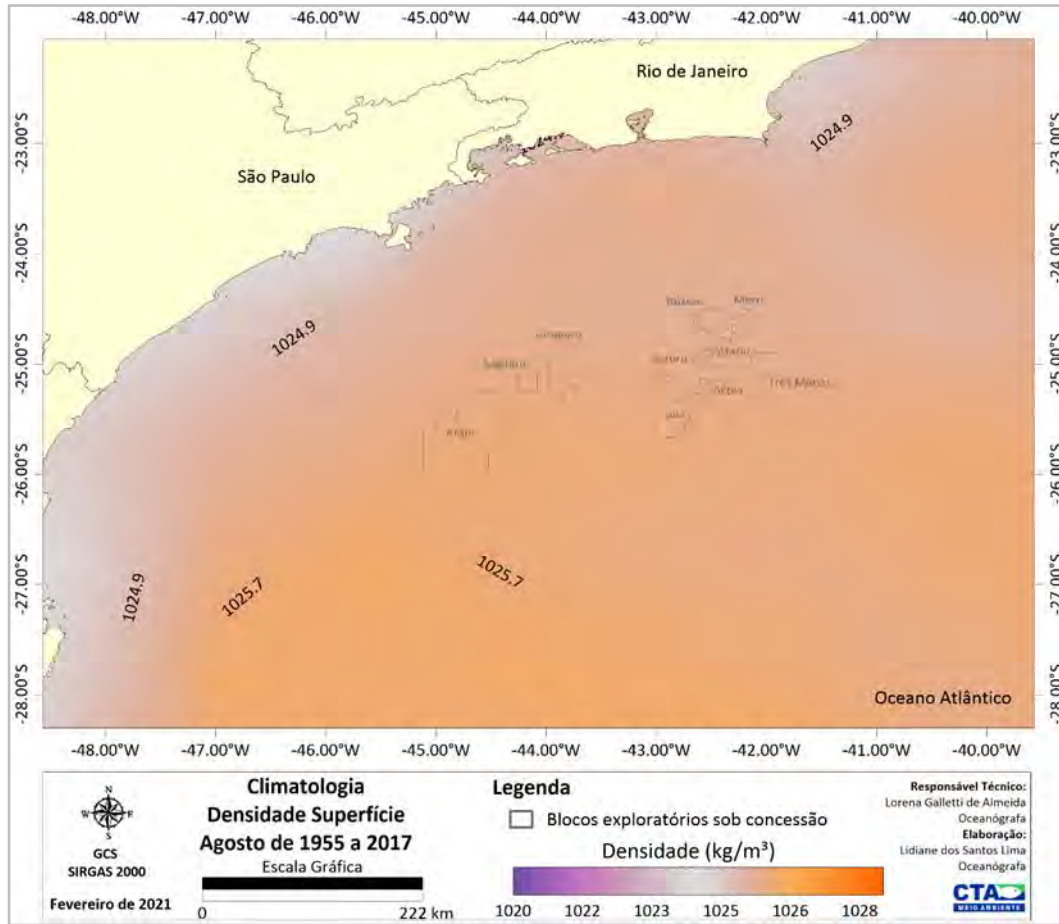


Figura II.5.1.1.2.2-117– Climatologia de agosto referente a densidade média (kg/m^3) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

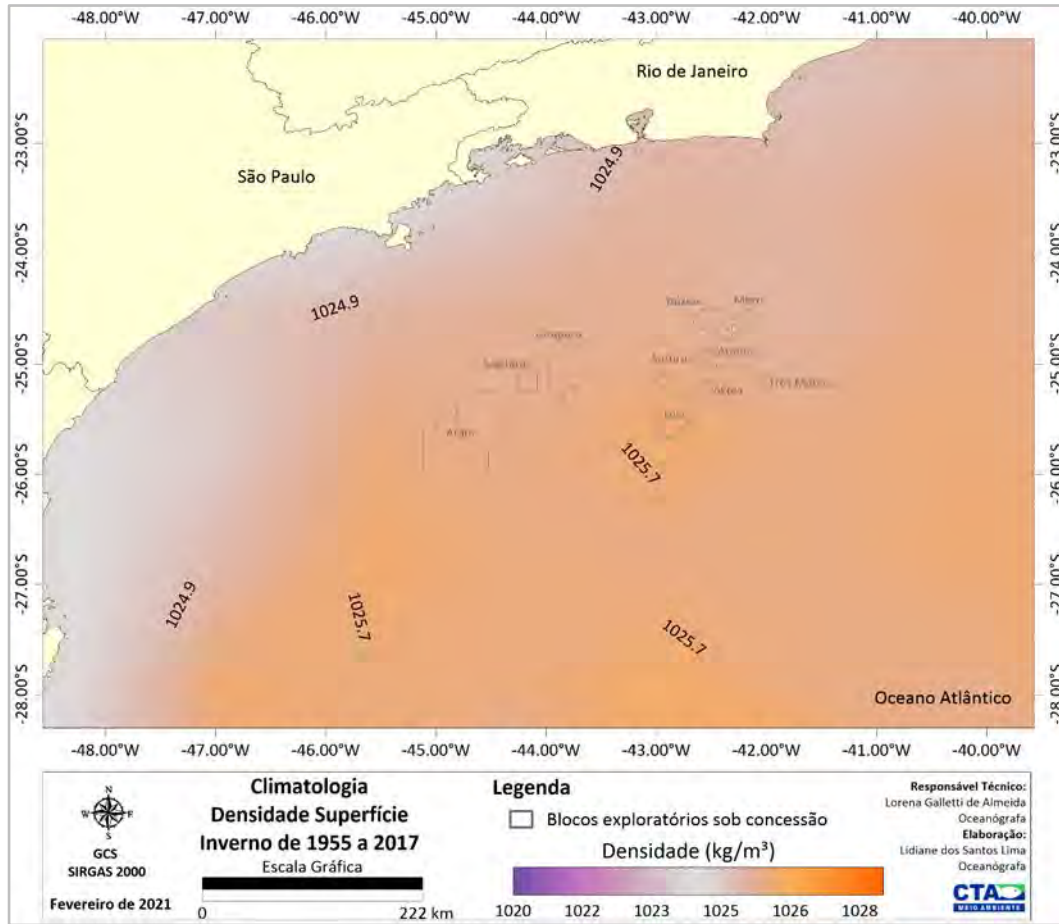


Figura II.5.1.1.2.2-119– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

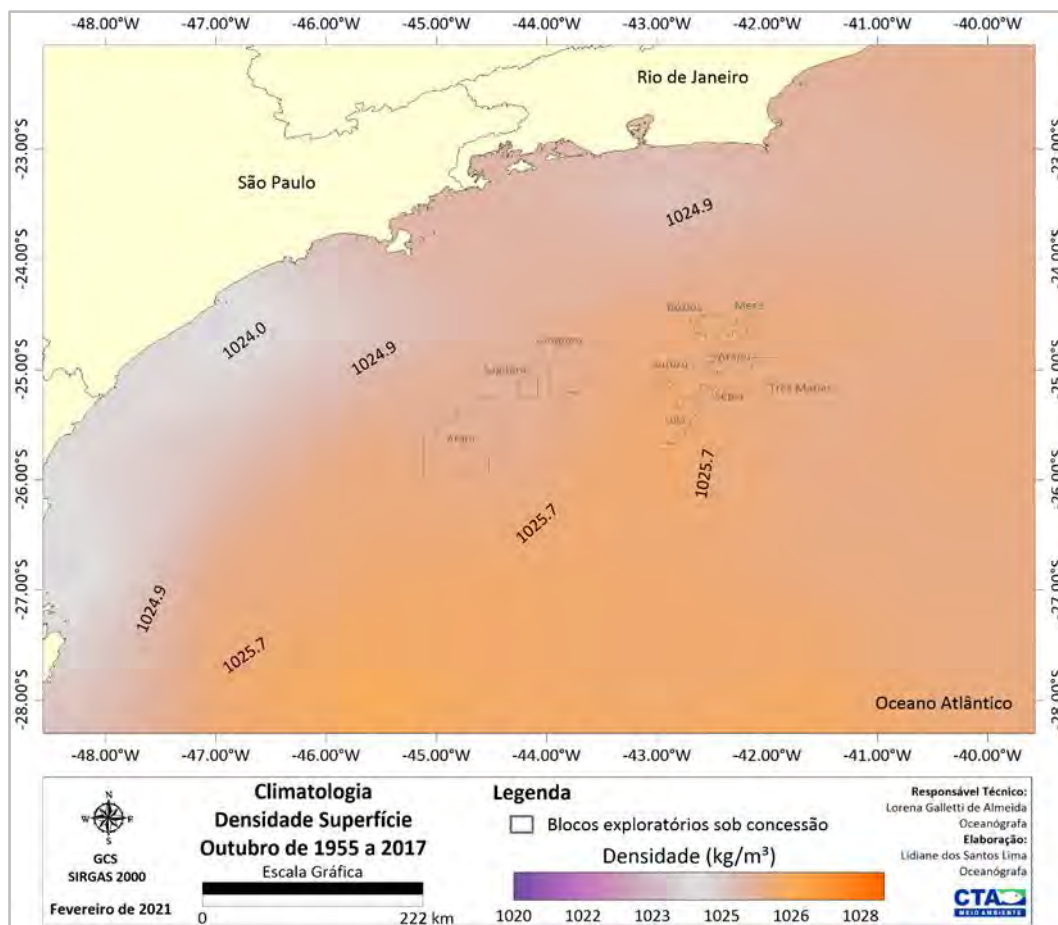


Figura II.5.1.1.2.2-120– Climatologia de outubro referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

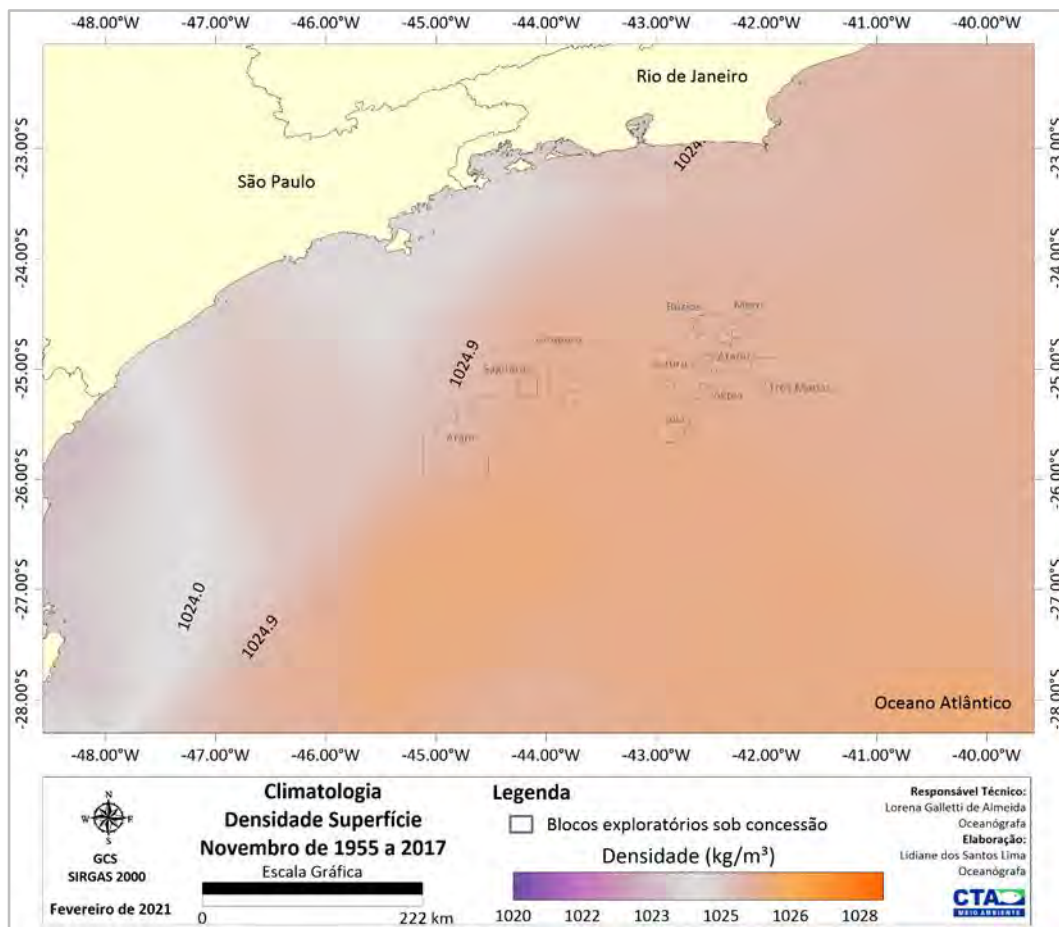


Figura II.5.1.1.2.2-121– Climatologia de novembro referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

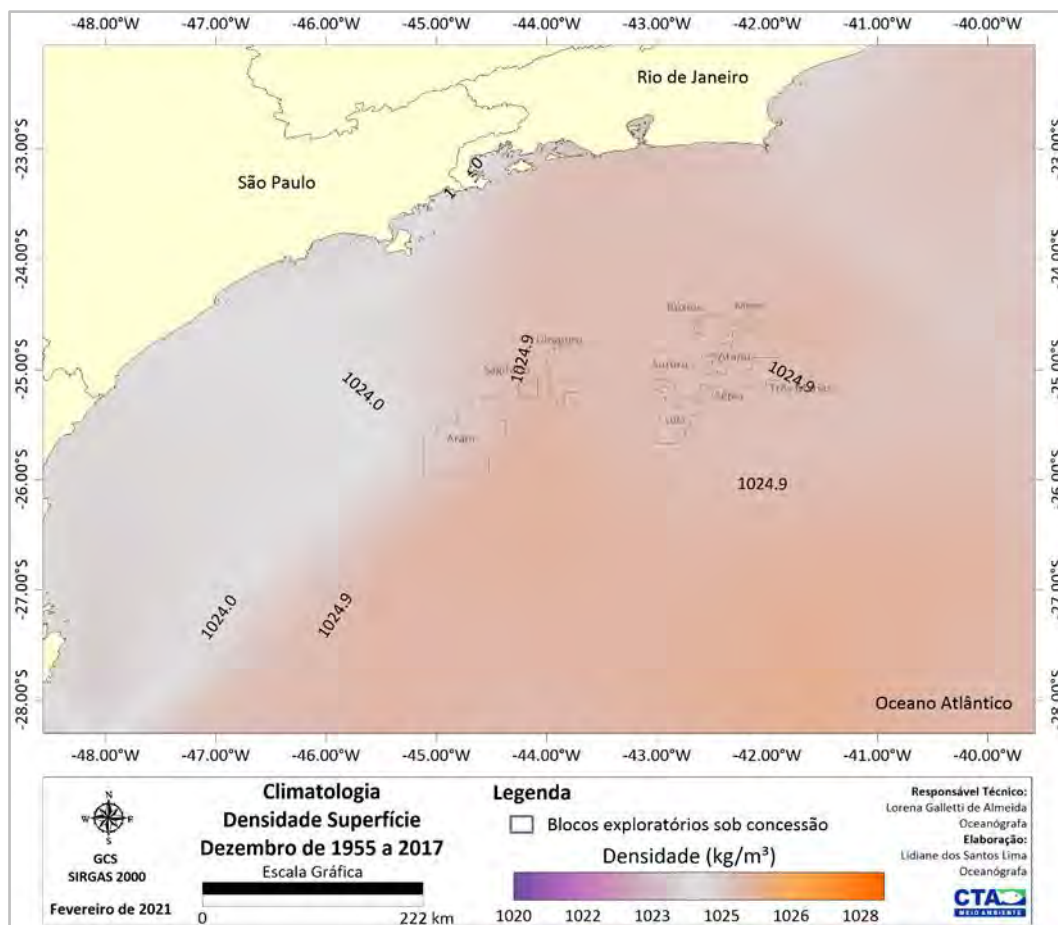


Figura II.5.1.1.2.2-122– Climatologia de dezembro referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

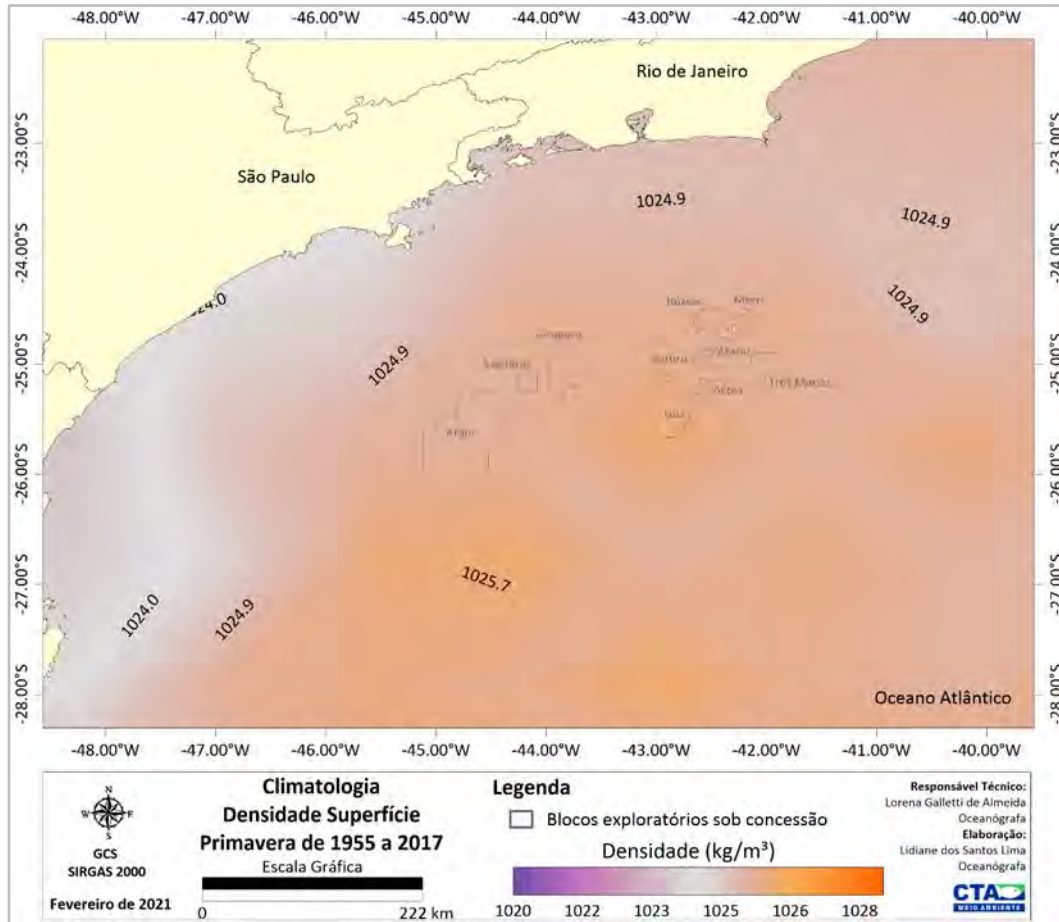


Figura II.5.1.1.2.2-123– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a densidade média (kg/m³) superficial, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

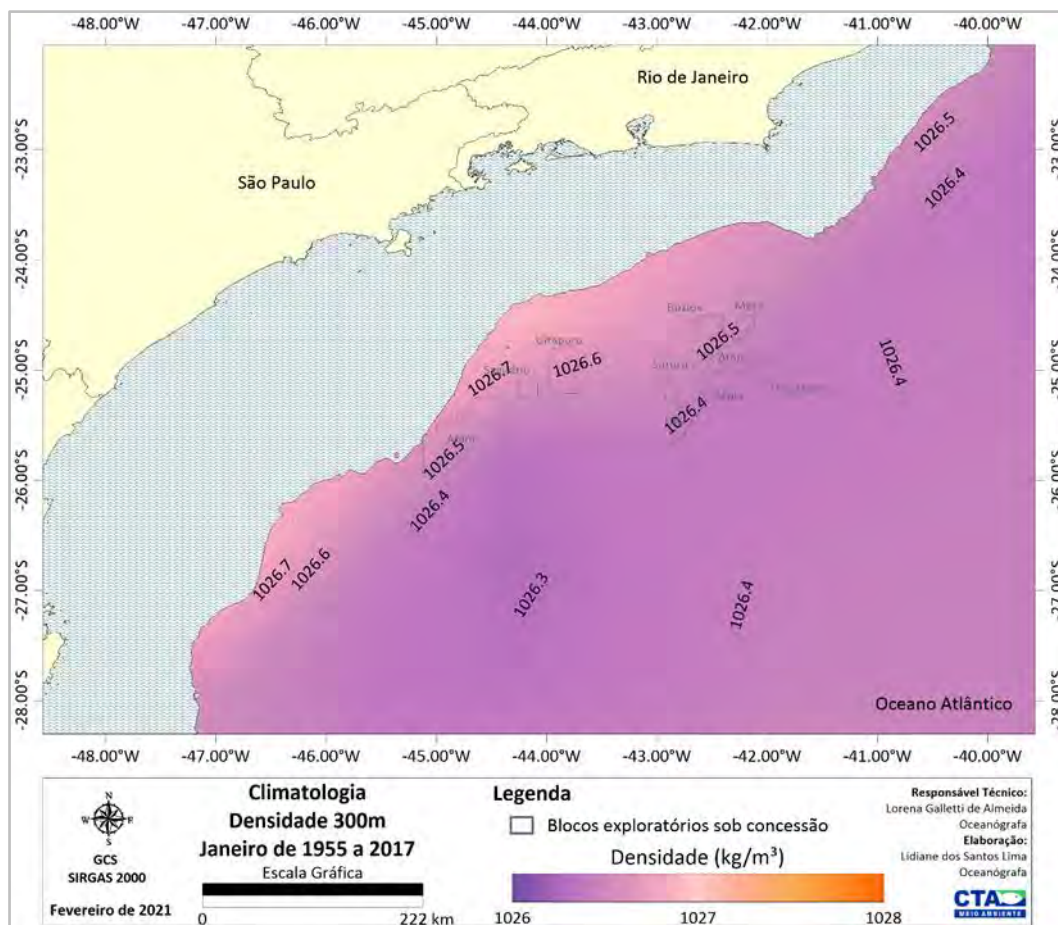


Figura II.5.1.1.2.2-124– Climatologia de janeiro referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

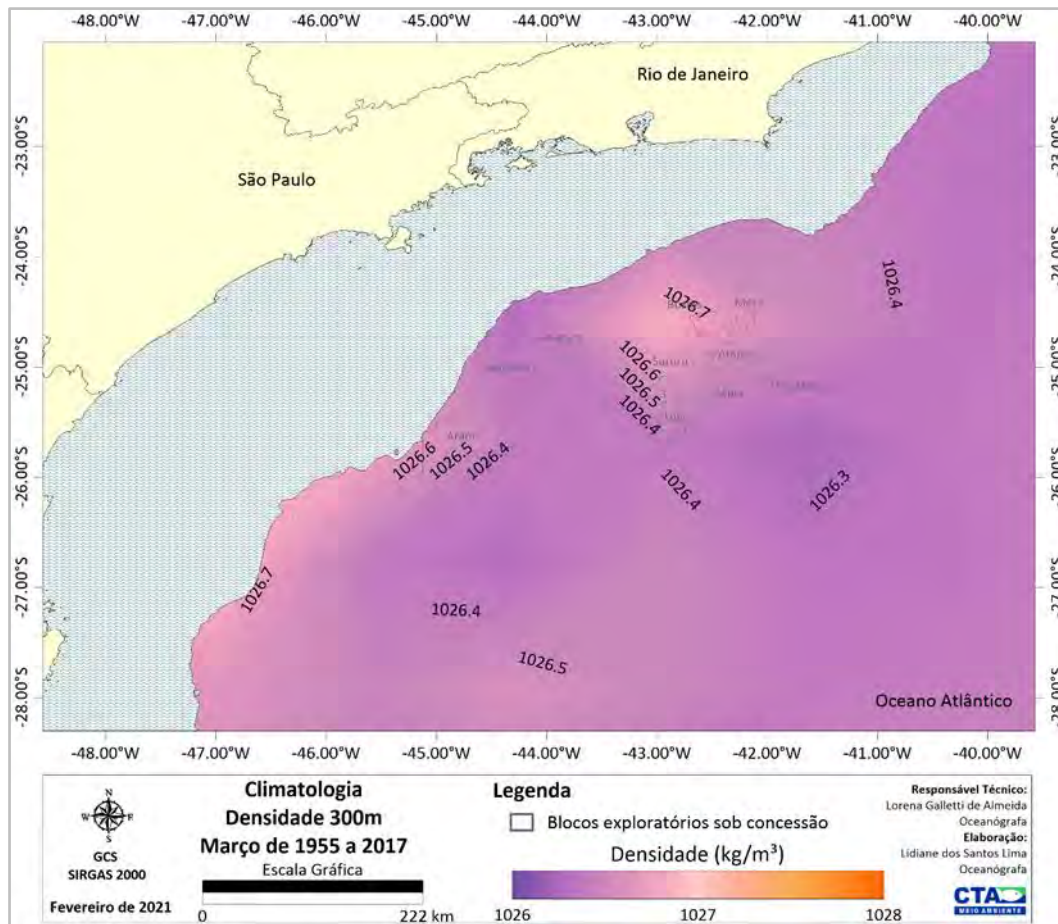


Figura II.5.1.1.2.2-126– Climatologia de março referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

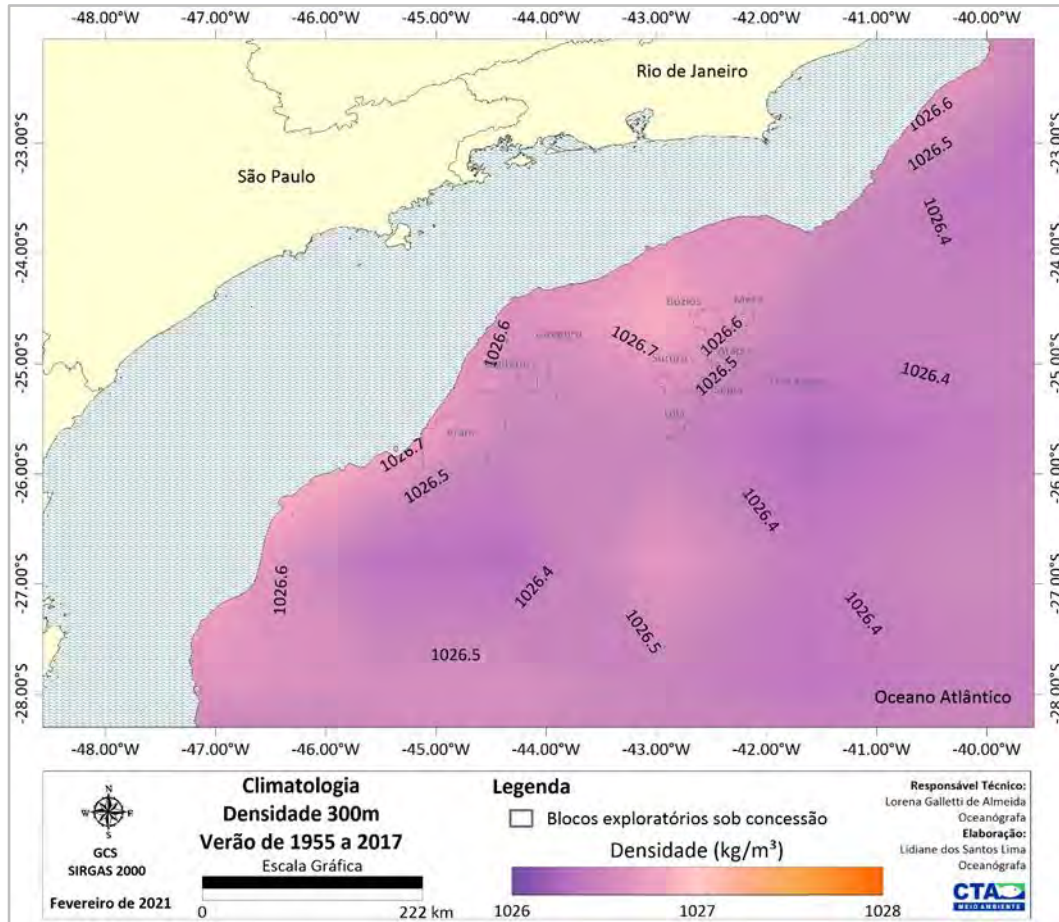


Figura II.5.1.1.2.2-127– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

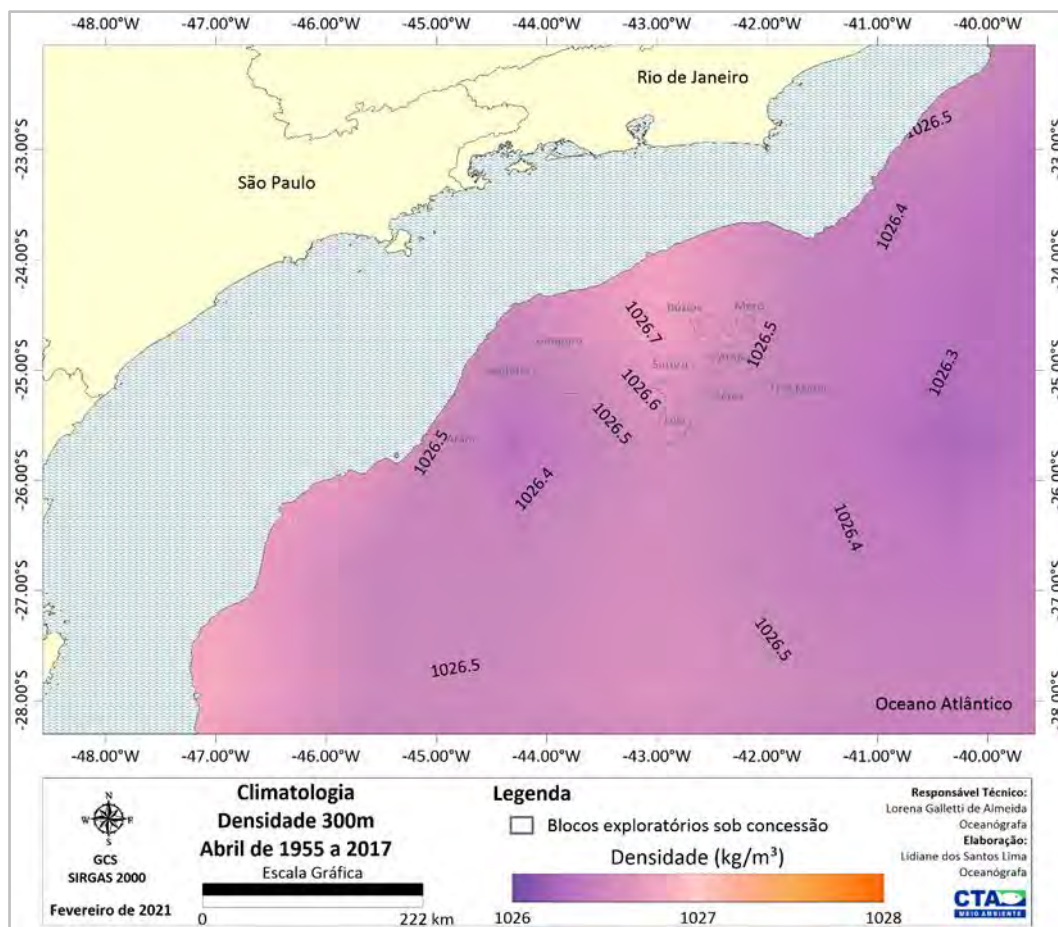


Figura II.5.1.1.2.2-128– Climatologia de abril referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

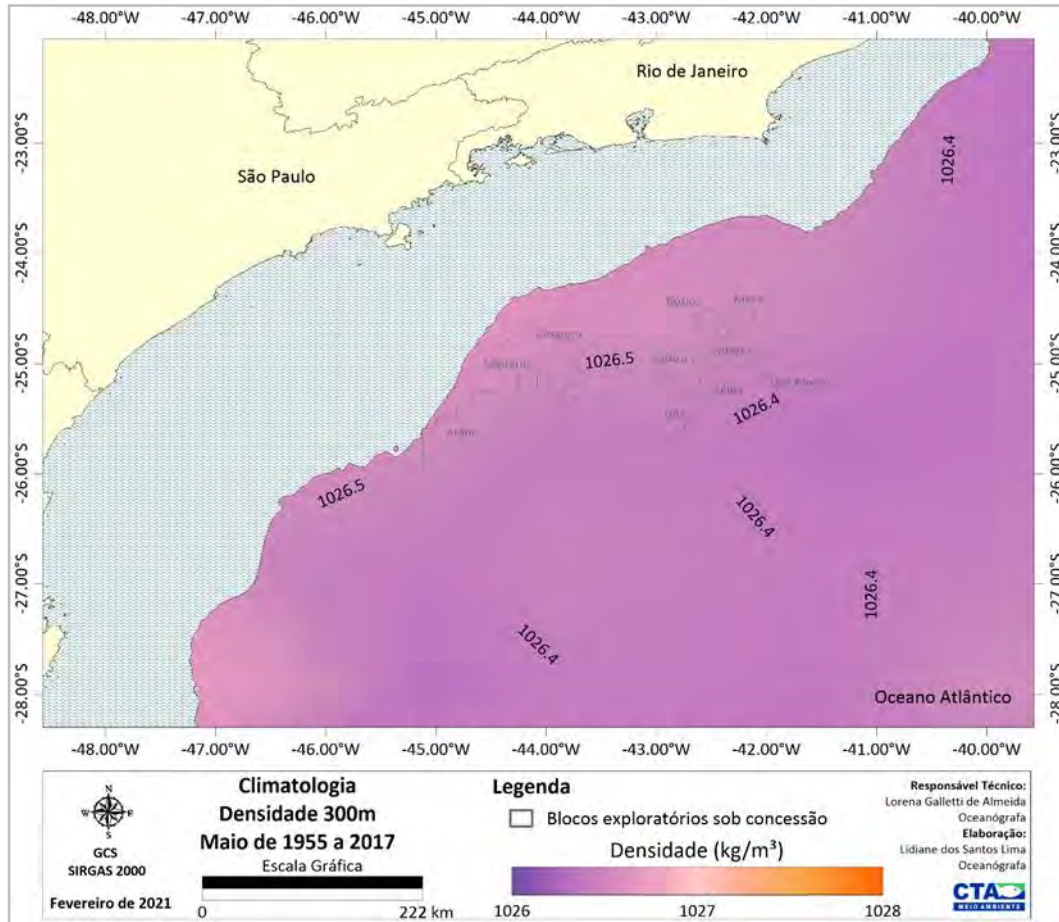


Figura II.5.1.1.2.2-129– Climatologia de maio referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

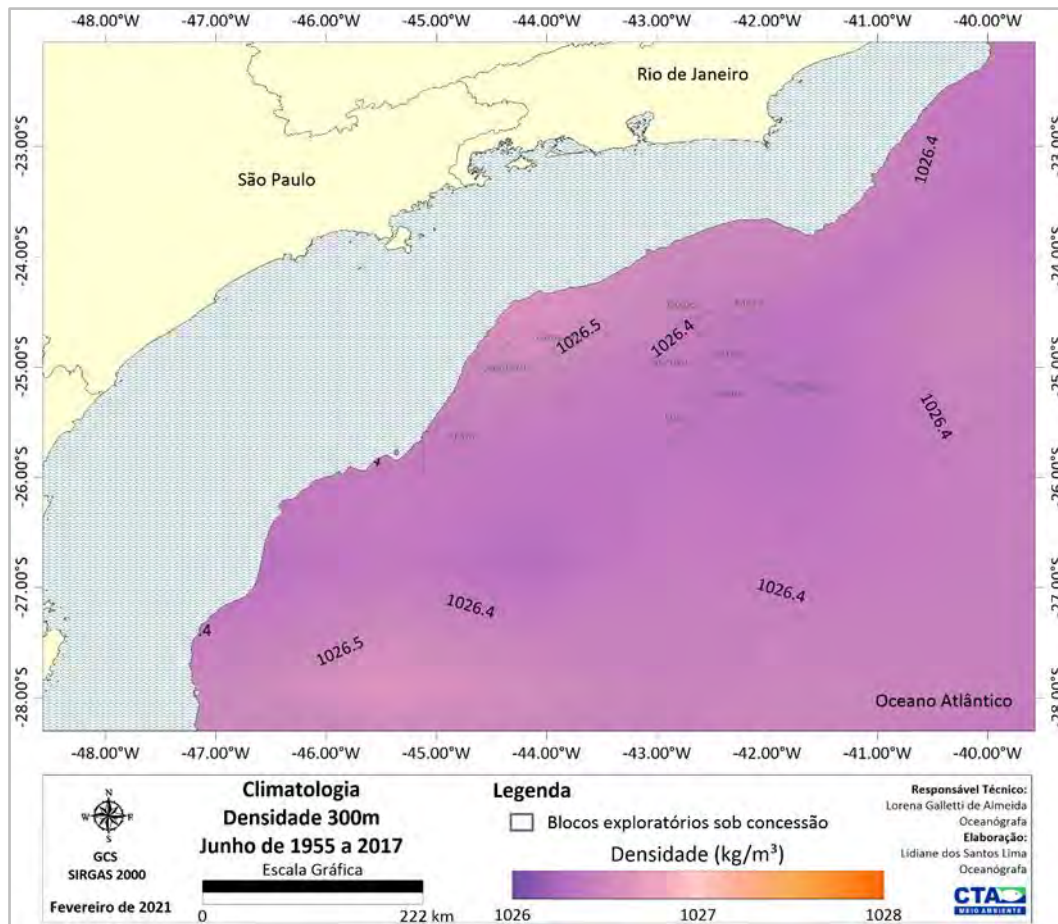


Figura II.5.1.1.2.2-130– Climatologia de junho referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

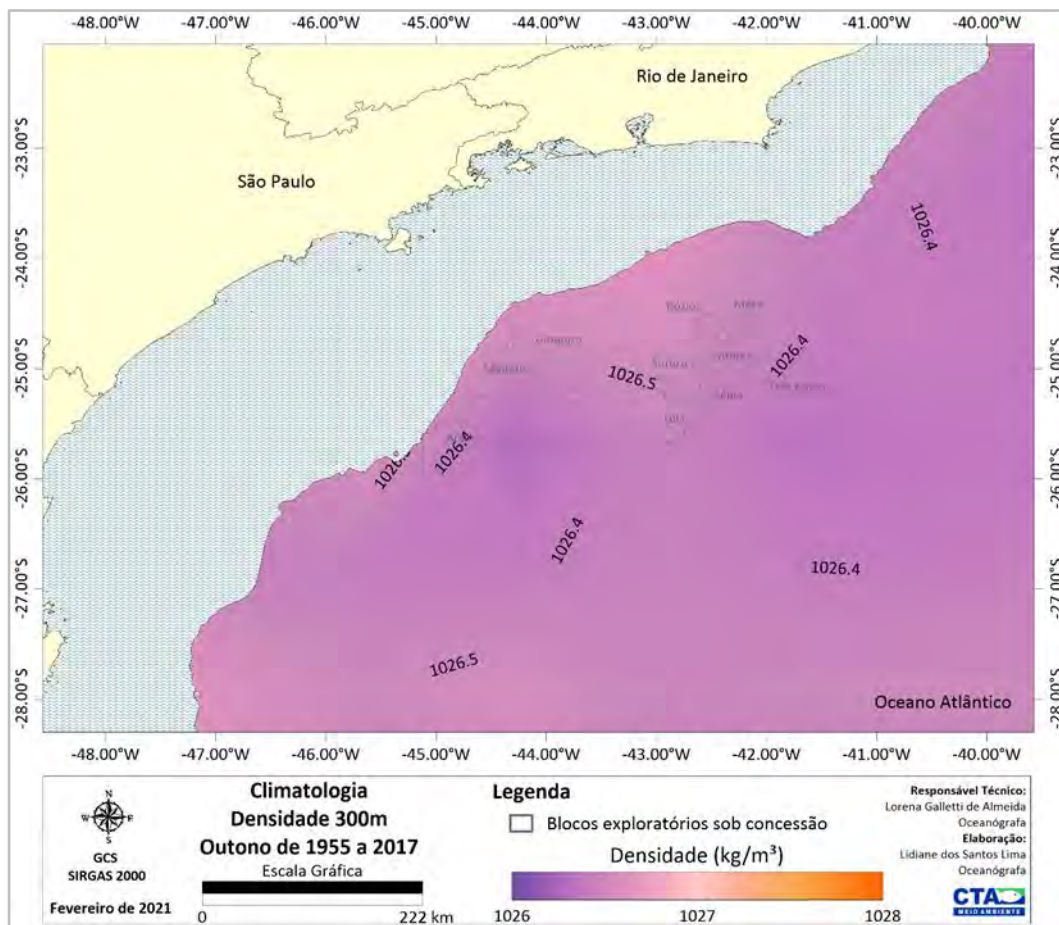


Figura II.5.1.1.2.2-131– Climatologia de outono (abril a junho) referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

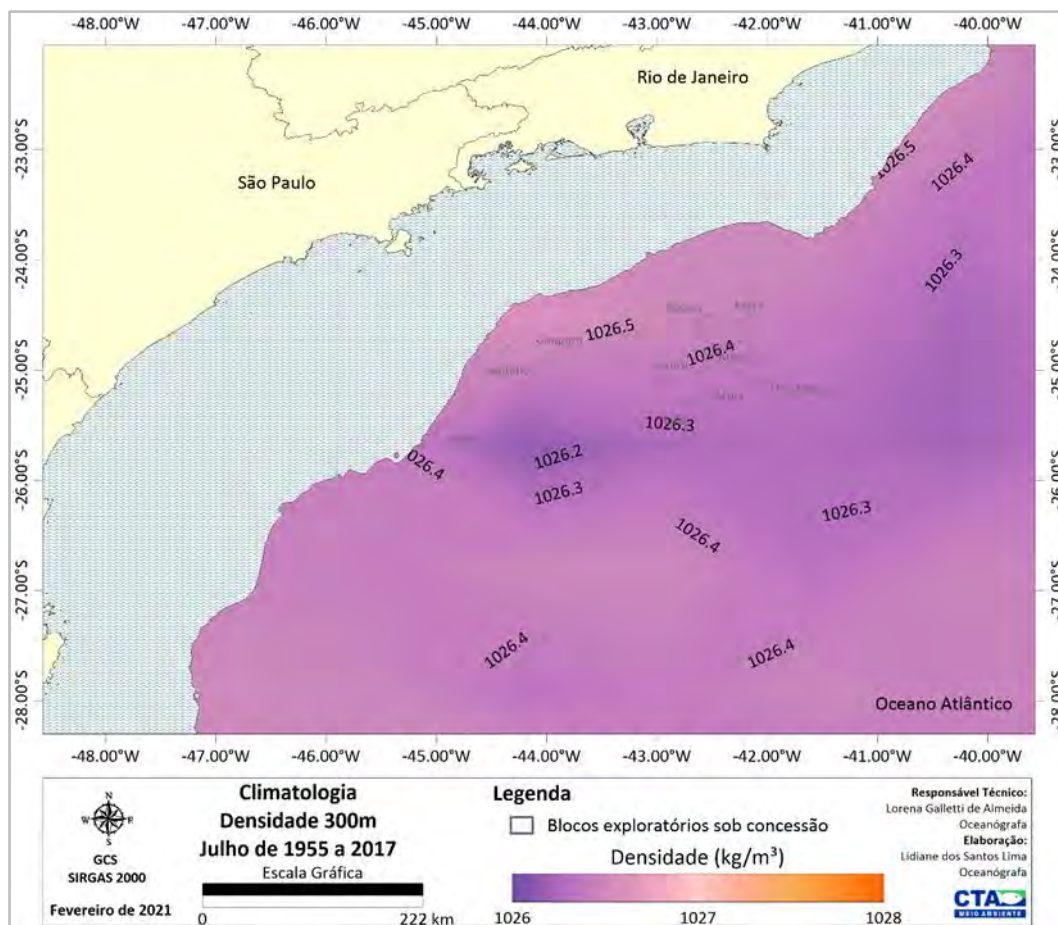


Figura II.5.1.1.2.2-132– Climatologia de julho referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

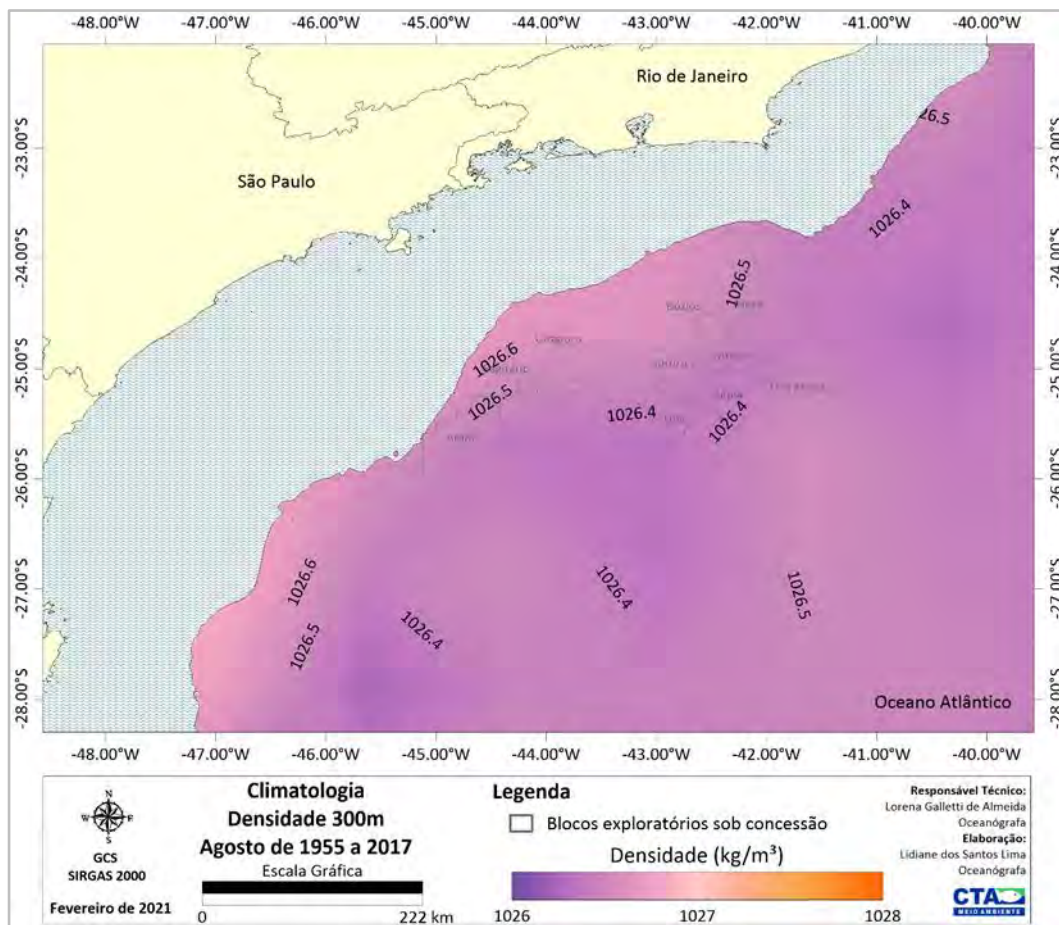


Figura II.5.1.1.2.2-133– Climatologia de agosto referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

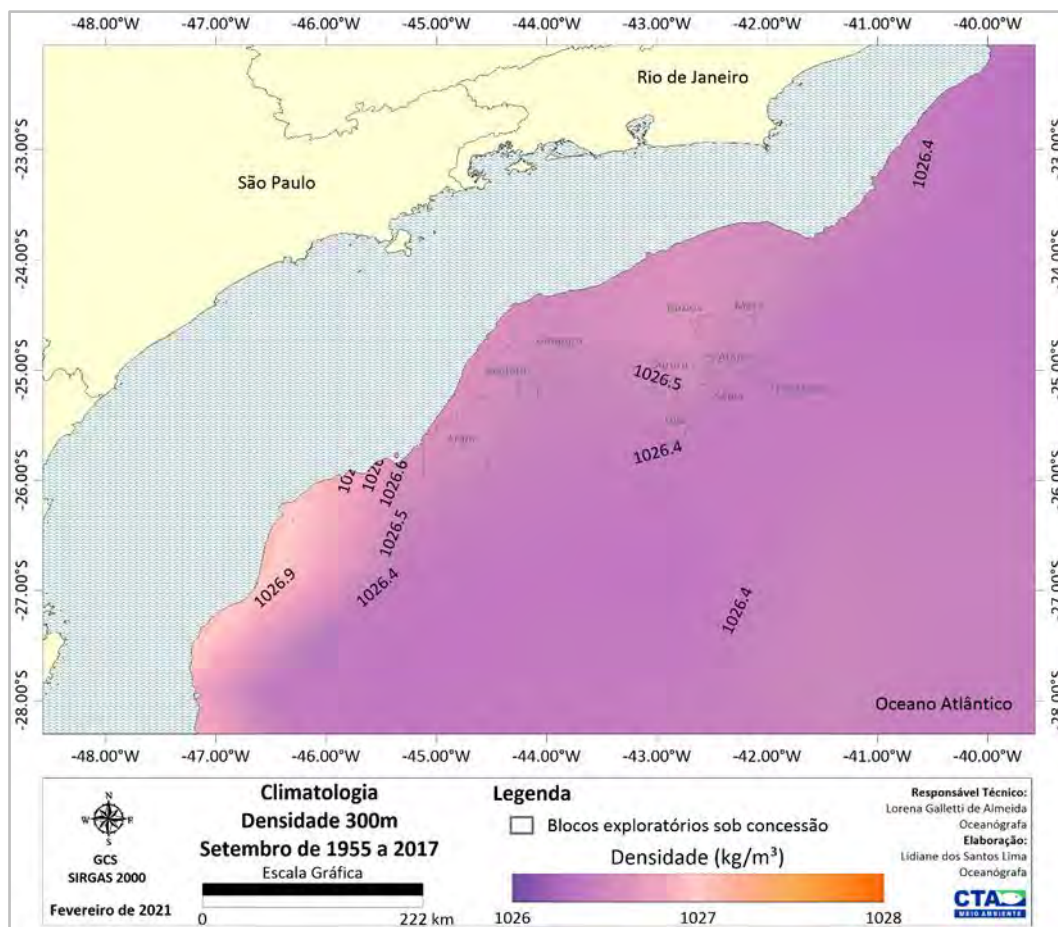


Figura II.5.1.1.2.2-134– Climatologia de setembro referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

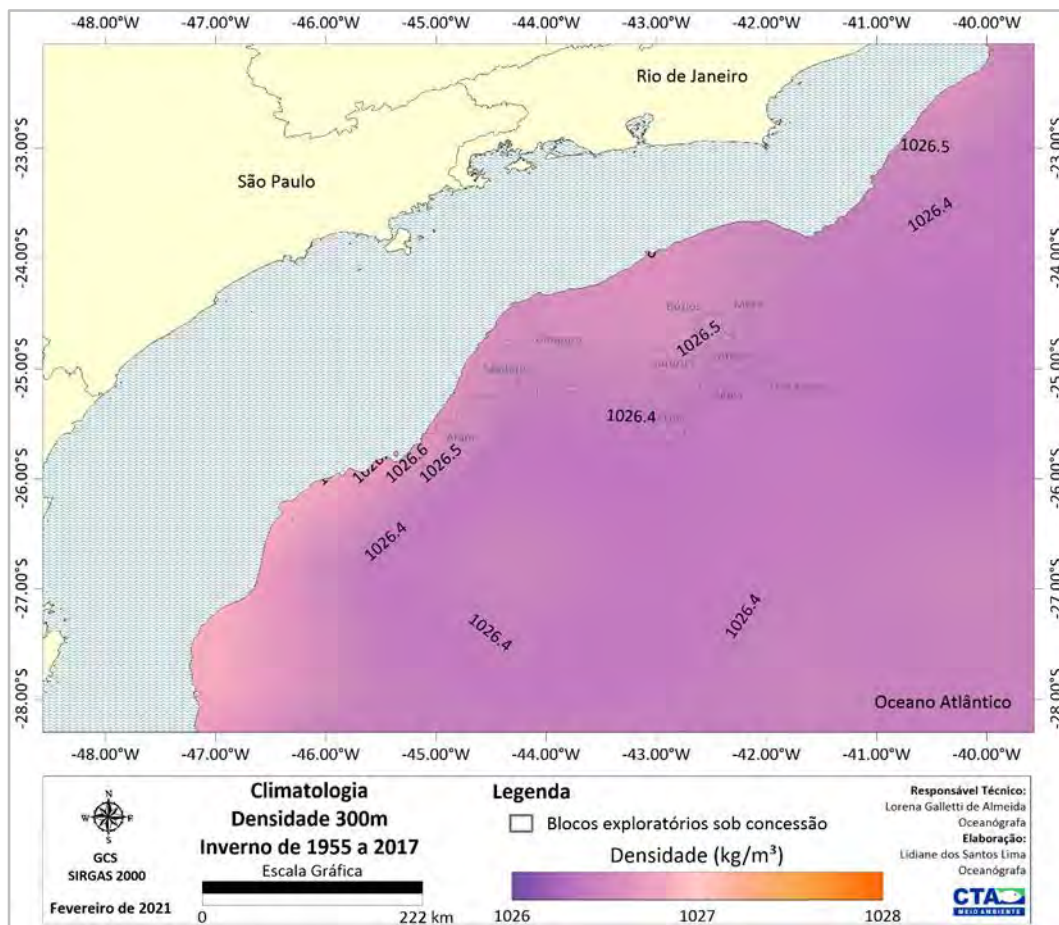


Figura II.5.1.1.2.2-135– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

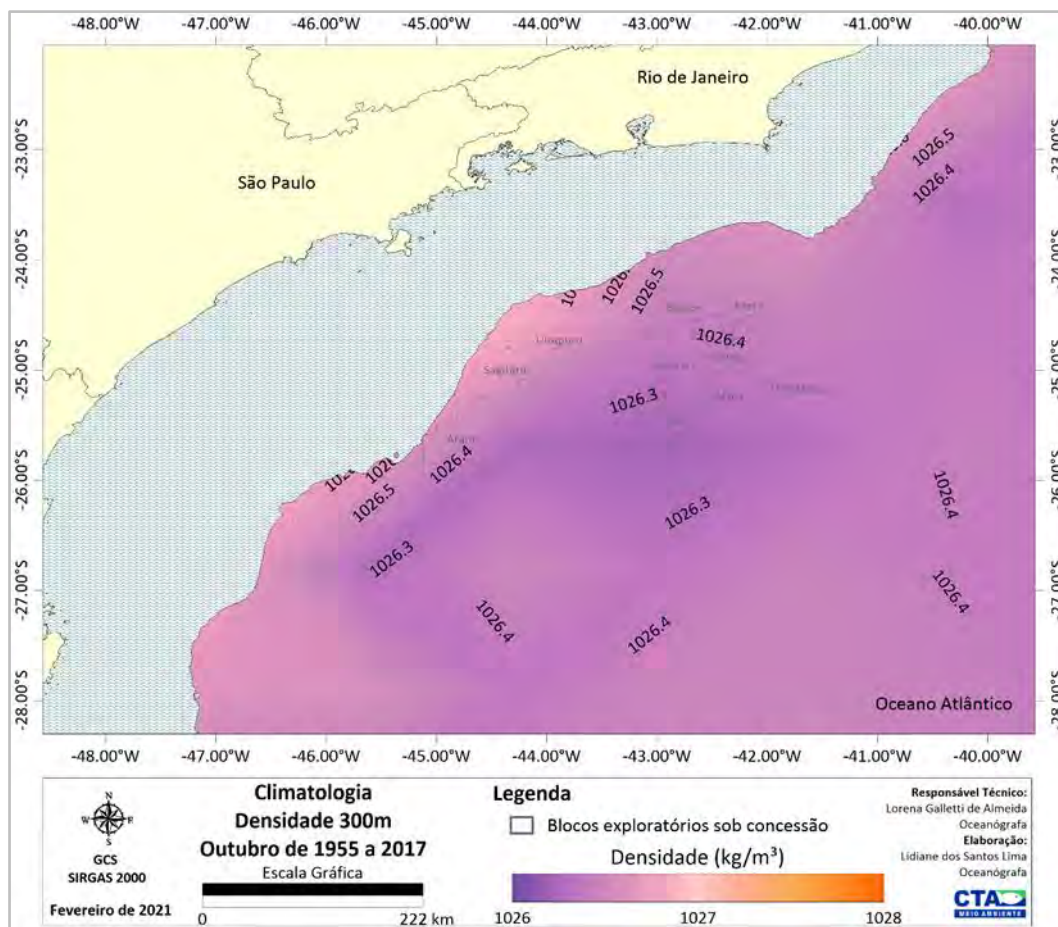


Figura II.5.1.1.2.2-136– Climatologia de outubro referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

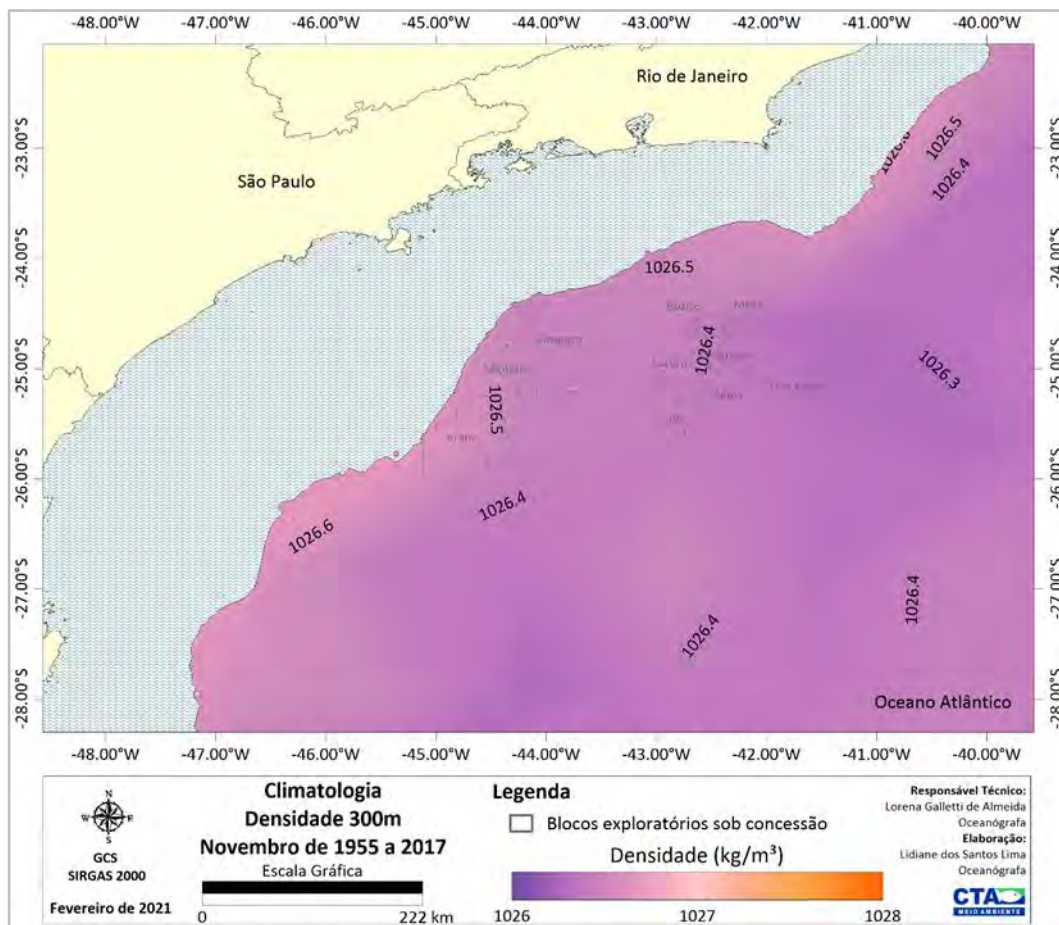


Figura II.5.1.1.2.2-137– Climatologia de novembro referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

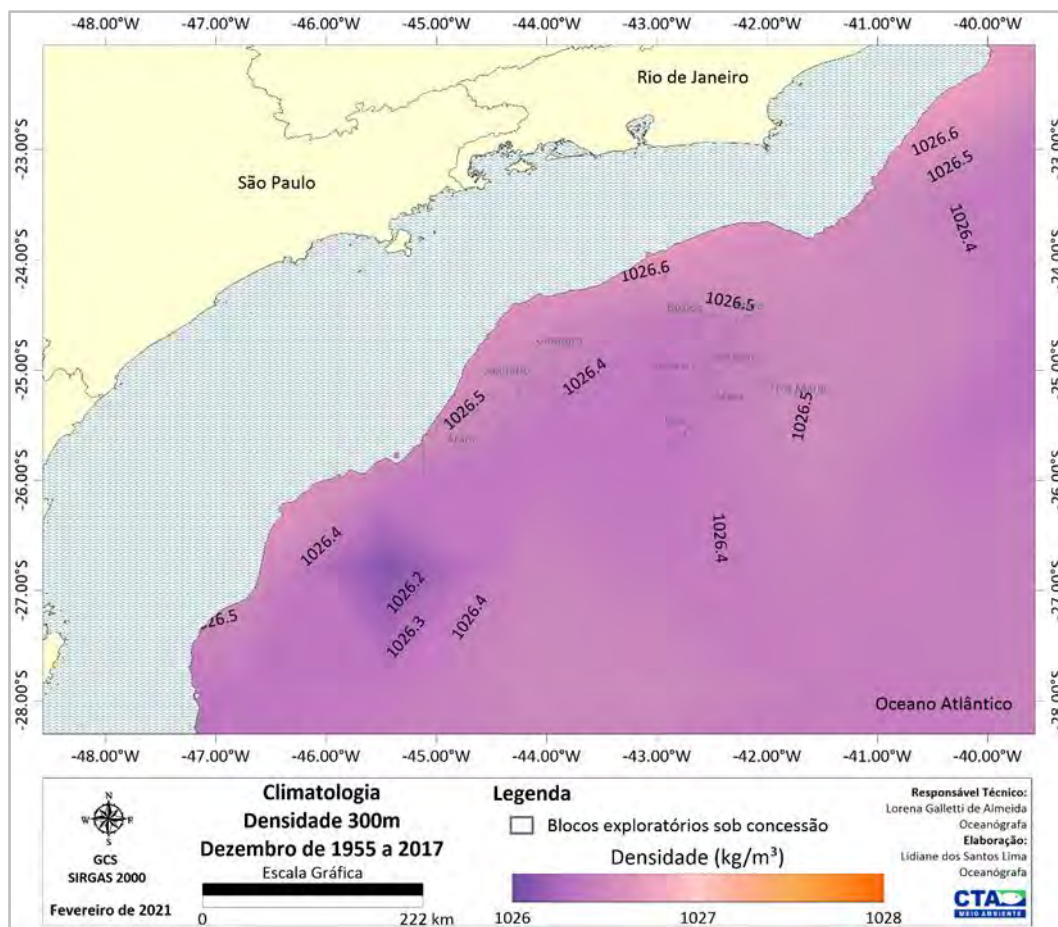


Figura II.5.1.1.2.2-138– Climatologia de dezembro referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

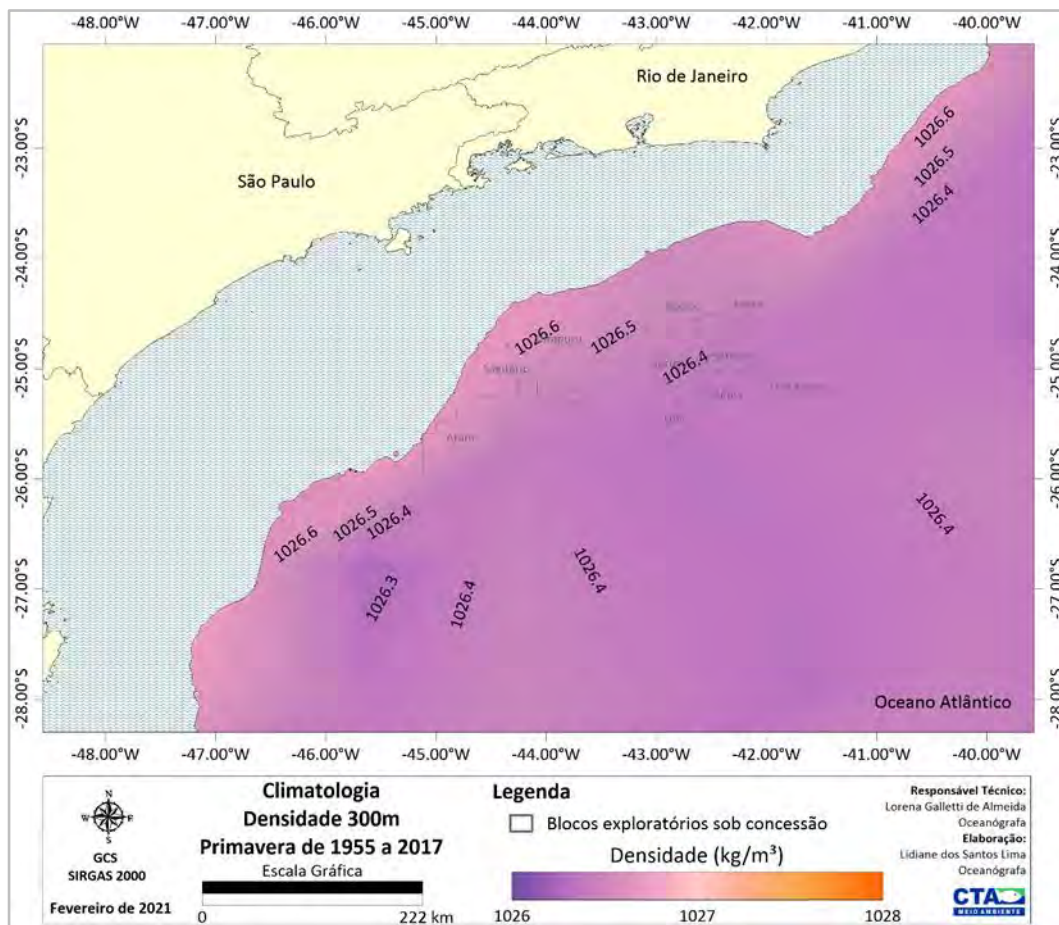


Figura II.5.1.1.2.2-139– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a densidade média (kg/m³) a 300m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

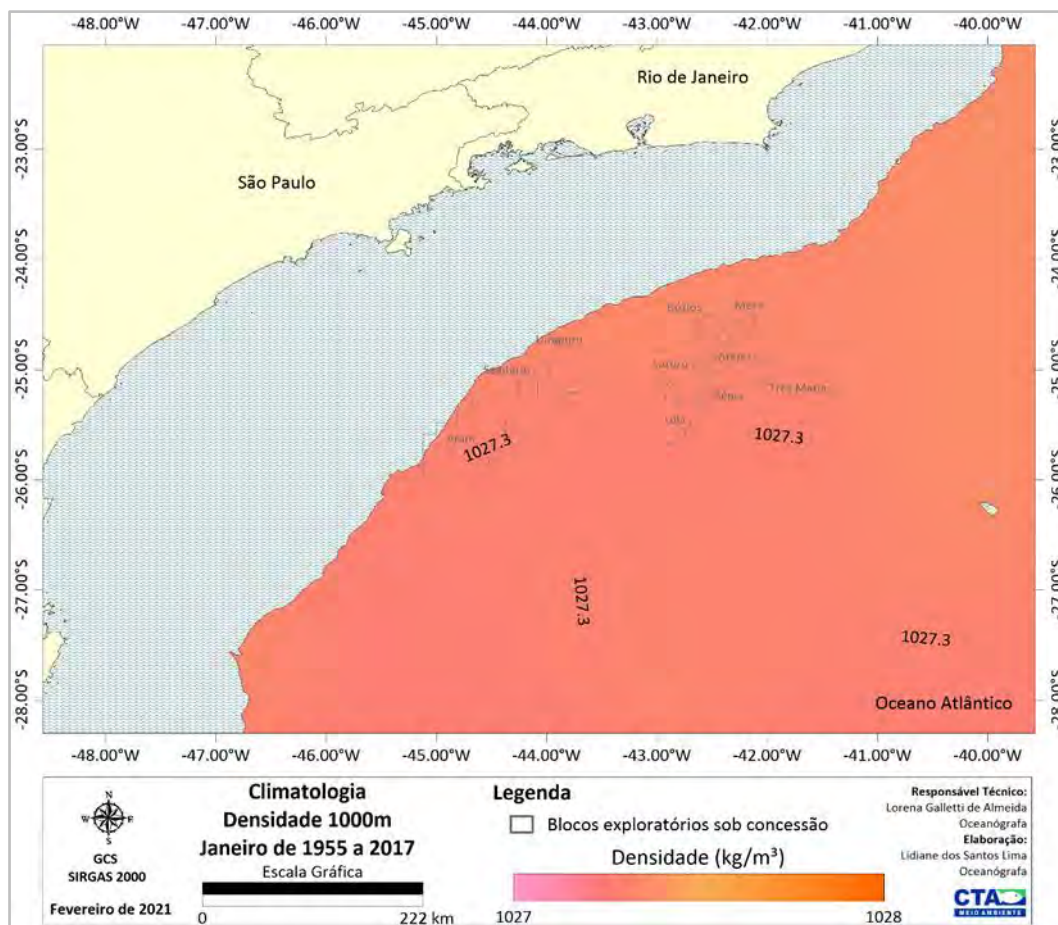


Figura II.5.1.1.2.2-140– Climatologia de janeiro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

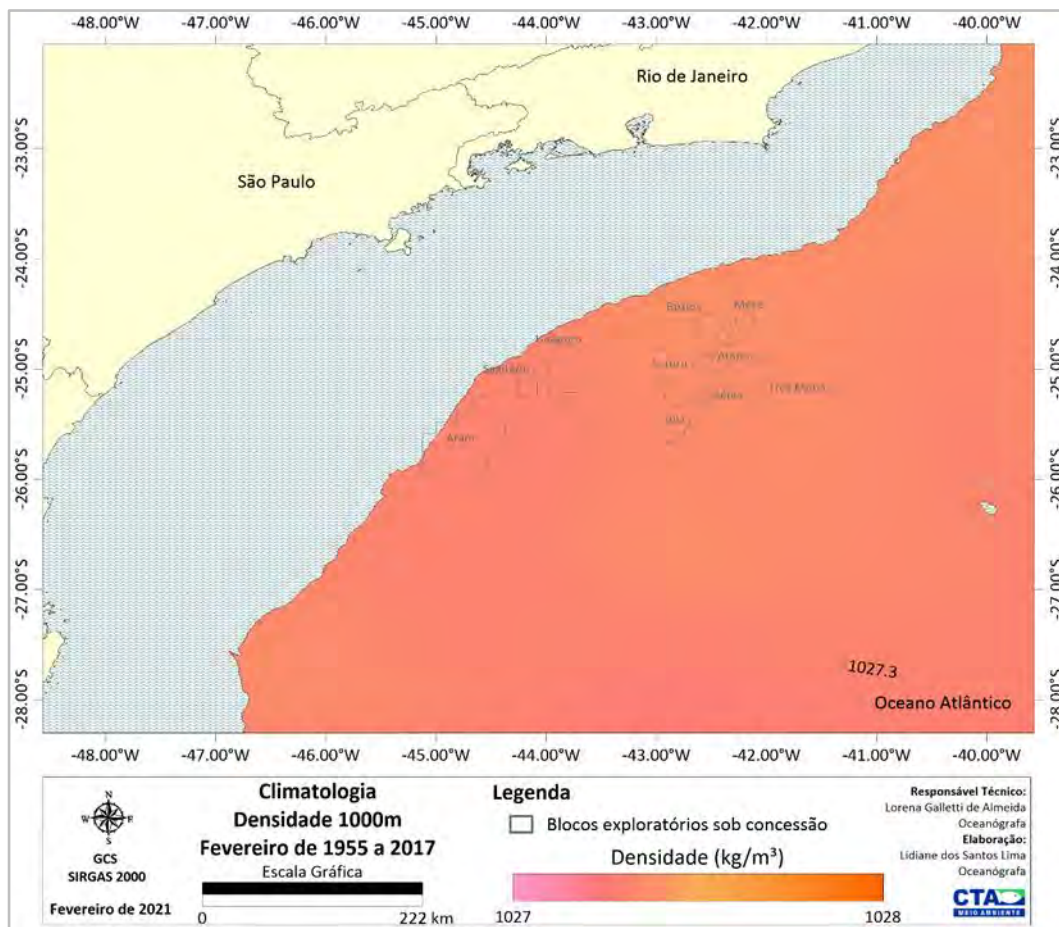


Figura II.5.1.1.2.2-141– Climatologia de fevereiro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

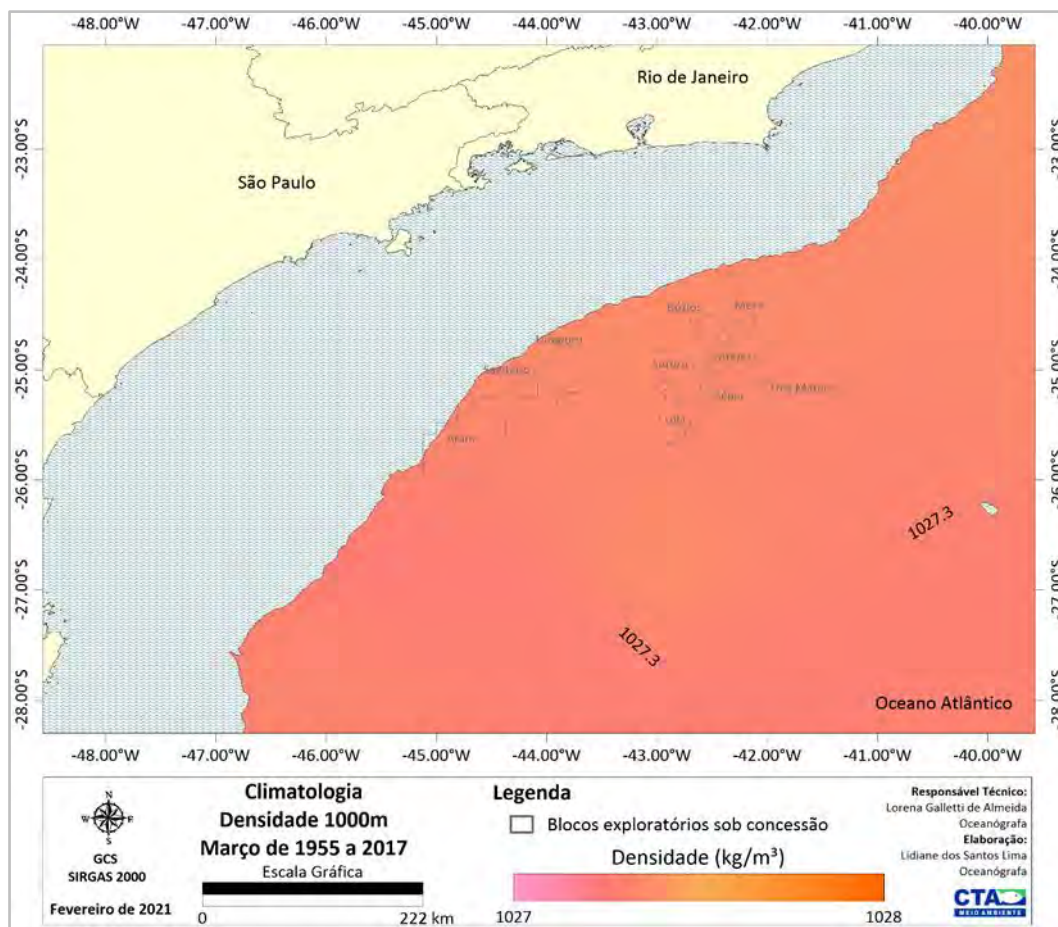


Figura II.5.1.1.2.2-142– Climatologia de março referente a densidade média (kg/m^3) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

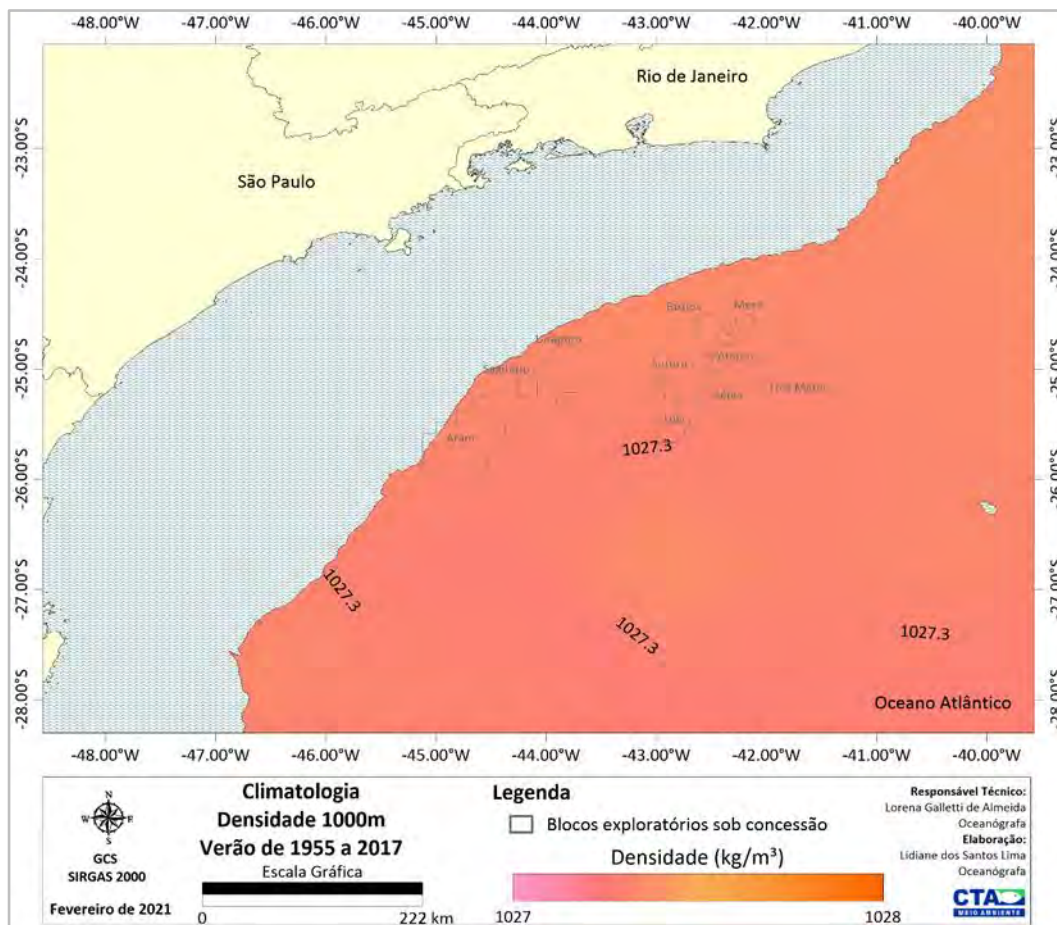


Figura II.5.1.1.2.2-143– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

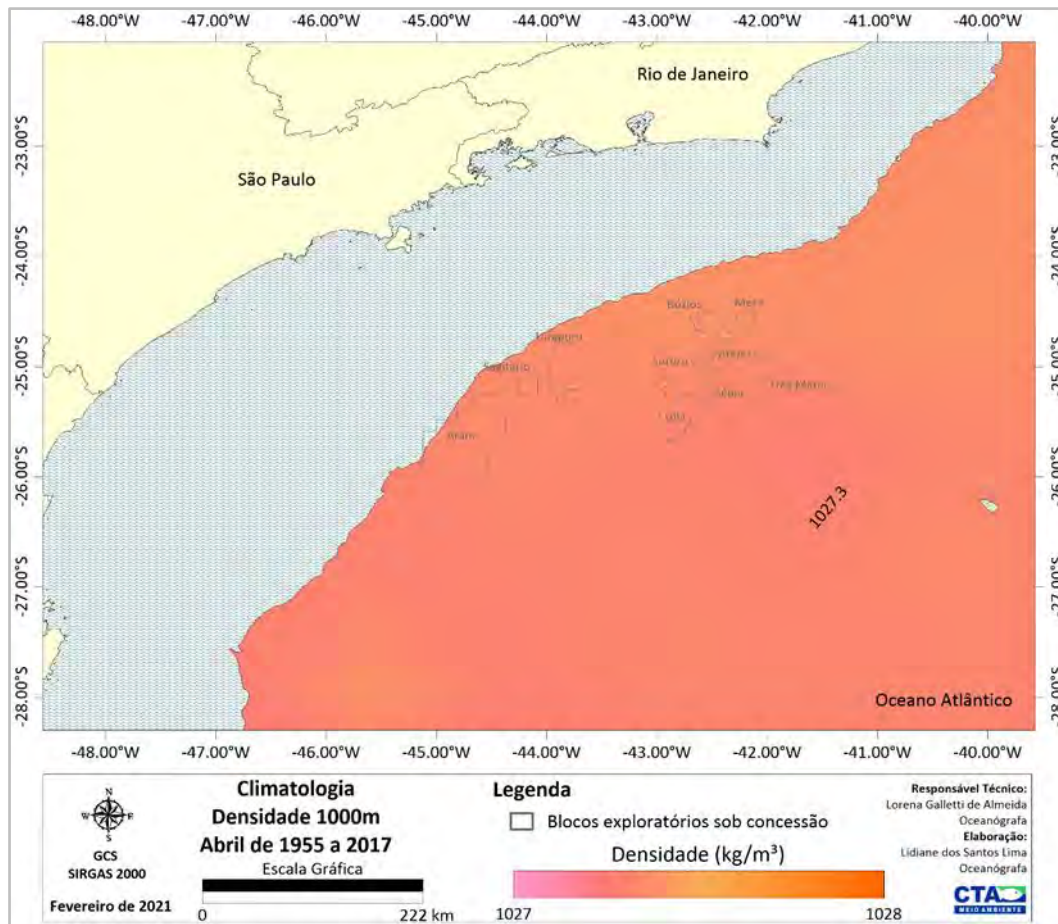


Figura II.5.1.1.2.2-144– Climatologia de abril referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

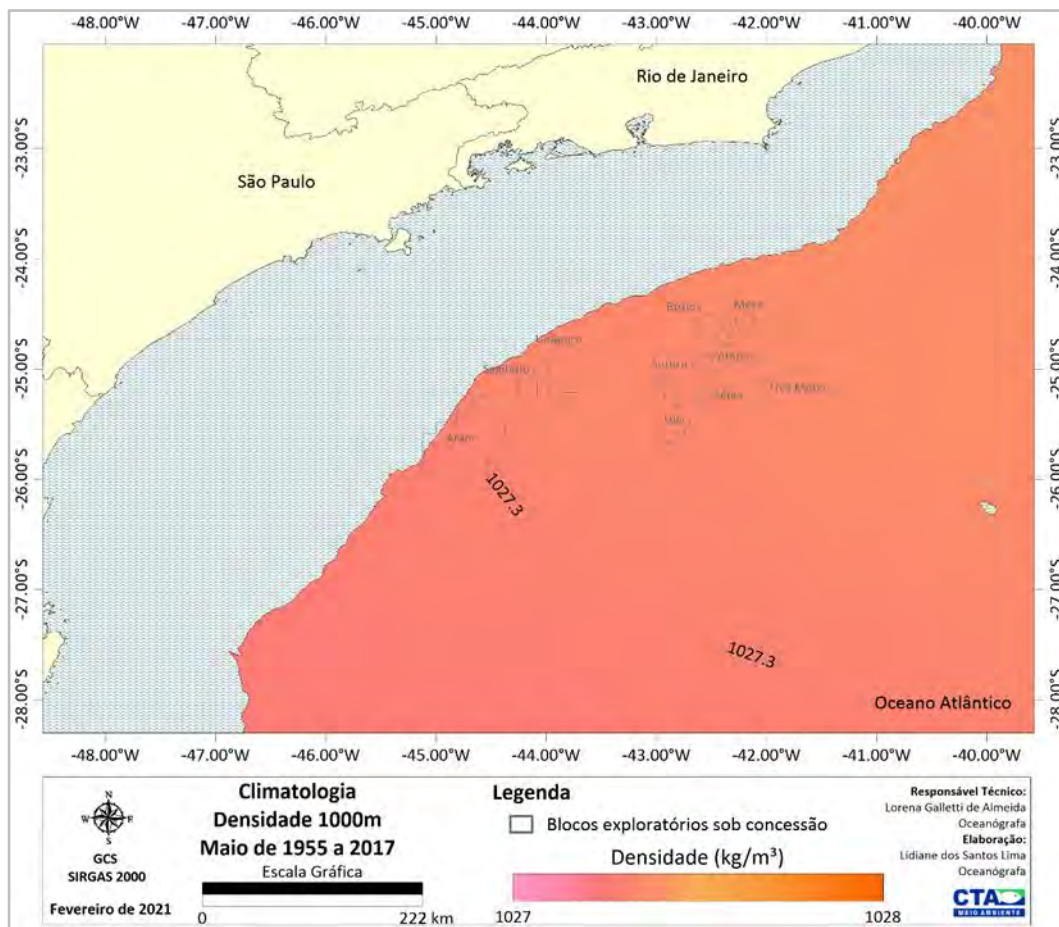


Figura II.5.1.1.2.2-145– Climatologia de maio referente a densidade média (kg/m^3) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

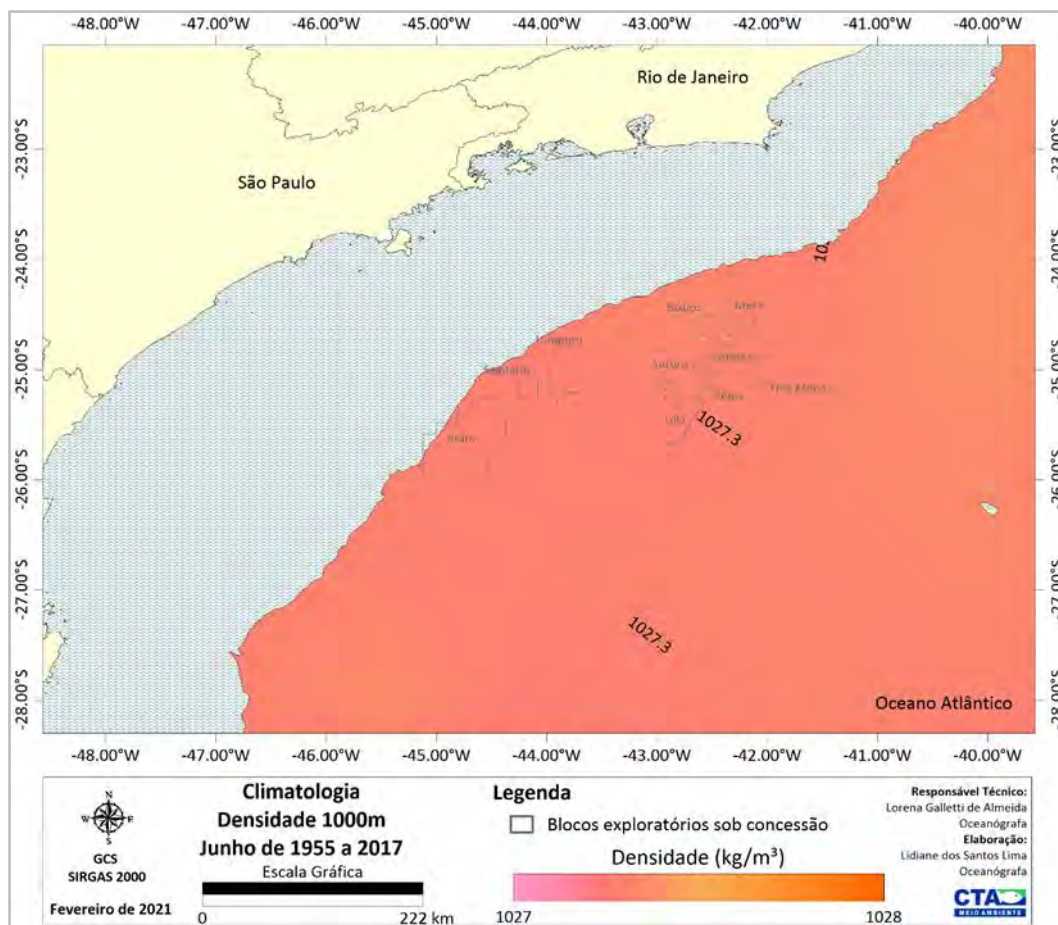


Figura II.5.1.1.2.2-146– Climatologia de junho referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

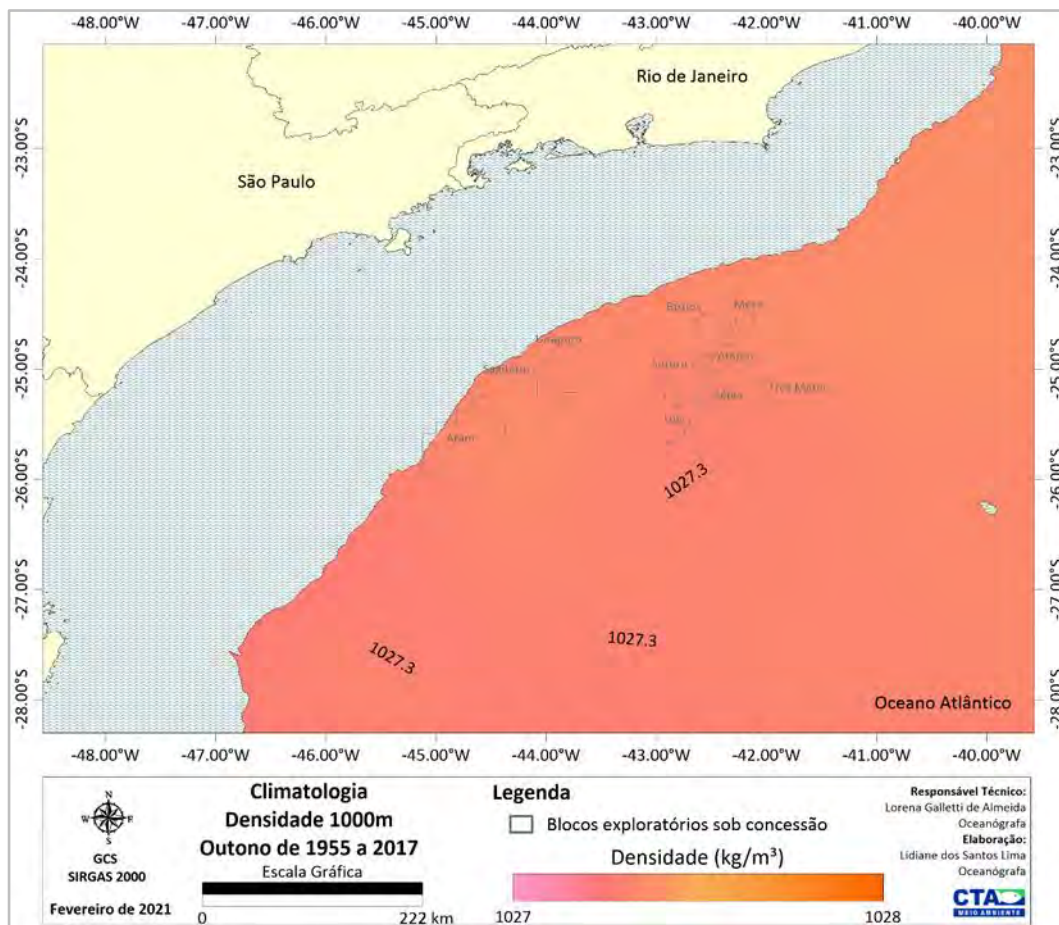


Figura II.5.1.1.2.2-147– Climatologia de outono (abril a junho) referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

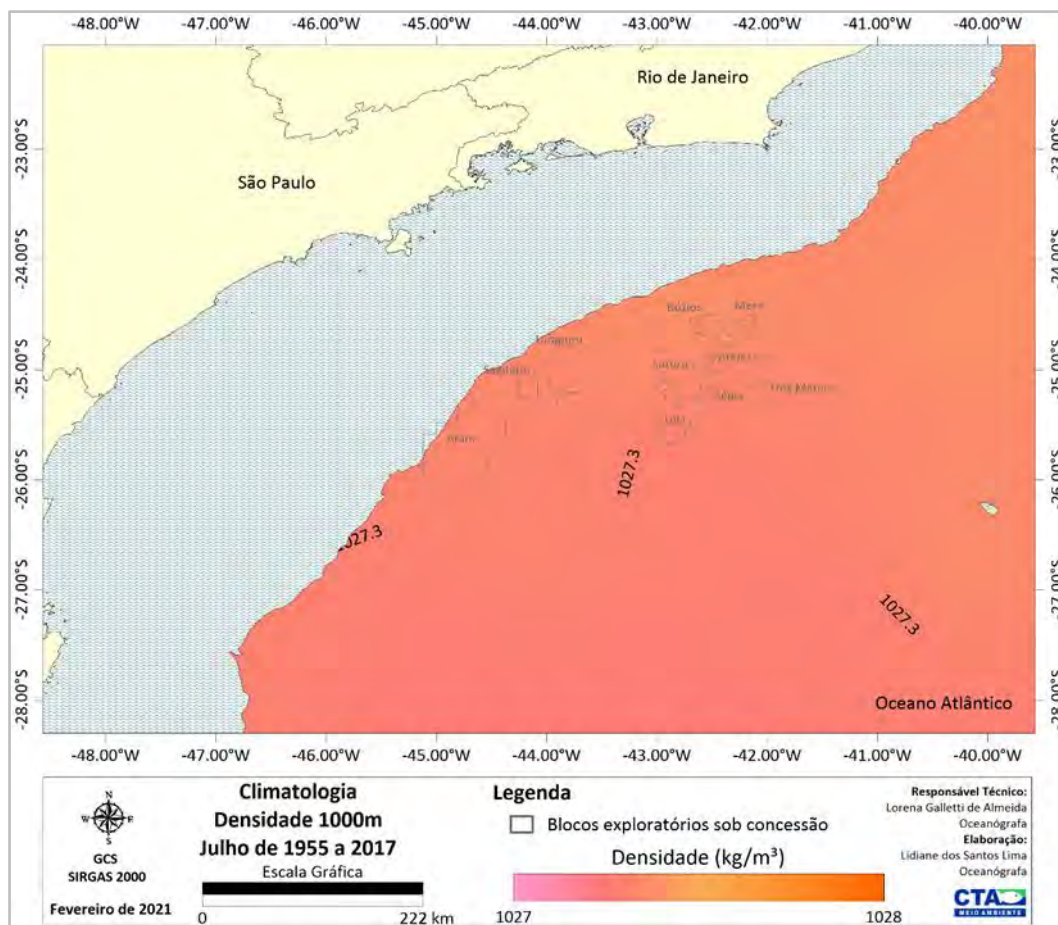


Figura II.5.1.1.2.2-148– Climatologia de julho referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

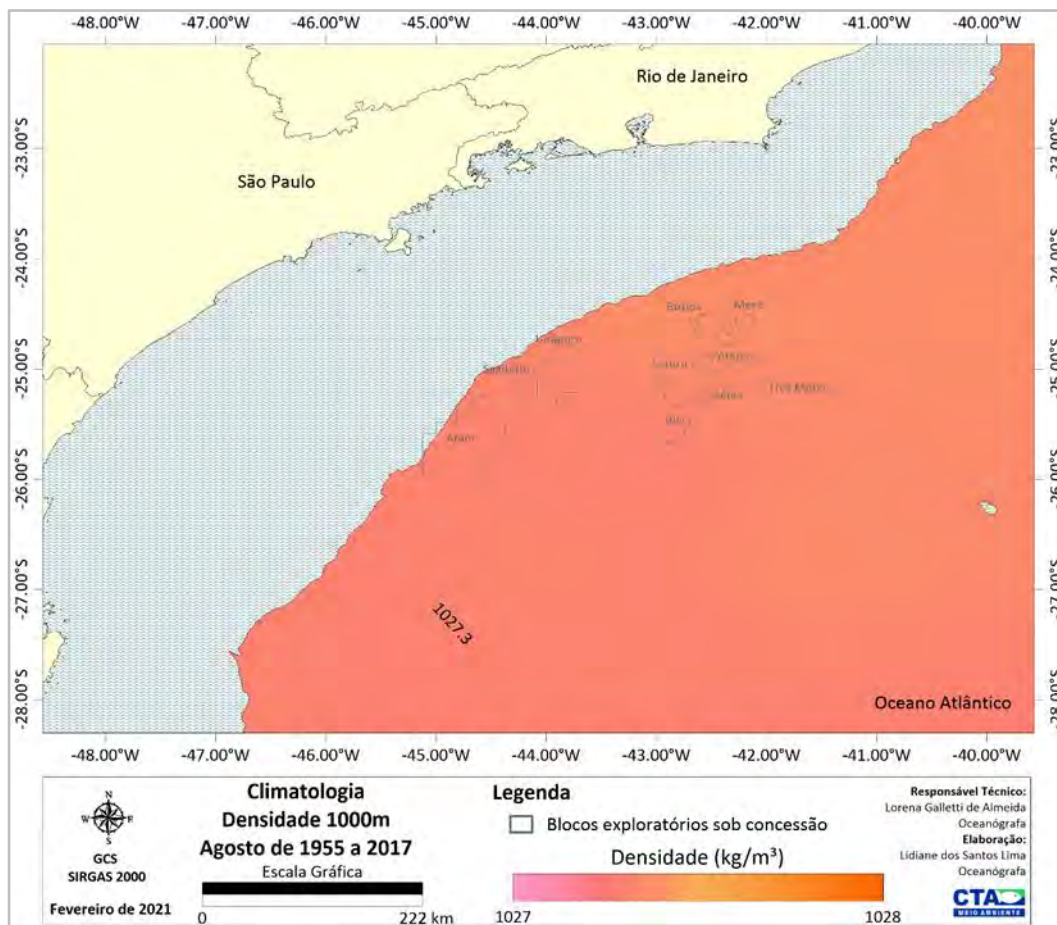


Figura II.5.1.1.2.2-149– Climatologia de agosto referente a densidade média (kg/m^3) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

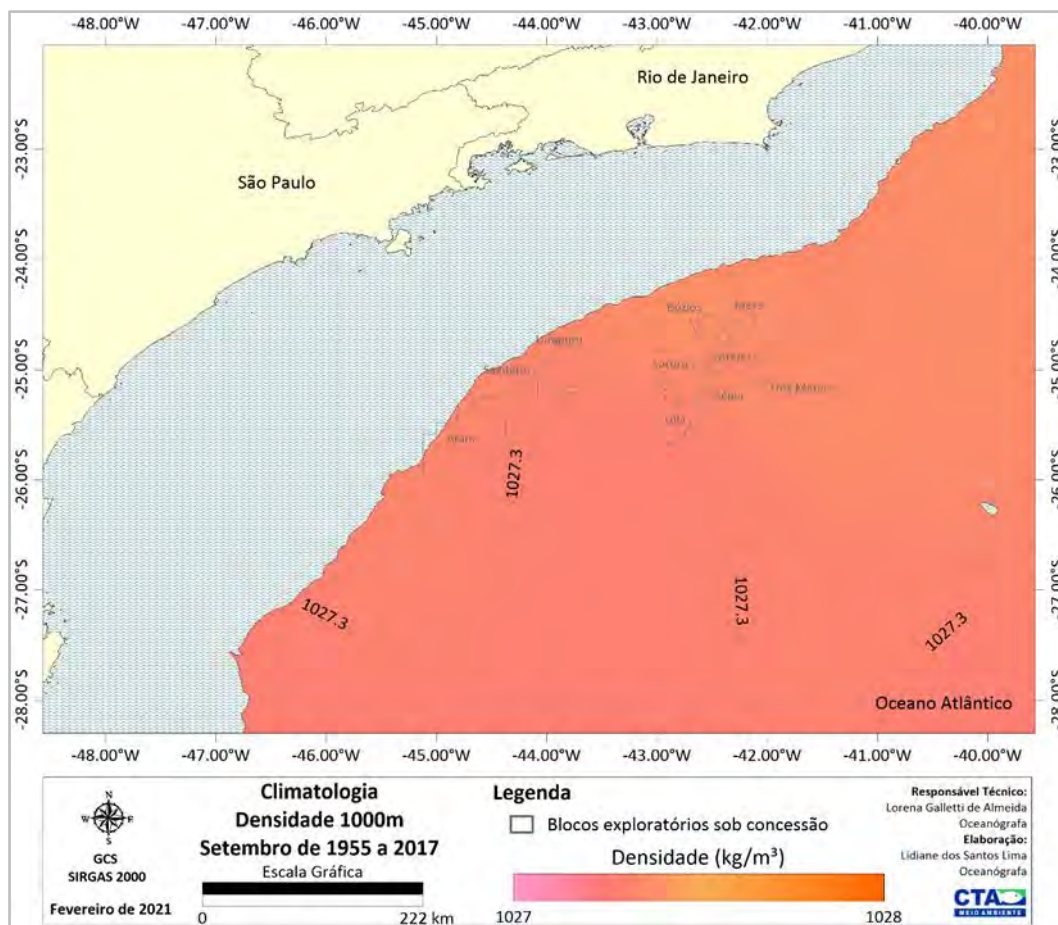


Figura II.5.1.1.2.2-150– Climatologia de setembro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

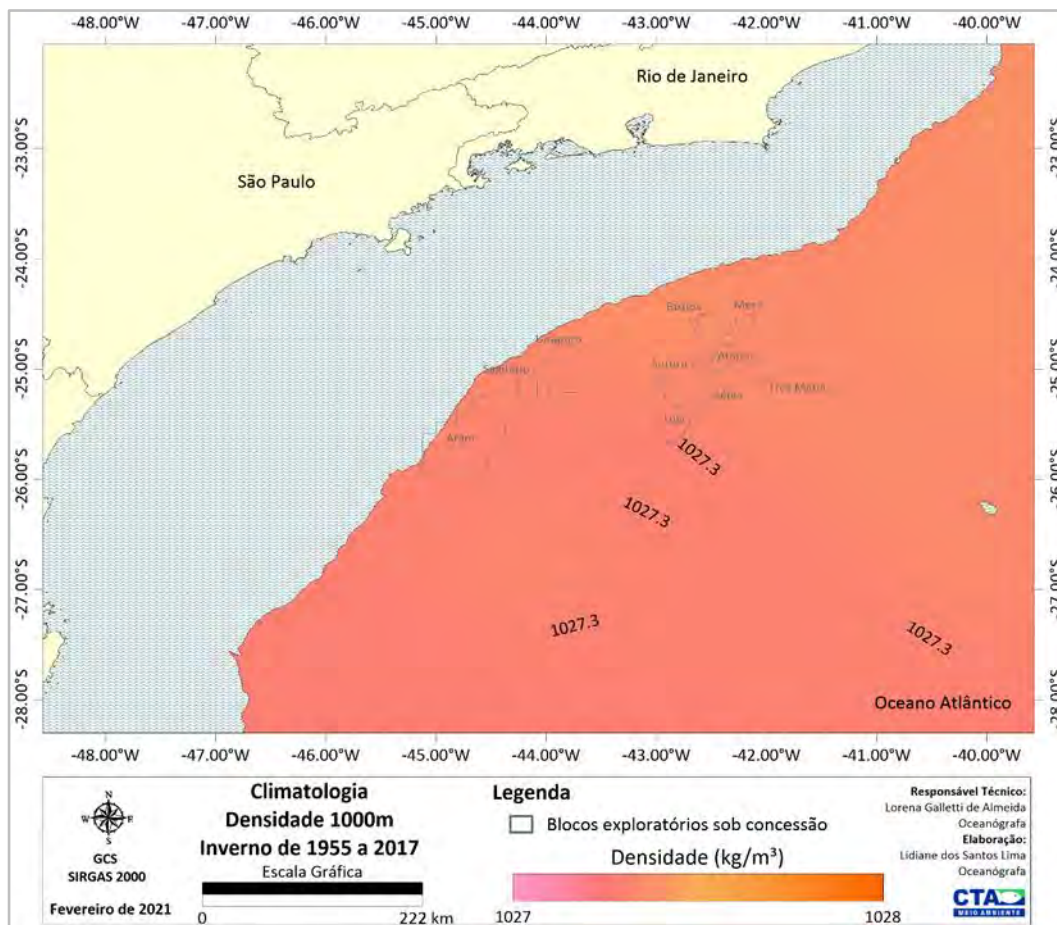


Figura II.5.1.1.2.2-151– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

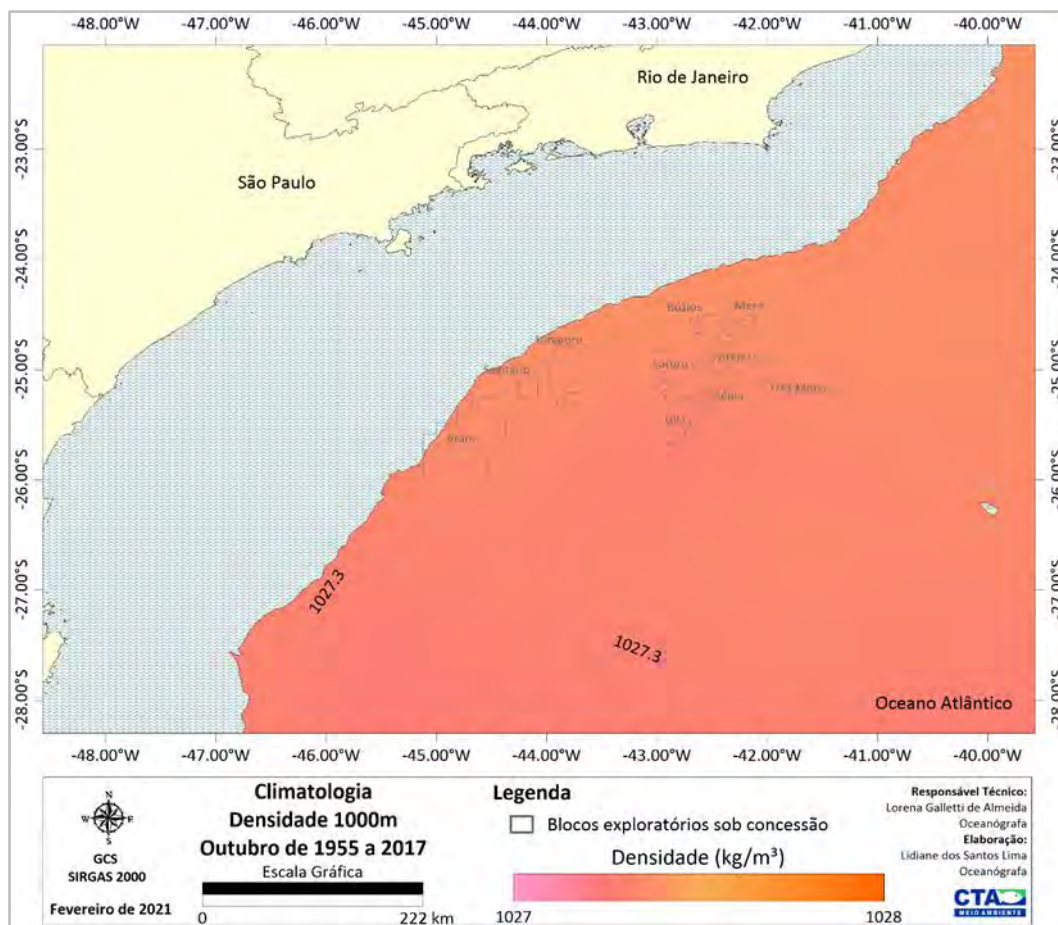


Figura II.5.1.1.2.2-152– Climatologia de outubro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

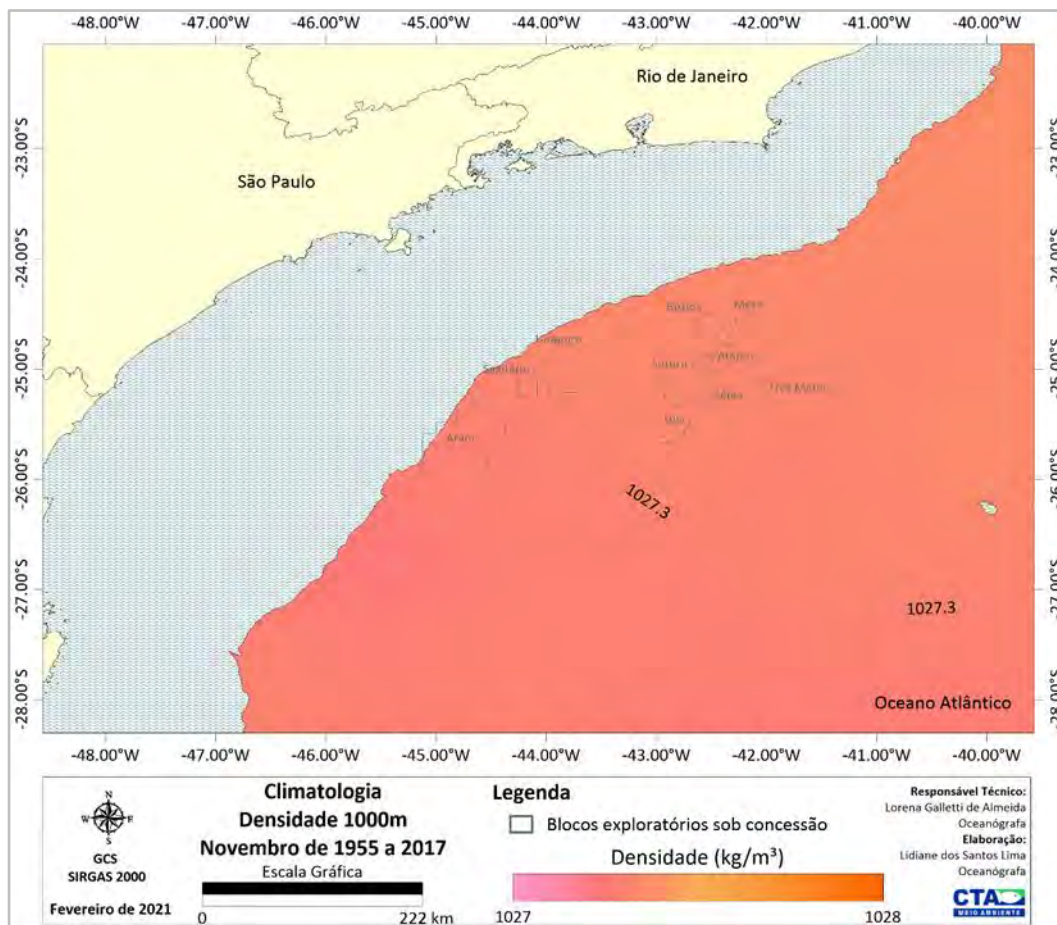


Figura II.5.1.1.2.2-153– Climatologia de novembro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

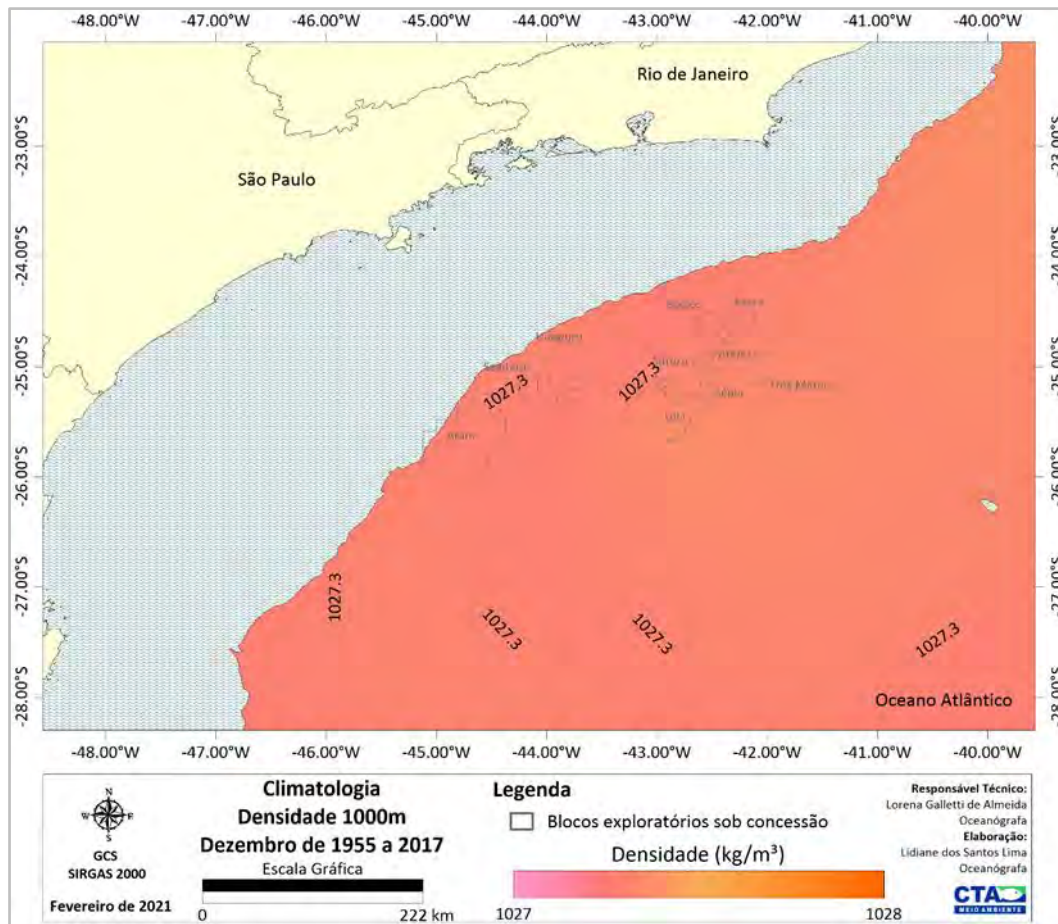


Figura II.5.1.1.2.2-154– Climatologia de dezembro referente a densidade média (kg/m³) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

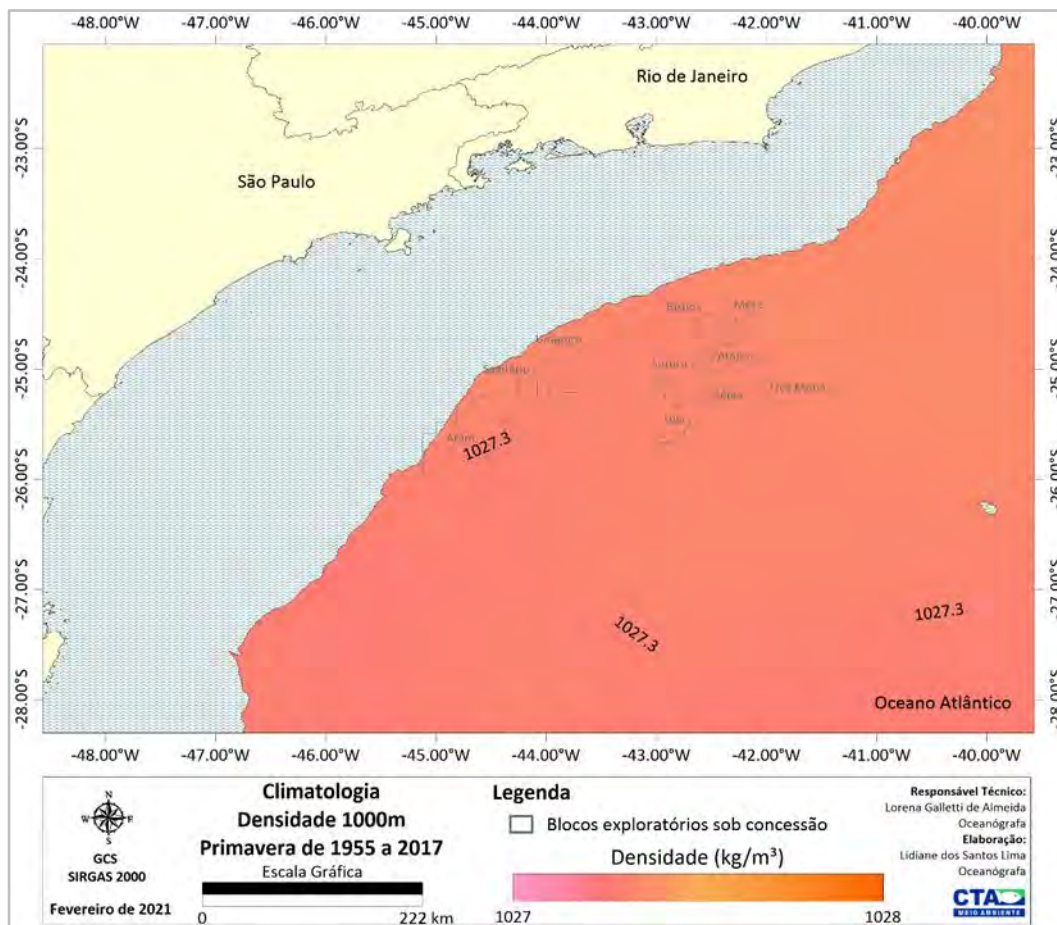


Figura II.5.1.1.2.2-155– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a densidade média (kg/m^3) a 1000m de profundidade, conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

A seguir são apresentados mapas com temperatura, salinidade e densidade para a superfície do mar e nas profundidades de 300 m e 1000 m, considerando todo o período anual do ano escolhido para as simulações de derrame de óleo, neste caso o ano de 2004. Tais análises foram apresentadas no âmbito do Etapa 3 (PETROBRAS/TETRATECH, 2016) e serão aqui rerepresentadas, uma vez que não houve alteração do ano escolhido. Os campos horizontais foram obtidos a partir da base hidrodinâmica do *HYCOM Consortium*. Esta base hidrodinâmica é proveniente de uma simulação global, com resolução espacial de $1/12^\circ$ e vertical em 32 níveis, na qual foram utilizadas técnicas de assimilação de dados através do NCODA (Navy Coupled Ocean Data Assimilation).

O ano de 2004 foi selecionado para representar a hidrodinâmica da Bacia de Santos por ter proporcionado o menor tempo para a chegada do óleo na costa, tanto para o período de inverno quanto para o período de verão, nos estudos das simulações probabilísticas de vazamento de óleo realizados com os resultados obtidos pelo modelo HYCOM para os anos de 2004, 2005, 2006 e 2007.

No ano de 2004, a variação da temperatura anual mostra que na área de estudo as maiores temperaturas ocorrem no verão (25,3°C) e outono (23,6°C) e as menores no inverno (21,3°C) e primavera (22,7°C) (**Figura II.5.1.1.2.2-156**). Na área de próxima aos projetos do Etapa 4, observa-se uma região de temperaturas mais elevadas em todas as estações do ano, indicando o sinal da CB, que transporte águas quentes e salinas para maiores latitudes. Próximo à 23°S, as temperaturas são menores que as encontradas nas regiões oceânicas, marcando a ocorrência de eventos de ressurgência, fenômeno comum na costa do Rio de Janeiro, principalmente na primavera e verão. No inverno e primavera, a região costeira apresenta temperaturas inferiores a 22°C, principalmente entre as latitudes de 24°S e 28°S, evidenciando a presença de água frias originadas em maiores latitudes advectadas para norte sobre a plataforma continental.

Em 300 m de profundidade ocorre um gradiente de temperatura da região do talude para a região oceânica (**Figura II.5.1.1.2.2-169**). Mais próximo à costa, são observadas temperaturas inferiores associadas ao sinal do jato da Corrente do Brasil, que advecta águas frias de profundidades maiores para profundidades menores na camada de fundo. Neste nível a variabilidade sazonal dos campos de temperatura é mesmo evidente que na camada superficial. A temperatura média dos campos para o verão, outono, inverno e primavera é de 14°C, 13,8°C, 13,9°C e 14,3°C, respectivamente. Na profundidade de 1000 m também é observada uma reduzida variabilidade da temperatura, onde as variações espaciais mais evidentes ocorrem devido aos núcleos de temperaturas mais elevadas, associados às recirculações que geram movimentos verticais no oceano (**Figura II.5.1.1.2.2-158**).

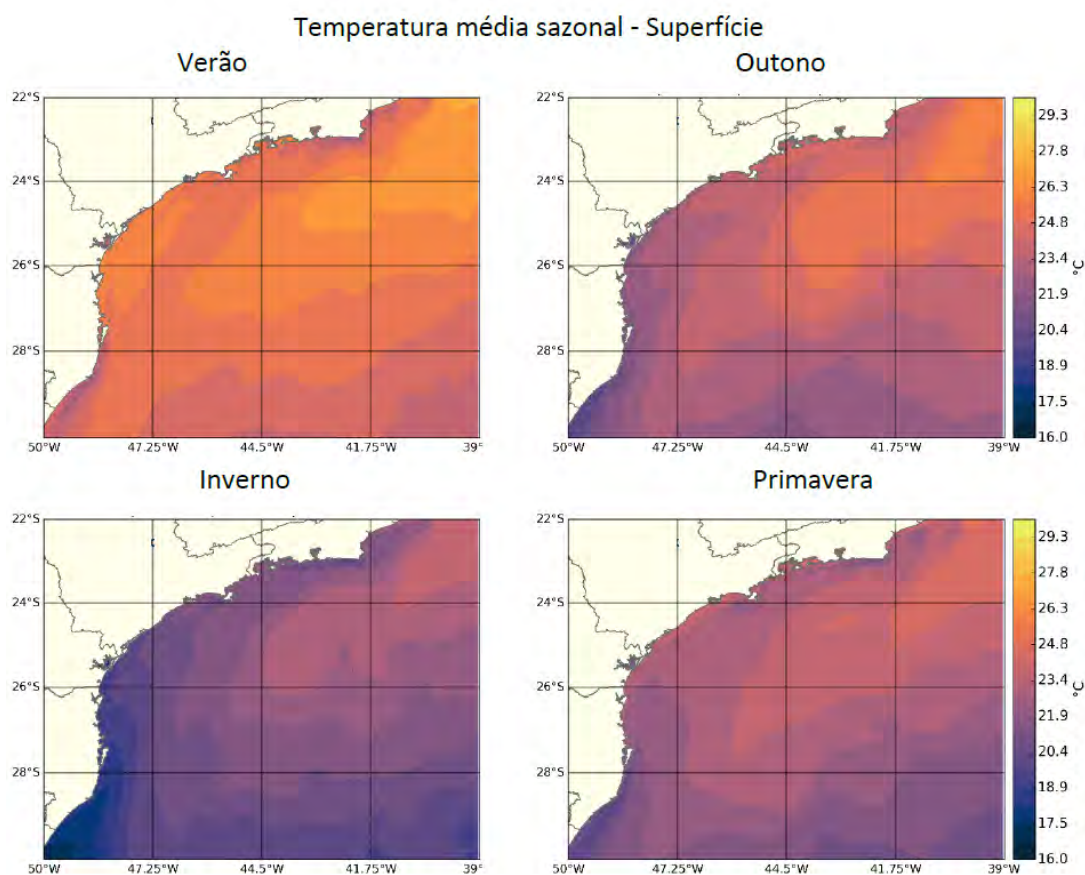


Figura II.5.1.1.2.2-156 - Mapas da temperatura média sazonal em superfície para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Temperatura média sazonal – 300 m

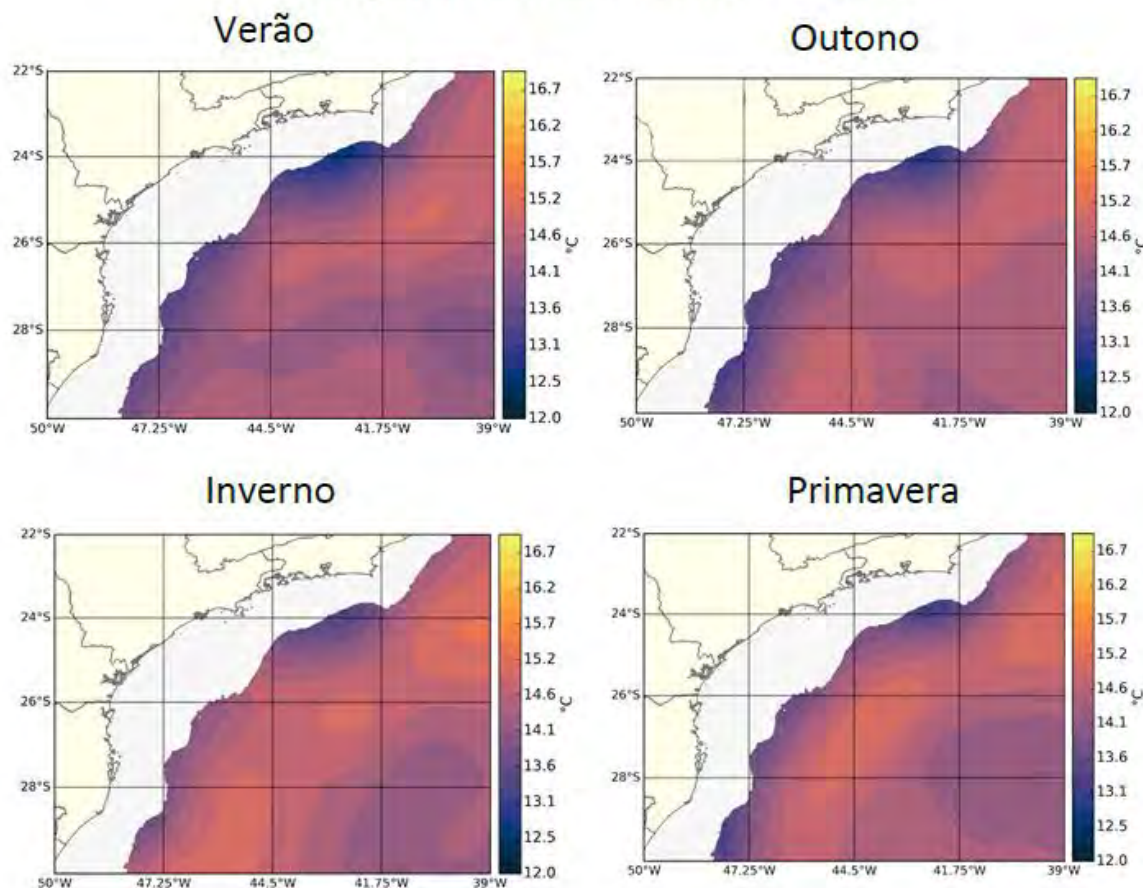


Figura II.5.1.1.2.2-157 - Mapas da temperatura média sazonal em 300 m para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

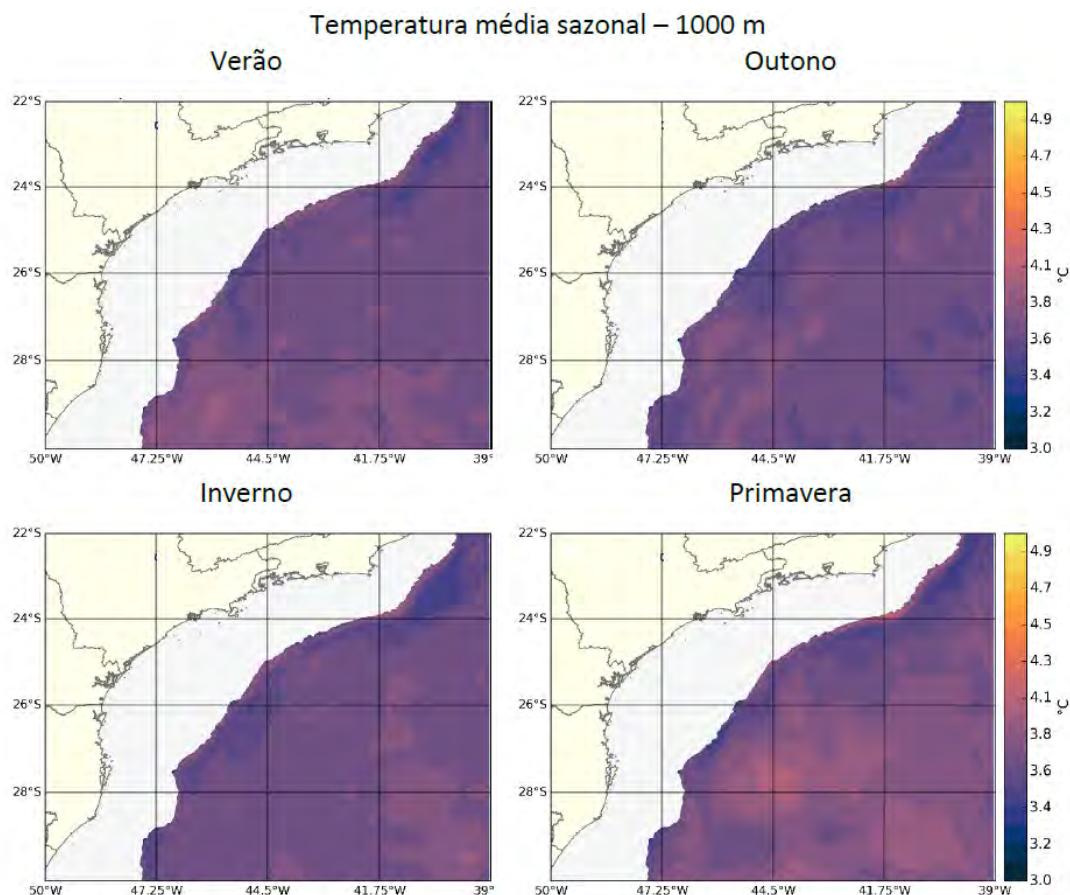


Figura II.5.1.1.2.2-158 - Mapas da temperatura média sazonal em 1000 m para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Com relação a avaliação sazonal da salinidade, em superfície observa-se a presença de uma feição com máximo de salinidade na região do talude continental e na área de estudo (**Figura II.5.1.1.2.2-159**). Tal feição refere-se a presença da CB. O máximo valor médio observado foi de 37,5 durante a primavera. Os mínimos de salinidade são verificados próximo à costa entre as latitudes e 24°S e 26°S e estão associados às descargas fluviais na região, com valor mínimo de 31,8 no verão.

Na profundidade de 300 m, o mínimo de salinidade ocorre próximo ao talude continental e refere-se ao início da AIA, transportada pela CCI, em direção contrária à CB (**Figura II.5.1.1.2.2-160**). Os valores mínimo e máximo registrados nesta

profundidade ocorrem na primavera com 34,3 e 37,5, respectivamente. Na profundidade de 1000m, as salinidades são ainda menores em todas as estações o ano, com médias oscilando entre 34,3 a 34,4, uma vez que este nível está próximo ao núcleo da CCI (**Figura II.5.1.1.2.2-161**). O mínimo de salinidade foi de 34 e o máximo de 36,1, registrados no inverno.

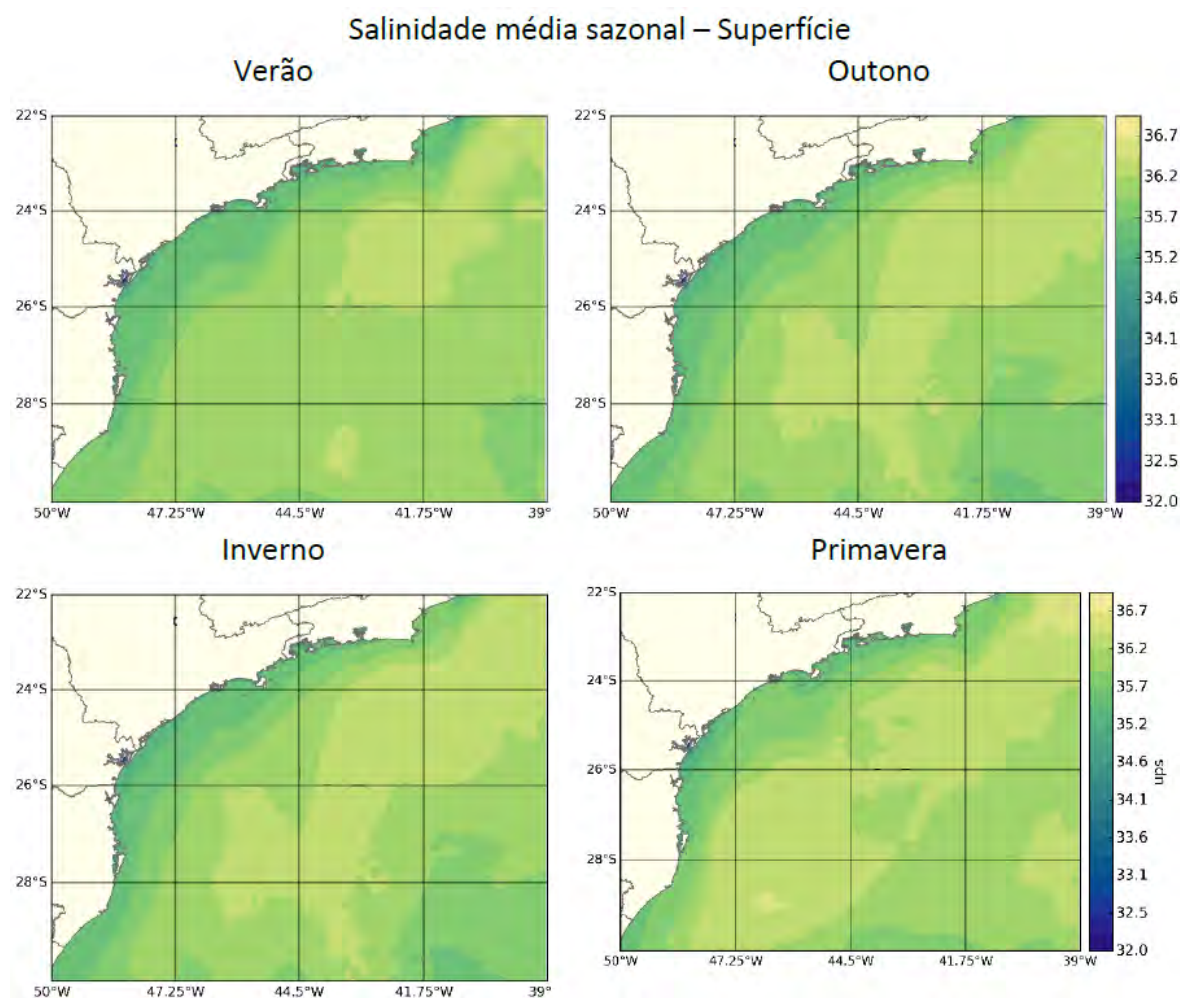


Figura II.5.1.1.2.2-159 - Mapas da salinidade média sazonal em superfície para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Salinidade média sazonal – 300 m

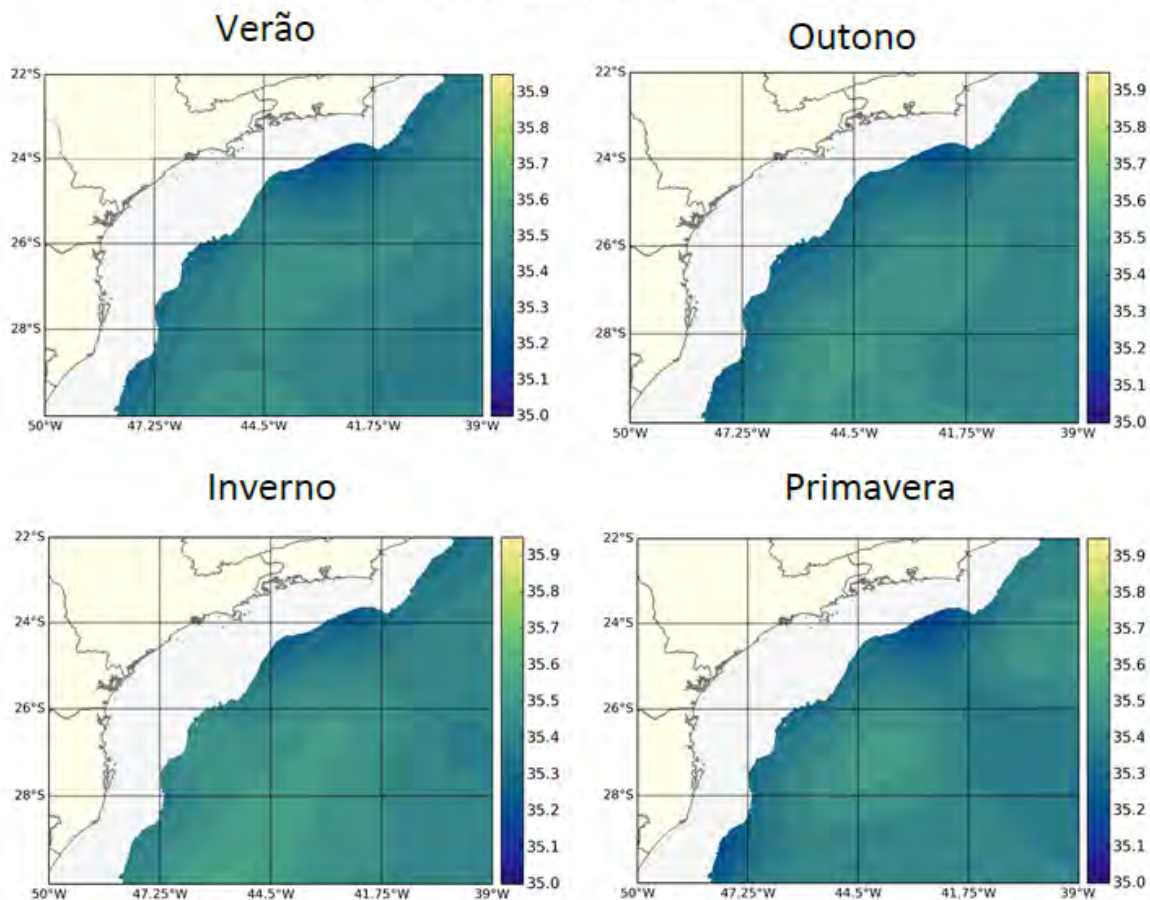


Figura II.5.1.1.2.2-160 - Mapas da salinidade média sazonal em 300 m para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

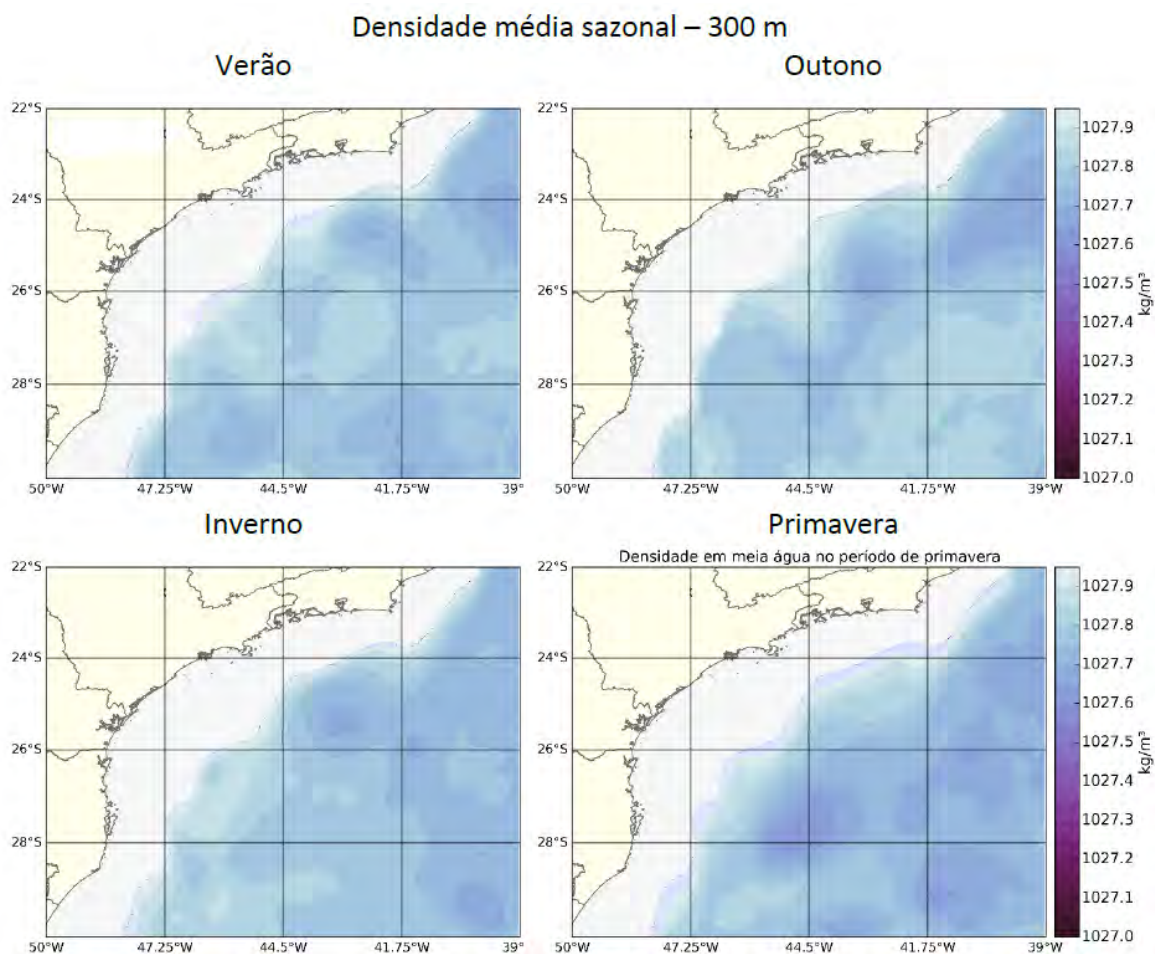


Figura II.5.1.1.2.2-163 - Mapas da densidade média sazonal em 300 m para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

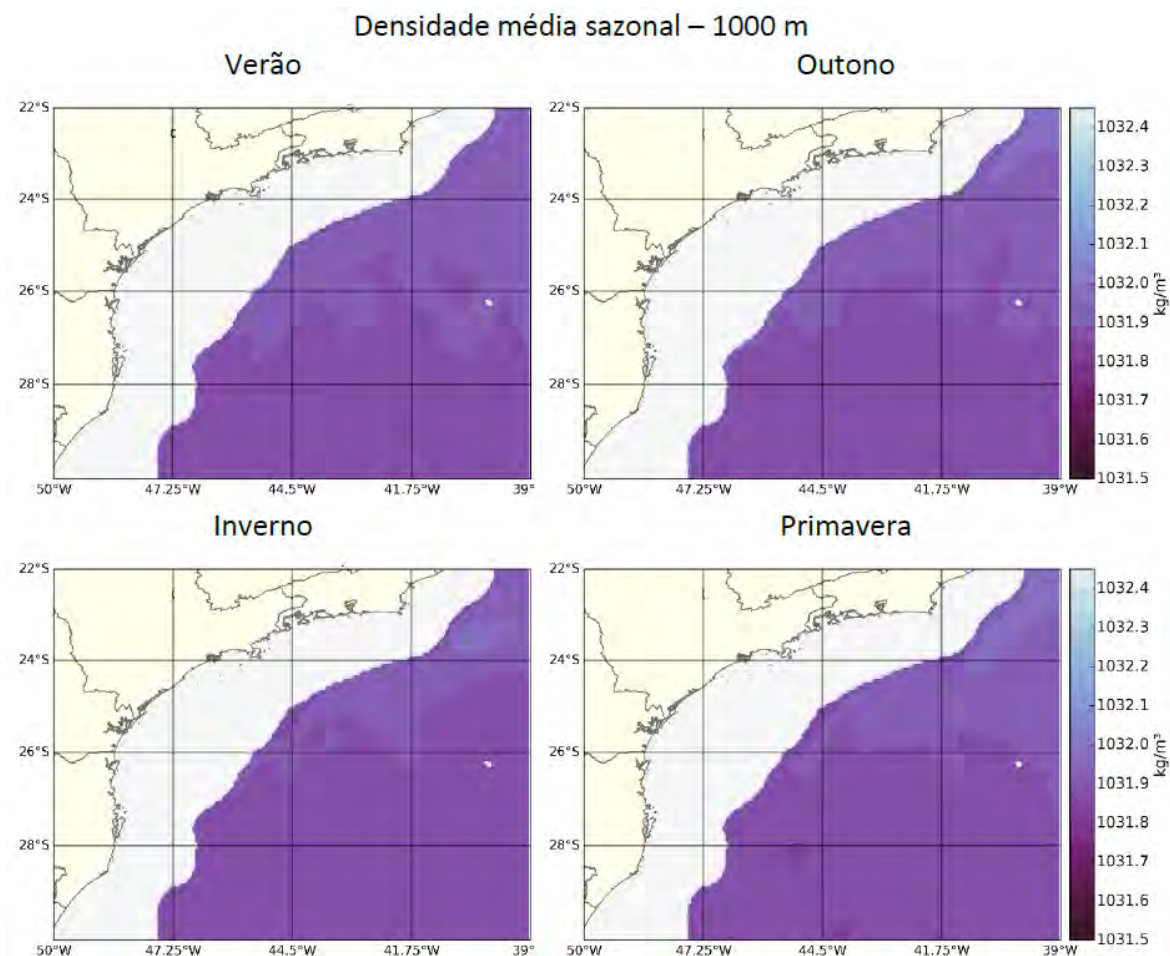


Figura II.5.1.1.2.2-164 - Mapas da densidade média sazonal em 1000 m para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro) do ano de 2004, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Dando continuidade à caracterização da temperatura, salinidade e densidade, a seguir são apresentadas as análises dos perfis verticais dos referidos parâmetros. O **Gráfico II.5.1.1.2.2-1** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-16** ilustram os perfis dispostos mensal e sazonalmente especificamente para o ponto de análise ilustrado na **Figura II.5.1.1.2.2-11** limitando-se à profundidade de 1500 m.

De maneira geral, é possível observar a presença da termoclina iniciando-se praticamente em superfície e atingindo uma profundidade de, aproximadamente, 800 m. Nos meses de outono e inverno, entretanto, a termoclina encontra-se mais profunda, com início entre 50 e 100 m. Também é observado um aumento da

temperatura superficial no verão e no outono. Quanto à haloclina, seu início ocorre entre 50 e 100 m em todas as estações, porém nos meses de outono e inverno observa-se um pequeno aprofundamento do limite superior, provavelmente em decorrência do aumento da espessura da camada de mistura típica desses períodos sazonais. Este processo está associado à ação do ciclo sazonal do vento, dos fluxos de calor entre oceano e atmosfera e da variabilidade no balanço entre evaporação e precipitação.

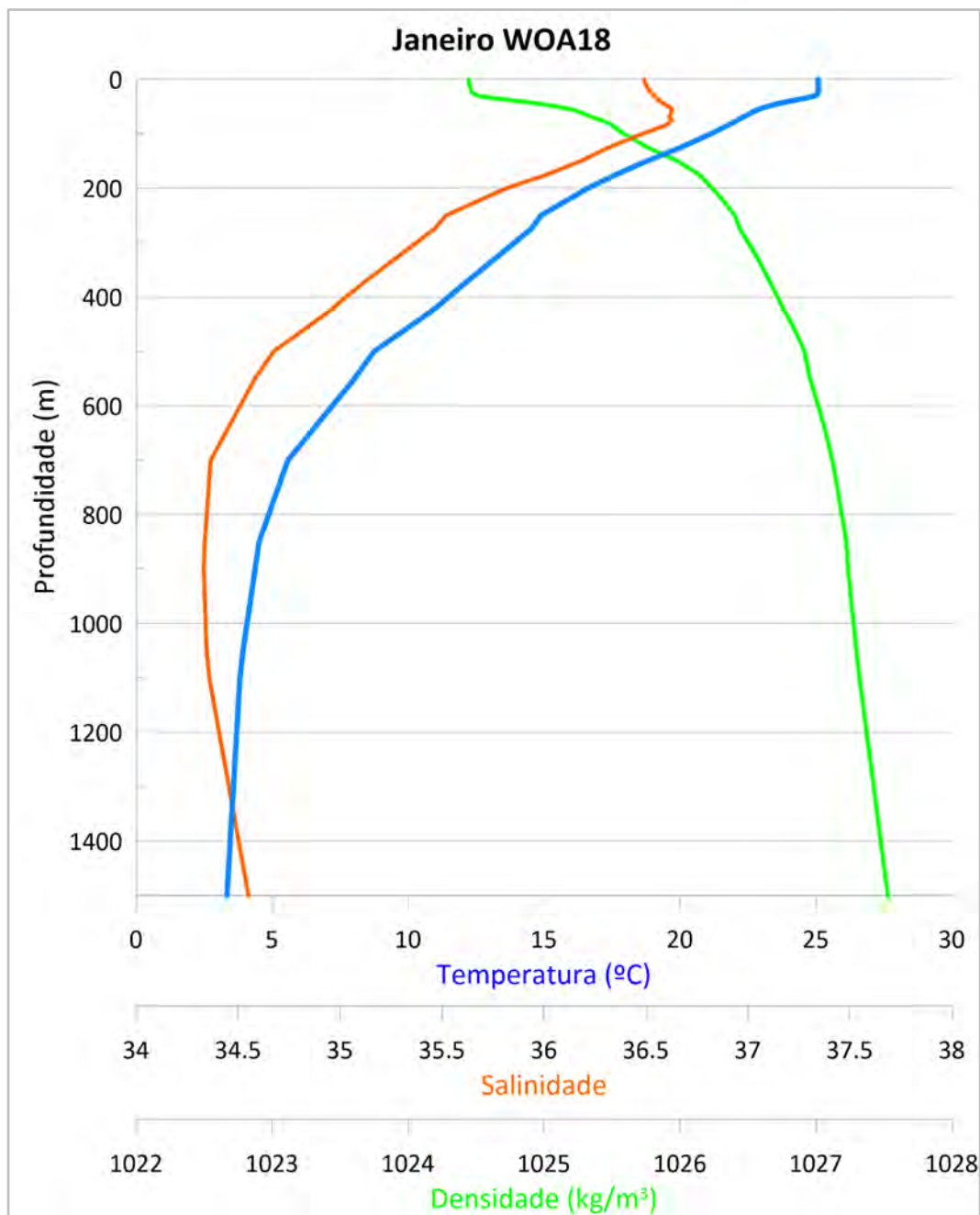


Gráfico II.5.1.1.2.2-1– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para janeiro no ponto de análise.

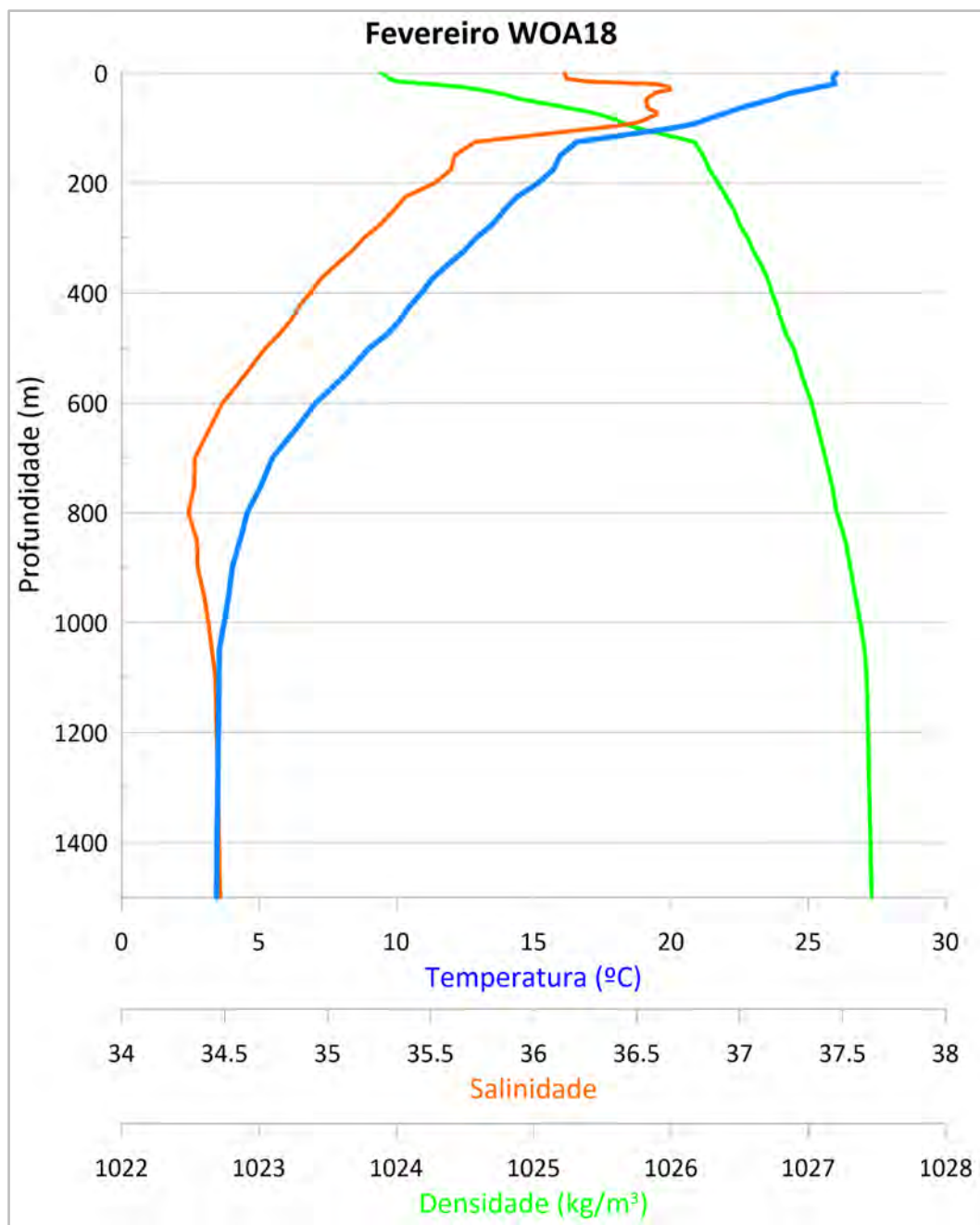


Gráfico II.5.1.1.2.2-2– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para fevereiro no ponto de análise.

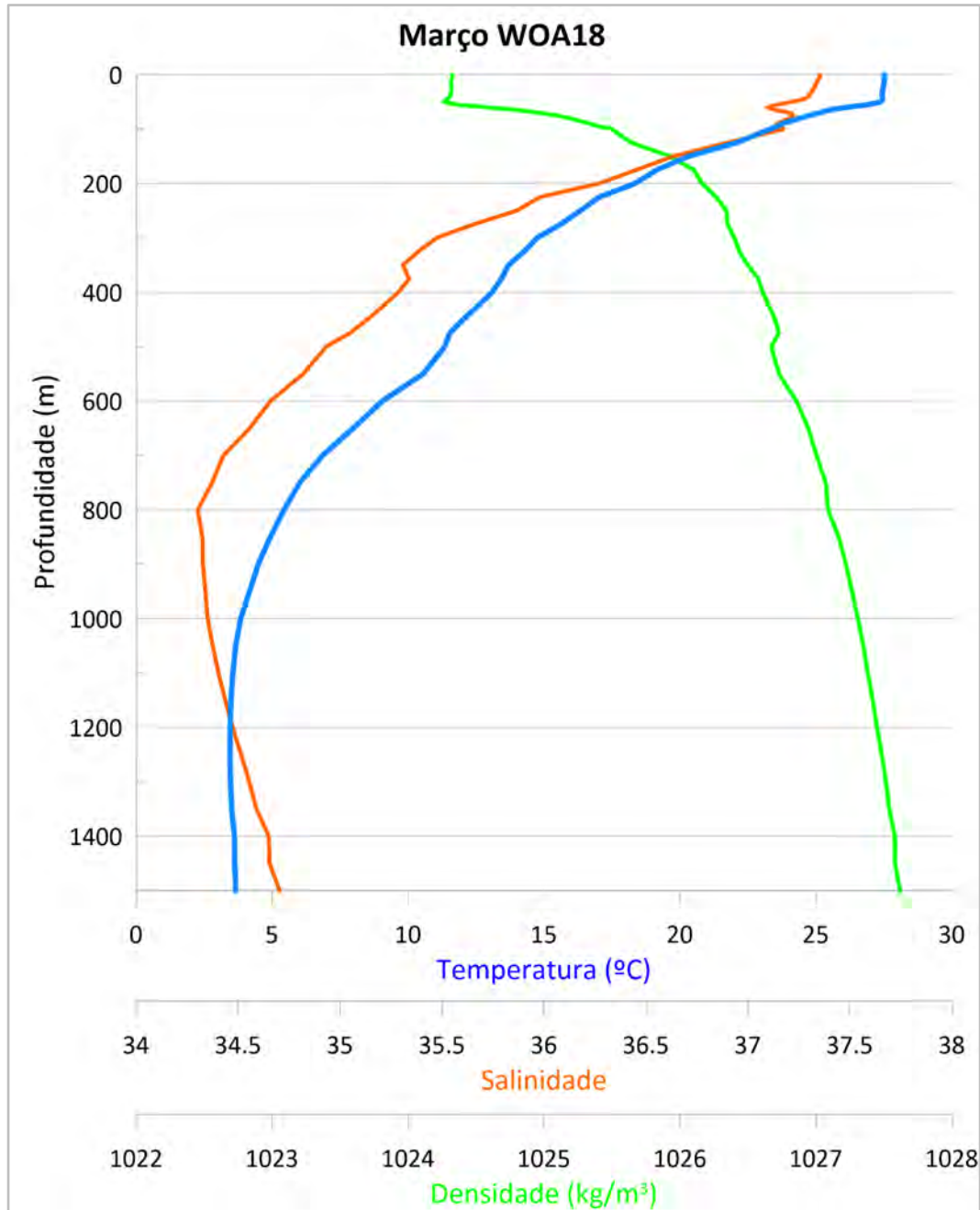


Gráfico II.5.1.1.2.2-3– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para março no ponto de análise.

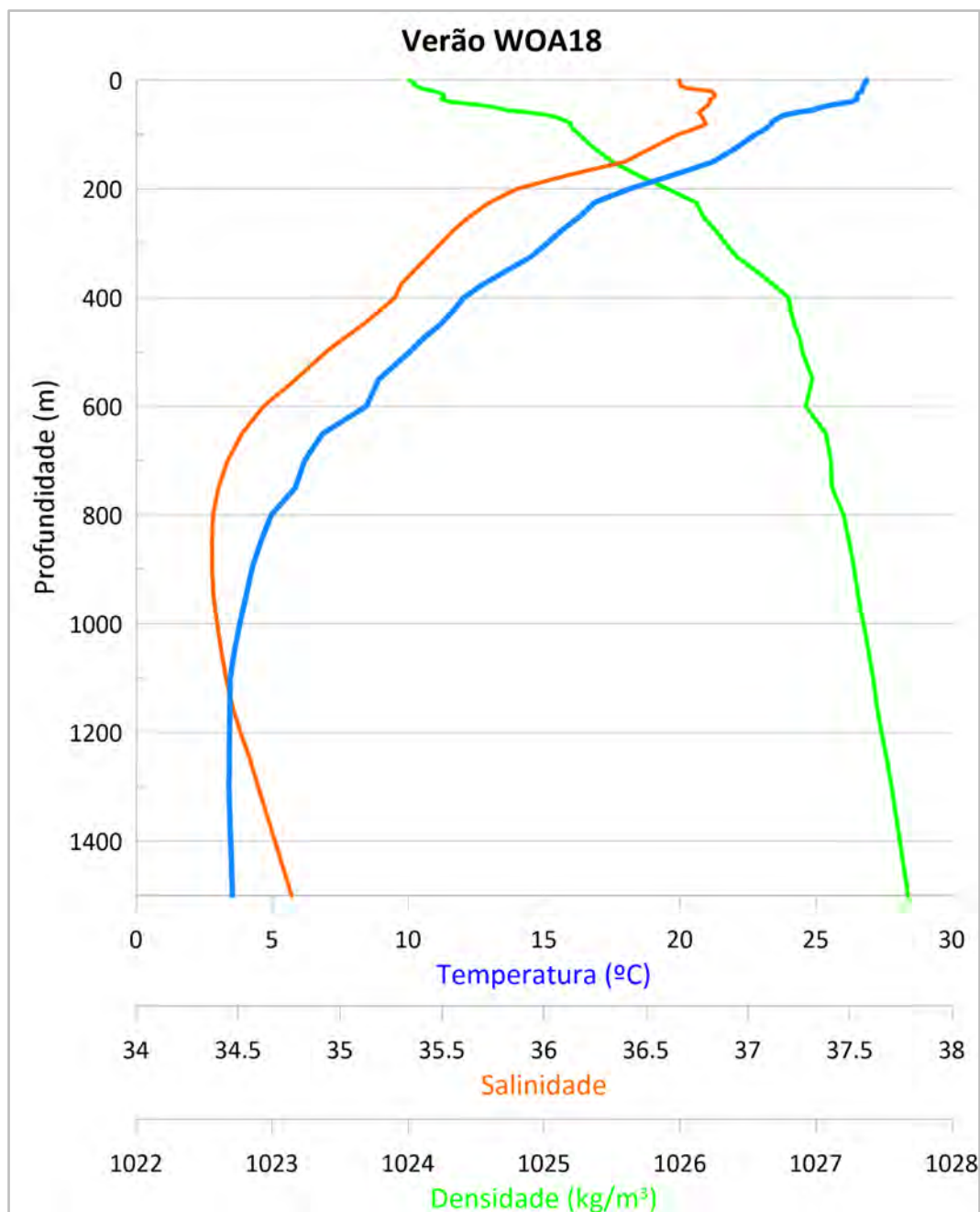


Gráfico II.5.1.1.2.2-4– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o verão (janeiro a março) no ponto de análise.

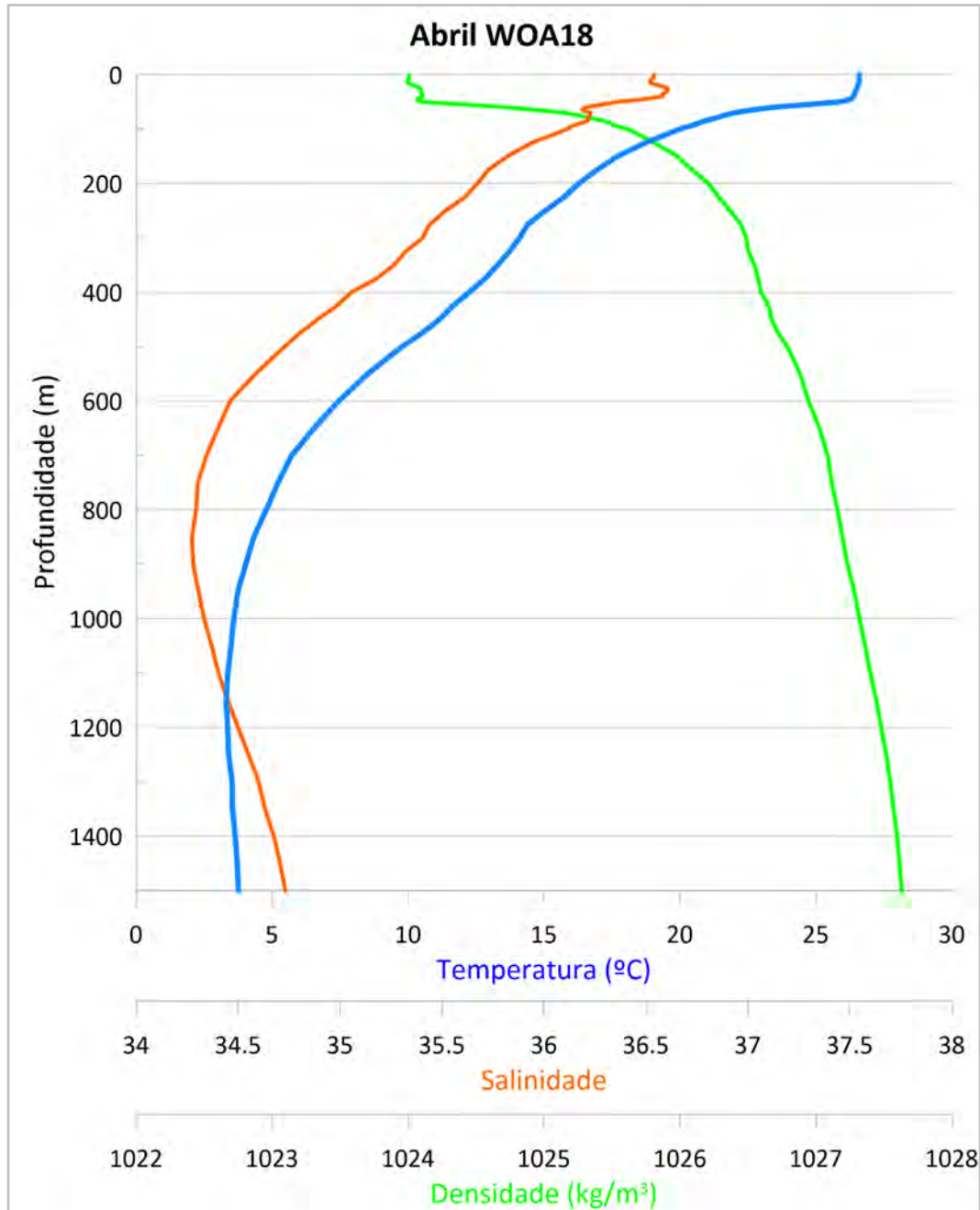


Gráfico II.5.1.1.2.2-5– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para abril no ponto de análise.

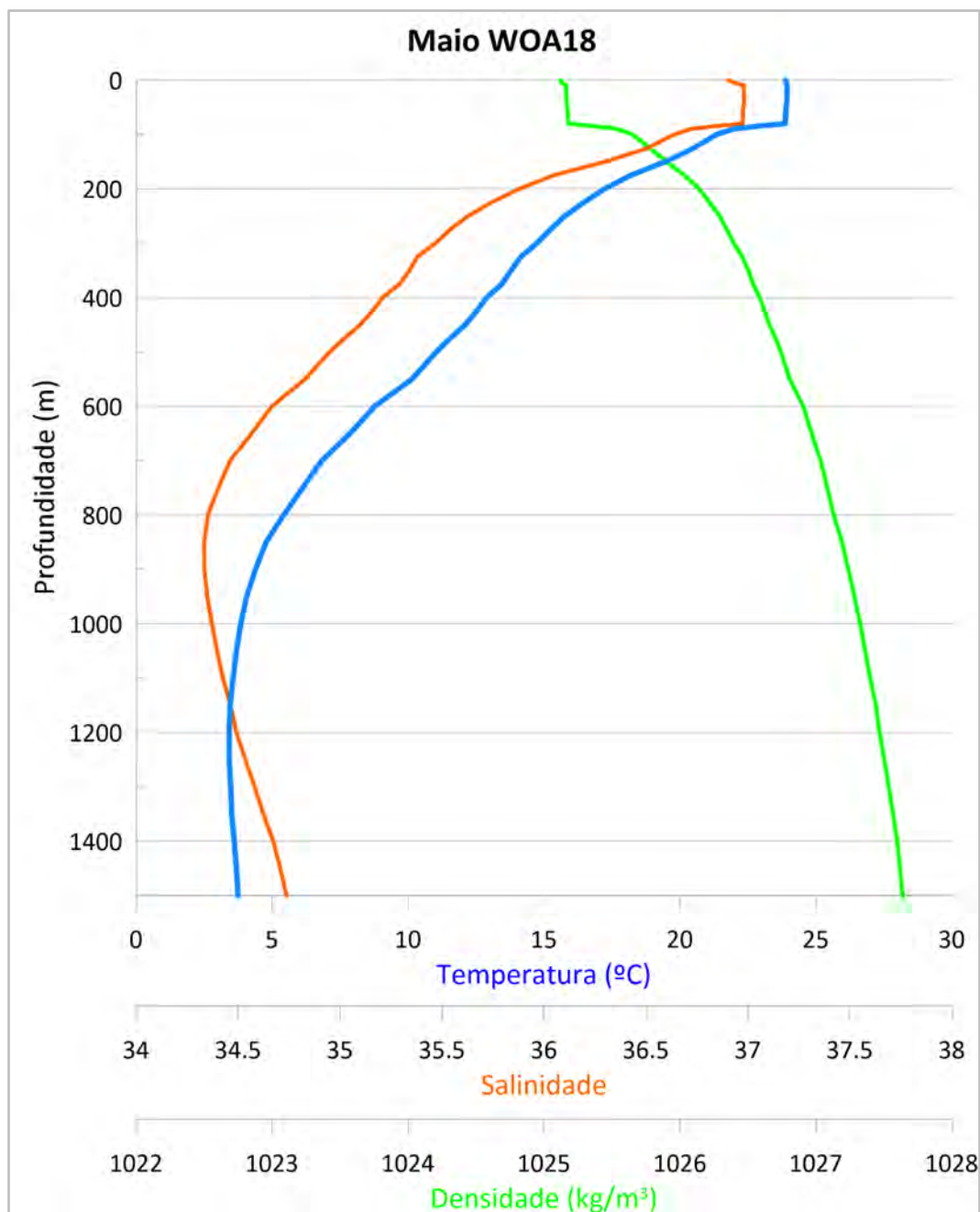


Gráfico II.5.1.1.2.2-6– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para maio no ponto de análise.

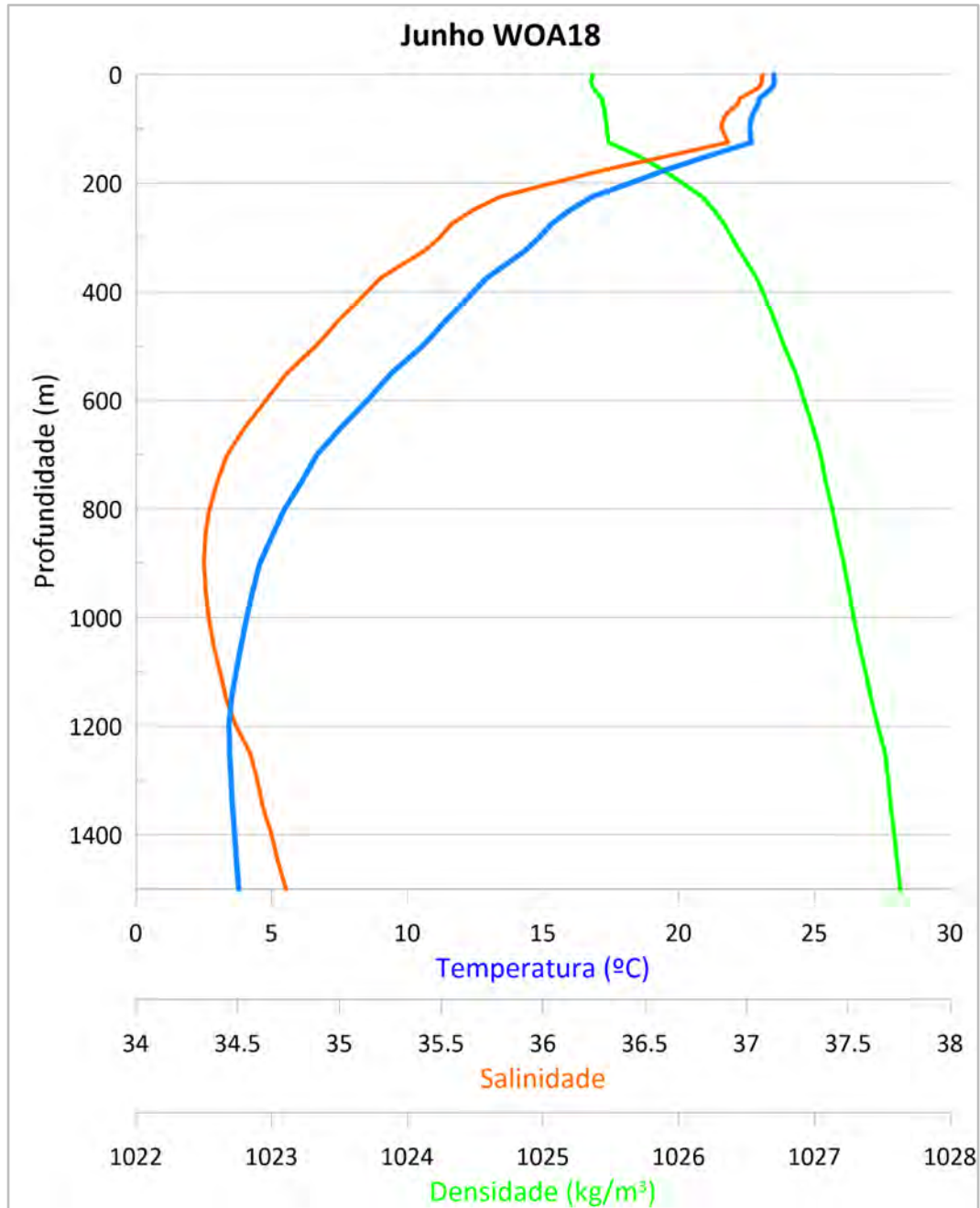


Gráfico II.5.1.1.2.2-7– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para junho no ponto de análise.

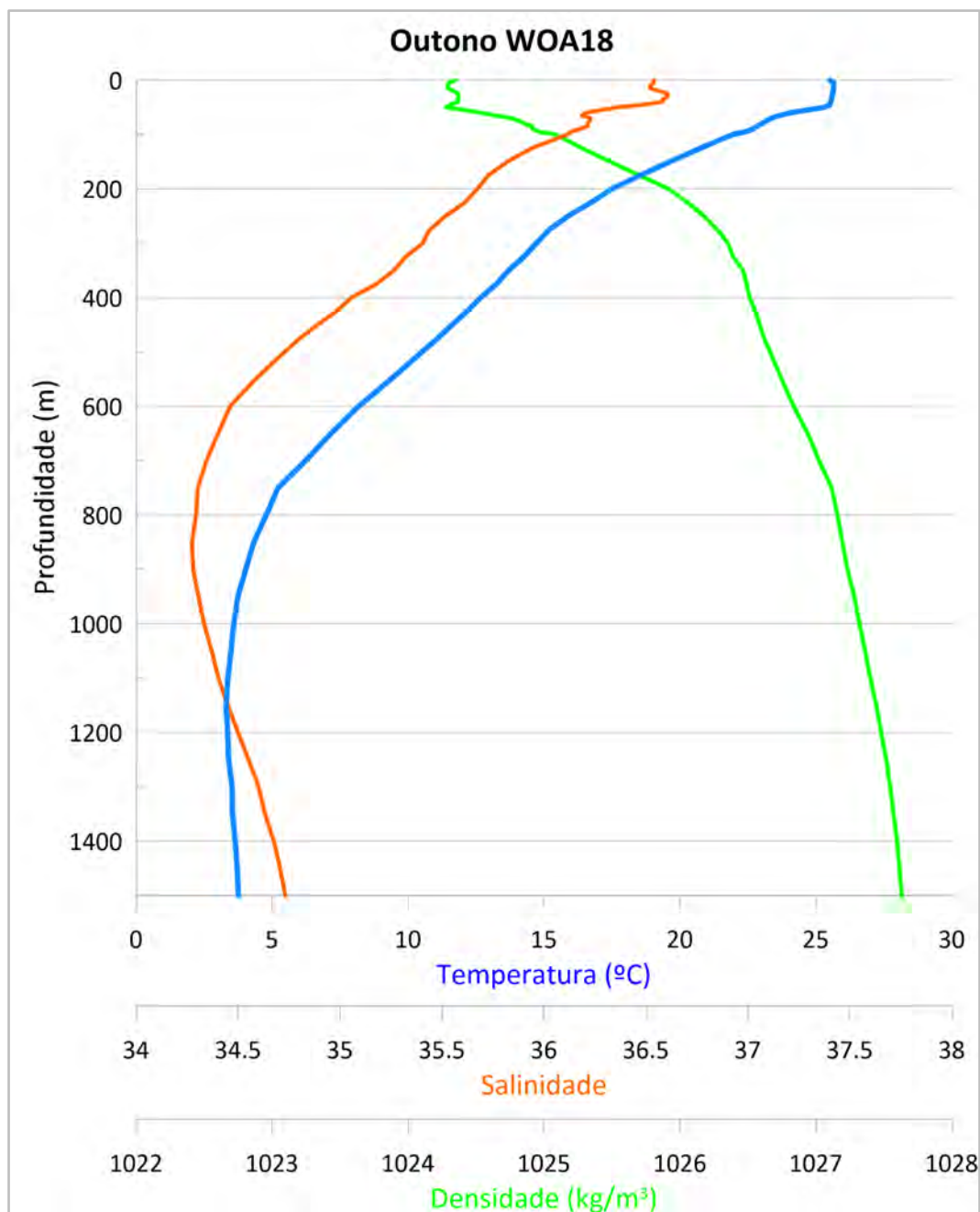


Gráfico II.5.1.1.2.2-8– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o outono (abril a junho) no ponto de análise.

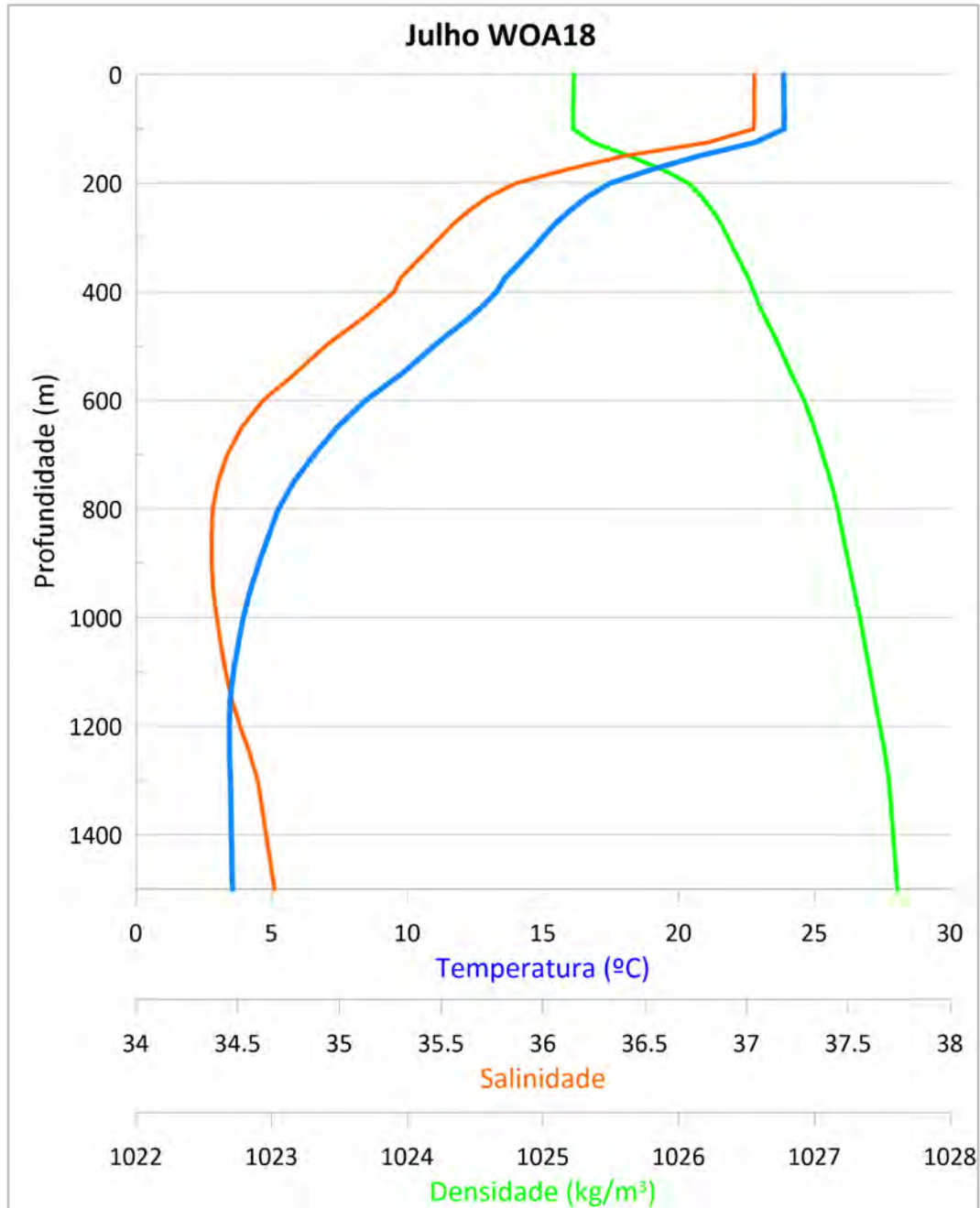


Gráfico II.5.1.1.2.2-9– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para julho no ponto de análise.

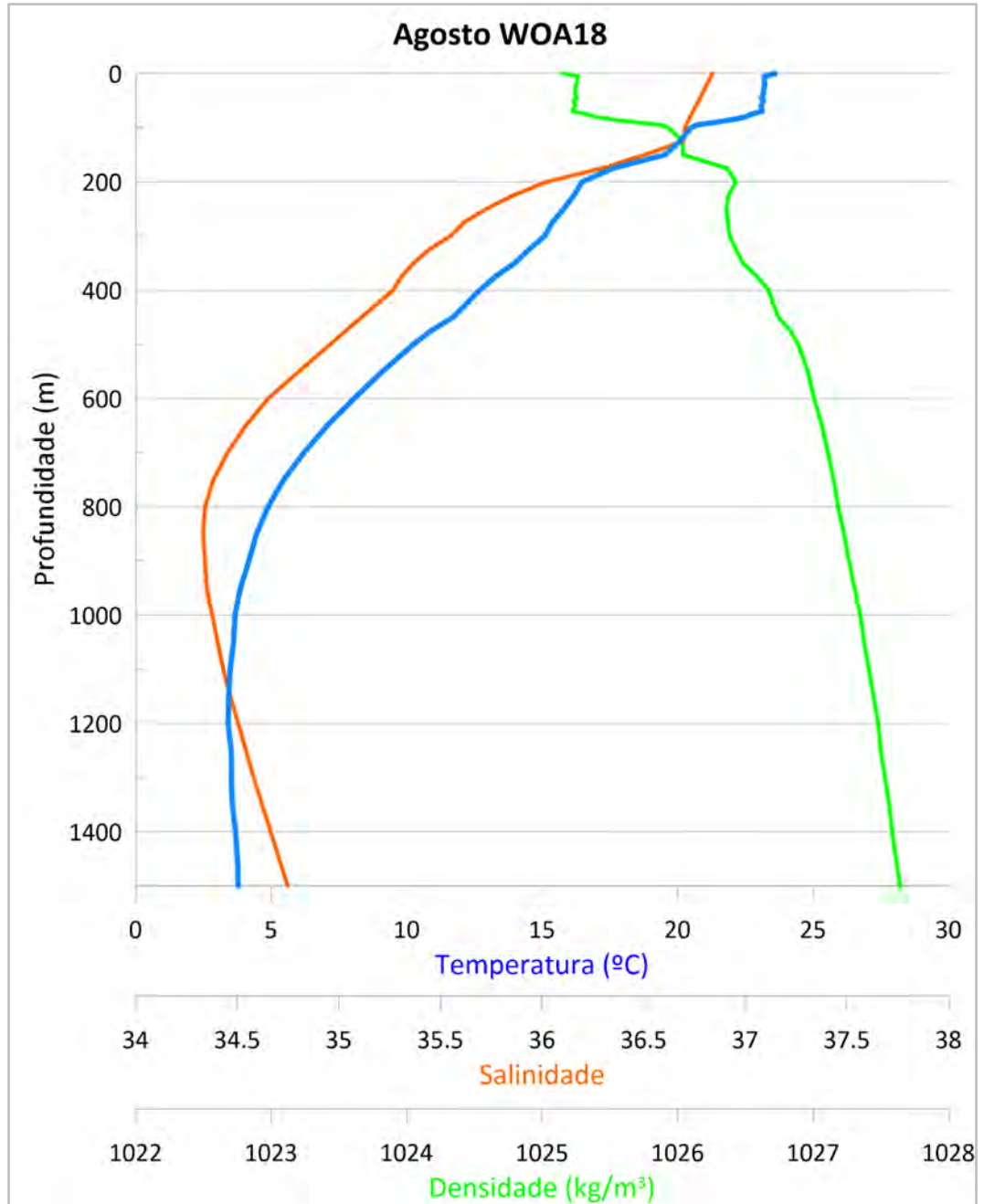


Gráfico II.5.1.1.2.2-10– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para agosto no ponto de análise.

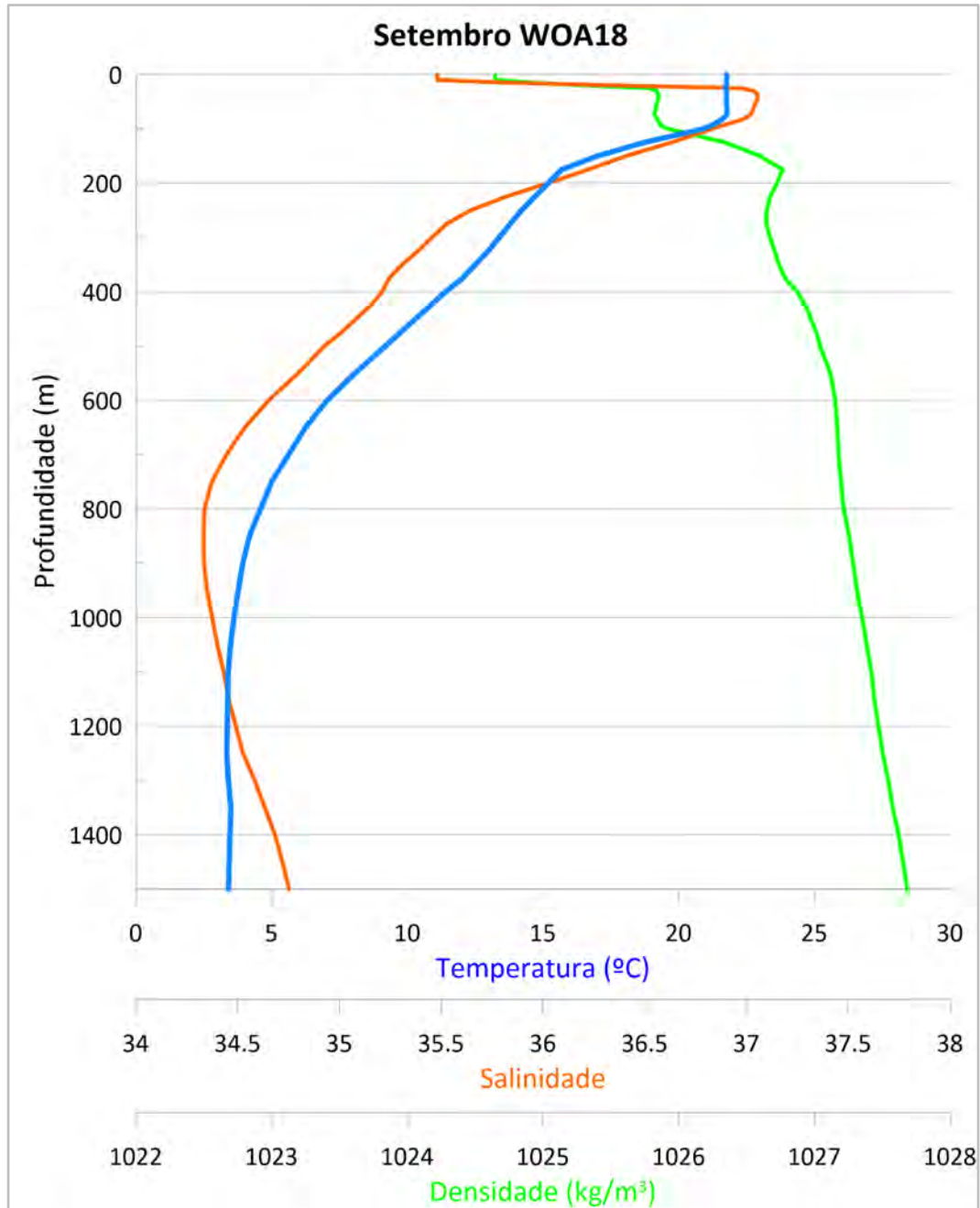


Gráfico II.5.1.1.2.2-11– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para setembro no ponto de análise.

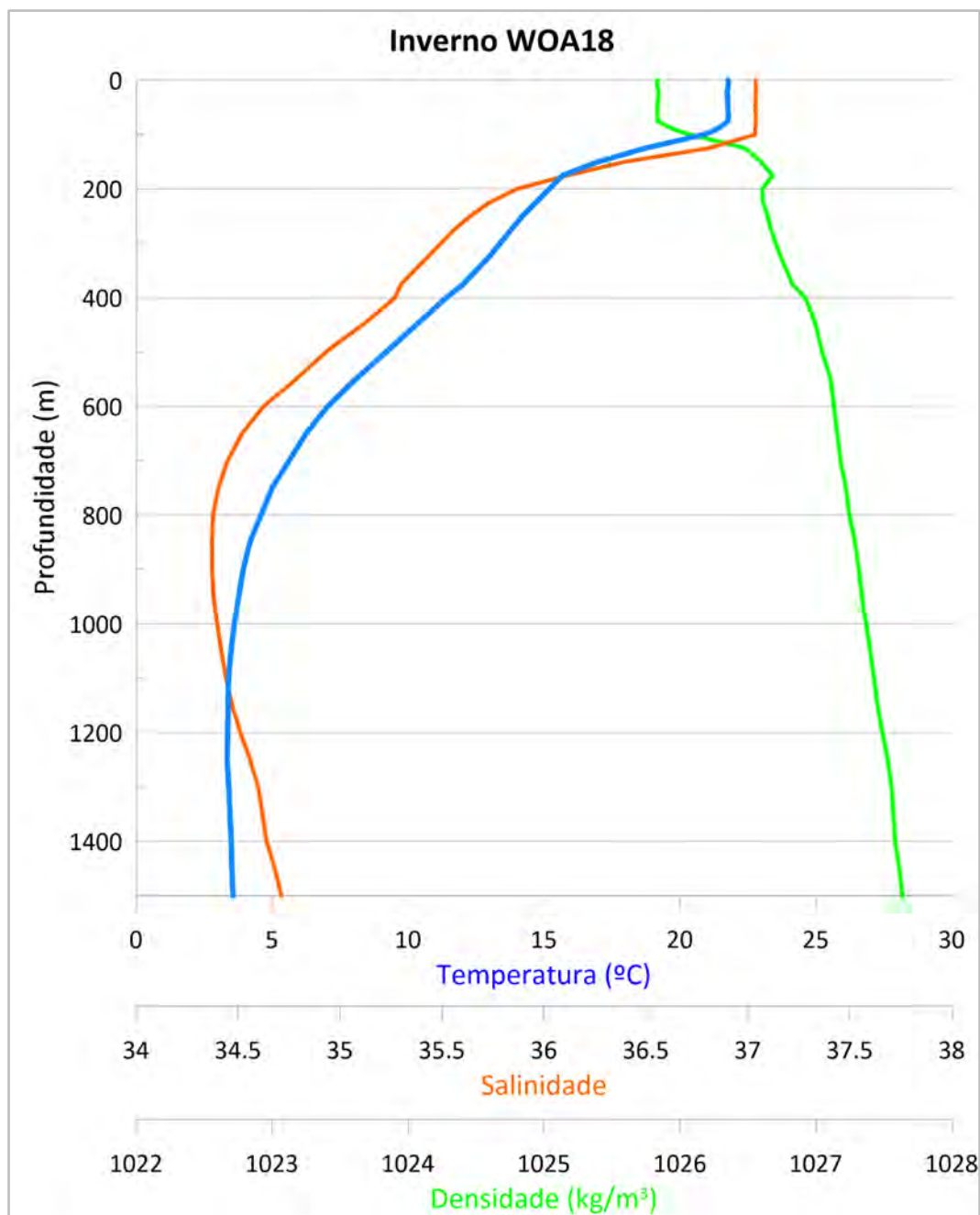


Gráfico II.5.1.1.2.2-12– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o inverno (julho a setembro) no ponto de análise.

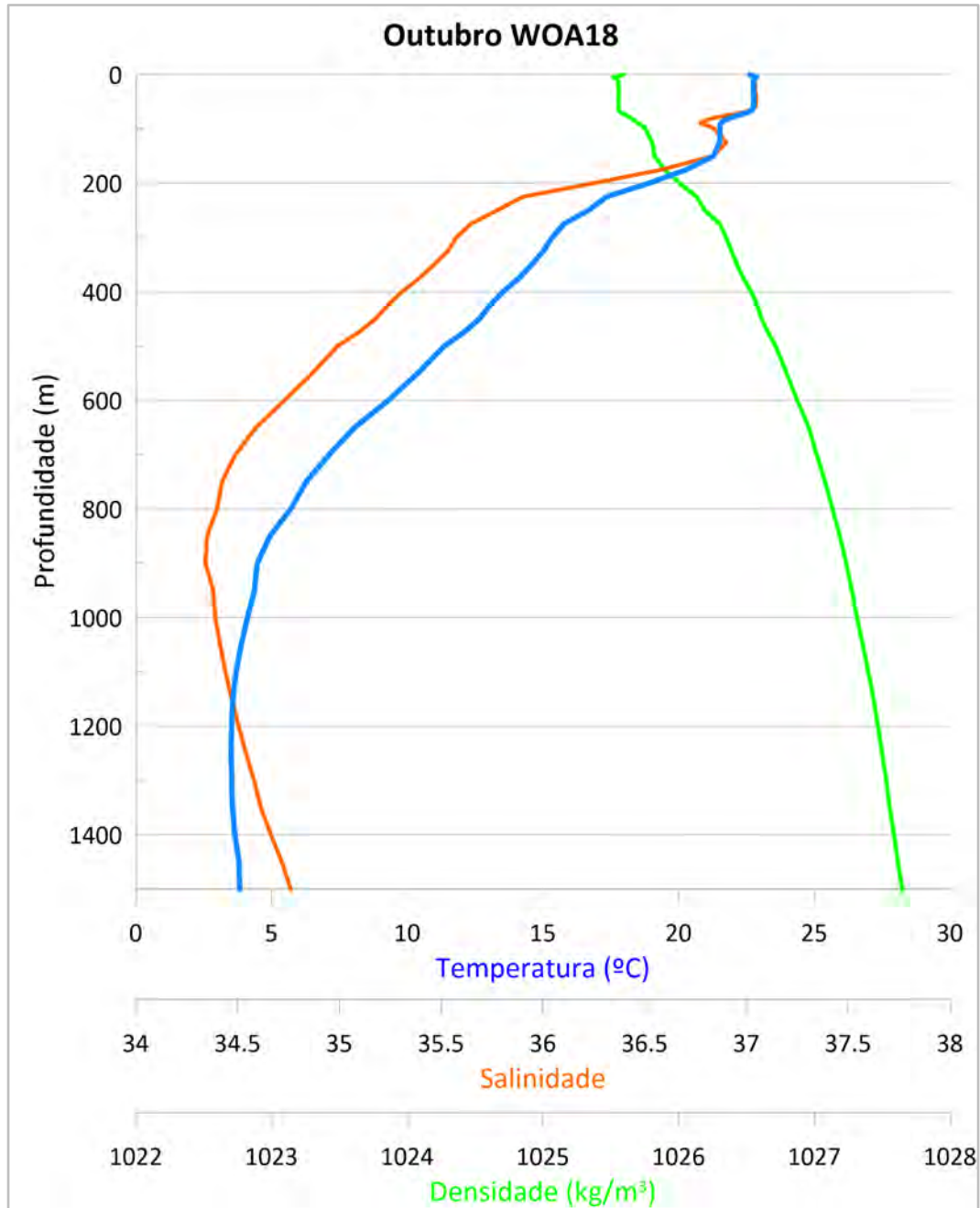


Gráfico II.5.1.1.2.2-13– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para outubro no ponto de análise.

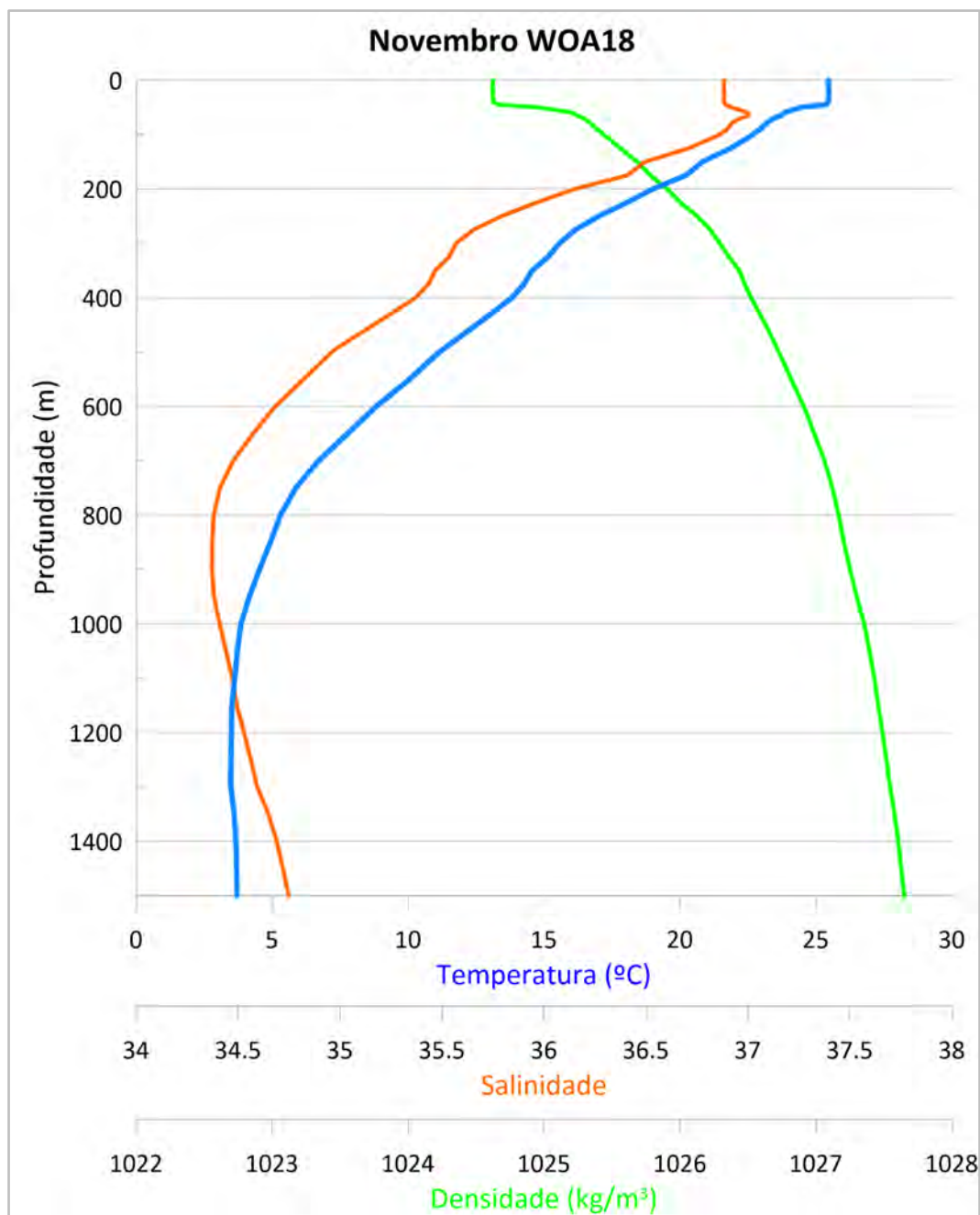


Gráfico II.5.1.1.2.2-14– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para novembro no ponto de análise.

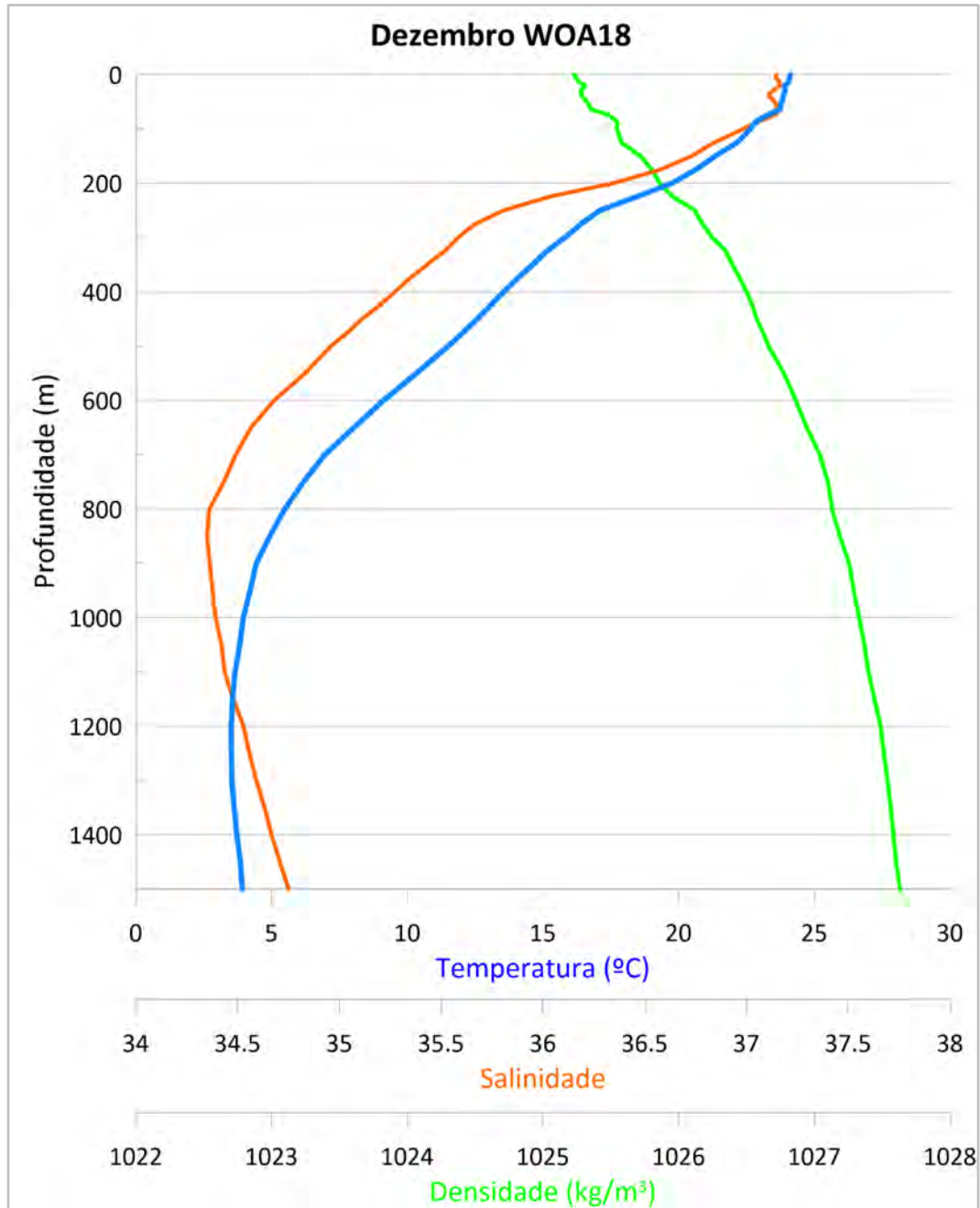


Gráfico II.5.1.1.2.2-15– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para dezembro no ponto de análise.

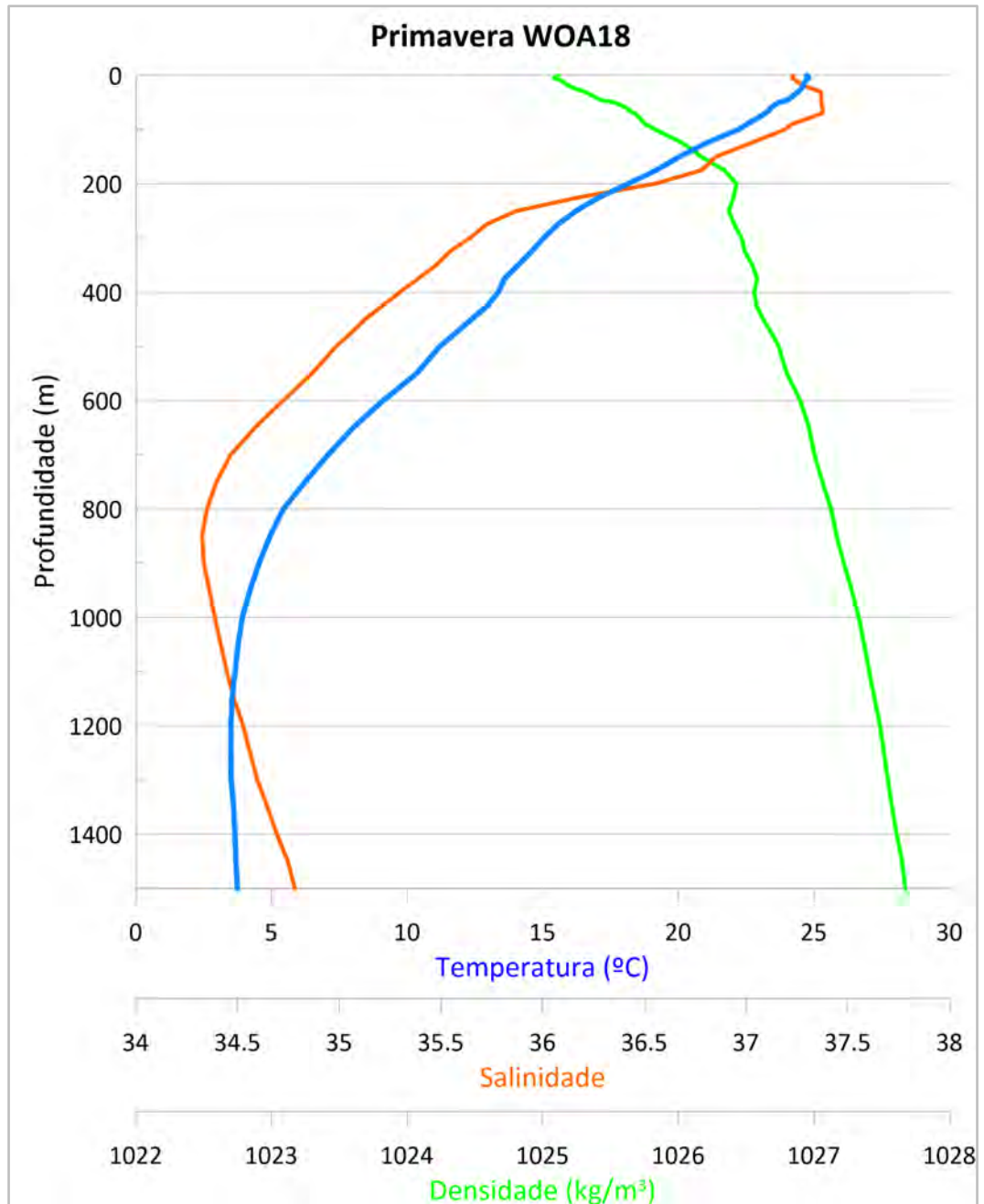


Gráfico II.5.1.1.2.2-16– Perfis verticais de temperatura (°C), salinidade e densidade (kg/m³) conforme os dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para a primavera (outubro a dezembro) no ponto de análise.

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-17** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-20** apresentam as seções verticais de temperatura e salinidade médias para cada estação do ano. As seções verticais foram produzidas com os dados compilados do WOA18, na seção transversal ilustrada na **Figura II.5.1.1.2.2-11**. Ressalta-se que não foi possível

apresentar valores mensais, uma vez que houve uma limitação na resolução dos dados, pois estes em sua distribuição mensal são disponibilizados para valores até 1500 m.

Nas camadas mais superficiais, a diferença entre as temperaturas do verão (máximo de 27,8°C) e do inverno (máximo de 22,5°C) refletem as diferenças da radiação solar na superfície, que é maior no verão, bem como a influência de águas quentes transportadas de latitudes menores. As maiores variações sazonais de temperatura na coluna d'água estão associadas a profundidade da camada de mistura, entre 100 e 200 m. Nas regiões superficiais mais afastadas da costa, os valores de salinidade superiores a 36 indicam a presença da Água Tropical e respectiva assinatura da Corrente do Brasil sobre a região do talude continental.

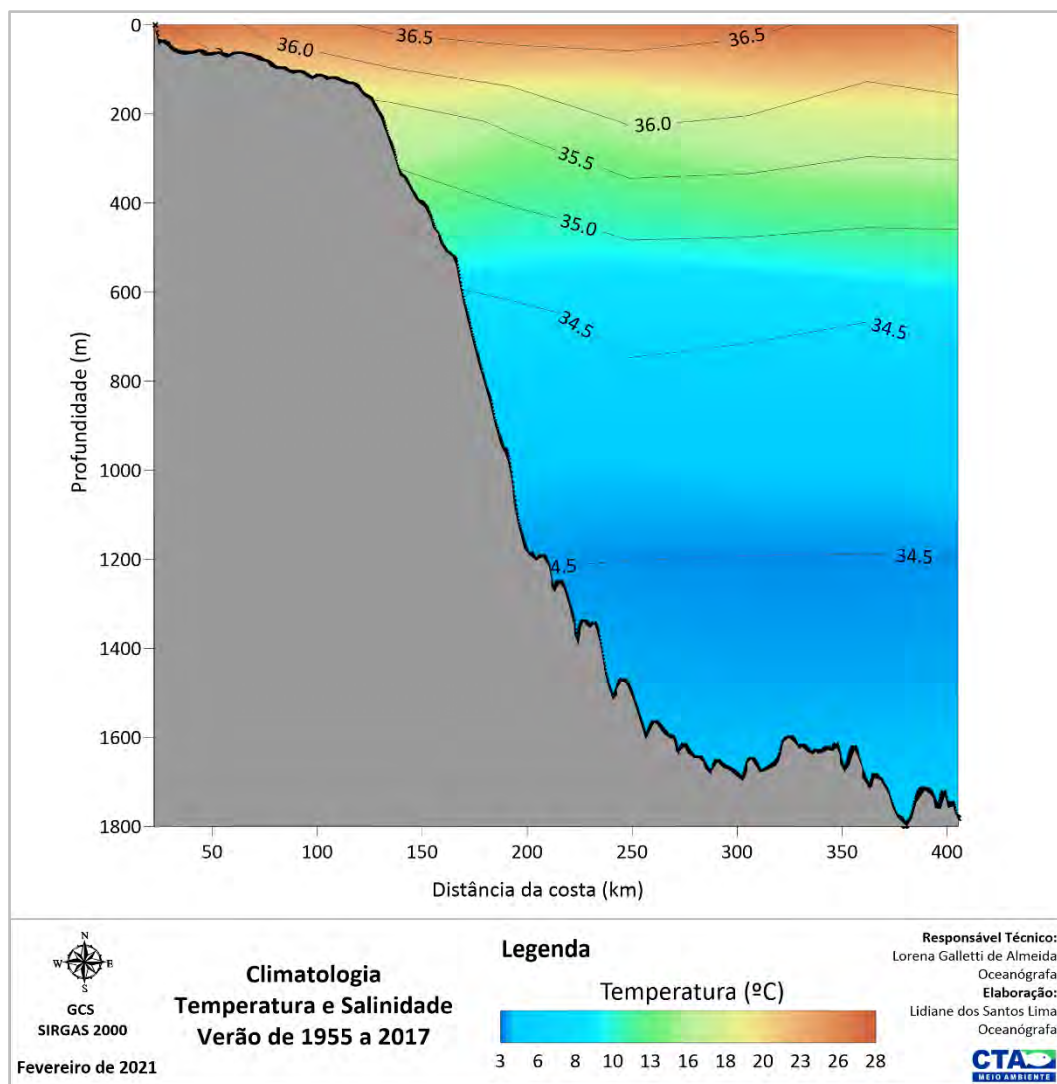


Gráfico II.5.1.1.2.2-17– Seção vertical WOA de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Os valores médios para o verão (janeiro a março) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

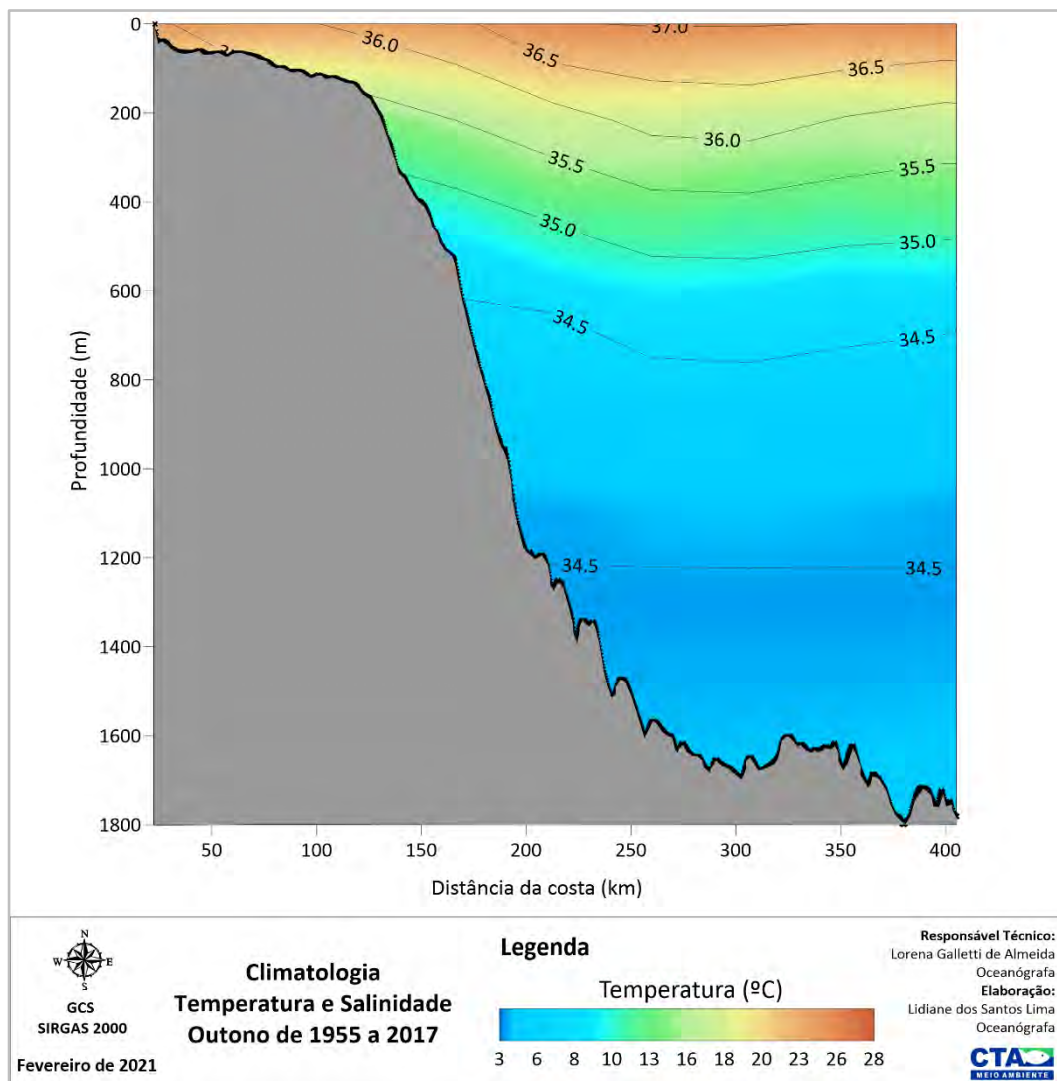


Gráfico II.5.1.1.2.2-18– Seção vertical WOA de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Os valores médios para o outono (abril a junho) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

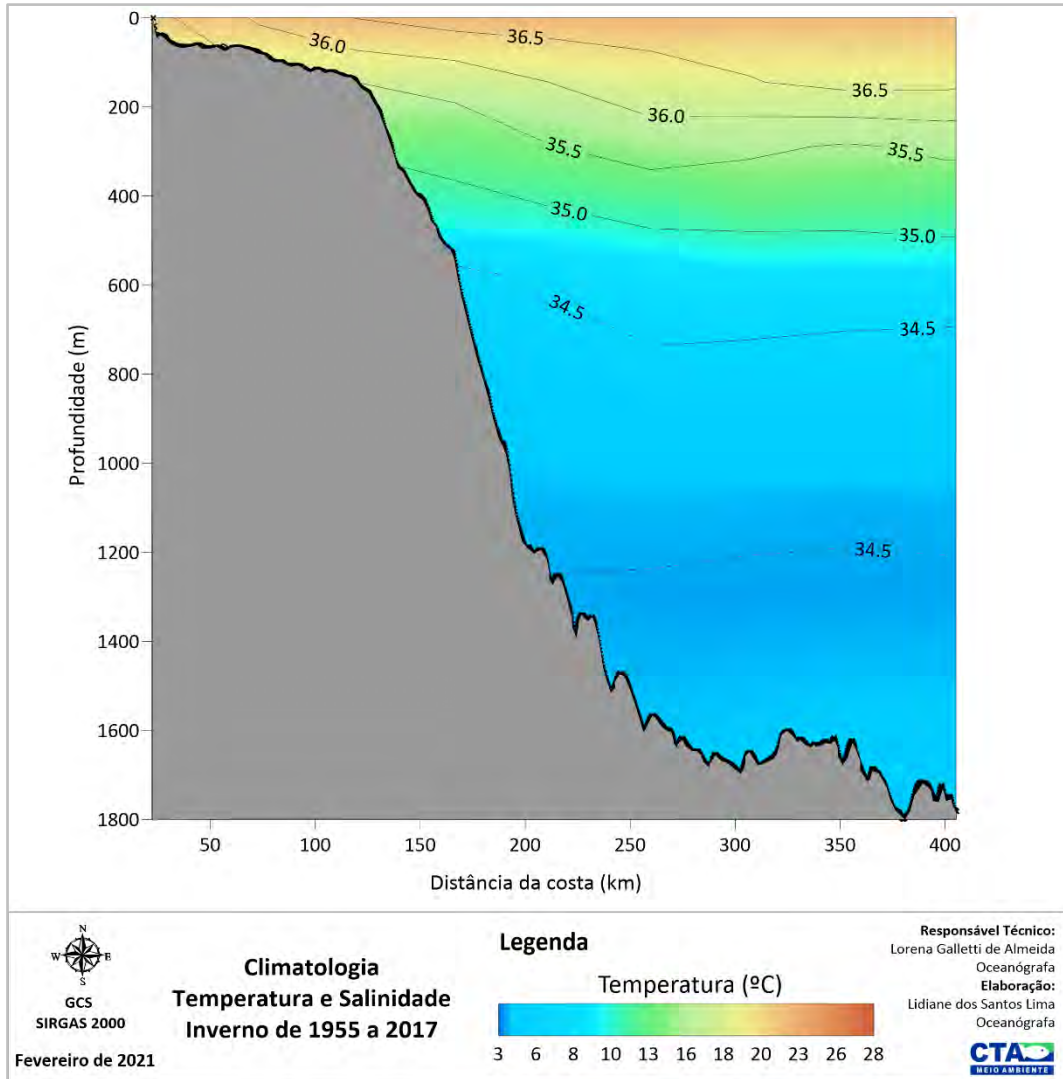


Gráfico II.5.1.1.2.2-19– Seção vertical WOA de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Os valores médios para o inverno (julho a setembro) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

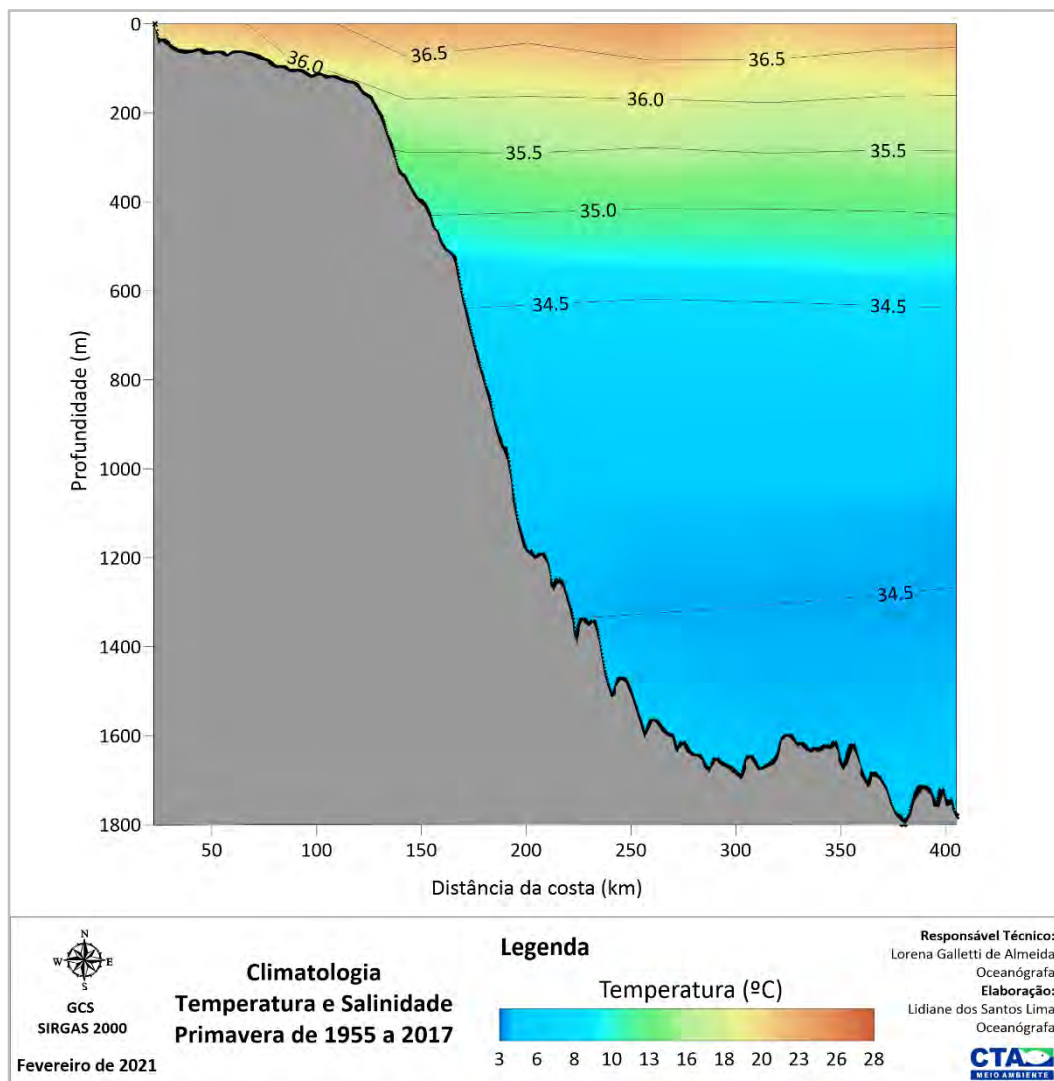


Gráfico II.5.1.1.2.2-20– Seção vertical WOA de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Os valores médios para a primavera (outubro a dezembro) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

Também foram analisados os dados das campanhas de monitoramento dos projetos da PETROBRAS realizados no período de 2010 à 2014 na Bacia de Santos (PETROBRAS, 2015 *apud* PETROBRAS/TETRATECH, 2016). No **Quadro II.5.1.1.2.2-3** são apresentados o número de perfis e o período de abrangência das coletadas de cada campanha realizada. Os dados foram extraídos de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-3– Número de perfis por campanha de monitoramento da PETROBRAS. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Campanha / Navio	Número de Perfis	Período de coleta
Campanha Tupi C4 / Seward Johnson	9	02/2013
Monitoramento do derramamento de óleo do FPWSO-DP / Seward Johnson	9	02/2012
1ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Projeto de Escoamento de Gás para Cabiúnas / Seward Johnson	1	02/2013
2ª Campanha de Monitoramento Ambiental PMA-BS / navio oceanográfico R/V Gyre	1	01/2010
1ª Campanha de Monitoramento Ambiental do Poço GH1 (fase de pré-perfuração) no bloco de Uruguá / Seward Johnson	2	01/2013
Uruguá	6	27/10/2012 a 27/07/2013
Navios GDSO	25	18/01/2014 a 07/04/2014
Sealion Amazônia	87	04/04/2011 a 04/08/2013
RSV Geograph	61	11/05/2012 a 16/12/2013
Total	201	01/2010 a 04/2014

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-21** apresenta um gráfico tipo Spaghetti da temperatura no qual consolidou-se todos os dados obtidos através de 201 perfis coletados *in situ*. Na camada superficial, a temperatura em todos os perfis variou de 21,9°C e 28,5°C, com poucas medições ultrapassando 27,6°C. A camada de mistura foi observada até a profundidade de 70 m e a termoclina, por sua vez, ocorreu desde 100 até 300 m de profundidade com temperaturas oscilando entre 25,1°C e 13,7°C (PETROBRAS, 2015 *apud* PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Em 600 m, a variação entre os perfis ainda é pronunciada (6,3°C a 11,4°C), valores estes representativos da ACAS. A partir de 1000 m de profundidade, domínio da AIA, a variação é de 3,4°C até 4,2°C e, em 2000 m de profundidade, os valores permanecem entre 3,3°C e 3,6°C.

A curva de salinidade ao longo da profundidade (**Gráfico II.5.1.1.2.2-22**) mostrou que nas profundidades superficiais os valores de salinidade foram de 35,3 a 37,3. A camada de mistura também é observada até a profundidade de 70 m e a haloclina se encontra estabelecida na faixa entre 100 m e 300 m, com salinidade entre 35,6 e 37,3 (PETROBRAS, 2015 *apud* PETROBRAS/TETRATECH, 2016). Entre 200 m e 400 m de profundidade, a salinidade varia entre 34,8 e 36,8 e em

600 m entre 34,3 e 34,9. Na profundidade de 1000 m até 1800 m, a salinidade aumenta progressivamente e ao alcançar os 2000 m se estabiliza e mantém seu valor aproximadamente constante até o fim da extensão vertical (34,7 e 34,9), característica da APAN.

No **Gráfico II.5.1.1.2.2-23** é apresentado um Diagrama T-S, no qual é possível observar na região superior da curva valores de temperatura e salinidade acima de 20°C e 36, respectivamente, indicando a presença da AT. Os pontos observados que escapam do domínio da AT foram classificados como mistura, apresentando baixa temperatura e salinidade. A ACAS pode ser identificada em quase toda extensão linear da curva TS e engloba a termoclina e a haloclina. O início da inflexão da curva é característica da AIA, com baixa salinidade e temperatura ligeiramente superior a 4°C. Na porção final, o diagrama apresenta um leve aumento de salinidade, marcando a presença da APAN (PETROBRAS, 2015 *apud* PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

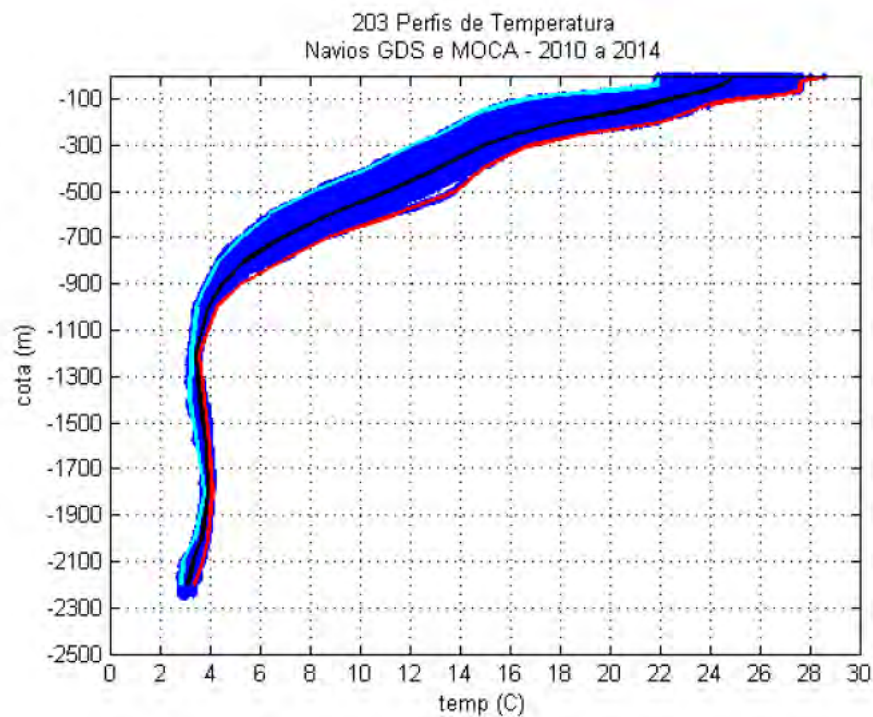


Gráfico II.5.1.1.2.2-21– Perfis de temperatura versus profundidade do conjunto de dados. A linha azul representa o mínimo, a linha vermelha o máximo e a preta a média do conjunto. Fonte: PETROBRAS (2015), extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

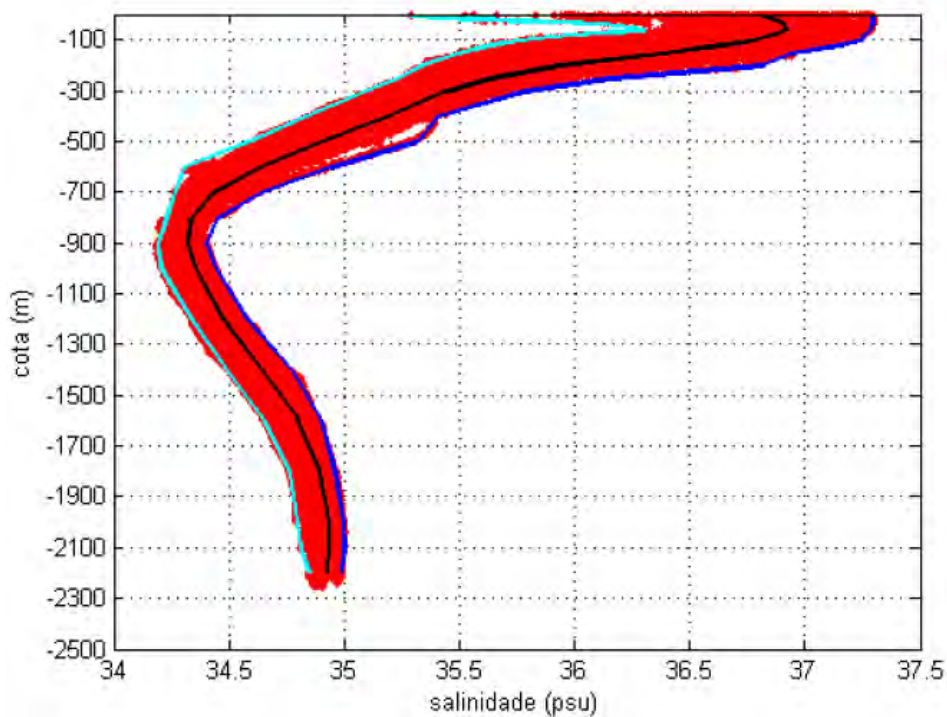


Gráfico II.5.1.1.2.2-22– Perfis de salinidade versus profundidade do conjunto de dados. A linha azul ciano representa o mínimo, a linha azul o máximo e a preta a média do conjunto. Fonte: PETROBRAS (2015), extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

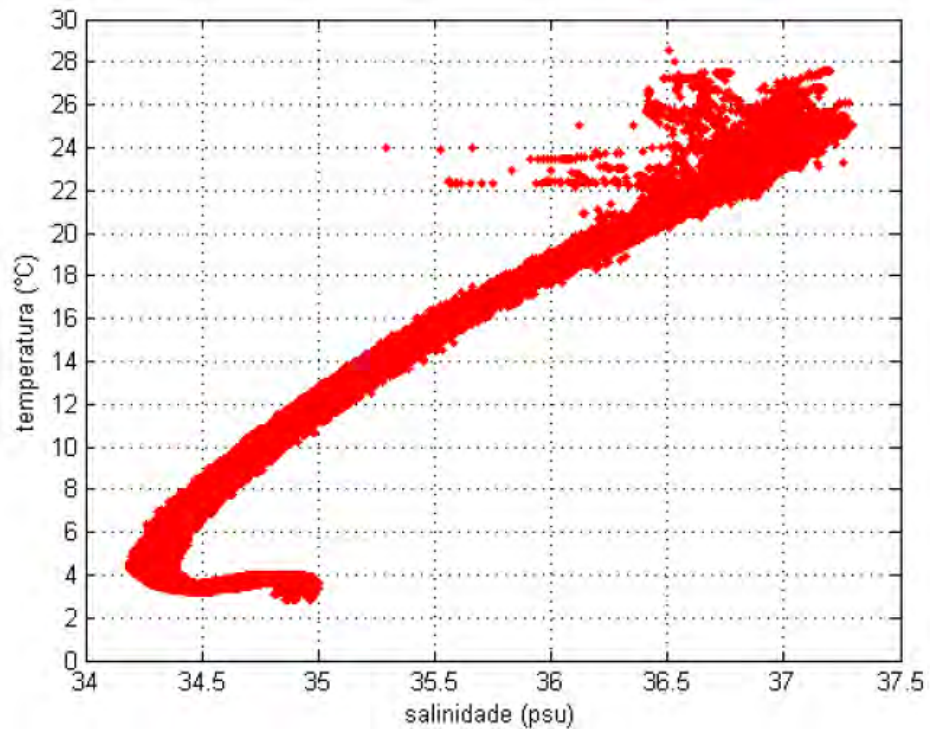


Gráfico II.5.1.1.2.2-23– Diagrama T-S do conjunto de dados coletados por CTD nos projetos de monitoramento da PETROBRAS, Bacia de Santos. Fonte: PETROBRAS (2015), extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Complementarmente é apresentada uma descrição dos principais resultados encontrados por AMOR (2004) que analisou uma grande quantidade de dados de temperatura e salinidade coletados em cruzeiros oceanográficos realizados na plataforma continental sudeste, desde a Ilha de São Sebastião (SP) até o Cabo de São Tomé (RJ) e, portanto, aplicáveis a esta caracterização. A **Figura II.5.1.1.2.2-165** apresenta as seções perpendiculares à costa onde foram realizadas as coletas de dados.

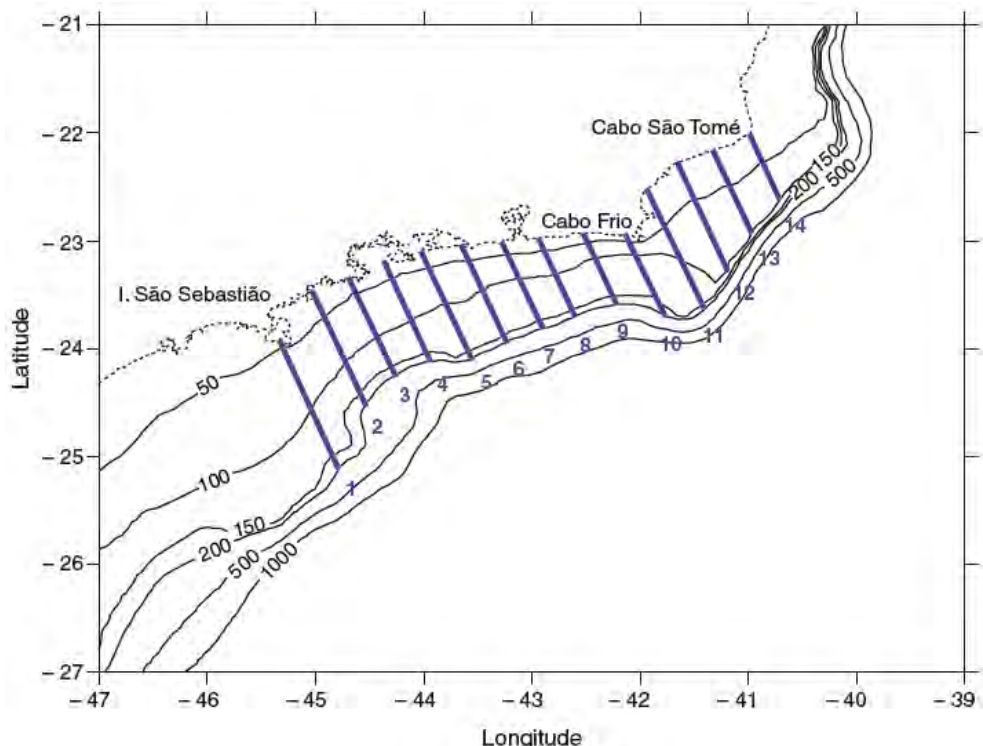


Figura II.5.1.1.2.2-165- Posição das seções verticais utilizadas por AMOR (2004). Extraído de CASTRO-FILHO et al. (2015).

Na **Figura II.5.1.1.2.2-166** é ilustrada a climatologia de temperatura entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé (RJ). Na superfície (**Figura II.5.1.1.2.2-166a**), as temperaturas médias de verão ficam entre 21°C e 25°C, e os menores valores na região mais costeira de Cabo Frio e suas imediações nordeste, refletem a influência intermitente da ressurgência costeira. No inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-166b**), os maiores valores de temperatura superficial aparecem nas proximidades da quebra da plataforma continental, indicando a presença da AT da CB, e os menores valores, novamente, concentram-se em torno de Cabo Frio. Na camada de fundo, as temperaturas climatológicas mostram valores entre 16°C e 20°C no verão (**Figura II.5.1.1.2.2-166c**) e neste mesmo nível durante o inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-166d**), a área ocupada pelas águas mais quentes é maior, com máximos de até 22°C.

Com relação à salinidade, durante o verão, as salinidades médias superficiais superiores a 36 indicam a presença da AT da CB na porção mais externa da plataforma continental (**Figura II.5.1.1.2.2-167a**). Salinidades inferiores a 35 são observadas na região mais interna da plataforma continental na porção mais ao sul

da área estudada. A posição da isoalina superficial média de 36 pouco muda do verão para o inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-167b**), continuando situada ao largo próxima a quebra da plataforma continental. Próximo ao fundo, as salinidades médias durante o verão (**Figura II.5.1.1.2.2-167c**) aumentam ao longo da costa da parte sul em direção à parte mais ao norte. No inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-167d**) observa-se o mesmo padrão do verão, entretanto durante esta estação, a área localizada a nordeste é ocupada por águas com salinidades superiores ao verão.

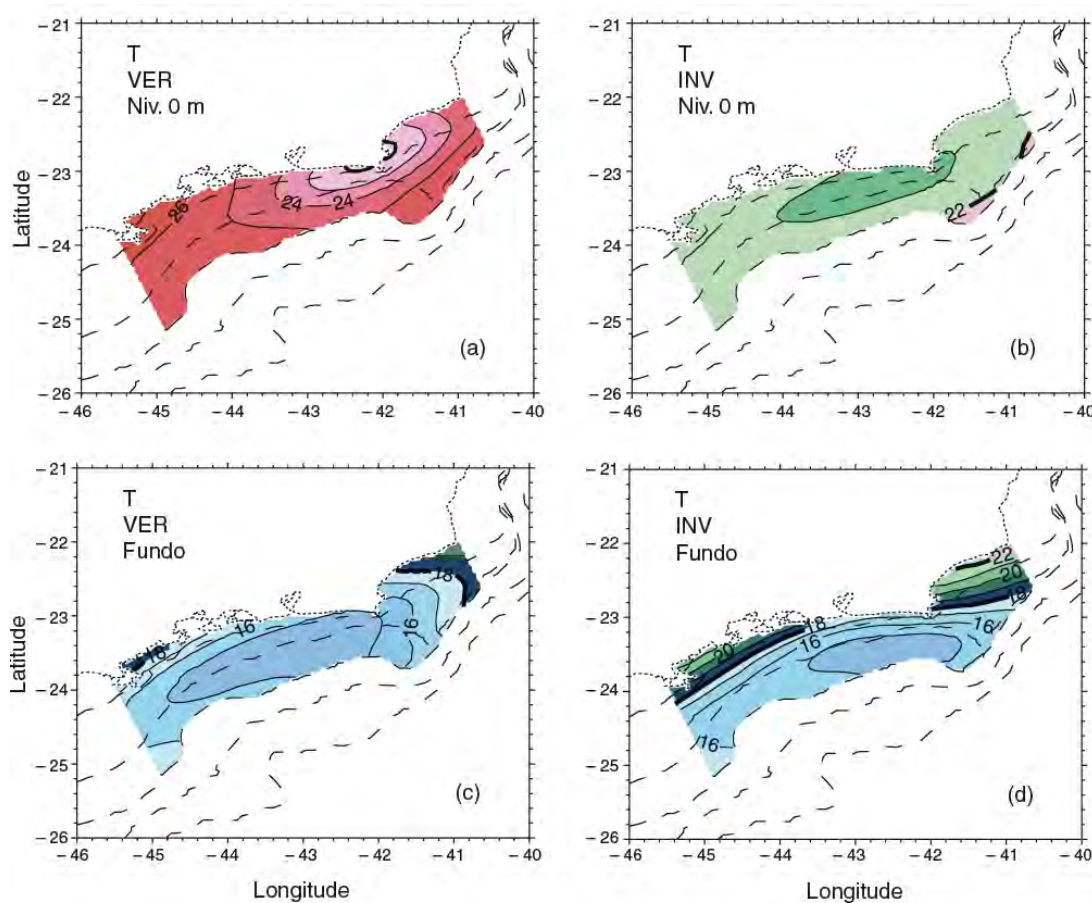


Figura II.5.1.1.2.2-166- Climatologia de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) na plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé (RJ). Superfície: verão (A) e inverno (B); Fundo: verão (C) e inverno (D). Isotermas desenhadas com intervalo de 1°C . Isóbatas de 50, 100, 200, 500 e 1.000 m são mostradas em linhas tracejadas. Extraído de CASTRO-FILHO et al. (2015), adaptado de AMOR (2004).

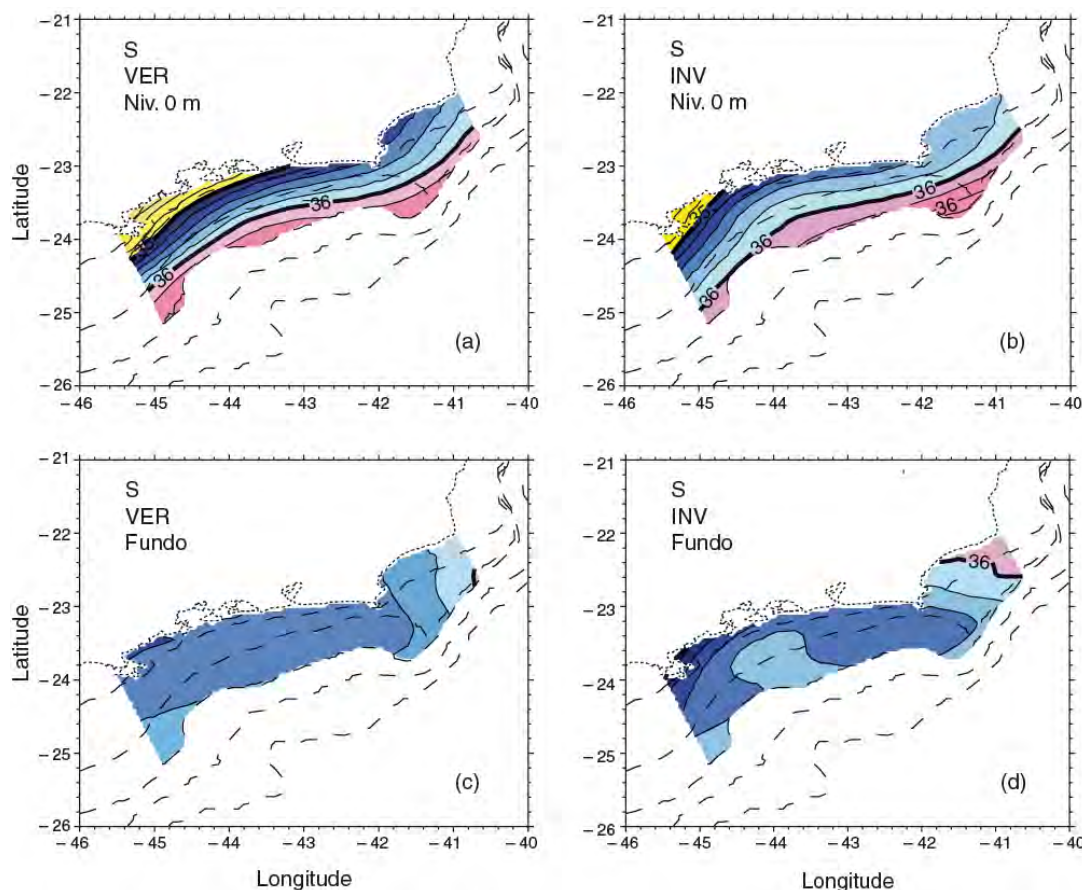


Figura II.5.1.1.2.2-167- Climatologia de salinidade na plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé (RJ). Superfície: verão (A) e inverno (B); Fundo: verão (C) e inverno (D). Isotermas desenhadas com intervalo de 1°C. Isóbatas de 50, 100, 200, 500 e 1.000 m são mostradas em linhas tracejadas. Extraído de CASTRO-FILHO et al. (2015), adaptado de AMOR (2004).

B. Massas d'água

Conforme abordado anteriormente (item II.5.1.1.2.1 – Caracterização dos fenômenos de macroescala), nos limites fisiográficos da Bacia de Santos, desde o talude até o sopé, a estrutura termohalina é definida pela mistura de quatro massas de água principais (SILVEIRA et al., 2000): Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) cuja descrição em termos de seus padrões e características em escala de bacia oceânica foram apresentadas em detalhes no referido item.

Para a classificação termohalina das massas d'água foram utilizados os seguintes índices referentes ao núcleo das mesmas:

- Água Tropical (AT): $T = 24^{\circ}\text{C}$ e $S = 37$ (CASTRO-FILHO *et al.*, 1987);
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS): $T = 13^{\circ}\text{C}$ e $S = 35,4$ (CASTRO FILHO *et al.*, 1987);
- Água Intermediária da Antártica (AIA): $3^{\circ}\text{C} < T < 6^{\circ}\text{C}$ e $34,2 < S < 34,6$ (STRAMMA e ENGLAND, 1999);
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN): $3^{\circ}\text{C} < T < 4^{\circ}\text{C}$ e $34,6 < S < 35$ (STRAMMA e ENGLAND, 1999).

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-24** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-27** ilustram as seções médias sazonais de densidade com identificação das massas d'água, para a mesma seção transversal do WOA apresentada na **Figura II.5.1.1.2.2-11**. Mais uma vez, não foi possível apresentar valores mensais devido à limitação na resolução dos dados provenientes do WOA18.

A partir de sua análise, observa-se que as variações sazonais de densidade seguiram os padrões das variações de temperatura nas camadas superficiais e, nas camadas profundas, seguiram os padrões de salinidade. Os máximos de temperatura na superfície ocorreram no verão, período em que foram verificados os menores valores de densidade na camada superficial ($\sim 1025 \text{ kg/m}^3$).

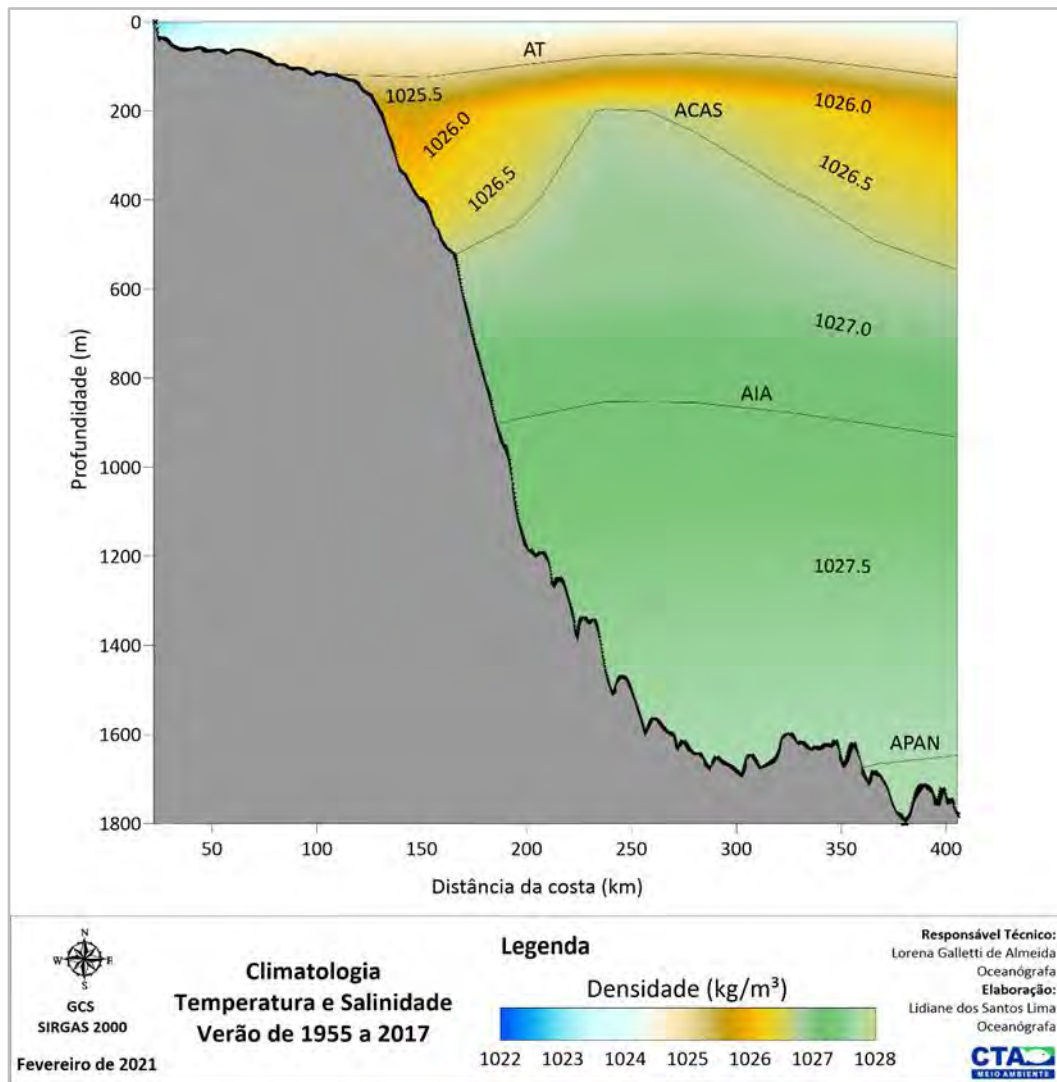


Gráfico II.5.1.1.2.2-24– Seção vertical WOA de densidade (kg/m^3), os contornos indicam os núcleos das massas d'água. Os valores médios para o verão (janeiro a março) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

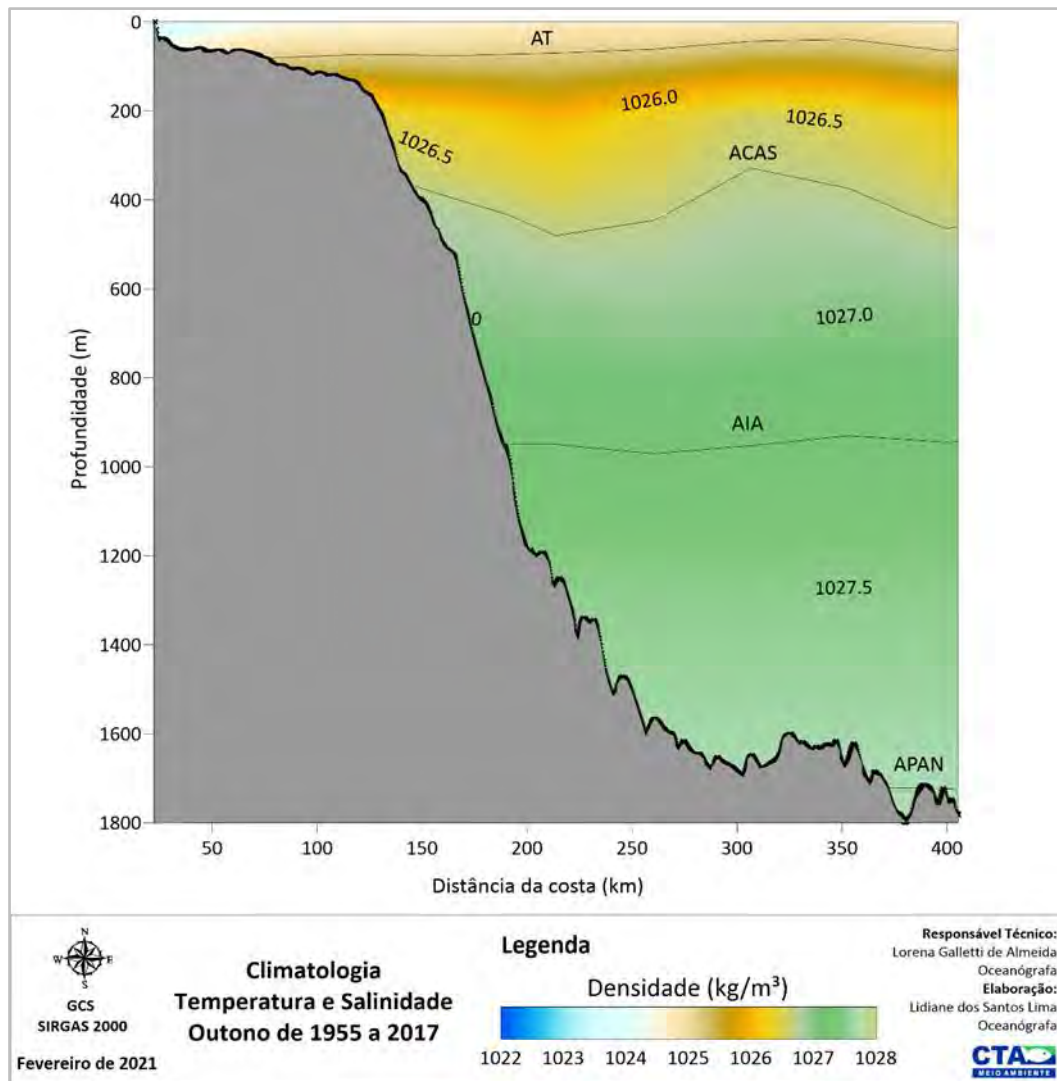


Gráfico II.5.1.1.2.2-25– Seção vertical WOA de densidade (kg/m³), os contornos indicam os núcleos das massas d’água. Os valores médios para o outono (abril a junho) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

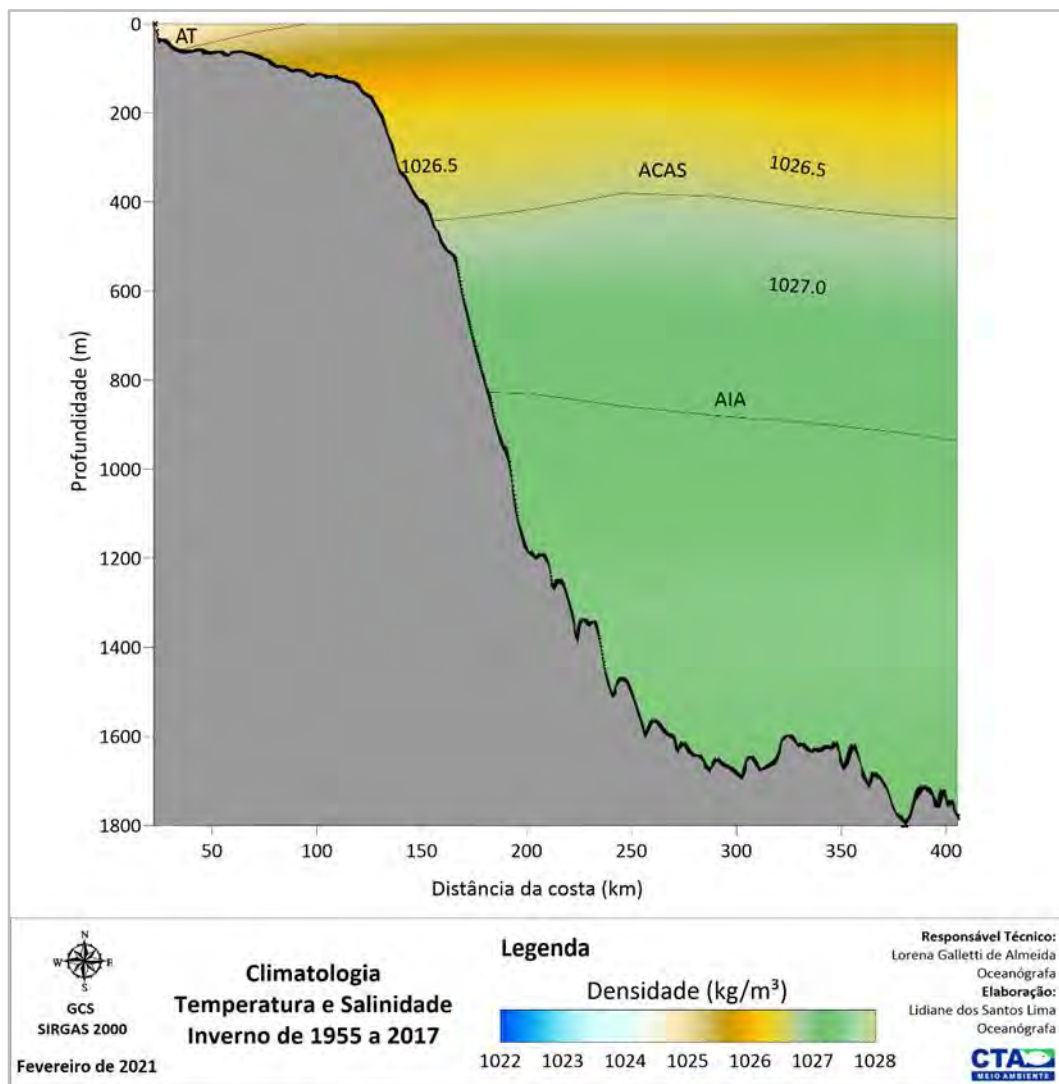


Gráfico II.5.1.1.2.2-26– Seção vertical WOA de densidade (kg/m³), os contornos indicam os núcleos das massas d’água. Os valores médios para o inverno (julho a setembro) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

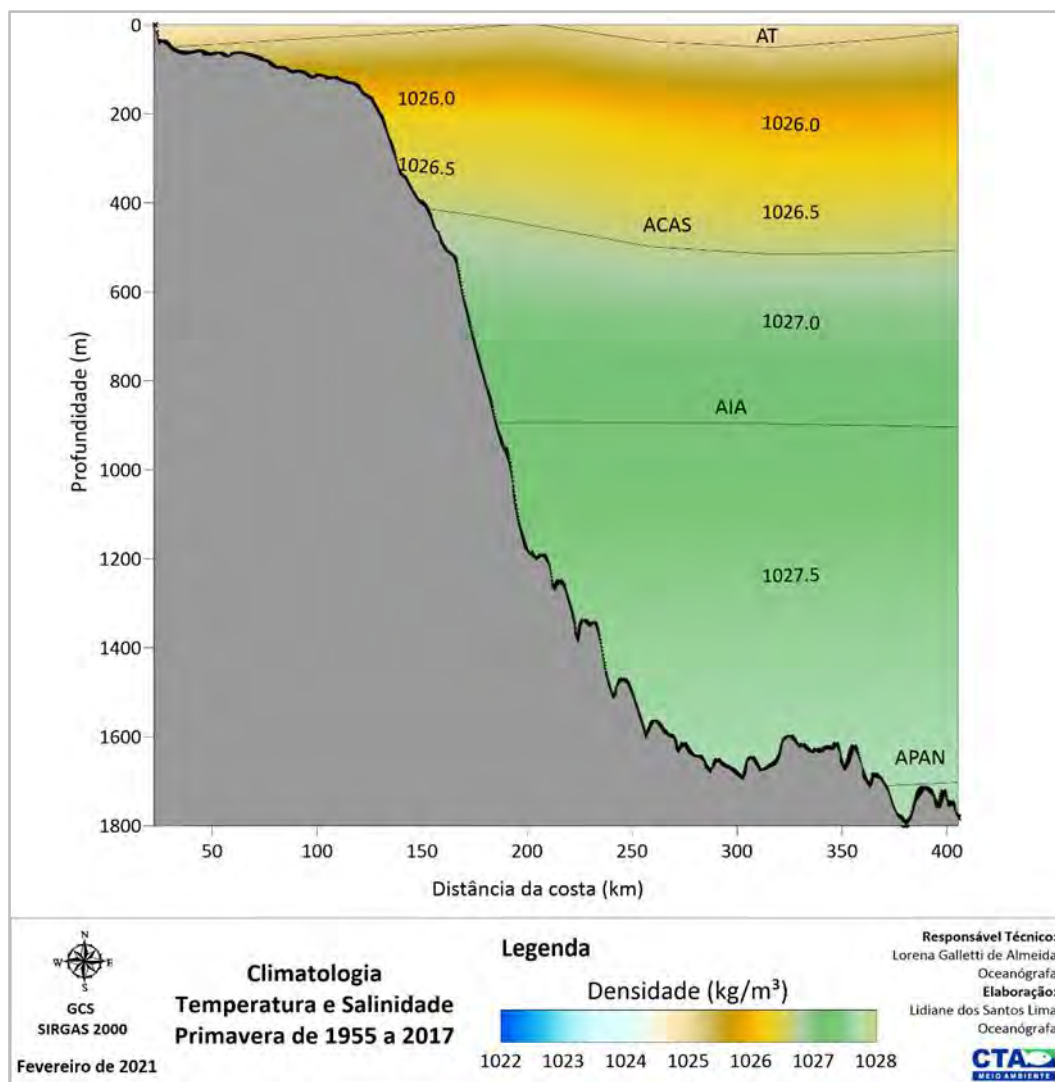


Gráfico II.5.1.1.2.2-27– Seção vertical WOA de densidade (kg/m^3), os contornos indicam os núcleos das massas d'água. Os valores médios para a primavera (outubro a dezembro) foram obtidos a partir de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017.

O Gráfico II.5.1.1.2.2-28 ao Gráfico II.5.1.1.2.2-31 apresenta os diagramas T-S mensais e sazonais, obtidos do conjunto de dados do WOA18, identificando a presença das principais massas de água da região. A análise das médias climatológicas para o ponto analisado mostrou a presença de todas as massas de água características da região oceânica da costa sudeste brasileira (AT, ACAS, AIA e APAN) ao longo das estações do ano.

Observa-se que a água de mistura, embora presente nos dados, não ocorre de forma representativa na região. Nota-se também que em algumas observações, a

AT pode ser encontrada em regiões entre 100 e 400 metros, devido aos processos que alteram a estratificação da coluna d'água e a profundidade da camada de mistura, como a presença de vórtices.

Durante o verão e o outono, a estratificação da coluna d'água nos primeiros 100 metros é mais intensa do que no inverno e na primavera. A distribuição das massas d'água não apresenta diferenças significativas entre as duas estações analisadas. Em todas as estações a AT é encontrada entre aproximadamente 0 e 100 m; a ACAS entre 100 e 550 m; A AIA ocupa a camada entre aproximadamente 550 e 1100m, e abaixo deste nível está a APAN.

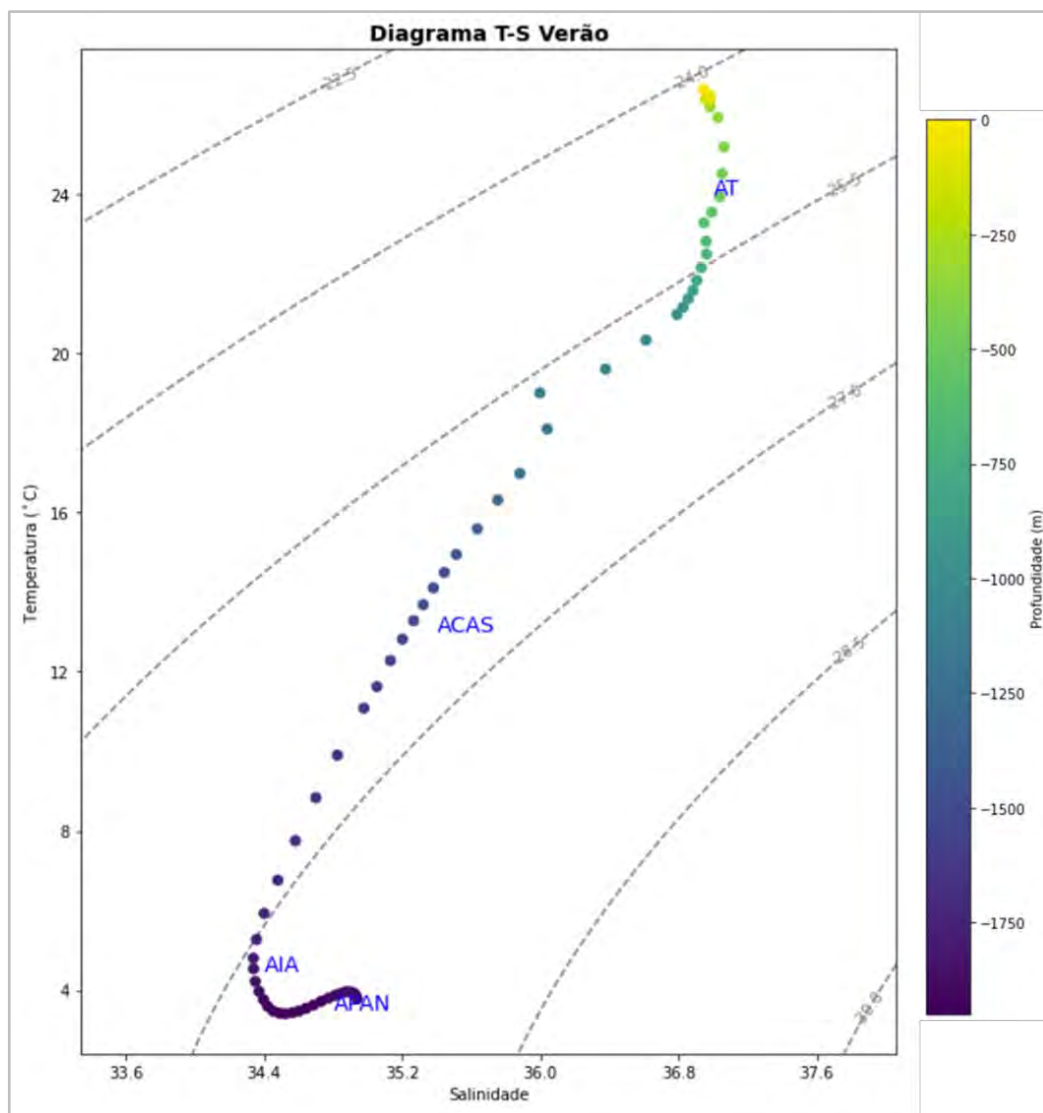


Gráfico II.5.1.1.2.2-28– Diagrama T-S obtido conforme conjunto de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o verão (janeiro a março) no ponto de análise.

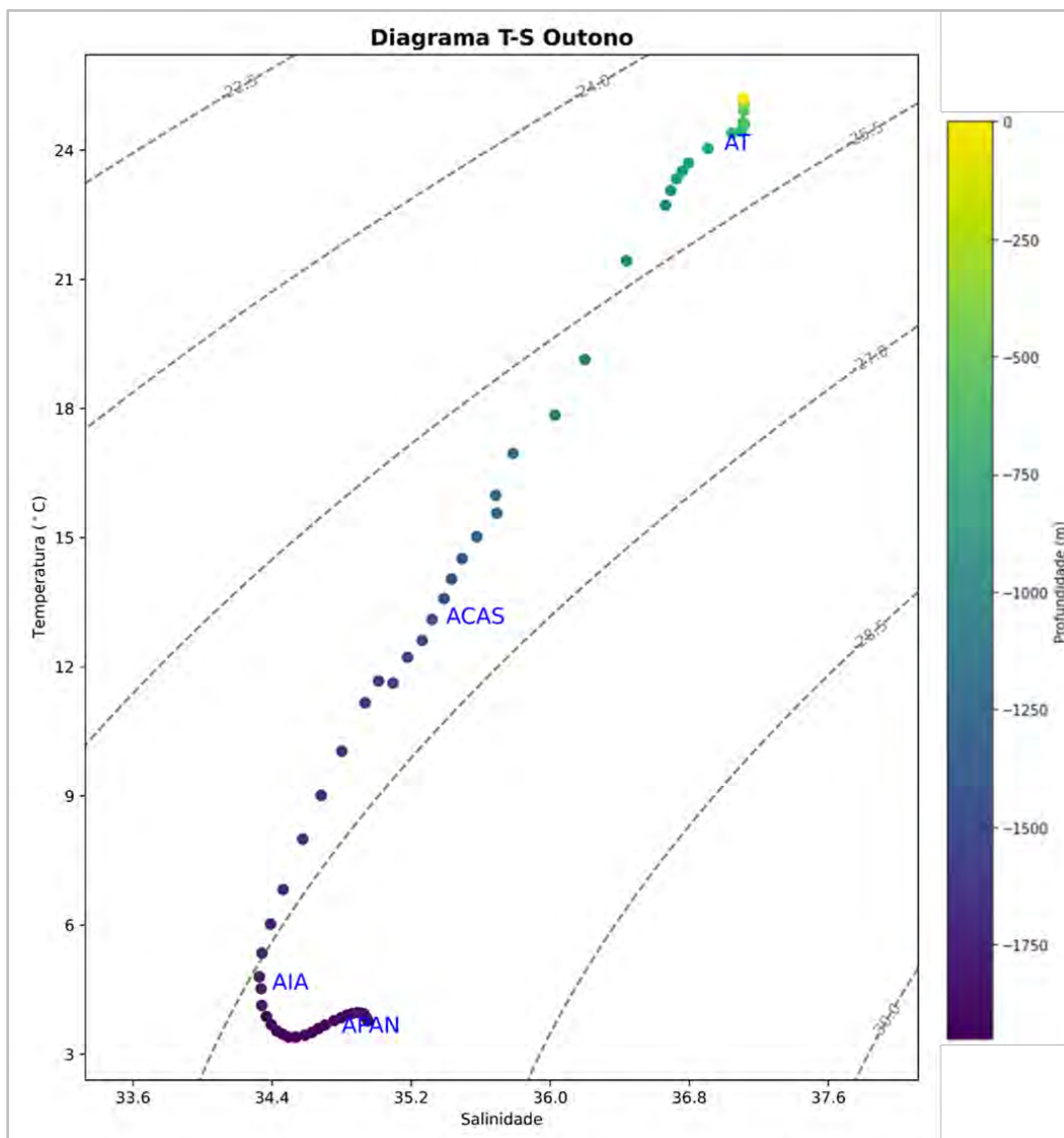


Gráfico II.5.1.1.2.2-29– Diagrama T-S obtido conforme conjunto de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o outono (abril a junho) no ponto de análise.

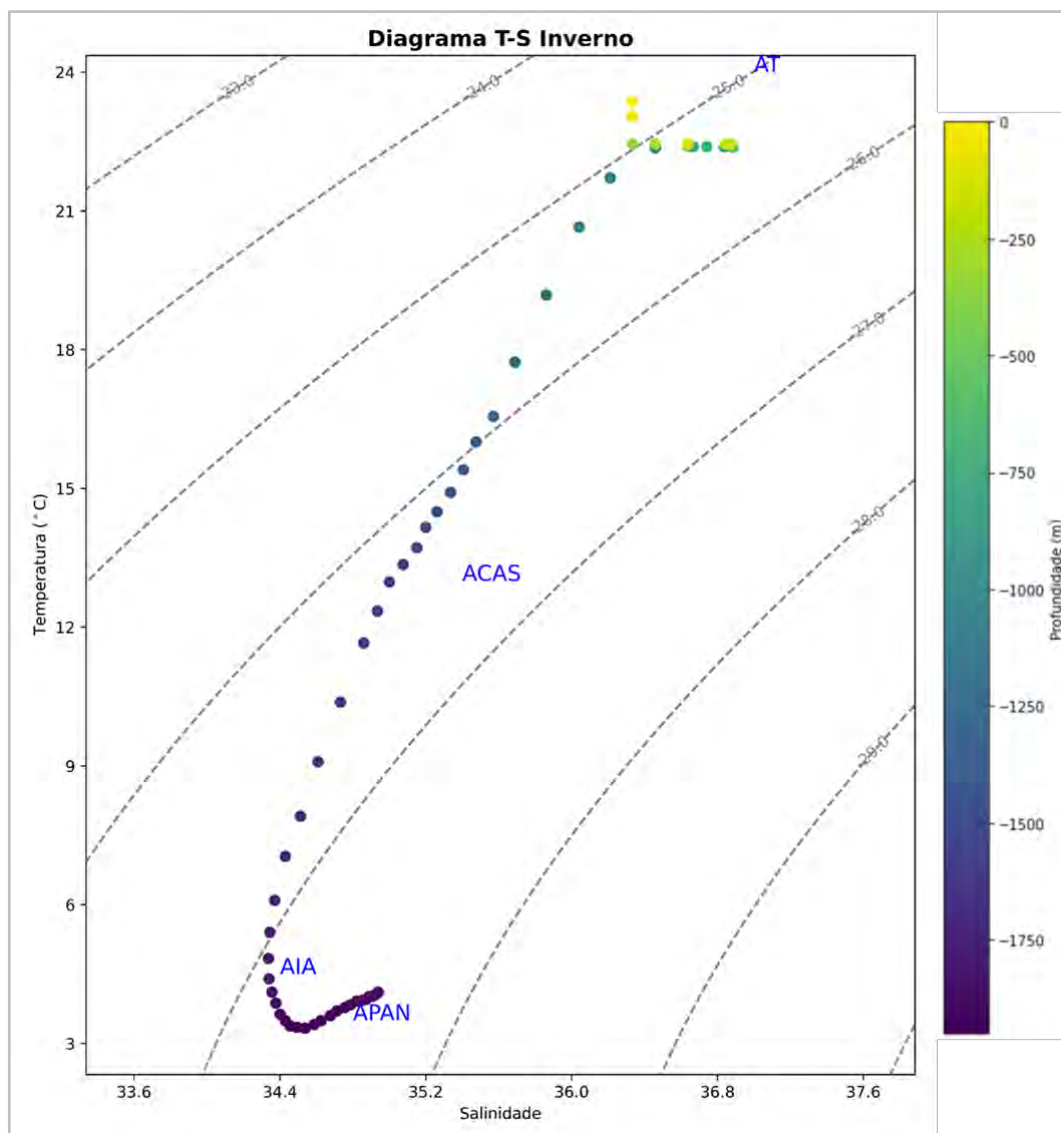


Gráfico II.5.1.1.2.2-30– Diagrama T-S obtido conforme conjunto de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para o inverno (julho a setembro) no ponto de análise.

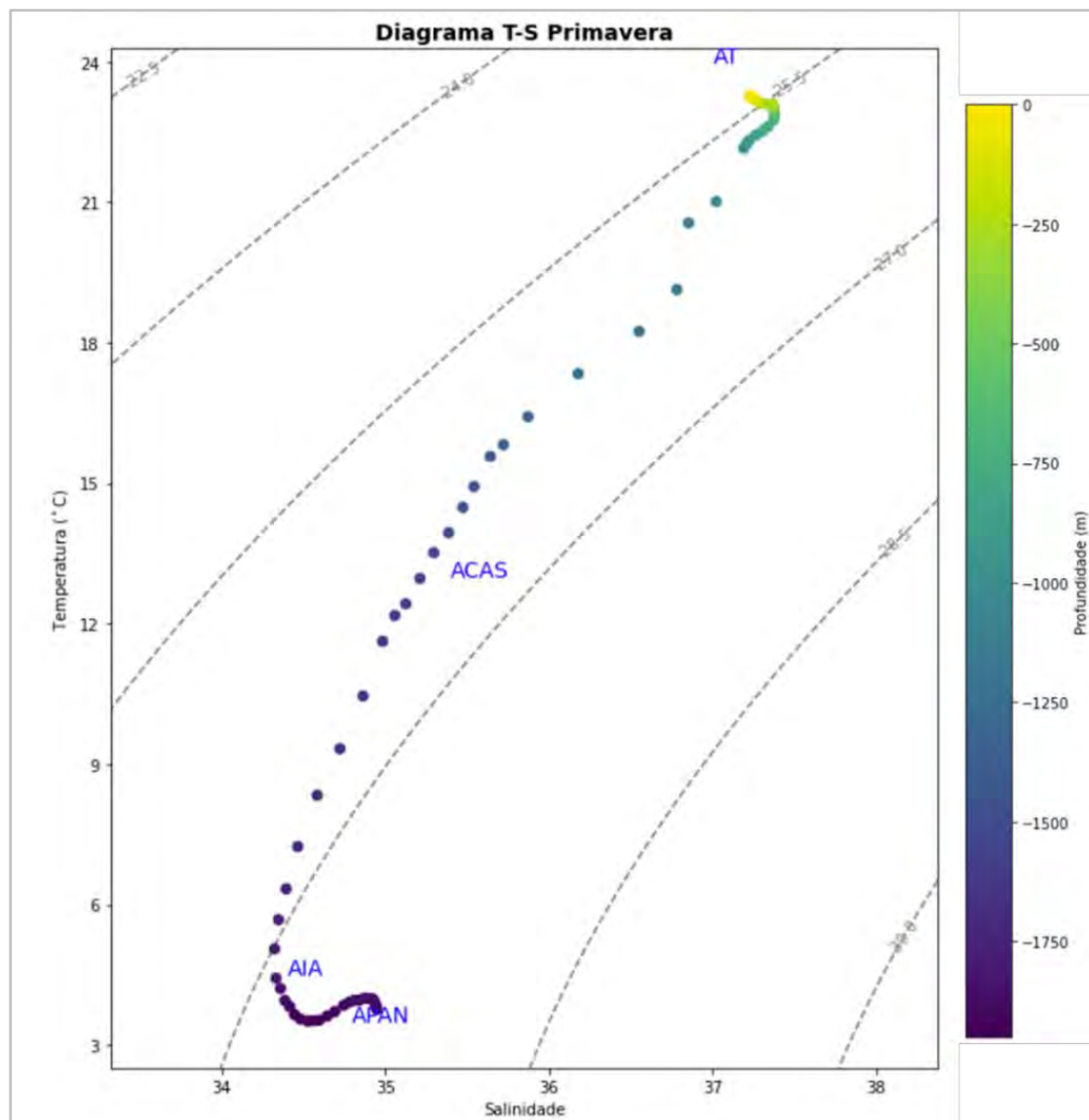


Gráfico II.5.1.1.2.2-31– Diagrama T-S obtido conforme conjunto de dados do WOA18 no período de 1955 a 2017 para a primavera (outubro a dezembro) no ponto de análise.

De forma complementar, a análise climatológica de massas de água realizada por AMOR (2004) na plataforma continental sudeste, desde a Ilha de São Sebastião (SP) até o Cabo de São Tomé (RJ) (**Figura II.5.1.1.2.2-165**), mostrou que durante o verão (**Figura II.5.1.1.2.2-168a**), ocorre o predomínio de AC em superfície na porção mais ao norte e da AT na porção mais externa e sul. A ACAS não aparece nessa climatologia superficial, devido à intermitência do processo de ressurgência costeira. No inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-168b**), ainda próximo a superfície, a presença da AC limita-se aos extremos norte e sul da área analisada. A AT aparece

nesta estação do ano ao longo de toda parte mais externa da plataforma continental. Próximo ao fundo, durante o verão (**Figura II.5.1.1.2.2-168c**), há total predomínio da ACAS na parte sul, com redução em direção ao norte. No inverno (**Figura II.5.1.1.2.2-168d**), por outro lado, próximo ao fundo, a ACAS ocupa a maior parte da área mais externa da plataforma continental, enquanto que no extremo sul e norte a AC e a AT, ocupam, respectivamente, a banda costeira.

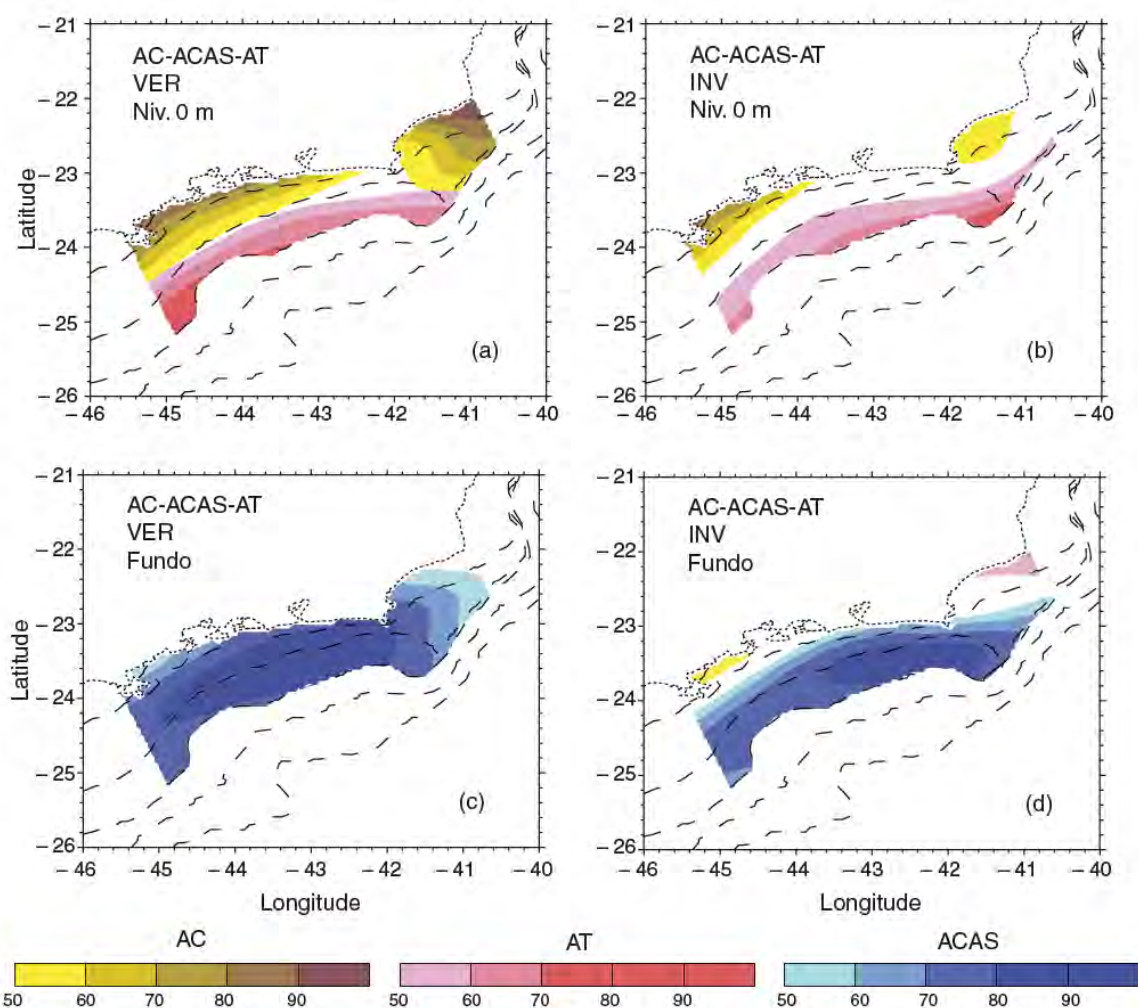


Figura II.5.1.1.2.2-168- Climatologia do percentual de ocorrência de massas d'água na plataforma continental entre a Ilha de São Sebastião (SP) e o Cabo de São Tomé (RJ). Superfície: verão (A) e inverno (B); Fundo: verão (C) e inverno (D). Isóbatas de 50, 100, 200, 500 e 1.000 m são mostradas em linhas tracejadas. AC é Água Costeira (índice termohalino: 26°C, 34,2, verão; 22°C, 34,5, inverno), AT é Água Tropical (índice termohalino: 24°C, 37) e ACAS é Água Central do Atlântico Sul (índice termohalino: 13°C, 35,2). Extraído de CASTRO-FILHO et al. (2015), adaptado de AMOR (2004).

C. Correntes

Derivadores GDP/NOAA

Com o objetivo de ilustrar as correntes superficiais optou-se por utilizar os derivadores descritos por LAURINDO *et al.* (2017). O *Global Drifter Program* (GDP) é o principal subprograma do *Global Surface Drifting Buoy Array*, que é uma subárea do *Global Ocean Observing System* (GOOS) da NOAA e um projeto científico do Painel de Cooperação de Boias de Dados (DBCP).

O principal objetivo do referido programa é manter uma matriz global de 5x5 graus de boias de deriva de superfície rastreadas por satélite (atualmente 1.487 boias) para atender à necessidade de um conjunto preciso e global de observações *in situ* de correntes na camada de mistura, temperatura superficial, pressão atmosférica, ventos e salinidade. O outro objetivo do programa consiste em fornecer um sistema de processamento de dados para uso científico dos dados registrados.

Com base nos dados adquiridos do referido programa foi viável reproduzir os campos de corrente superficial com os dados advindos da observação da circulação registrada por uma série de boias de deriva rastreadas por satélite conforme ilustrado na **Figura II.5.1.1.2.2-169**.

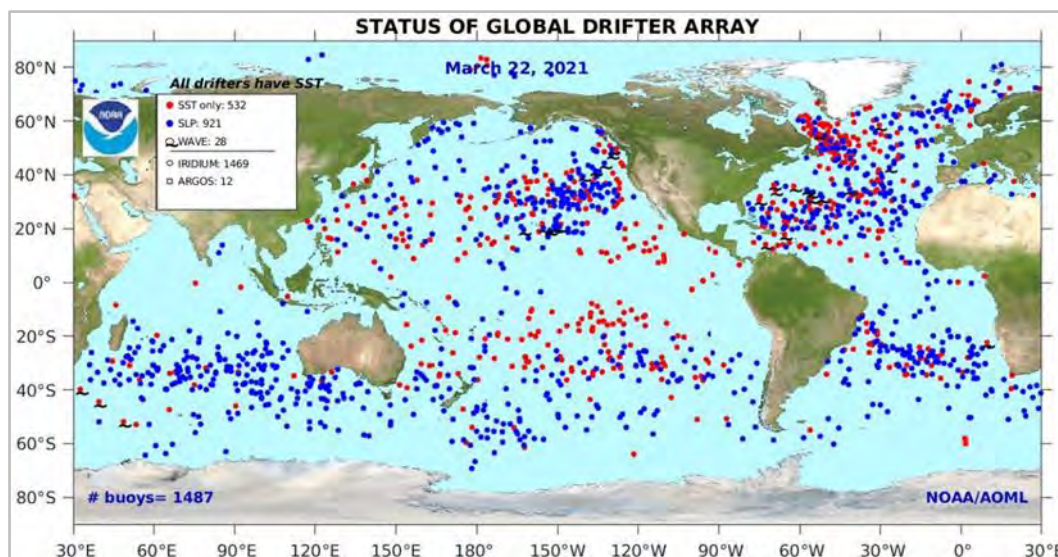


Figura II.5.1.1.2.2-169– Ilustração do status da distribuição da população de derivadores mantidos pelo programa da NOAA. Atualmente, ao todo são 1.487 derivadores. Fonte: NOAA⁹.

Da **Figura II.5.1.1.2.2-170** a **Figura II.5.1.1.2.2-185** são apresentados os comportamentos mensais e sazonais da média climatológica referente a circulação superficial para a região de interesse. Nas figuras citadas é possível observar a predominância das correntes em direção a sul-sudoeste evidenciando a presença da Corrente do Brasil (CB). Conforme descrito por SILVEIRA *et al.* (2000), a maior intensidade da CB ocorre no verão, associada ao ciclo sazonal atmosférico, bem como à direção e intensidade dos ventos no período. Cabe destacar que a CB apresenta sua trajetória predominante para sul seguindo a quebra da plataforma continental no decorrer de todo o período anual. Podem ser observados vórtices nos campos de velocidade média sazonal nos períodos de outono e primavera, sendo fenômeno comumente associado à CB e seu processo de instabilidade na costa sudeste brasileira (CAMPOS *et al.*, 1995).

⁹ <https://www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/>

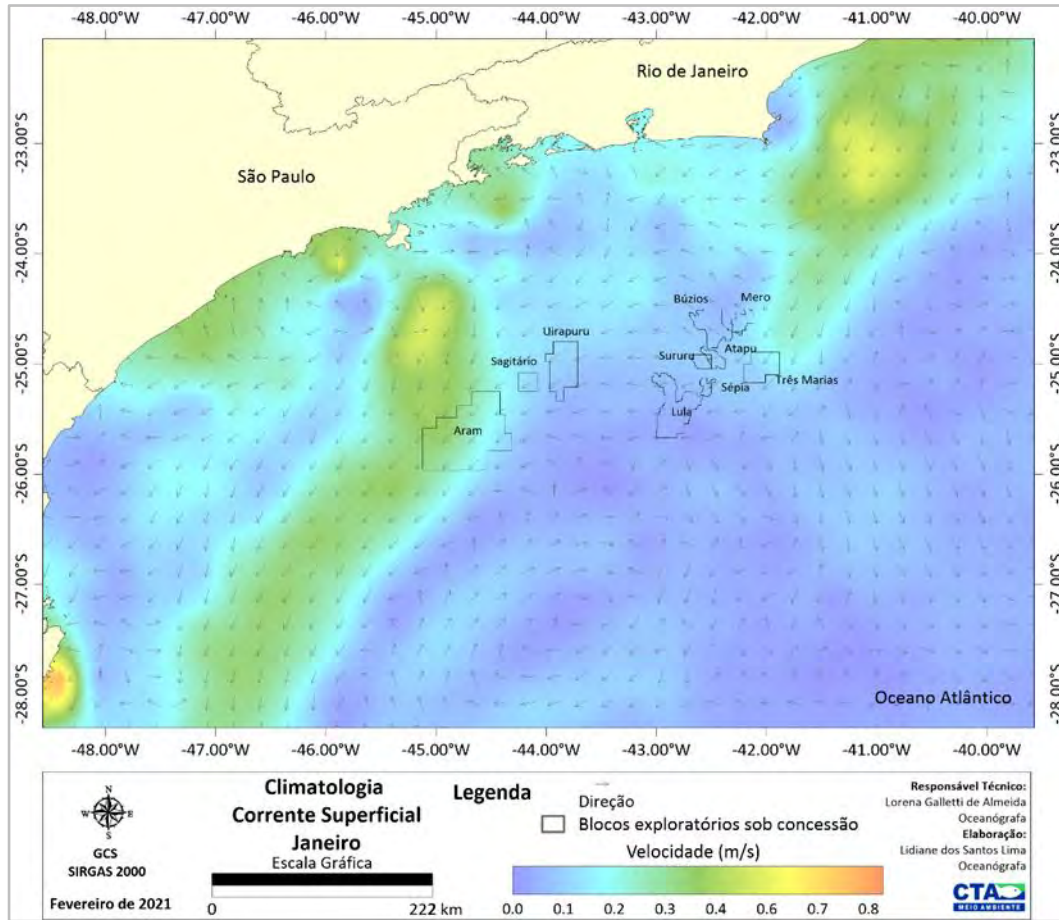


Figura II.5.1.1.2.2-170– Circulação próxima à superfície para janeiro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

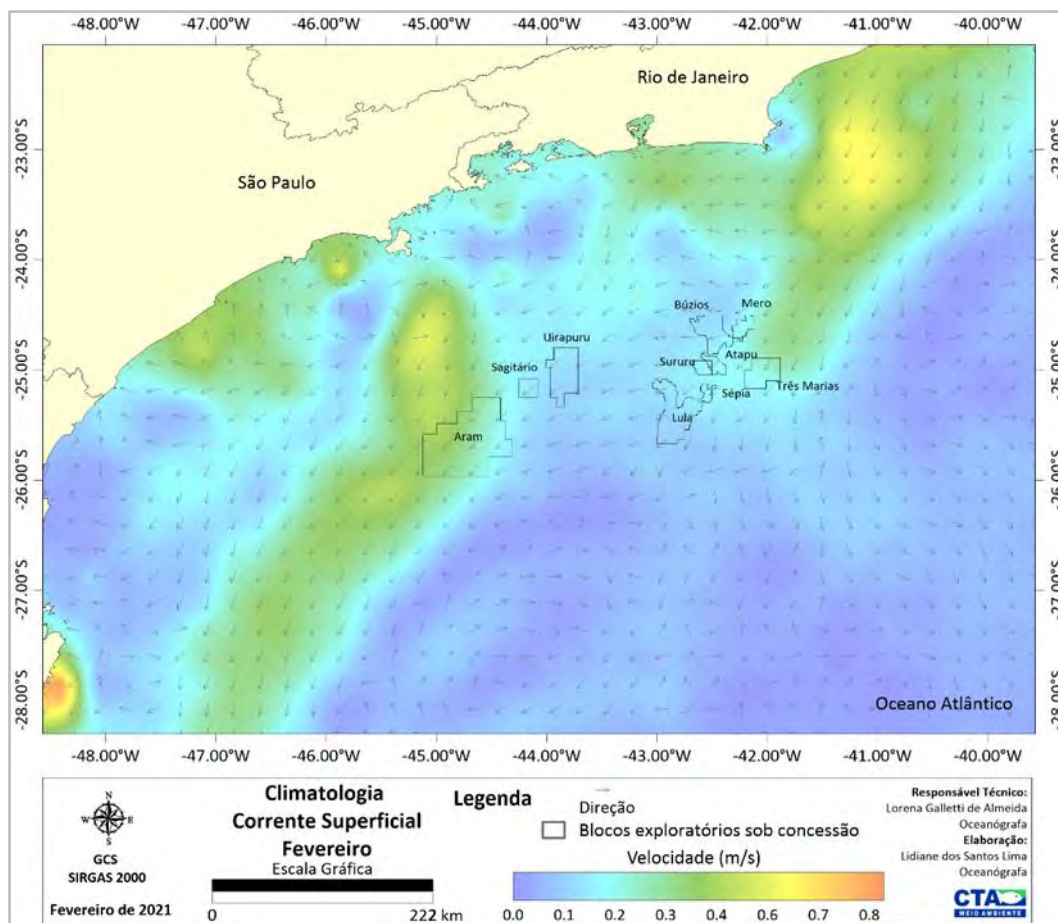


Figura II.5.1.1.2.2-171 – Circulação próxima à superfície para fevereiro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

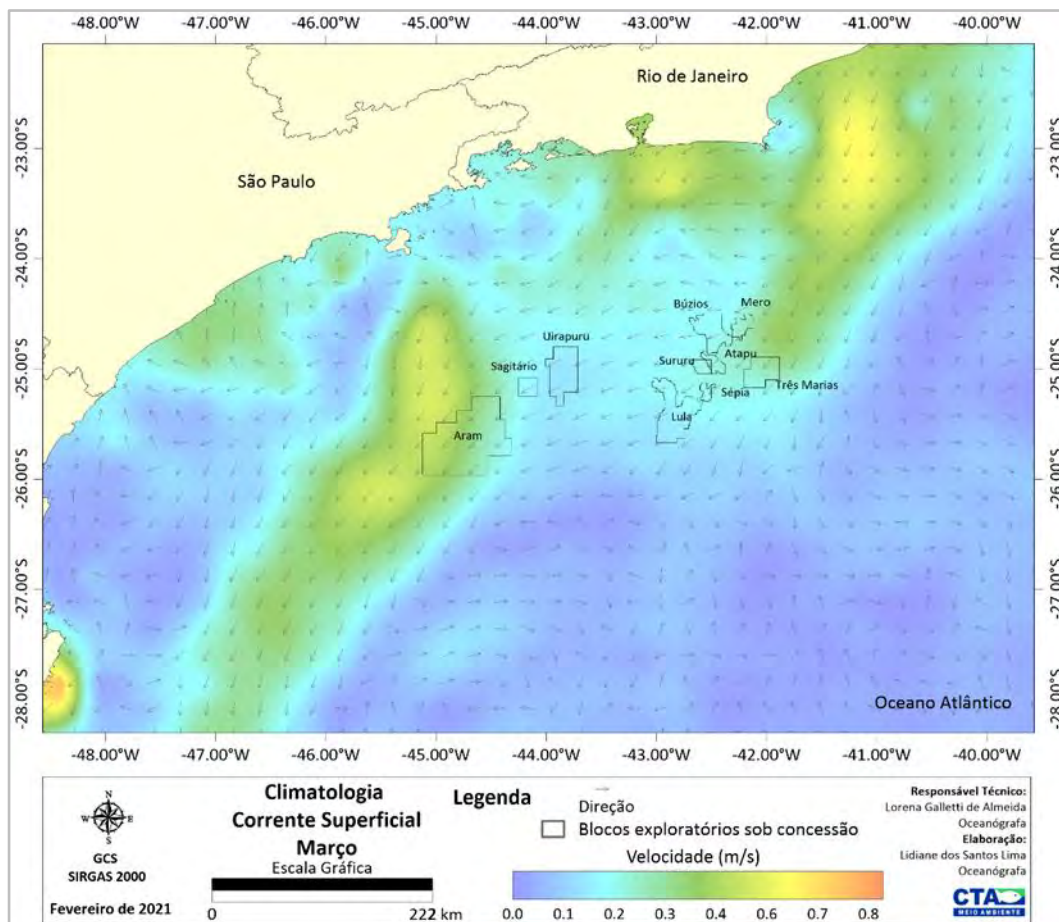


Figura II.5.1.1.2.2-172– Circulação próxima à superfície para março, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

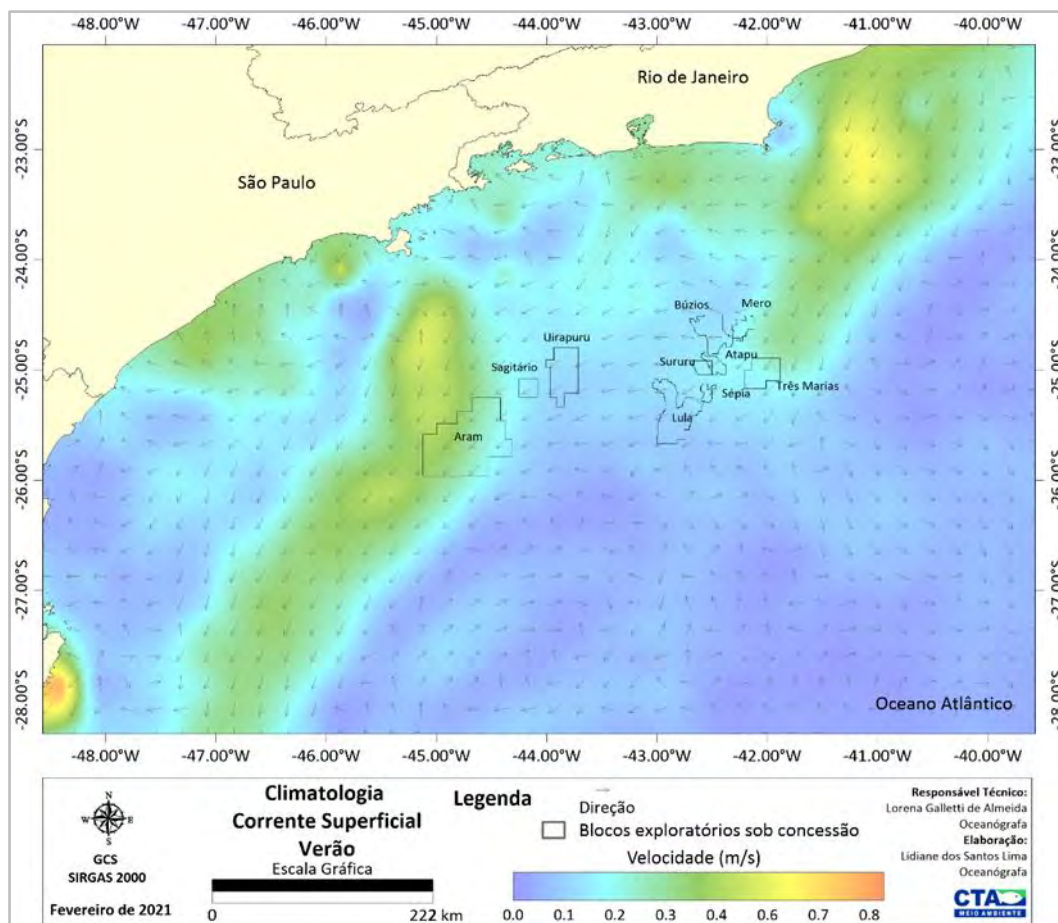


Figura II.5.1.1.2.2-173– Circulação próxima à superfície para o verão (janeiro a março), obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

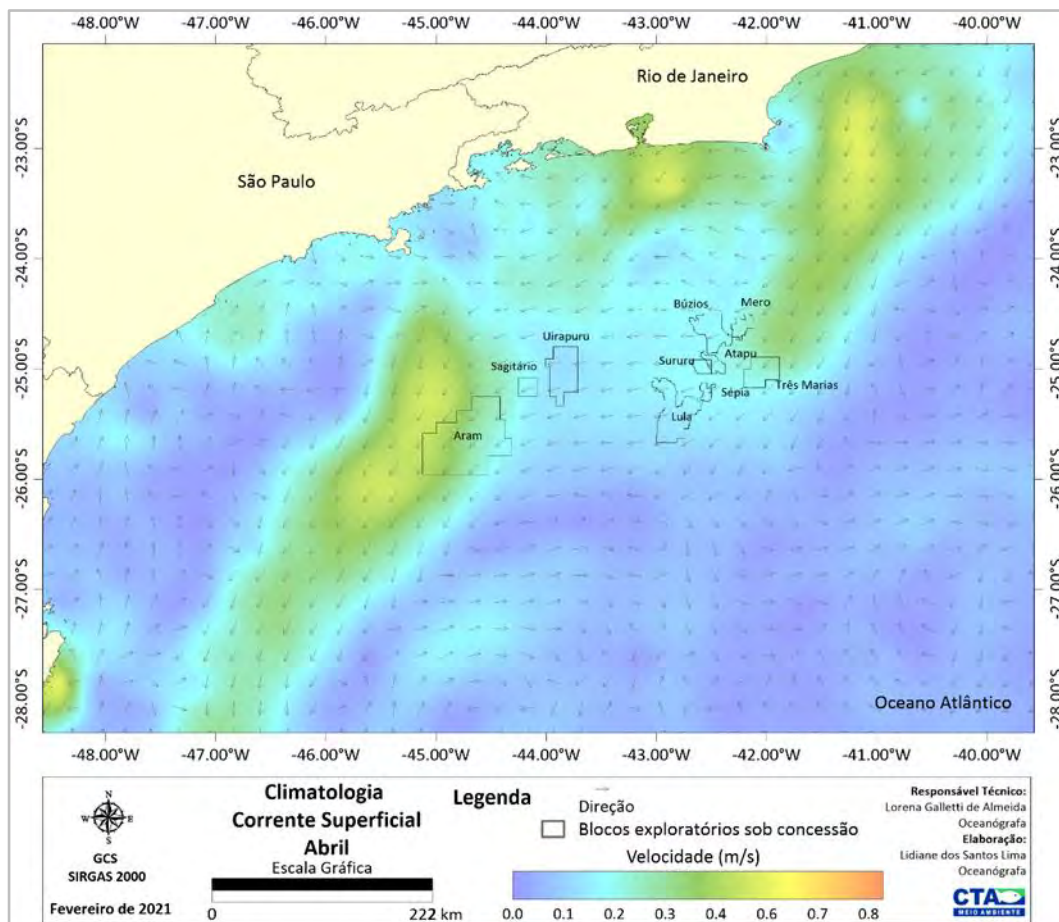


Figura II.5.1.1.2.2-174– Circulação próxima à superfície para abril, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

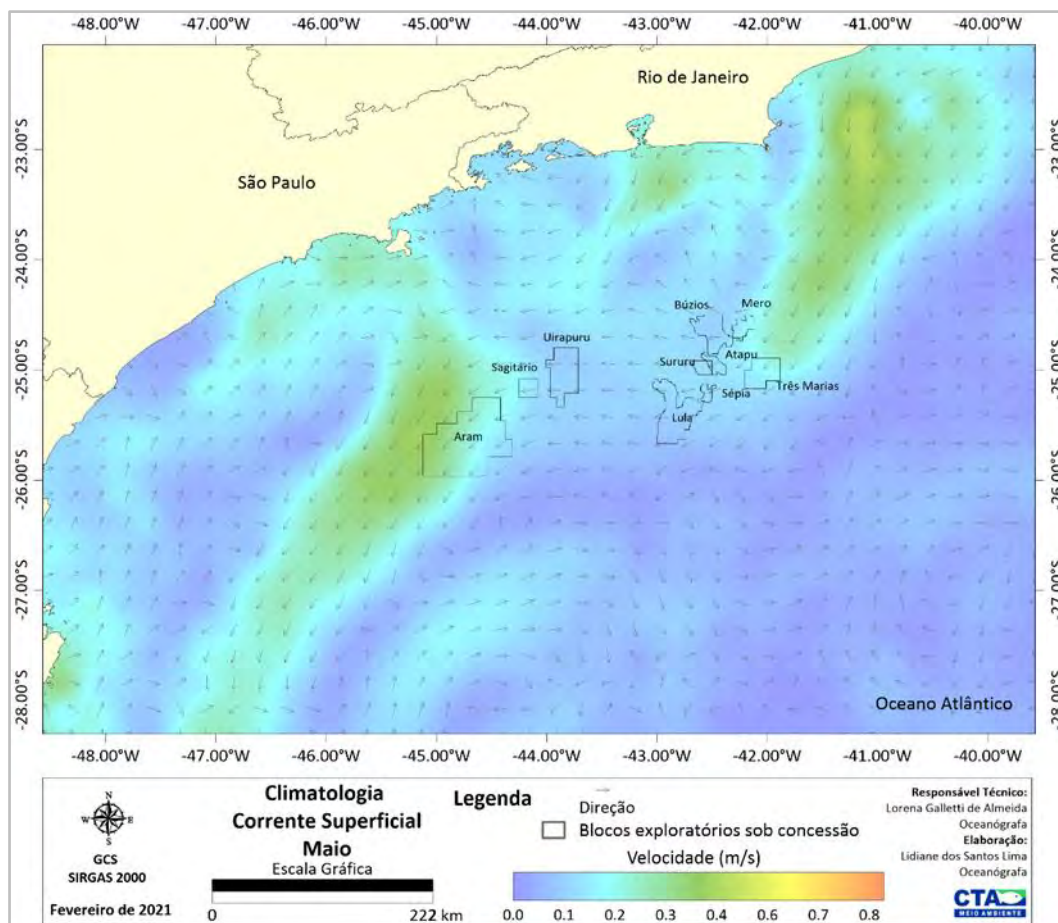


Figura II.5.1.1.2.2-175– Circulação próxima à superfície para maio, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

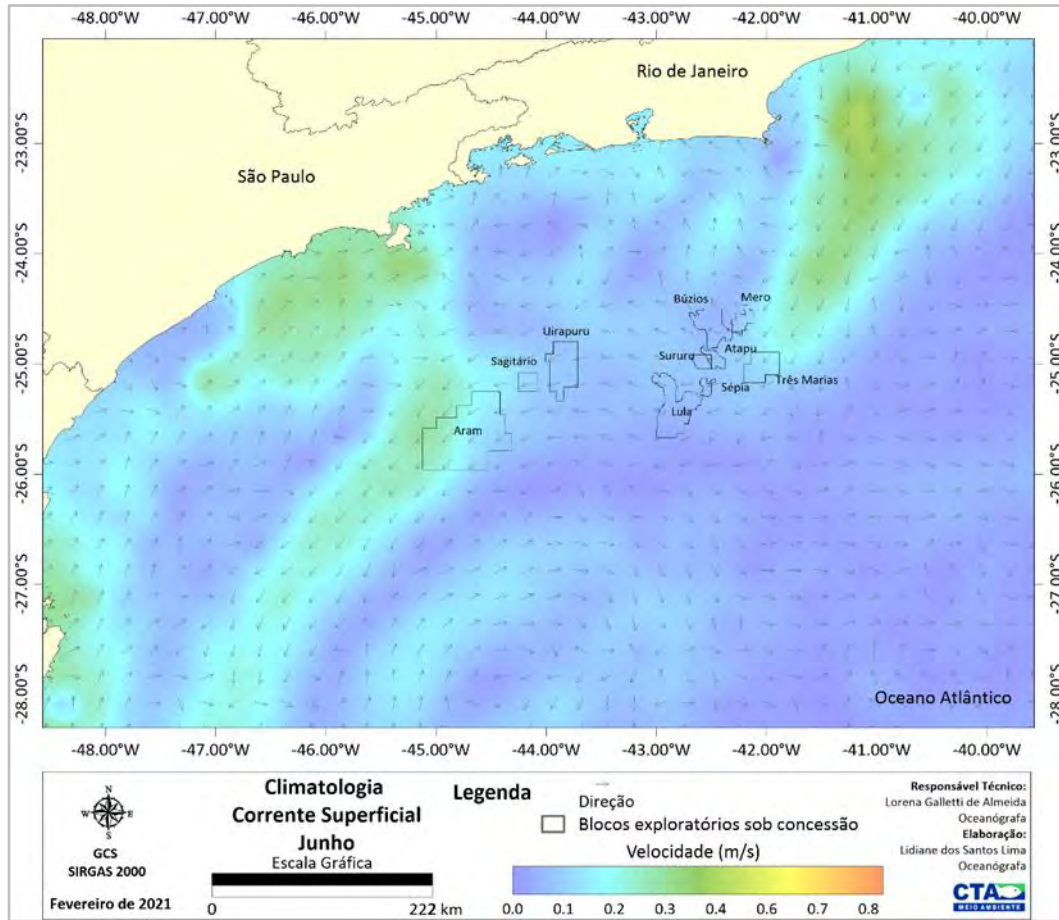


Figura II.5.1.1.2.2-176– Circulação próxima à superfície para junho, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

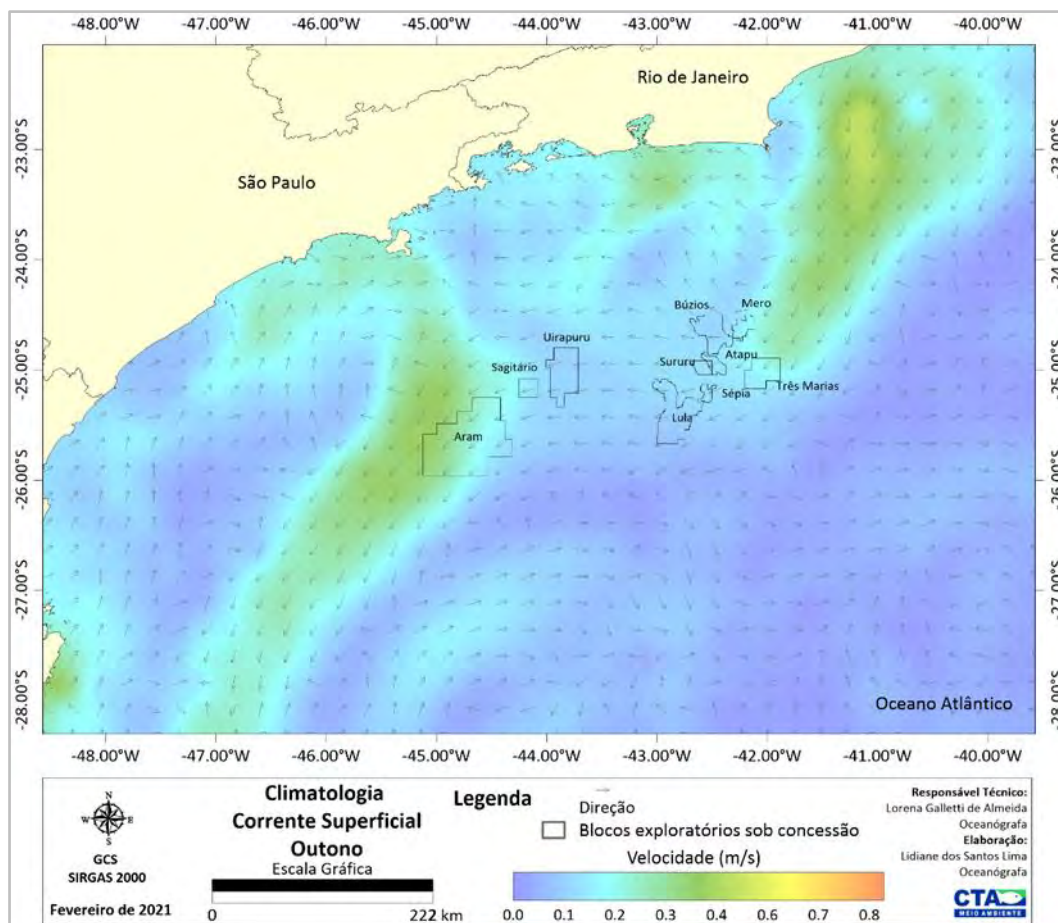


Figura II.5.1.1.2.2-177– Circulação próxima à superfície para o outono (abril a junho), obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

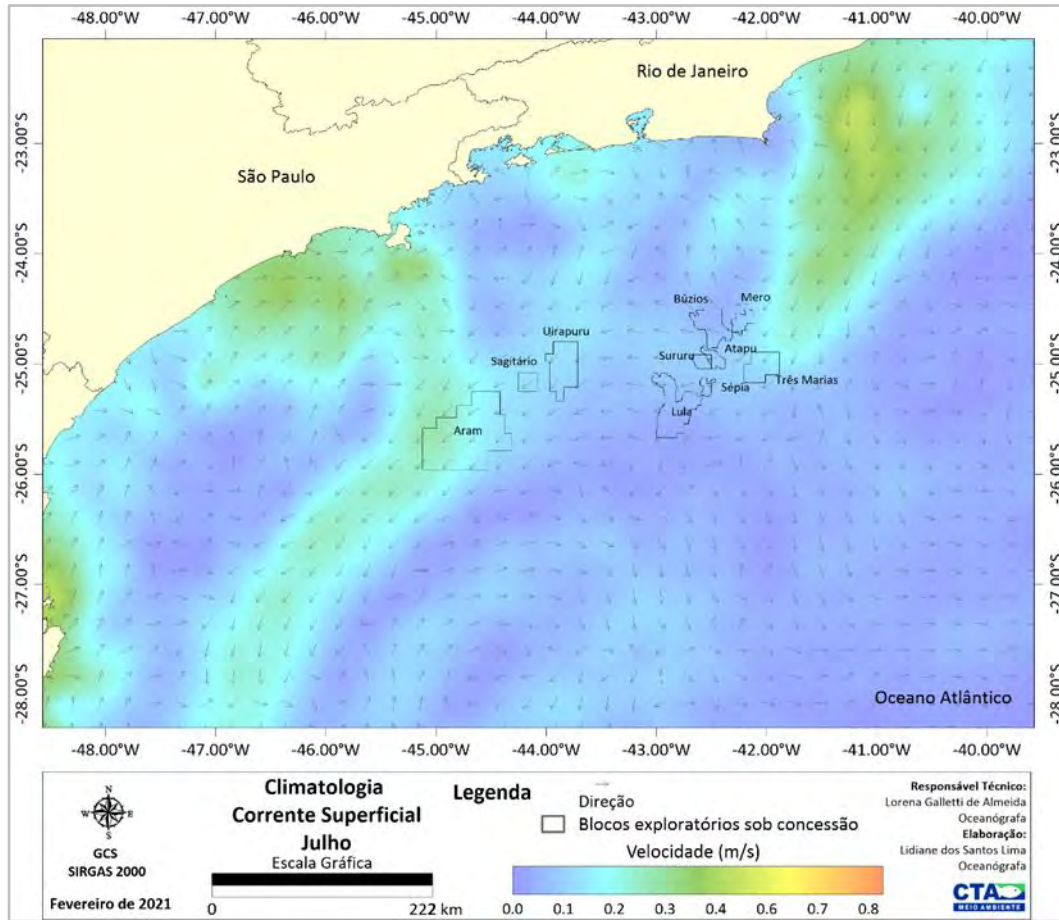


Figura II.5.1.1.2.2-178– Circulação próxima à superfície para julho, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

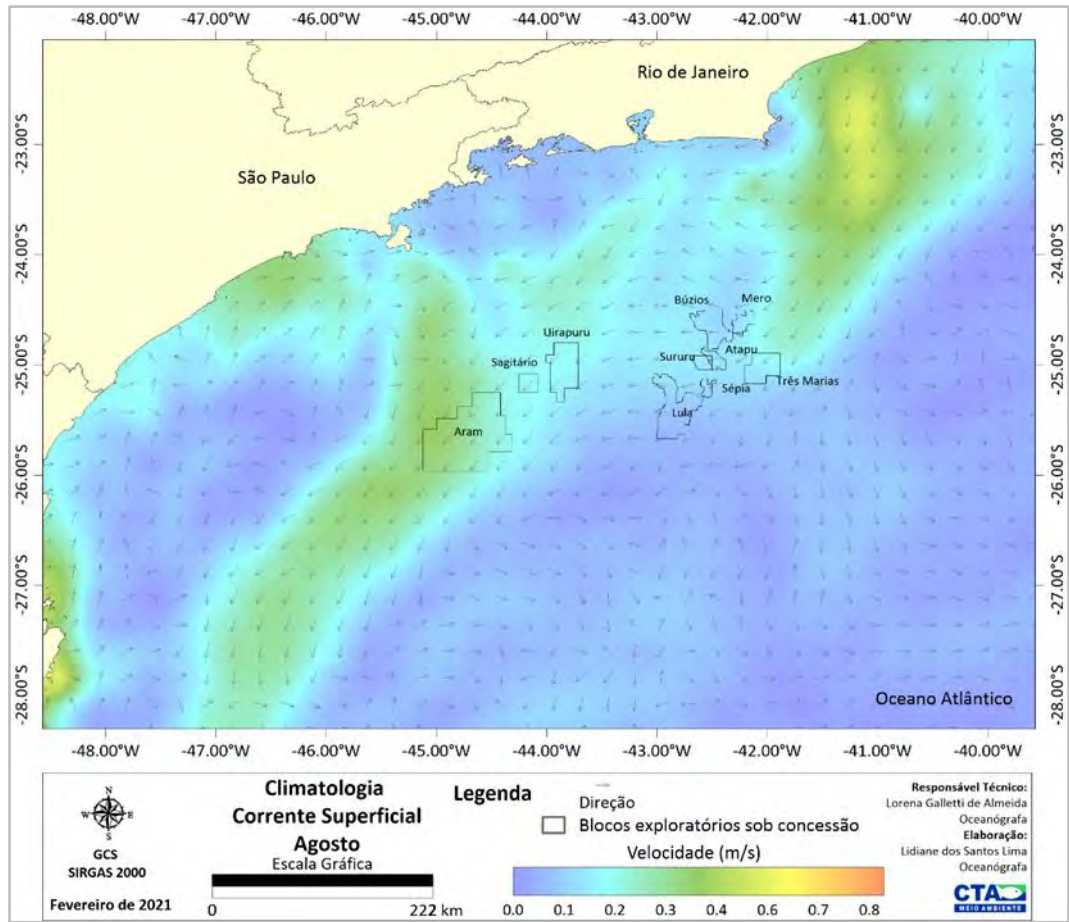


Figura II.5.1.1.2.2-179 – Circulação próxima à superfície para agosto, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

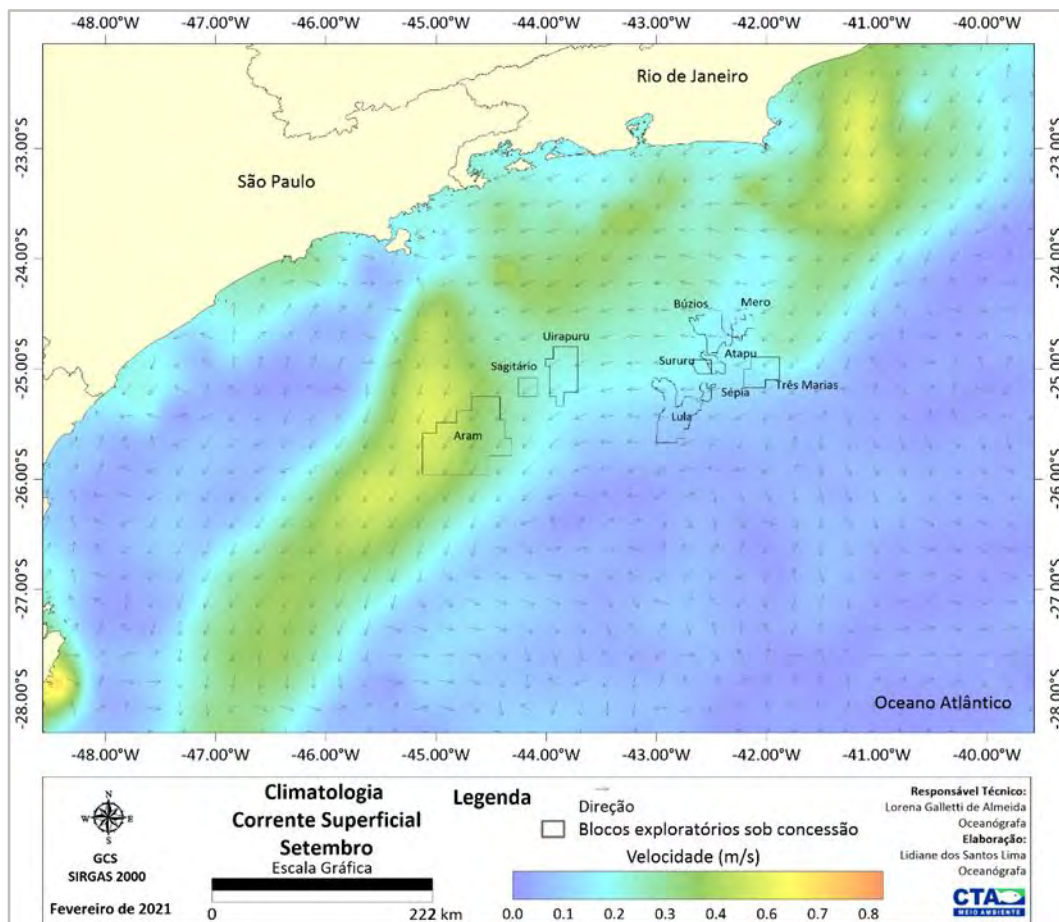


Figura II.5.1.1.2.2-180– Circulação próxima à superfície para setembro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

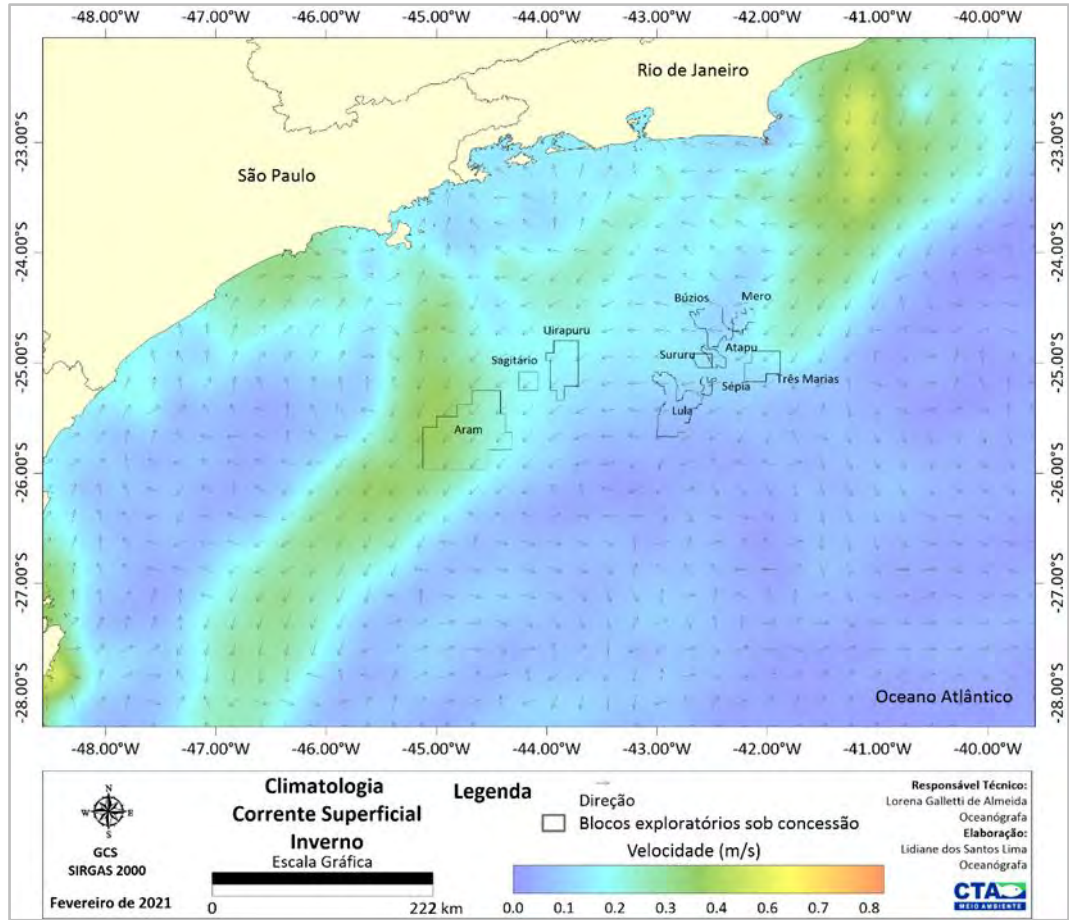


Figura II.5.1.1.2.2-181– Circulação próxima à superfície para o inverno (julho a setembro), obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

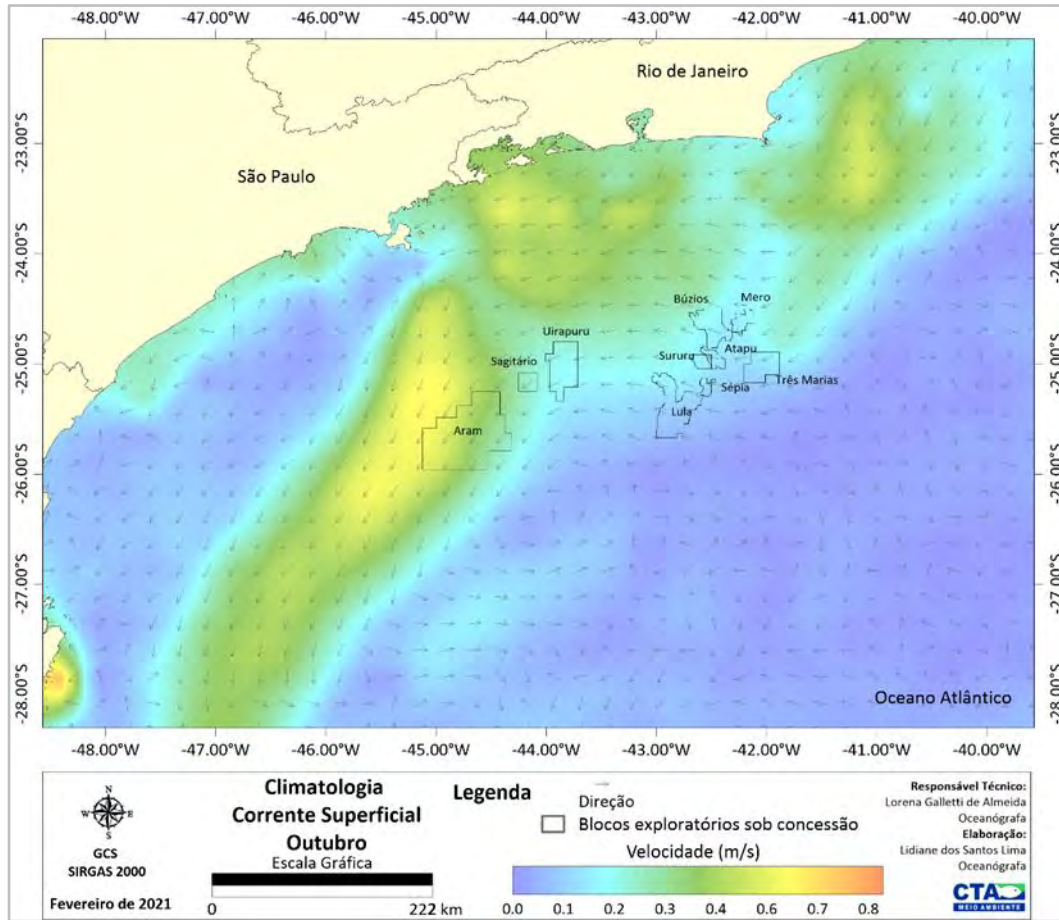


Figura II.5.1.1.2.2-182– Circulação próxima à superfície para outubro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

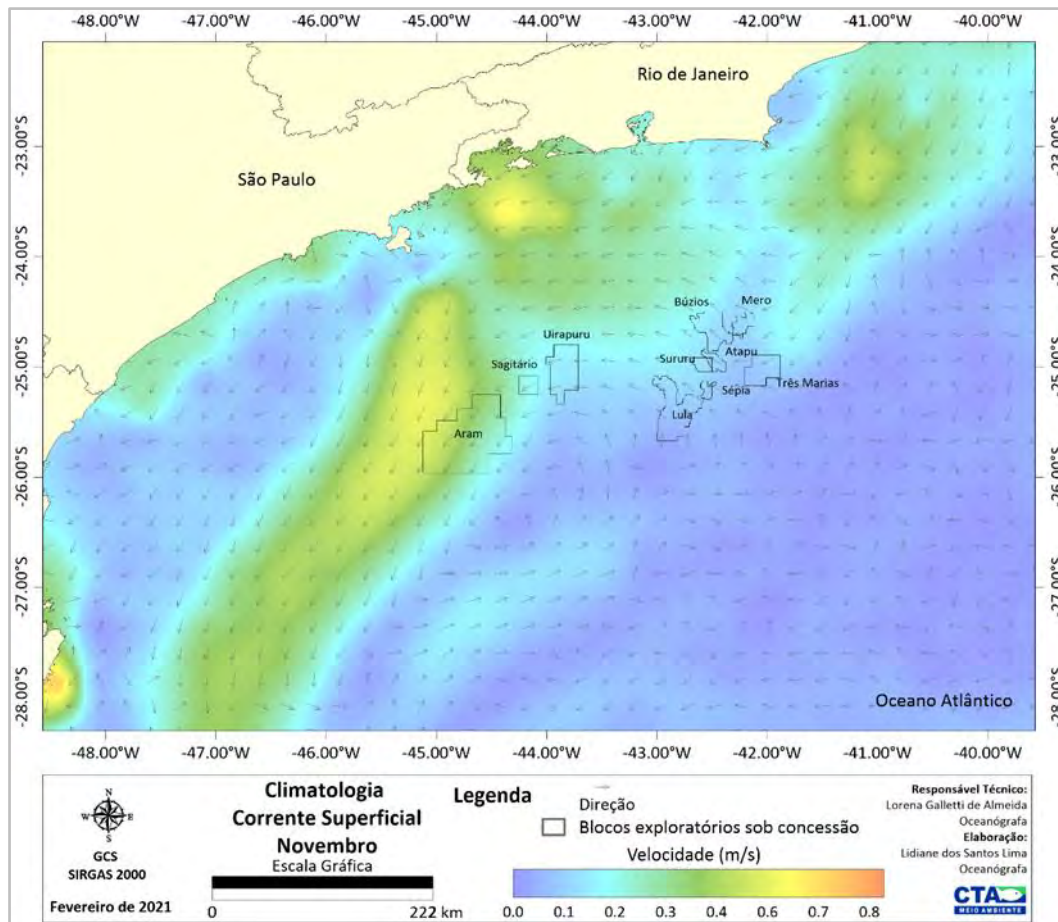


Figura II.5.1.1.2.2-183– Circulação próxima à superfície para novembro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

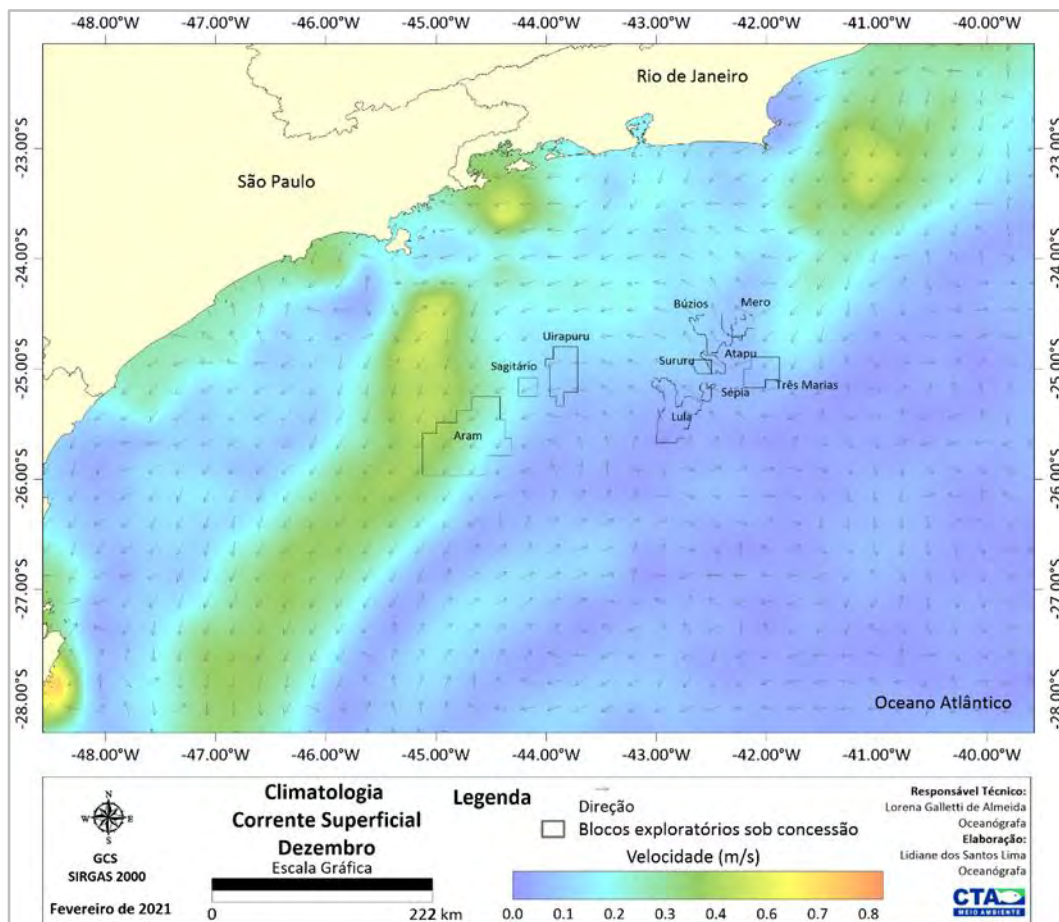


Figura II.5.1.1.2.2-184– Circulação próxima à superfície para dezembro, obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

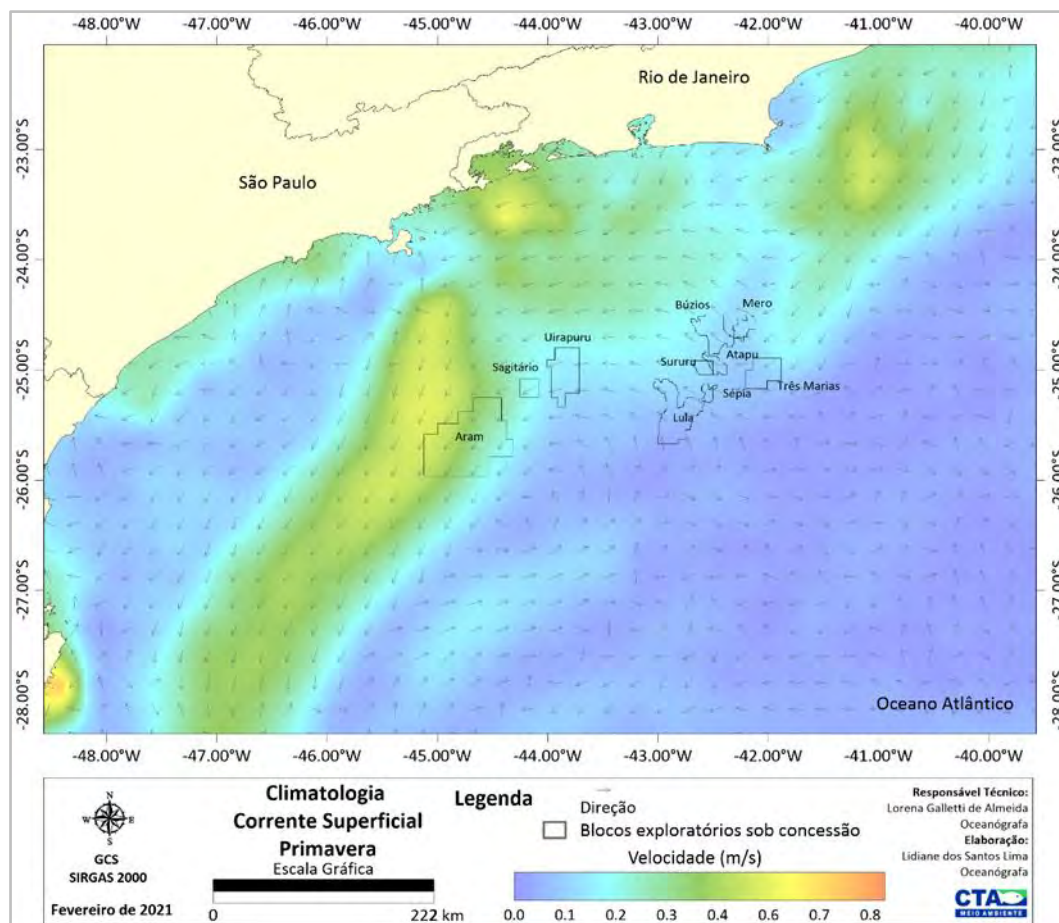


Figura II.5.1.1.2.2-185– Circulação próxima à superfície para a primavera (outubro a dezembro), obtida por derivadores do programa Drifter-Derived Climatology of Global Near-Surface Currents (LAURINDO et al., 2017).

Modelo HYCOM Consortium

Em PETROBRAS/TETRATECH (2016) foi realizada uma caracterização das correntes superficiais a partir dos dados da base hidrodinâmica HYCOM Consortium associado a plataforma de assimilação de dados NCODA, com resolução espacial de $1/12^\circ$ e vertical em 32 níveis. No presente documento é apresentada uma síntese dos resultados obtidos, uma vez que os mesmos se mostraram bastante similares aos obtidos para os campos de corrente calculados a partir dos derivadores, com a CB e seu fluxo para S-SO bastante evidente.

Dentre os resultados obtidos, em todas as estações, os fluxos foram mais intensos que os observados para os derivadores e foi possível identificar um

número maior de feições de mesoescala, como vórtices e meandros, devido à maior resolução espacial do modelo. As maiores intensidades ocorreram no verão e na primavera, como esperado, uma vez que nestas estações do ano a CB está mais intensa devido a maior frequência de ventos de NE, como discutido amplamente por SILVEIRA *et al.* (2000).

As seções verticais elaboradas por PETROBRAS/TETRATECH (2016), dispostas perpendicularmente à direção principal da corrente que cruzam a área de estudo entre os pontos 24,0°S / 45,21°O e 27,0°S / 42,0°O, mostram um fluxo predominante para sul com núcleo até aproximadamente 200 m de profundidade, marcado por velocidades negativas. Este fluxo se refere à CB, que atinge valor máximo de 0,4 m/s (em média) e se posiciona sobre a quebra da plataforma continental com núcleo desde a superfície até aproximadamente 200 m de profundidade em todas as estações do ano (**Figura II.5.1.1.2.2-186**).

As médias sazonais indicam que na área de estudo esta corrente é mais intensa na primavera e no verão. Entre 800 m e 1000 m de profundidade, e próximo ao talude, pode ser observado o núcleo da CCI, com fluxo para norte (contrário à CB) e com velocidades médias oscilando entre 0,1 m/s e 0,2 m/s. Esta corrente carrega água intermediária e água polar e representa o mínimo de salinidade na região, além de ser composta de movimento essencialmente baroclínico (SILVEIRA, 2006).

A seção do transporte de volume médio anual, ilustrada na **Figura II.5.1.1.2.2-187**, mostra na região do talude, próximo à superfície, a assinatura da CB indicada pela cor azul, e em regiões profundas, a CCI, marcada por um núcleo de cor vermelha. O transporte integrado anual na coluna d'água, abaixo relacionado, mostra um transporte de -6,1 Sv referente à CB, desde a superfície até a profundidade de 400 m. Para a CCI, camada de 400 m a 1400 m, o transporte anual foi de 7,5 Sv. Estes resultados são coerentes com o apresentado por SILVEIRA (2007) que encontrou variação entre -4,1 Sv e -10 Sv para a CB em 24°S.

- Camada 0-400 m: transporte = 6,1 Sv e direção SW
- Camada 400-1400 m: transporte = 7,5 Sv e direção NE

Seção de velocidade da corrente – HYCOM Consortium

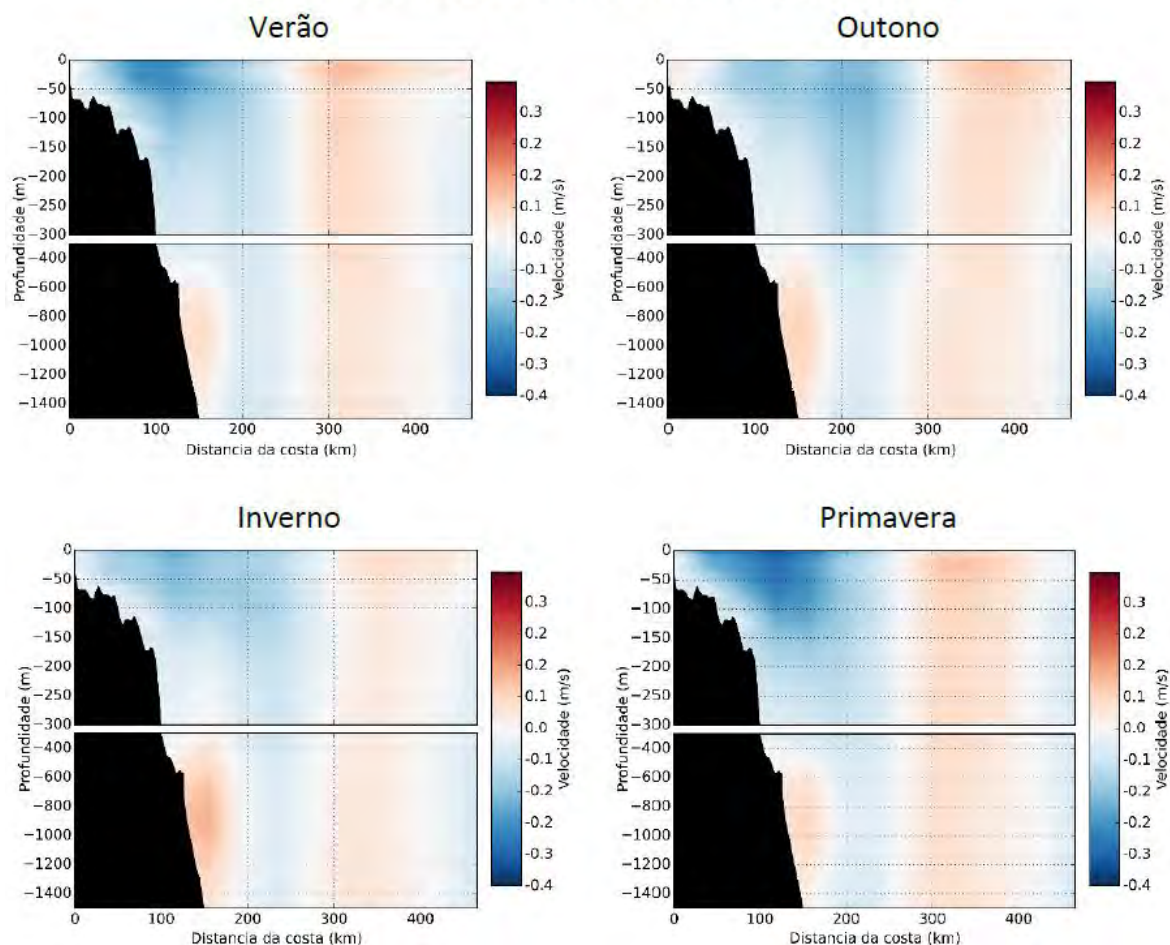


Figura II.5.1.1.2.2-186- Seção zonal de velocidade média em 23°S para o verão (janeiro a março), outono (abril a junho), inverno (julho a setembro) e primavera (outubro a dezembro), a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2012. Os valores negativos correspondem às correntes que seguem no sentido sul, enquanto os positivos referem-se às correntes que seguem para norte. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

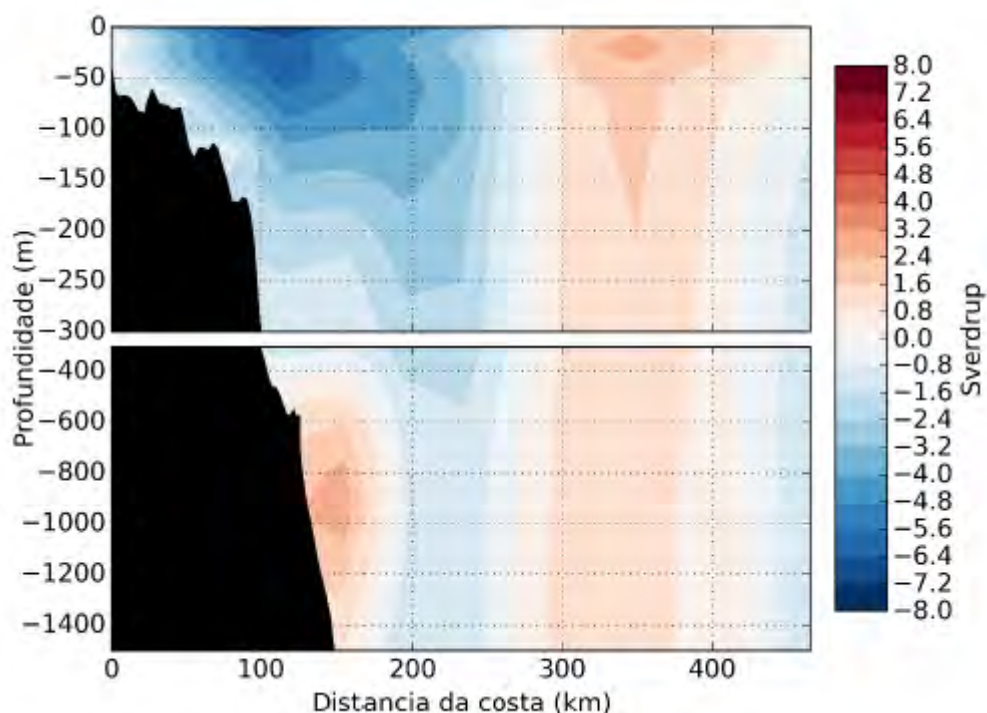


Figura II.5.1.1.2.2-187- Seção do transporte de volume anual médio, calculado a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium na seção localizada na área dos projetos do PPSBS. Período 2004 a 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Em continuidade à caracterização do regime de correntes na área de estudo foram realizadas análises de forma a correlacionar as intensidades e direções predominantes em todas as estações do ano. Através das séries temporais extraídas da base hidrodinâmica do *HYCOM Consortium* para todo o período simulado (1994 a 2012) foram produzidos *stickplots*, *box-plots*, perfis verticais para as componentes meridional e zonal de velocidade, histogramas direcionais e diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção para cada estação do ano em três compartimentos distintos da coluna d'água (superfície, 300 m e 2000 m), no ponto de análise apresentado na **Figura II.5.1.1.2.2-11**.

A **Figura II.5.1.1.2.2-188** ilustra o comportamento das correntes tanto em intensidade quanto em direção ao longo de todo o período simulado em superfície, 300 m e 2000 m. observa-se uma elevada variabilidade nas intensidades e direções

ao longo do período analisado e uma redução da intensidade desde a camada de superfície até a camada mais profunda.

Uma análise sintetizada da magnitude das velocidades na coluna d'água pode ser observada no **Gráfico II.5.1.1.2.2-32** Gráfico II.5.1.1.2.2-32, que mostra um diagrama box-plot do perfil vertical da corrente no ponto central, sendo representadas a mediana da intensidade das correntes, valores do primeiro e terceiro quartil para cada profundidade, os percentis 10% e 90%, além dos valores conhecidos como *outliers*, ou seja, valores acima dos limites descritos. Os perfis verticais das componentes meridional e zonal da velocidade média para cada estação do ano também são apresentados para o mesmo ponto de análise (**Gráfico II.5.1.1.2.2-33**).

As velocidades mais intensas no ponto de análise foram encontradas na camada mais superficial, com mediana de aproximadamente 0,25 m/s em 0 m de profundidade. Já profundidade de 300 m observa-se a diminuição da velocidade, com mediana em torno de 0,16 m/s. A partir de então, as velocidades das correntes reduzem progressivamente, com o aumento da profundidade, atingindo 0,05 m/s na profundidade de 2000 m (**Gráfico II.5.1.1.2.2-32**). Durante o inverno, a componente zonal da velocidade (u) predomina ao longo de toda a coluna d'água, enquanto nas demais estações há uma tendência de equivalência das intensidades nas camadas mais profundas, principalmente no verão e outono. A componente meridional da velocidade (v) é negativa em todas as estações, indicando predomínio para a direção sul (**Gráfico II.5.1.1.2.2-33**).

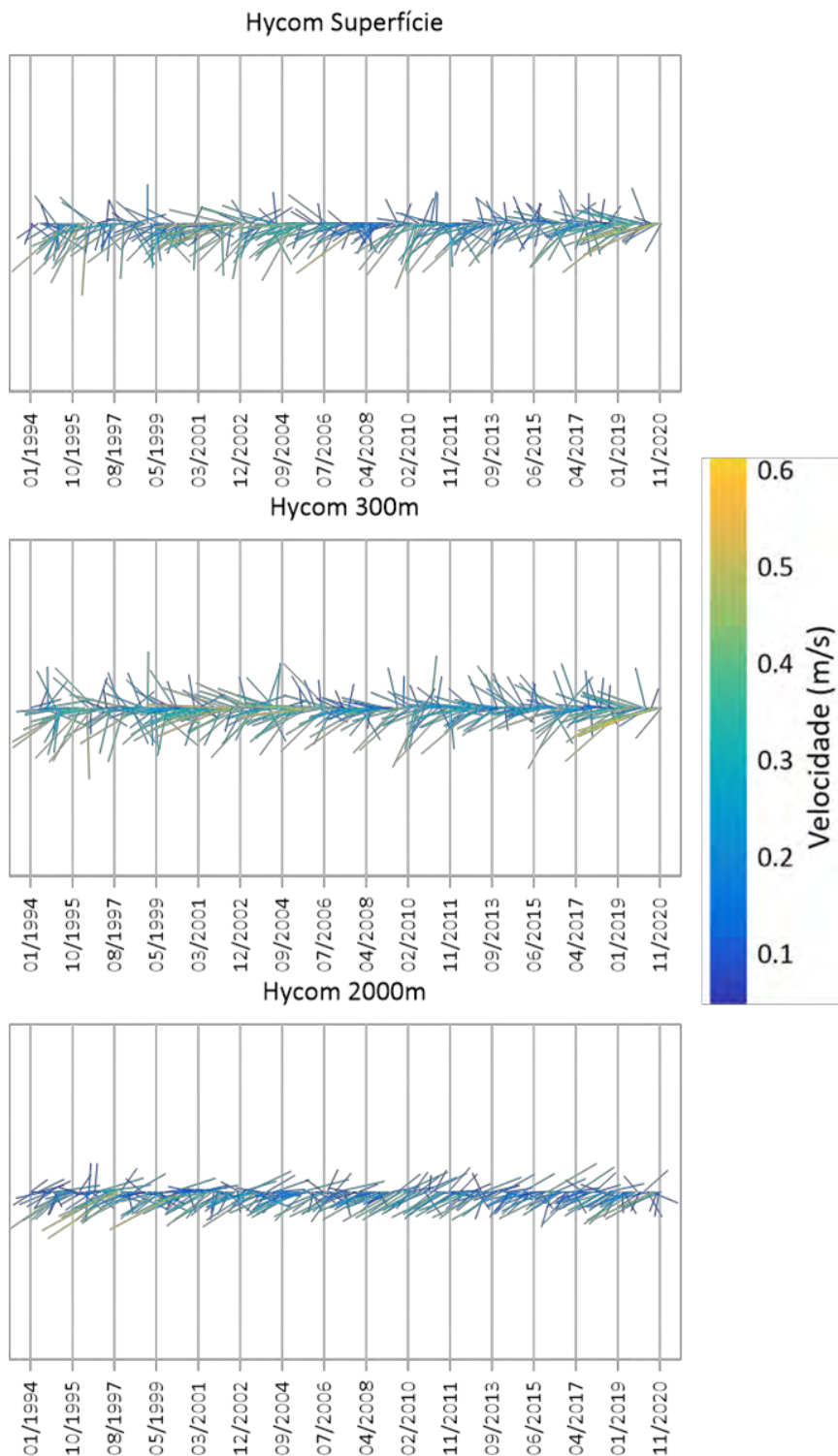


Figura II.5.1.1.2.2-188- Stickplot do perfil vertical de correntes do modelo HYCOM Consortium nas profundidades de 0 m, 300 m e 2000 m, no ponto de análise, no período de 1994 a 2020.

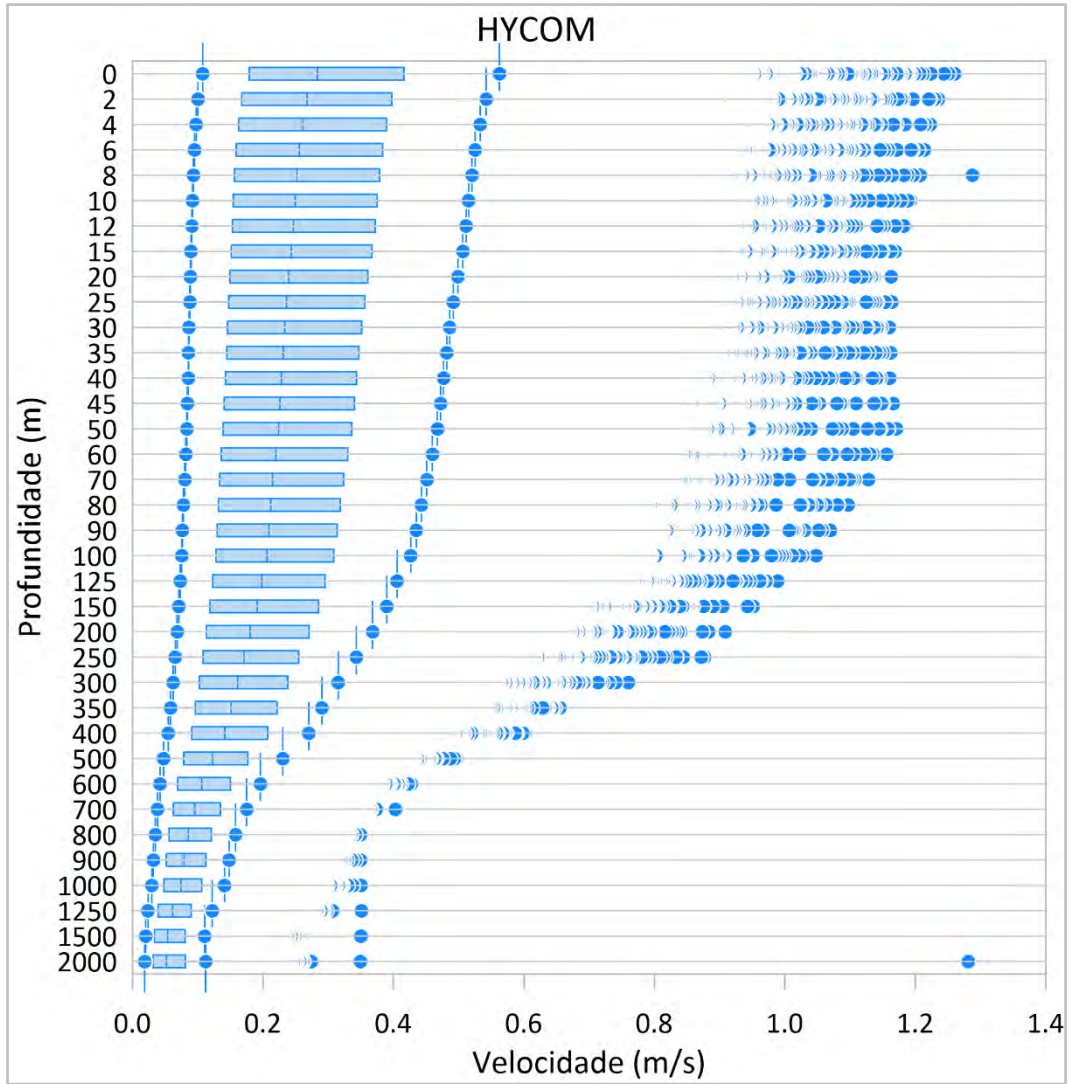


Gráfico II.5.1.1.2.2-32– Boxplot (percentil 10%, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, percentil 90%) do perfil vertical de velocidade das correntes geradas pelo modelo HYCOM Consortium entre as profundidades de 0 e 2000 m, no ponto de análise, para o período de 1994 a 2020.

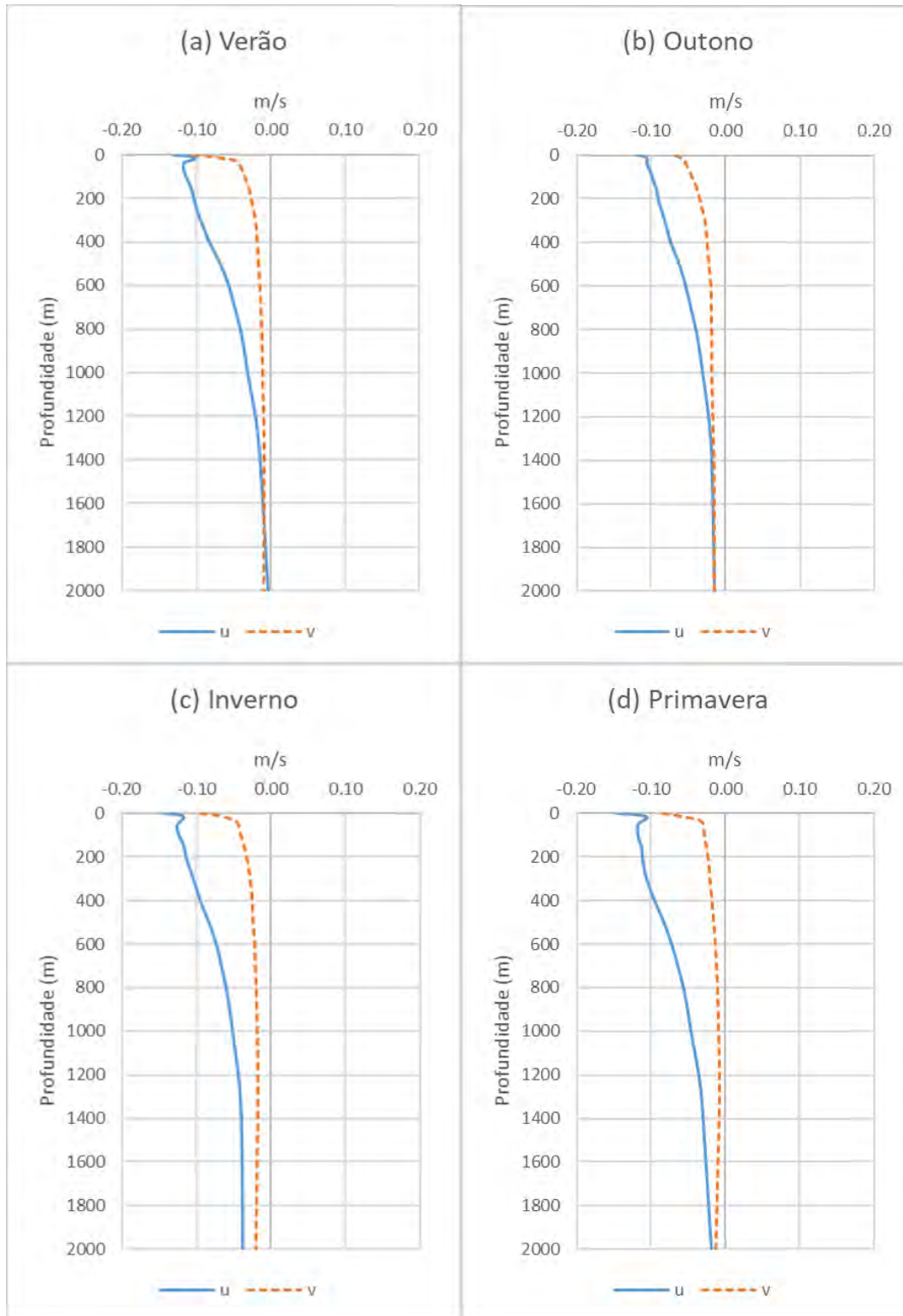


Gráfico II.5.1.1.2.2-33– Perfis verticais das componentes da velocidade meridional (v, linha tracejada laranja) e zonal (u, linha contínua azul) médias para cada estação, a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium no ponto de análise, para o período de 2004 a 2020.

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-34** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-36** apresenta os histogramas direcionais e o **Quadro II.5.1.1.2.2-4** ao **Quadro II.5.1.1.2.2-15** os diagramas de ocorrência conjunta de intensidade e direção das correntes elaborados para cada estação do ano e nos níveis de superfície, 300 m e 2000 m.

Na camada superficial, as correntes apresentam predominância de fluxo para SO e O em todas as estações do ano (**Gráfico II.5.1.1.2.2-34**). No verão (**Quadro II.5.1.1.2.2-4**), 37,7% dos registros apresentam direção para SO e 25,1% para O. As velocidades nesta estação ocorrem principalmente na faixa entre 0,1 m/s e 0,3 m/s e a velocidade máxima observada foi de 0,84 m/s na direção SO. No outono (**Quadro II.5.1.1.2.2-5**), as correntes para SO e O representaram 27,9% e 27,1% dos registros, respectivamente. Neste período a velocidade máxima observada é de 0,75 m/s na direção O, e as intensidades mais frequentes ocorrem na faixa entre 0,1 m/s e 0,3 m/s (56,6%). No inverno, o **Quadro II.5.1.1.2.2-6** mostra que as direções mais frequentes também são para SO (41,6%) e de O (29,2%), sendo verificada na direção SO a máxima velocidade no período (0,76 m/s). A maior parte dos registros de velocidade ocorre na faixa entre 0,1 m/s e 0,3 m/s (56,6%). A primavera (**Quadro II.5.1.1.2.2-7**), assim como verificado nas demais estações na camada superficial, apresenta direção preferencial de corrente para SO (41,6%) e O (29,2%). A velocidade máxima nesta estação é de 0,76 m/s para SO e a faixa de velocidade entre 0,1 m/s e 0,3 m/s concentra 65,2% dos registros.

Ao nível de 300 m, as direções predominantes das correntes são de O e SO em todas as estações (**Gráfico II.5.1.1.2.2-35**), com percentuais variando para a direção O de 33,9% no outono a 44,3% no inverno, e na direção SO entre 24,4% a 32,9% também no outono e inverno, respectivamente. As velocidades médias não ultrapassam 0,16 m/s e as velocidades máximas variaram entre 0,38 m/s no inverno e 0,49 m/s na primavera (**Quadro II.5.1.1.2.2-8** ao **Quadro II.5.1.1.2.2-11**).

Na profundidade de 2000 m (**Gráfico II.5.1.1.2.2-36**), as correntes mais frequentes em todas as estações seguem para SO com percentuais variando entre 29,1% no verão a 49,8% no inverno. A máxima velocidade atingida nessa profundidade foi de 0,35 m/s para S durante o outono. As velocidades médias não foram superiores a 0,06 m/s (**Quadro II.5.1.1.2.2-12** ao **Quadro II.5.1.1.2.2-15**).

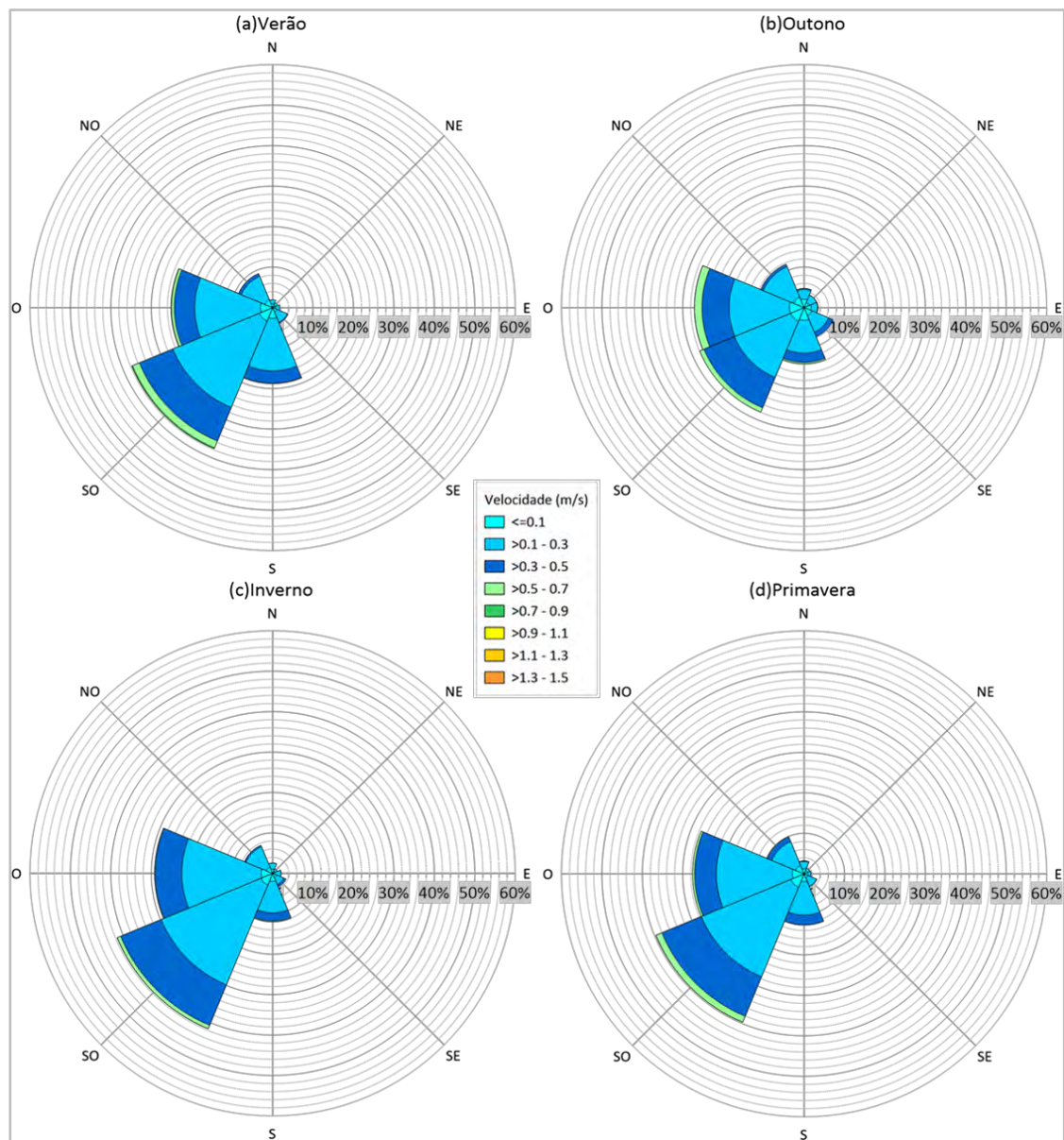


Gráfico II.5.1.1.2.2-34– Rosas direcionais da intensidade da corrente superficial (m/s) e direção, conforme os dados sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) conforme modelo HYCOM Consortium, no ponto de análise central, no período de 1994 a 2020.

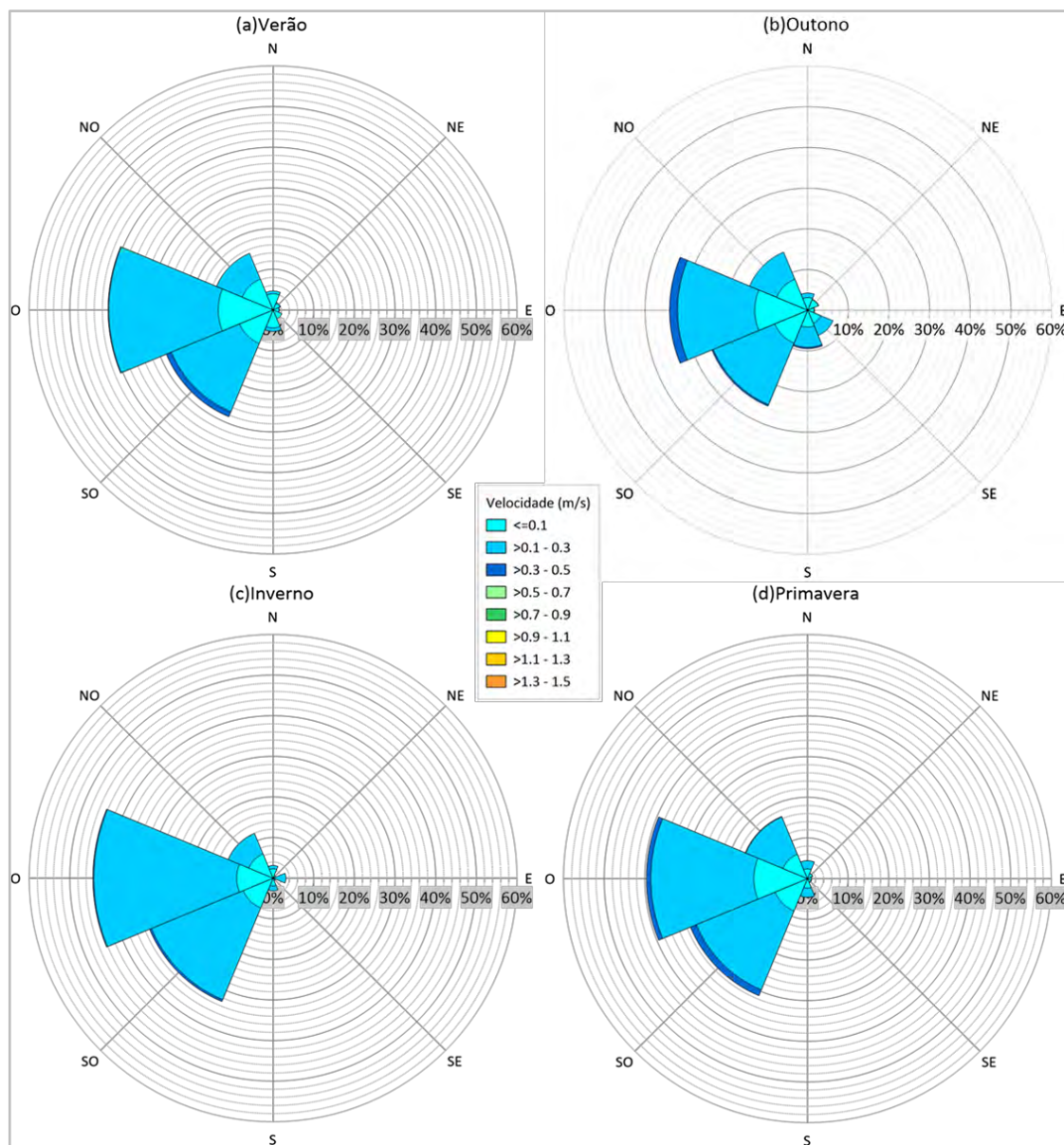


Gráfico II.5.1.1.2.2-35– Rosas direcionais da intensidade da corrente (m/s) a 300m e direção, conforme os dados sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) conforme modelo HYCOM Consortium, no ponto de análise central, no período de 1994 a 2020.

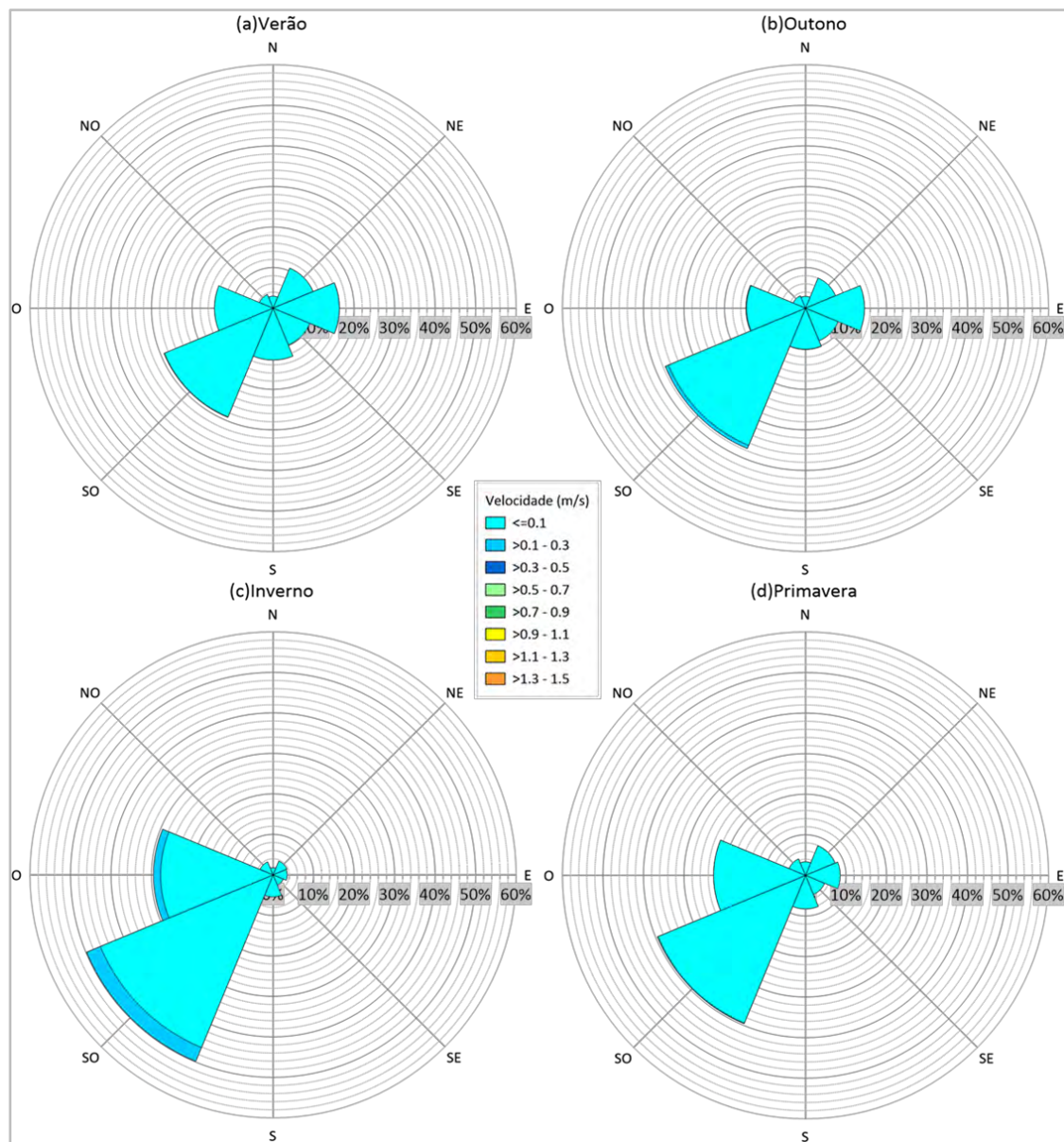


Gráfico II.5.1.1.2.2-36– Rosas direcionais da intensidade da corrente (m/s) a 2000m e direção, conforme os dados sazonais de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d) conforme modelo HYCOM Consortium, no ponto de análise central, no período de 1994 a 2020.

Quadro II.5.1.1.2.2-4– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de verão do modelo HYCOM Consortium na superfície, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	0.73	0.73	1.18	2.64	3.55	3.02	2.08	0.97	14.91
0.1 - 0.3	0.68	1.00	2.75	13.00	23.16	16.25	6.27	0.97	64.08
0.3 - 0.5	0.00	0.02	0.21	3.04	8.96	5.04	0.73	0.00	17.99
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.12	1.81	0.71	0.02	0.00	2.66
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.11	0.00	0.00	0.36
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	1.41	1.75	4.15	18.80	37.73	25.13	9.10	1.94	-
Média (m/s)	0.11	0.12	0.16	0.21	0.26	0.24	0.17	0.11	-
Máximo (m/s)	0.27	0.34	0.43	0.57	0.84	0.76	0.52	0.30	-

Quadro II.5.1.1.2.2-5– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de outono do modelo HYCOM Consortium na superfície, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	1.40	1.76	2.08	3.12	3.63	3.62	2.80	2.08	20.49
0.1 - 0.3	1.95	1.57	4.47	8.12	15.05	14.92	8.15	2.42	56.63
0.3 - 0.5	0.06	0.14	1.23	2.31	8.12	6.70	0.67	0.26	19.48
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.36	1.16	1.85	0.00	0.00	3.37
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	3.40	3.47	7.78	13.91	27.95	27.13	11.61	4.76	-
Média (m/s)	0.12	0.12	0.19	0.21	0.25	0.25	0.17	0.14	-
Máximo (m/s)	0.40	0.44	0.47	0.65	0.64	0.75	0.38	0.45	-

Quadro II.5.1.1.2.2-6– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de inverno do modelo HYCOM Consortium na superfície, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	0.60	0.60	1.06	2.01	3.09	2.82	1.65	1.03	12.86
0.1 - 0.3	0.65	1.46	1.95	7.76	26.74	19.63	5.49	1.52	65.21
0.3 - 0.5	0.05	0.08	0.60	2.02	10.84	6.58	0.38	0.05	20.59
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.21	0.92	0.17	0.00	0.00	1.30
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	1.30	2.14	3.61	12.00	41.64	29.20	7.52	2.60	-
Média (m/s)	0.13	0.17	0.19	0.21	0.25	0.24	0.17	0.13	-
Máximo (m/s)	0.36	0.34	0.46	0.64	0.76	0.59	0.42	0.35	-

Quadro II.5.1.1.2.2-7– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de primavera do modelo HYCOM Consortium na superfície, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	0.60	0.60	1.06	2.01	3.09	2.82	1.65	1.03	12.86
0.1 - 0.3	0.65	1.46	1.95	7.76	26.74	19.63	5.49	1.52	65.21
0.3 - 0.5	0.05	0.08	0.60	2.02	10.84	6.58	0.38	0.05	20.59
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.21	0.92	0.17	0.00	0.00	1.30
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	1.30	2.14	3.61	12.00	41.64	29.20	7.52	2.60	-
Média (m/s)	0.13	0.17	0.19	0.21	0.25	0.24	0.17	0.13	-
Máximo (m/s)	0.36	0.34	0.46	0.64	0.76	0.59	0.42	0.35	-

Quadro II.5.1.1.2.2-8– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de verão do modelo HYCOM Consortium a 300m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	1.76	1.40	2.35	4.43	8.93	13.50	8.20	3.99	44.57
0.1 - 0.3	0.24	0.15	0.00	0.85	18.16	26.91	6.88	0.67	53.86
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.03	1.35	0.18	0.00	0.00	1.56
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	2.00	1.55	2.35	5.32	28.44	40.59	15.08	4.66	-
Média (m/s)	0.05	0.06	0.05	0.07	0.15	0.13	0.10	0.06	-
Máximo (m/s)	0.14	0.15	0.10	0.31	0.47	0.38	0.29	0.19	-

Quadro II.5.1.1.2.2-9– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de outono do modelo HYCOM Consortium a 300m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	2.83	1.58	3.48	4.16	8.75	13.01	8.25	3.13	45.20
0.1 - 0.3	0.11	0.09	3.25	5.00	16.40	19.03	7.22	1.09	52.19
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.29	0.38	1.95	0.00	0.00	2.61
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	2.93	1.67	6.73	9.45	25.53	33.98	15.47	4.22	-
Média (m/s)	0.06	0.06	0.11	0.13	0.15	0.14	0.10	0.08	-
Máximo (m/s)	0.13	0.15	0.23	0.35	0.34	0.41	0.26	0.18	-

Quadro II.5.1.1.2.2-10– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de inverno do modelo HYCOM Consortium a 300m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	0.35	0.38	0.56	1.92	7.94	8.95	6.44	2.32	28.86
0.1 - 0.3	0.39	2.79	0.11	1.22	24.45	35.15	5.49	0.80	70.40
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.23	0.00	0.00	0.74
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	0.74	3.17	0.66	3.14	32.90	44.33	11.94	3.12	-
Média (m/s)	0.11	0.14	0.06	0.10	0.15	0.15	0.10	0.08	-
Máximo (m/s)	0.21	0.23	0.17	0.26	0.38	0.33	0.27	0.16	-

Quadro II.5.1.1.2.2-11– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de primavera do modelo HYCOM Consortium a 300m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	1.36	1.00	0.97	2.35	8.61	13.18	6.49	2.41	36.38
0.1 - 0.3	0.11	0.03	0.15	2.26	20.96	25.34	9.90	2.00	60.75
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.02	1.59	1.08	0.17	0.02	2.87
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	1.47	1.03	1.12	4.63	31.16	39.60	16.56	4.43	-
Média (m/s)	0.05	0.05	0.06	0.11	0.16	0.14	0.12	0.10	-
Máximo (m/s)	0.13	0.11	0.16	0.33	0.49	0.38	0.33	0.32	-

Quadro II.5.1.1.2.2-12– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de verão do modelo HYCOM Consortium a 2000m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	10.71	16.36	9.84	12.80	29.04	14.50	3.66	2.96	99.86
0.1 - 0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.12
0.3 - 0.5	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	10.71	16.37	9.84	12.80	29.16	14.50	3.66	2.96	-
Média (m/s)	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	-
Máximo (m/s)	0.09	0.43	0.07	0.09	0.12	0.10	0.05	0.06	-

Quadro II.5.1.1.2.2-13– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de outono do modelo HYCOM Consortium a 2000m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	8.04	14.59	8.72	10.15	36.63	14.56	3.31	2.93	98.94
0.1 - 0.3	0.00	0.00	0.00	0.02	0.87	0.17	0.00	0.00	1.05
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	8.04	14.59	8.72	10.18	37.49	14.73	3.31	2.93	-
Média (m/s)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.02	-
Máximo (m/s)	0.07	0.08	0.09	0.35	0.14	0.14	0.06	0.05	-

Quadro II.5.1.1.2.2-14– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de inverno do modelo HYCOM Consortium a 2000m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	3.71	3.52	2.73	5.43	46.14	27.78	3.50	1.74	94.55
0.1 - 0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	1.74	0.00	0.00	5.45
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	3.71	3.52	2.73	5.43	49.85	29.52	3.50	1.74	-
Média (m/s)	0.02	0.02	0.02	0.03	0.06	0.05	0.02	0.02	-
Máximo (m/s)	0.06	0.06	0.06	0.07	0.17	0.17	0.07	0.04	-

Quadro II.5.1.1.2.2-15– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, conforme dados sazonais de primavera do modelo HYCOM Consortium a 2000m, no período de 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 0.1	7.92	8.58	5.13	8.30	39.41	22.69	4.41	3.37	99.80
0.1 - 0.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.02	0.00	0.00	0.20
0.3 - 0.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.5 - 0.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.7 - 0.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9 - 1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.3 - 1.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	7.92	8.58	5.13	8.30	39.59	22.71	4.41	3.37	-
Média (m/s)	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	-
Máximo (m/s)	0.07	0.08	0.06	0.08	0.12	0.11	0.07	0.05	-

Circulação Hidrodinâmica da Plataforma Continental

A Plataforma Continental Sudeste (PCSE) está inserida na Bacia de Santos e se estende de Cabo Frio /RJ (23°S) até o Cabo de Santa Marta/SC (28° 40'S), com comprimento aproximado de 1100 km. CASTRO (1996) considerando a

profundidade média de 70 m estimou o volume total da PCSE em, aproximadamente, 10.000 km³. A topografia da PCSE é suave, com isóbatas dispendo-se quase paralelamente à linha de costa e área aproximada de 150.000km² (ZEMBRUSKI, 1979).

A largura da plataforma continental apresenta variações médias entre 100 km e 200 km de largura. Nas proximidades de Cabo Frio, ela apresenta a menor largura, com cerca de 70 km. A atual quebra da plataforma está situada próxima à isóbata de 200 m, geralmente marcada por uma passagem suave para o talude, com perfil convexo, apresenta padrão irregular e exibe grandes reentrantes e algumas protuberâncias no talude superior, principalmente entre o Cabo Frio e a ilha de São Sebastião. Essas irregularidades, possivelmente estão associadas à ação de correntes de contorno (DUARTE e VIANA, 2007). Apenas no centro e nas partes mais orientais da bacia a quebra apresenta uma inclinação mais acentuada, com uma inclinação média de 3° (FIGUEIREDO JR e TESSLER, 2004).

ZEMBRUSKI (1979) definiu a compartimentação da plataforma continental baseada nas mudanças de declividade. Estes compartimentos foram denominados plataforma interna (até aproximadamente as isóbatas de 50/70 m), plataforma média (entre 70 e 100 m) e plataforma externa (de 100 m até a quebra da plataforma). Entretanto, é importante destacar que, de modo geral, a topografia da plataforma continental é suave, com as isóbatas dispendo-se paralelamente à linha de costa, à exceção de algumas poucas ilhas grandes, geralmente situadas próximas à costa, como a Ilha Grande, a Ilha de São Sebastião, a Ilha de São Francisco e a Ilha de Santa Catarina, e de muitas pequenas ilhas, situadas geralmente no interior de baías (RUFFATO, 2011).

Segundo CASTRO-FILHO *et al.* (1987) e CASTRO e MIRANDA (1998), a PCSE possui estrutura termohalina dividida em Água Costeira, resultante da mistura de águas de origem continental com águas da plataforma continental, apresentando a menos salinidade das águas na PCSE; Água Tropical com altas temperaturas e salinidades, transportada no sentido S-SO, no entorno da quebra da plataforma continental, nos primeiros 200 m da Corrente do Brasil, sobre o talude continental (SILVEIRA *et al.*, 2000); e, Água Central do Atlântico Sul, relativamente fria, sendo transportada para S-SO ao longo do talude continental na camada

inferior da CB (200-500 m), próximo à quebra da plataforma continental (SILVEIRA *et al.*, 2000).

De acordo com LODER *et al.* (1998), a PCSE é uma plataforma larga com corrente de contorno oeste na quebra da plataforma continental e, logo, espera-se uma hidrodinâmica bastante complexa, devido às diferentes forçantes, que possuem diferentes escalas espaço-temporais, tais como as tensões de cisalhamento dos ventos, os gradientes de densidade, as marés e a ação da CB (CASTRO *et al.*, 2006).

Como pode ser observado na **Figura II.5.1.1.2.2-189** abaixo, que apresentam as médias mensais da tensão de cisalhamento do vento sobre a PCSE e regiões adjacentes para os meses de janeiro e junho, a principal feição é a parte oeste do ASAS cuja posição e profundidade apresentam oscilações sazonais (já abordadas no capítulo de Meteorologia), afetando diretamente a intensidade e também a direção da tensão de cisalhamento do vento sobre a plataforma continental. Durante o verão, os ventos predominantes sobre a região costeira situada entre 15°S e 35°S sopram principalmente de L-NE. Durante o inverno, por outro lado, a banda de ventos proveniente de L-NE, associada à alta subtropical, fica confinada entre as latitudes de 20°S e 25°S (CASTRO, 1996).

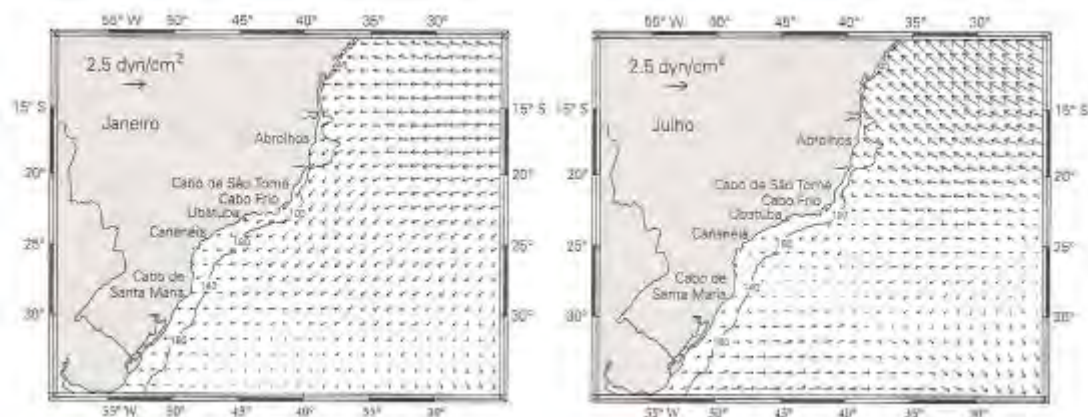


Figura II.5.1.1.2.2-189- Tensão de cisalhamento do vento na região oeste do oceano Atlântico Sul que engloba a plataforma continental sudeste para os meses de janeiro (esquerda) e julho (direita). Extraído de CASTRO (1996).

Durante a passagem de frentes frias, COELHO (2008) em estudo conduzido durante o verão, verificou que as correntes invertem em cerca de seis a nove horas após a passagem do sistema frontal por cada região da PCSE, sendo que a porção da plataforma continental localizada ao sul da Ilha de São Sebastião é a que responde com maior intensidade à passagem da frente fria. Já na região norte da PCSE a passagem de frentes frias no verão não alterou significativamente o estado básico climatológico desta estação, com correntes transientes apresentando as seguintes características: (i) logo acima de Cabo Frio fluem para SE; (ii) entre Cabo Frio e Saquarema, em toda PC, as correntes enfraquecem em relação ao estado básico; (iii) as correntes para NE-N, entre Santos e a Baía de Guanabara, ficam mais intensas (**Figura II.5.1.1.2.2-190**).

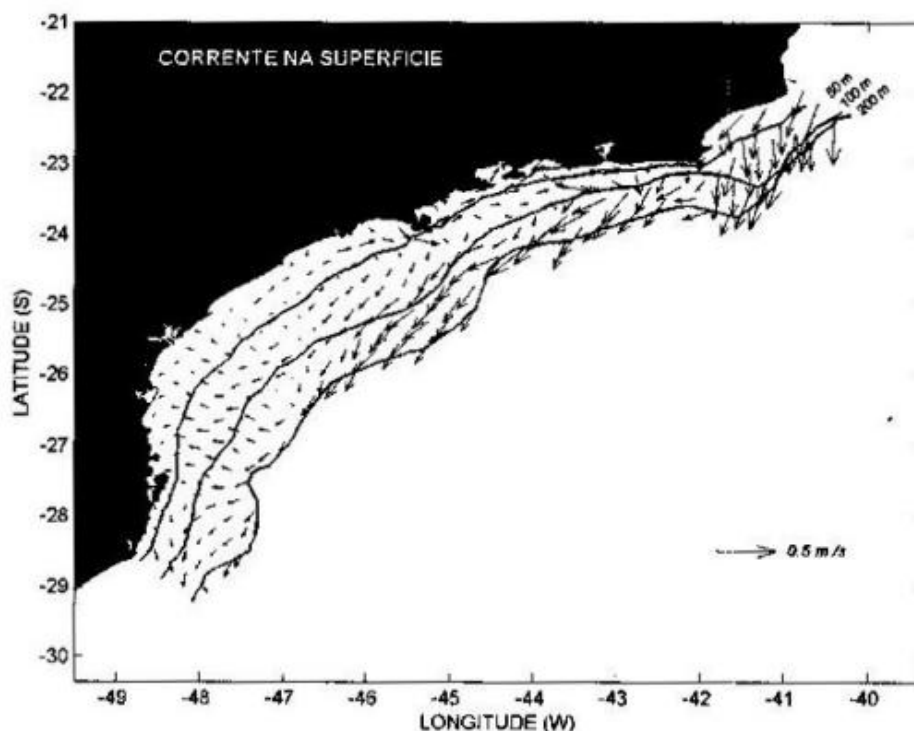


Figura II.5.1.1.2.2-190- Campos de corrente na superfície do oceano, 31,5 h após a passagem da frente pelo Cabo de Santa Marta. Frente sobre o Cabo de São Tomé. Extraído de COELHO (2008).

A CB está presente na parte mais externa da PCSE, fluindo para SO (**Figura II.5.1.1.2.2-191**, seta larga), frequentemente apresentando variabilidade de mesoescala (meandros e vórtices), especialmente ao largo do Cabo de São Tomé,

Cabo Frio e Ubatuba (GARFIELD, 1990; CAMPOS *et al.*, 1995; SILVEIRA *et al.*, 2000). Observações de temperatura da superfície do mar através de imagens de satélite demonstram o padrão sinuoso/vórtice da Corrente do Brasil (CB) na Bacia de Santos e a penetração frequente da Corrente do Brasil na plataforma, que poderia implicar na configuração sinusoidal da quebra da plataforma (DUARTE e VIANA, 2007).

O escoamento da CB apresenta rica atividade de mesoescala na forma de meandros e vórtices. Muitos desses meandros são instáveis e crescem temporalmente em amplitude e intensidade. Essas feições drenam a energia do escoamento médio, transformando energia cinética média em energia turbulenta destas perturbações (BELO, 2011). Sua observação é facilitada por conta dos gradientes horizontais de temperatura da superfície do mar (TSM) causados pelos contrastes de águas mais frias sobre a plataforma continental com a Água Tropical (GARFIELD, 1990; SILVEIRA *et al.*, 2000; CALADO, 2006).

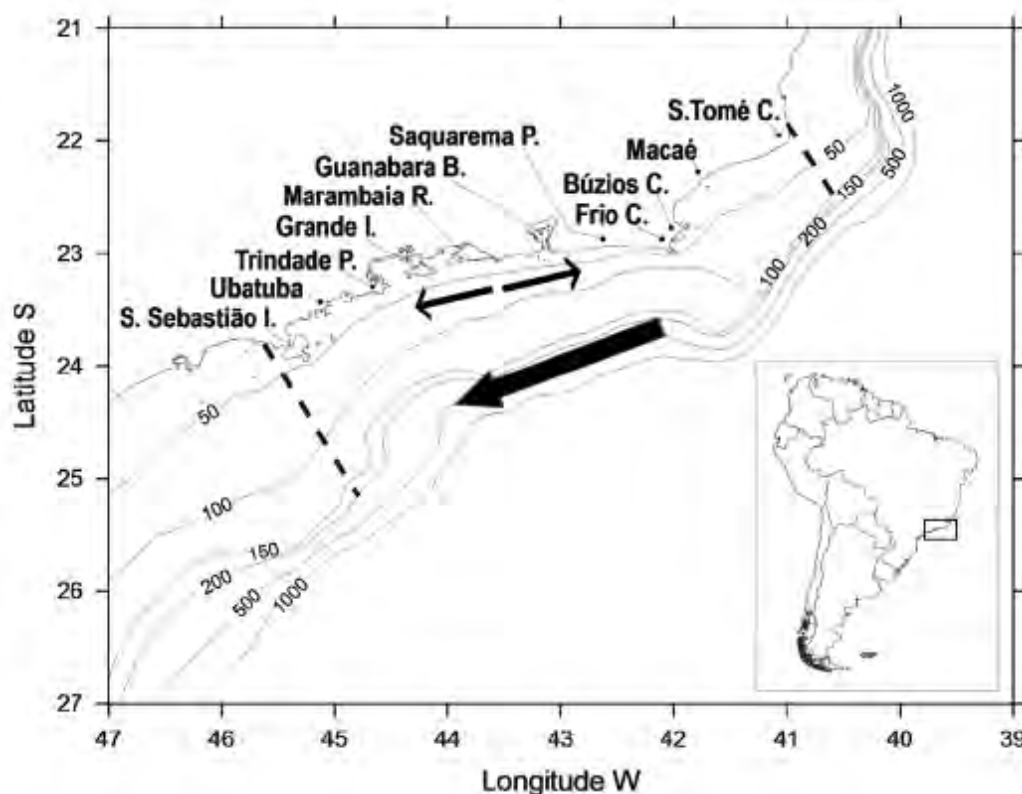


Figura II.5.1.1.2.2-191- Partes centro e norte da plataforma continental sudeste, incluindo isóbatas em metros. A seta larga apontando para sudoeste ao longo da quebra da plataforma indica o fluxo da Corrente do Brasil, e as setas finas bidirecionais na plataforma indicam que o fluxo das plataformas interna e média muda entre essas duas direções dependendo da força dos mecanismos forçantes. Extraído de CERDA e CASTRO (2013).

Segundo GARFIELD (1990) a posição média da frente térmica associada à borda costeira da CB, ocorre sobre a isóbata de 200 m. O autor detectou vórtices emitidos do eixo da CB nas proximidades de Cabo Frio (23° S) e, posteriormente, reabsorvidos. SILVEIRA *et al.* (2008) e LORENZZETTI *et al.* (2009) confirmaram a posição média da CB entre as isóbatas de 200 e 1000 m nas bacias de Campos e Santos.

Medições de Corrente por ADCP

Na sequência deste documento são apresentados gráficos box-plot, rosas de direção por intensidade e diagramas de ocorrência conjunta referentes aos dados de correntes medidos pelo ADCP FPSO Cidade de Angra dos Reis (FPSO CAR), fornecido pela PETROBRAS, e BS500, DEPROAS, FRANCO e SS67, obtidos em PETROBRAS/TETRATECH (2016).

FPSO Cidade de Angra dos Reis (CAR)

A medições realizadas no FPSO CAR ocorreram no período de 01/09/2015 até 14/09/2016 entre os níveis de 38 m e 550 m. No **Gráfico II.5.1.1.2.2-37** observam-se velocidades mais intensas na camada de 278 m, com valor máximo de 1,2 m/s, seguido pela camada superficial com máximo de 1,1 m/s e reduzindo progressivamente até as camadas mais profundas com máximo de 0,4 m/s nessa camada.

Próximo à superfície (**Gráfico II.5.1.1.2.2-38; Quadro II.5.1.1.2.2-16**), 18,1% dos registros referem-se à direção SO, 17,6% NO e 16,7% à direção N. As intensidades predominantes ocorrem entre 0,1 e 0,3 m/s (58,1%) e a máxima foi de 1,1 m/s para O. No **Gráfico II.5.1.1.2.2-39** e no **Quadro II.5.1.1.2.2-17** é possível observar que em nível intermediário (278 m), a direção preferencial das correntes é para SO (19,7%). A intensidade dominante foi de 0,1 a 0,3 m/s com 50,1% dos registros. A velocidade máxima obtida na profundidade de 278 m foi de 1,2 m/s na direção SO. Na camada mais profunda (**Gráfico II.5.1.1.2.2-40 e Quadro II.5.1.1.2.2-18**), posicionada na profundidade de 550 m, as correntes apresentam maior variabilidade em sua direção com 25,3% para NO, 17,6% para O e 17,5% SO, e 14,0% para N. Aproximadamente 56% dos registros apresentam velocidades na faixa entre 0,1 e 0,3 m/s, e a máxima velocidade atingida é de 0,4 m/s para as direções E, S e SO.

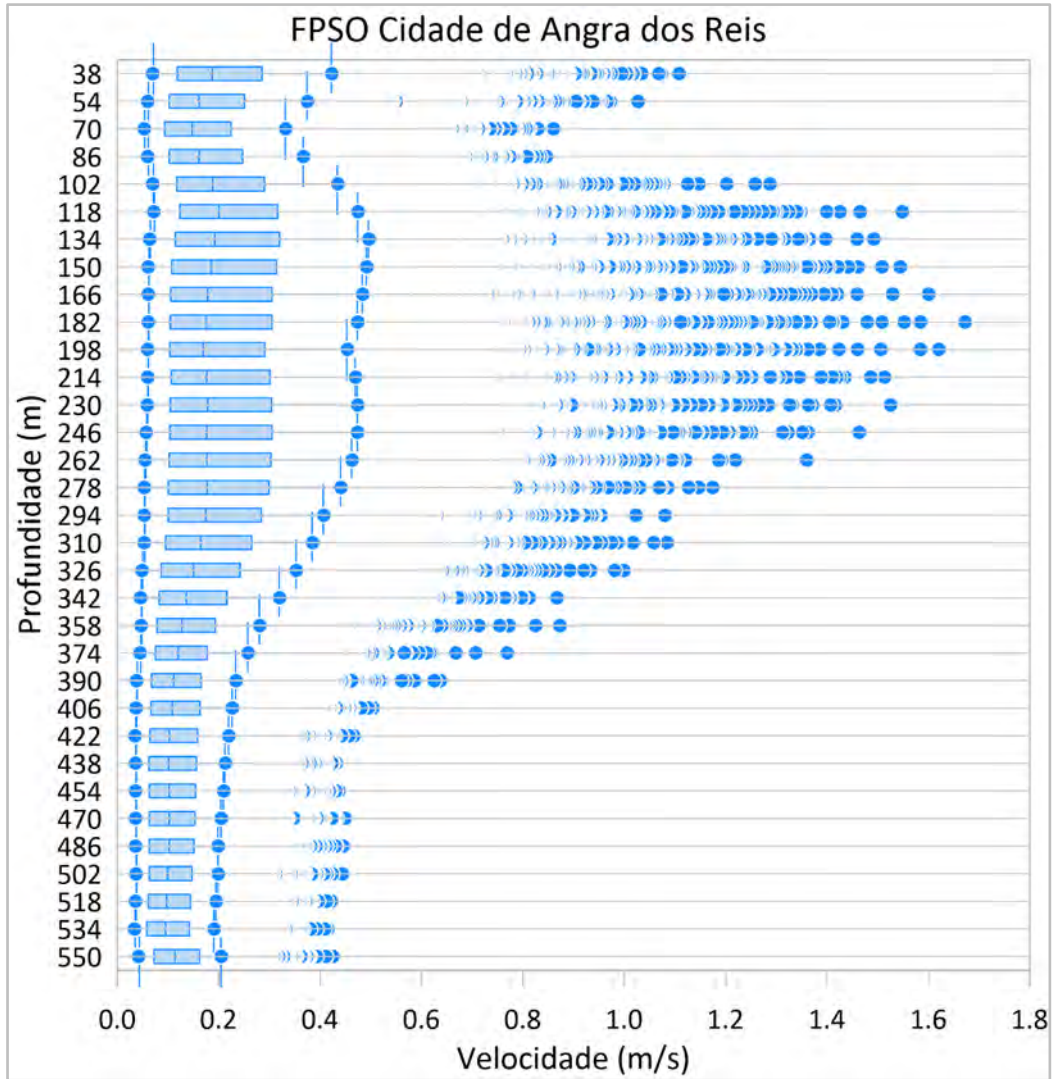


Gráfico II.5.1.1.2.2-37– Boxplot (percentil 10%, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil, percentil 90%) da intensidade da corrente (m/s) registrada pelo ADCP FPSO Cidade de Angra dos Reis, no período de setembro de 2015 a setembro de 2016. Os pontos representam outliers.

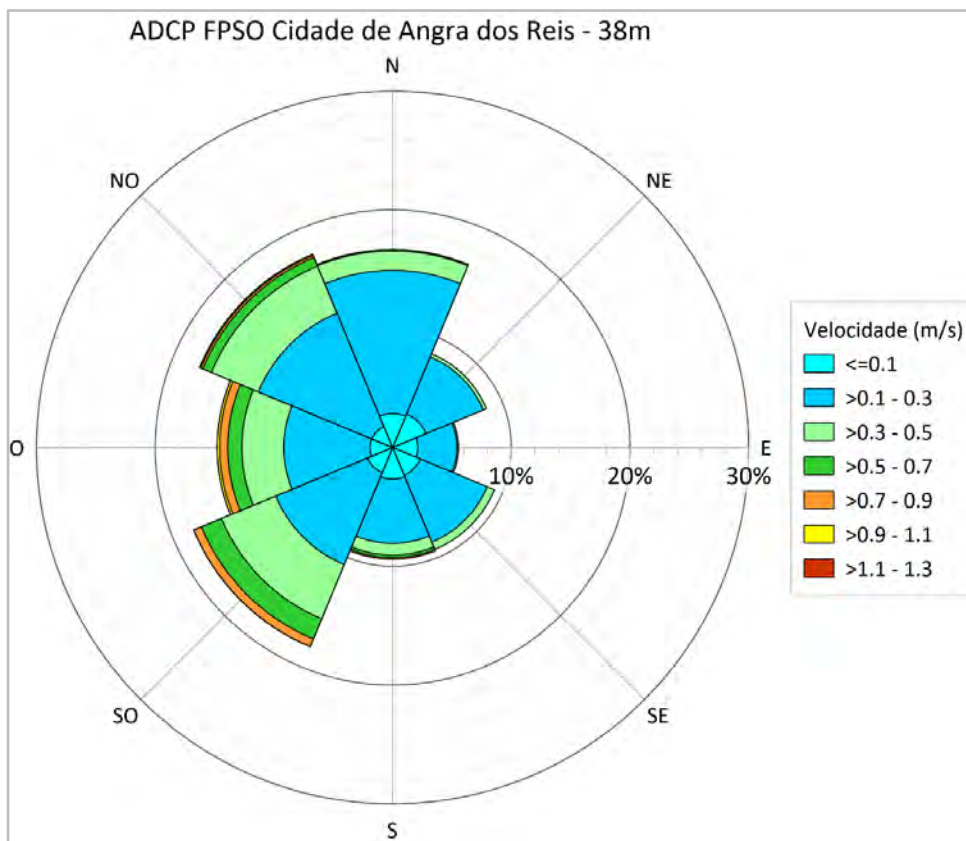


Gráfico II.5.1.1.2.2-38– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS a 38m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

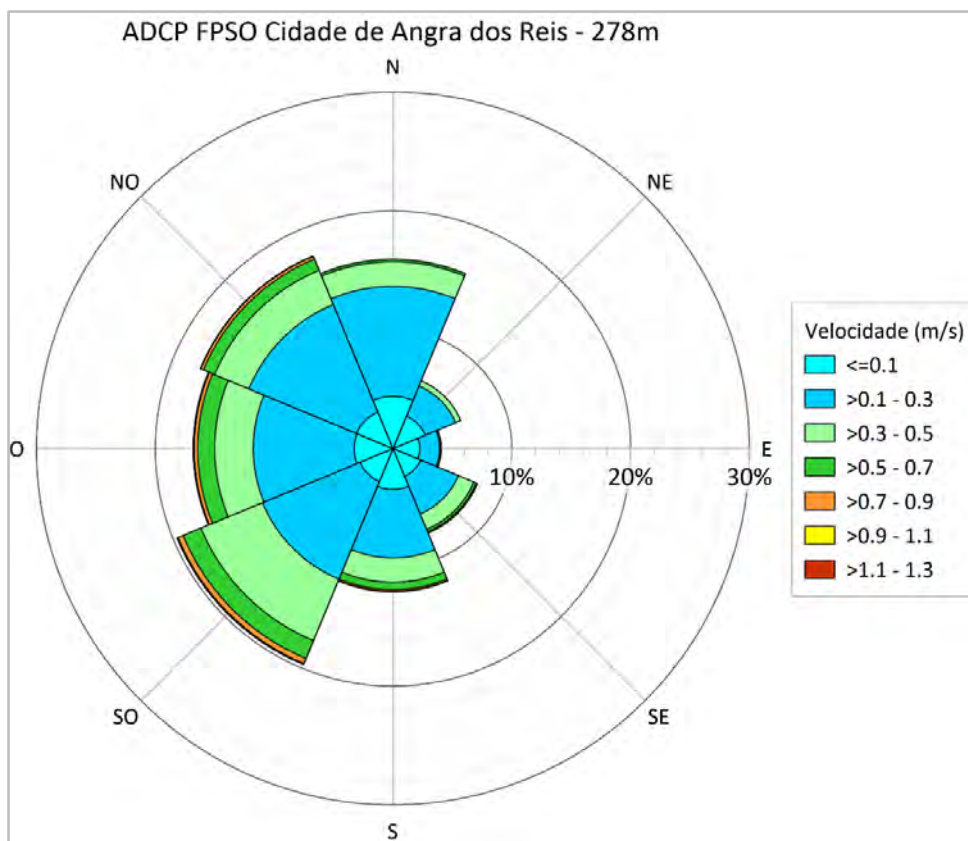


Gráfico II.5.1.1.2.2-39– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS a 278m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

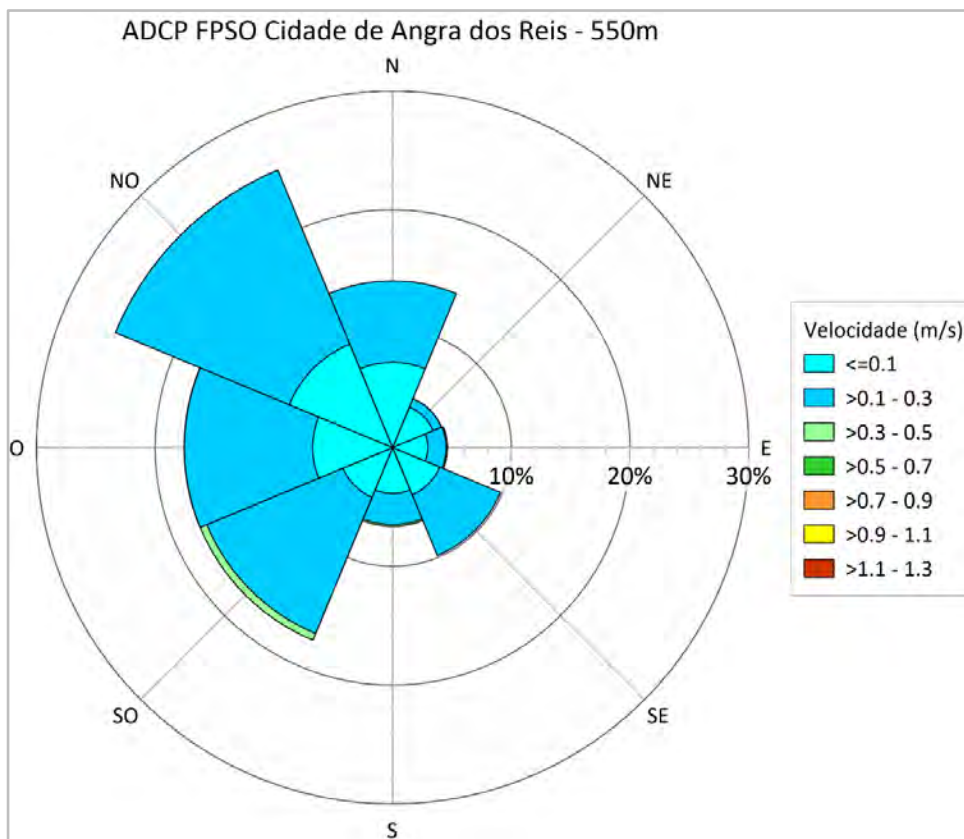


Gráfico II.5.1.1.2.2-40– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS a 550m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

Quadro II.5.1.1.2.2-16– Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS, a 38m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0,0 - 0,1	3,05	2,13	2,52	2,65	2,28	1,91	1,90	2,86	19,30
0,1 - 0,3	5,21	3,28	6,10	5,41	8,37	7,26	10,35	12,06	58,05
0,3 - 0,5	0,29	0,13	0,67	0,99	4,95	3,53	4,28	1,64	16,47
0,5 - 0,7	0,00	0,00	0,00	0,22	1,83	1,19	0,79	0,11	4,14
0,7 - 0,9	0,00	0,00	0,00	0,13	0,70	0,69	0,19	0,00	1,71
0,9 - 1,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,20	0,11	0,00	0,32
1,1 - 1,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
%	8,55	5,55	9,28	9,41	18,15	14,78	17,61	16,67	-
Média (m/s)	0,14	0,14	0,17	0,18	0,29	0,29	0,26	0,18	-
Máximo (m/s)	0,42	0,36	0,43	0,87	0,91	1,11	1,02	0,66	-

Quadro II.5.1.1.2.2-17 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS, a 278m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0,0 - 0,1	2,93	2,25	2,52	3,44	3,00	3,27	3,33	4,40	25,14
0,1 - 0,3	2,77	1,67	3,44	5,77	8,89	8,49	9,81	9,25	50,09
0,3 - 0,5	0,47	0,11	1,39	2,04	5,60	3,25	3,11	2,08	18,05
0,5 - 0,7	0,00	0,03	0,22	0,62	1,63	1,43	1,03	0,20	5,17
0,7 - 0,9	0,00	0,00	0,11	0,15	0,46	0,30	0,25	0,01	1,27
0,9 - 1,1	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08	0,07	0,04	0,00	0,25
1,1 - 1,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,03
%	6,17	4,07	7,70	12,06	19,68	16,82	17,56	15,93	-
Média (m/s)	0,13	0,11	0,20	0,21	0,28	0,25	0,23	0,18	-
Máximo (m/s)	0,49	0,66	1,02	1,07	1,17	1,15	0,95	0,73	-

Quadro II.5.1.1.2.2-18 – Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo FPSO Cidade de Angra dos Reis, da PETROBRAS a 550m no período de setembro de 2015 a setembro de 2016.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0,0 - 0,1	3,69	2,97	4,29	3,86	4,53	6,73	9,43	7,18	42,69
0,1 - 0,3	0,76	1,54	5,54	2,62	12,41	10,81	15,85	6,85	56,39
0,3 - 0,5	0,02	0,12	0,00	0,16	0,61	0,02	0,00	0,00	0,92
0,5 - 0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,7 - 0,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,9 - 1,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1 - 1,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
%	4,47	4,63	9,84	6,64	17,55	17,57	25,28	14,03	-
Média (m/s)	0,07	0,11	0,12	0,10	0,15	0,12	0,12	0,10	-
Máximo (m/s)	0,31	0,37	0,28	0,38	0,43	0,30	0,28	0,25	-

BS500

As medições realizadas pelo ADCP BS500 (24,39°S; 43,95°O), durante o período de 13/06/2008 até 11/02/2009, ocorreram desde a superfície até a profundidade de 53,75 m (PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-41** apresenta o box-plot de intensidade das correntes ao longo das profundidades amostradas, sendo observada uma uniformidade vertical. A mediana é de aproximadamente 0,55 m/s. Essa uniformidade é esperada, pois a profundidade máxima do local de medição é de 100 m e do ADCP foi de 53,75 m, com isso a camada medida não sofre influência do atrito de fundo e é governada predominantemente pelo vento. Considerando tal homogeneidade, a descrição das

intensidades e direções das correntes, apresentada a seguir, é realizada para o primeiro (8,75 m) e último nível (53,75 m) medidos.

A rosa direcional das correntes medidas no nível de 8,75 m (**Gráfico II.5.1.1.2.2-42**) mostra direções predominantes O (45,6%) e SO (41,5%) (**Quadro II.5.1.1.2.2-19**). A velocidade máxima registrada é de 1,5 m/s na direção S e as velocidades mais frequentes estão entre 0,4 m/s e 0,8 m/s. Na profundidade de 53,75 m, a rosa direcional (**Gráfico II.5.1.1.2.2-43**) também mostra um fluxo predominante para O (52,7%) e SO (33,6%), mas neste nível as correntes para O apresentam maior frequência que no nível de 8,75 m. A velocidade máxima é de 1,8 m/s na direção NO e as velocidades mais frequentes ocorrem entre 0,4 e 0,6m/s (**Quadro II.5.1.1.2.2-20**).

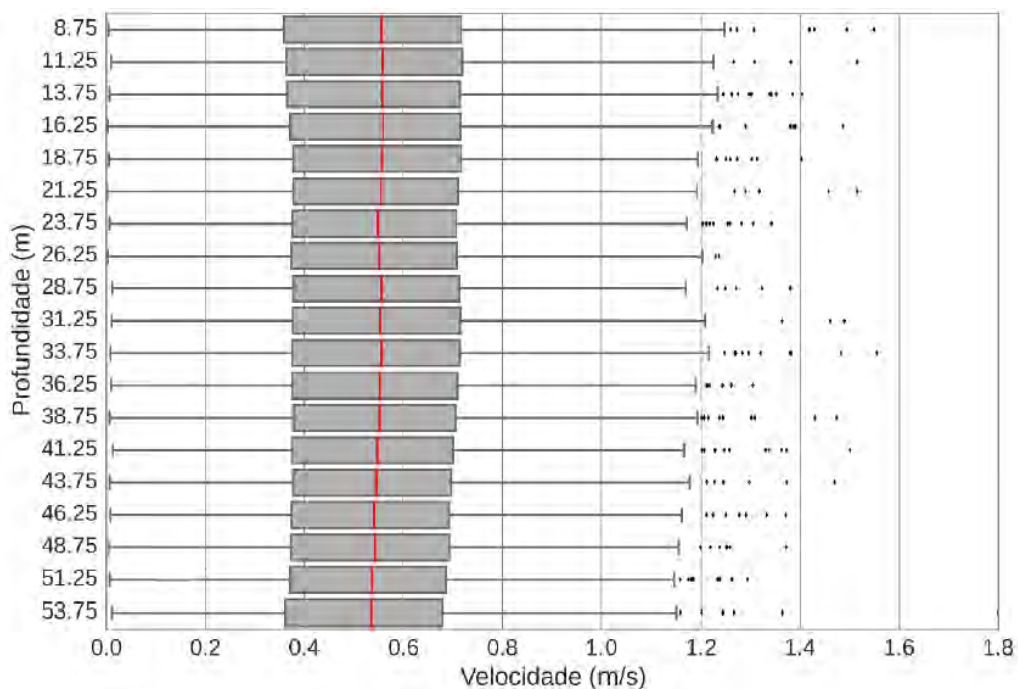


Gráfico II.5.1.1.2.2-41– Box-plot vertical da intensidade da corrente (m/s) registrada pelo ADCP BS500, no período de junho de 2008 a fevereiro de 2009. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

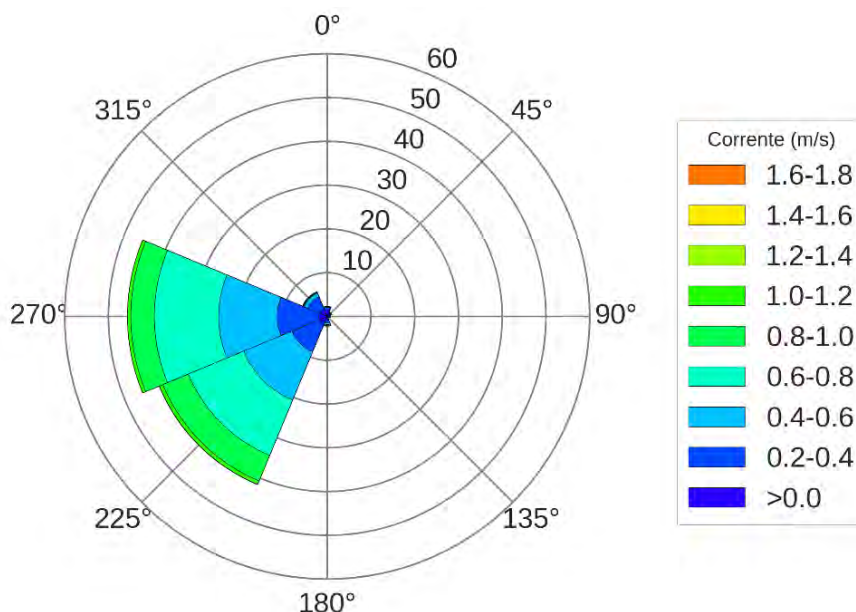


Gráfico II.5.1.1.2.2-42– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP BS500, da PETROBRAS a 8,75 m de profundidade, no período de junho de 2008 a fevereiro de 2009. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-19- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP BS500, da PETROBRAS, a 8,75 m no período no período de junho de 2008 a fevereiro de 2009. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,2	1,43	0,73	0,55	0,24	0,73	1,86	1,94	1,81	9,3
0,2-0,4	0,6	0,21	0	0,03	0,7	6,88	9,49	3,05	21
0,4-0,6	0,03	0,06	0	0	0,45	11,93	13,36	0,89	26,7
0,6-0,8	0,07	0,06	0,03	0	0,15	13,68	14,7	0,13	28,8
0,8-1,0	0,1	0,03	0,11	0	0,14	6,32	5,39	0,11	12,2
1,0-1,2	0,06	0,06	0,03	0	0,03	0,86	0,76	0,1	1,9
1,2-1,4	0,01	0	0	0	0,01	0,04	0	0	0,1
1,4-1,6	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0	0,01	0,1
(%)	2,32	1,14	0,73	0,27	2,24	41,56	45,64	6,1	-
Média	0,26	0,26	0,3	0,08	0,37	0,59	0,56	0,31	-
Máximo	1,42	1,08	1,43	0,28	1,55	1,31	1,15	1,49	-

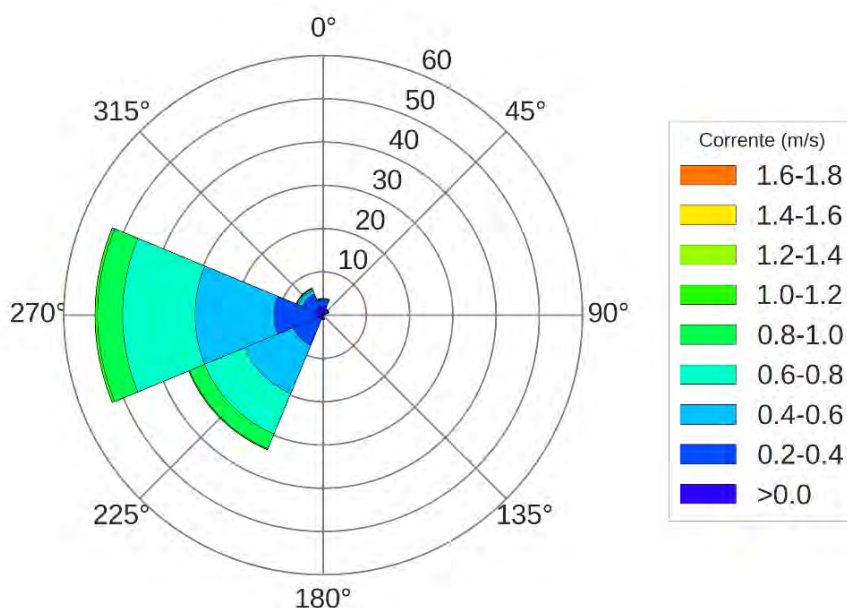


Gráfico II.5.1.1.2.2-43– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP BS500, da PETROBRAS a 53,75 m de profundidade, no período de junho de 2008 a fevereiro de 2009. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-20- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP BS500, da PETROBRAS, a 53,75 m no período no período de junho de 2008 a fevereiro de 2009. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,2	2,14	0,73	0,17	0,07	0,25	0,8	1,65	1,81	7,6
0,2-0,4	1,35	0,55	0	0,01	0,32	6,69	9,7	3,42	22,1
0,4-0,6	0,15	0,04	0,01	0	0,21	12,1	18,28	0,96	31,8
0,6-0,8	0,11	0,04	0,03	0	0,11	10,1	16,75	0,3	27,4
0,8-1,0	0,08	0,08	0,04	0	0,14	3,74	5,78	0,17	10
1,0-1,2	0,03	0,04	0,03	0	0,01	0,21	0,59	0,08	1
1,2-1,4	0	0	0,01	0	0	0,03	0,01	0,01	0,1
1,4-1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,6-1,8	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0
(%)	3,87	1,49	0,3	0,08	1,05	33,67	52,77	6,77	-
Média	0,24	0,28	0,42	0,13	0,41	0,56	0,56	0,33	-
Máximo	1,07	1,16	1,27	0,23	1,13	1,36	1,24	1,8	-

DEPROAS

As medições realizadas pelo ADCP DEPROAS (23,30°S e 42,76°O), durante o período de 09/01/2003 a 05/05/2004, ocorreram entre as profundidades de 85 m e 965 m (PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

O box-plot (Gráfico II.5.1.1.2.2-44) mostra que na profundidade de 85 m, a corrente apresenta intensidades medianas em torno de 0,3 m/s, reduzindo progressivamente nas camadas mais profundas, com medianas próximas à 0,2 m/s.

Os histogramas direcionais (Gráfico II.5.1.1.2.2-45 a Gráfico II.5.1.1.2.2-47) e diagramas de ocorrência conjunta (Quadro II.5.1.1.2.2-21 ao Quadro II.5.1.1.2.2-23) foram elaborados para as profundidades de 85 m, 445 m e 965 m, afim de caracterizar o comportamento das correntes na região. Na camada superficial, as correntes predominantes seguem na direção S (41,5%) e SO (28,6%). As velocidades mais frequentes variaram entre 0,1 e 0,3 m/s, com 46,9% dos registros, e a máxima intensidade observada foi de 1,09 m/s.

Na profundidade de 445 m, as direções principais permanecem na direção S (21,2%) e SO (37,6%). A intensidade ocorre com maior frequência na faixa entre 0,1 m/s e 0,3 m/s. A máxima velocidade foi registrada na direção SO, com 0,93 m/s.

Na camada mais profunda, 965 m, a intensidade das correntes diminui em relação ao nível superficial, com maior frequência de intensidade na faixa entre 0,1 m/s e 0,2 m/s (40,2%). A máxima velocidade verificada foi de 0,65 m/s para N. As direções predominantes permanecem S (21,2%) e SO (37,6%).

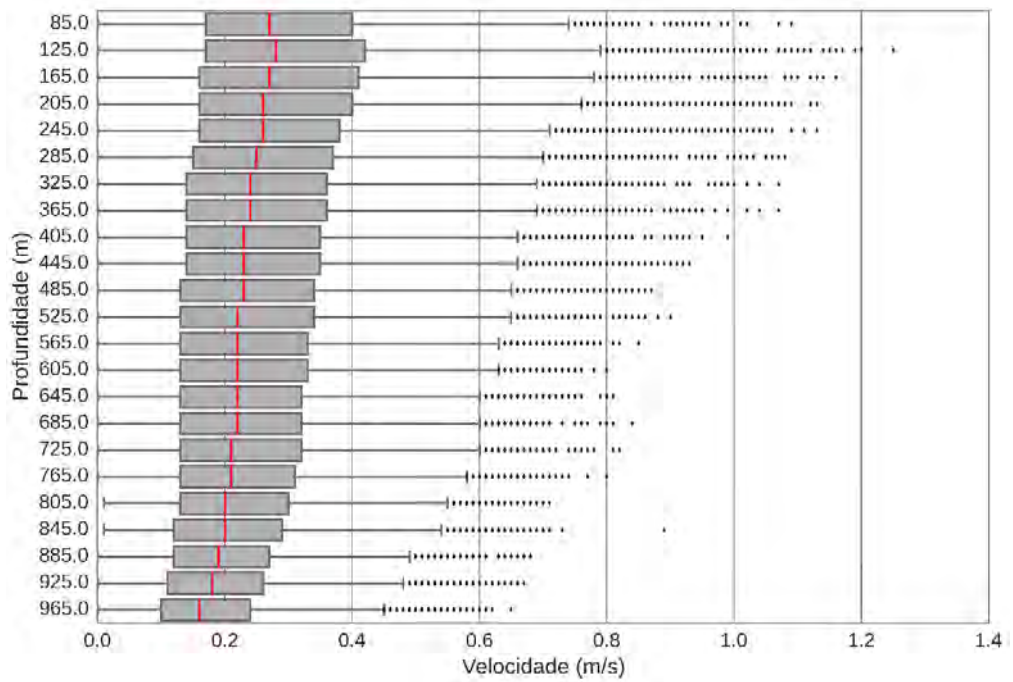


Gráfico II.5.1.1.2.2-44– Box-plot vertical da intensidade da corrente (m/s) registrada pelo ADCP DEPROAS, no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

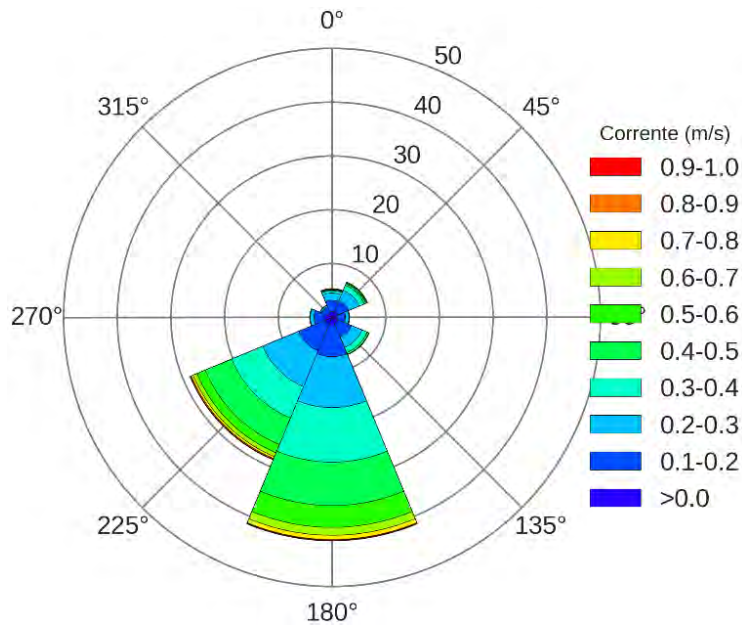


Gráfico II.5.1.1.2.2-45– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS a 85 m de profundidade, no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

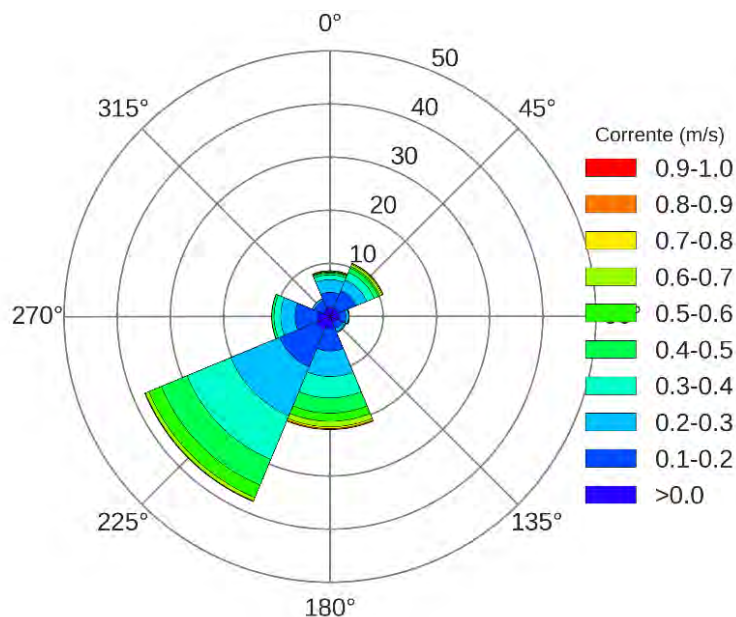


Gráfico II.5.1.1.2.2-46– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS a 445 m de profundidade, no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

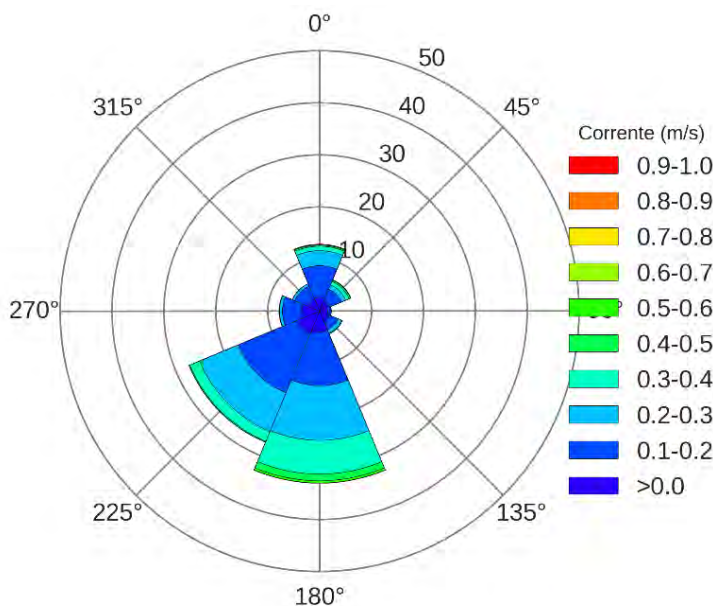


Gráfico II.5.1.1.2.2-47– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS a 965 m de profundidade, no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-21- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS, a 85 m no período no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	1,06	1,09	0,9	1,16	1,36	1,37	1,46	0,99	9,4
0,1-0,2	2,11	2,24	1,59	2,75	5,94	5,34	1,89	1,16	23
0,2-0,3	1,36	2,15	0,67	2,15	9,44	7,21	0,69	0,25	23,9
0,3-0,4	0,42	1	0,09	1,02	10,11	6,29	0,11	0,05	19,1
0,4-0,5	0,14	0,32	0	0,32	8,05	5,34	0	0	14,2
0,5-0,6	0,12	0,16	0,02	0,09	4,07	1,64	0	0	6,1
0,6-0,7	0,11	0,12	0	0	1,46	0,78	0	0	2,5
0,7-0,8	0,04	0,04	0	0	0,79	0,37	0	0	1,2
0,8-0,9	0	0	0	0	0,12	0,18	0	0	0,3
0,9-1,0	0	0	0	0	0,12	0,11	0	0	0,2
1,0-1,1	0	0	0	0	0,07	0,02	0	0	0,1
(%)	5,36	7,12	3,26	7,49	41,55	28,63	4,14	2,45	-
Média	0,2	0,22	0,15	0,2	0,35	0,32	0,13	0,12	-
Máximo	0,73	0,73	0,58	0,56	1,09	1,07	0,38	0,34	-

Quadro II.5.1.1.2.2-22- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS, a 445 m no período no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	1,67	1,68	1,69	1,3	2,14	2,67	2,28	1,38	14,8
0,1-0,2	2,89	3,62	1,3	1,27	4,35	7,57	4,29	1,86	27,1
0,2-0,3	2,38	2,17	0,49	0,54	4,8	9,95	2,7	0,37	23,4
0,3-0,4	0,9	1,51	0,12	0,14	4,01	8,91	1,24	0,01	16,9
0,4-0,5	0,36	0,89	0,04	0,04	2,87	5,24	0,42	0	9,8
0,5-0,6	0,16	0,29	0	0	1,54	2,52	0,04	0	4,5
0,6-0,7	0,13	0,44	0	0	1,03	0,7	0	0	2,3
0,7-0,8	0,12	0,18	0	0	0,32	0,11	0	0	0,7
0,8-0,9	0,04	0,06	0	0	0,18	0,02	0	0	0,3
0,9-1,0	0	0	0	0	0,04	0,01	0	0	0
(%)	8,65	10,9	3,64	3,29	21,29	37,69	11	3,63	-
Média	0,21	0,25	0,13	0,13	0,31	0,29	0,19	0,12	-
Máximo	0,86	0,89	0,48	0,46	0,92	0,93	0,57	0,31	-

Quadro II.5.1.1.2.2-23- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP DEPROAS, da PETROBRAS, a 965 m no período no período de janeiro de 2003 a maio de 2004. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	2,62	2,05	1,55	1,98	3,99	4,67	3,41	2,46	22,7
0,1-0,2	6,09	2,51	0,66	1,9	10,31	12,31	3,75	2,71	40,2
0,2-0,3	2,89	0,88	0,04	0,68	10,51	8,04	0,56	0,49	24,1
0,3-0,4	0,84	0,72	0	0,16	6,47	2,03	0,06	0,01	10,3
0,4-0,5	0,23	0,28	0	0	1,3	0,17	0	0	2
0,5-0,6	0,12	0,07	0	0	0,43	0,01	0	0	0,6
0,6-0,7	0,04	0	0	0	0,01	0	0	0	0
(%)	12,8	6,51	2,25	4,72	33,02	27,23	7,78	5,68	-
Média	0,17	0,17	0,08	0,13	0,22	0,18	0,11	0,11	-
Máximo	0,65	0,54	0,22	0,38	0,62	0,5	0,37	0,33	-

FRANCO

As medições realizadas pelo ADCP FRANCO (24,56°S; 42,53°O), durante o período de 29/06/2011 a 06/02/2012, ocorreram entre as profundidades de 45 m e 375 m (PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

Ao analisar o box-plot da intensidade das correntes ao longo das profundidades (**Gráfico II.5.1.1.2.2-48**), observa-se que embora tenham sido registrados

velocidades superiores à 0,7 m/s nas camadas mais superficiais, a mediana indicou intensidades entre 0,2 m/s e 0,3 m/s até a profundidade de aproximadamente 250 m, a partir da qual as velocidades são menos intensas.

As rosas direcionais da corrente (**Gráfico II.5.1.1.2.2-49** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-51**) mostram que o padrão é semelhante ao longo da coluna d'água. Nas profundidades de 45 m e 205 m, as direções mais frequentes são O e SE, com intensidades principais entre 0,1 m/s e 0,3 m/s (**Quadro II.5.1.1.2.2-24** e **Quadro II.5.1.1.2.2-25**). No nível superficial, a máxima velocidade registrada foi de 1,05 m/s e em nível intermediário, de 0,72 m/s. Na profundidade de 375 m, as correntes são predominantemente para SE (17,6%) e NO (17,1%), com baixas velocidades (menor que 2,0 m/s em 72% dos registros) (**Quadro II.5.1.1.2.2-26**).

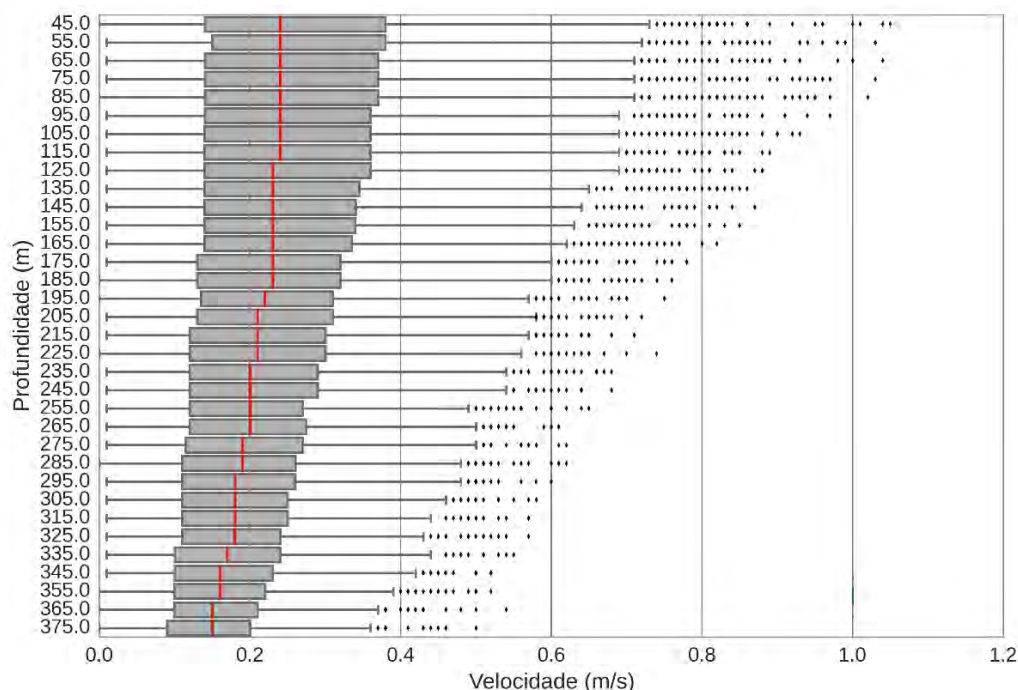


Gráfico II.5.1.1.2.2-48– Box-plot vertical da intensidade da corrente (m/s) registrada pelo ADCP FRANCO, no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

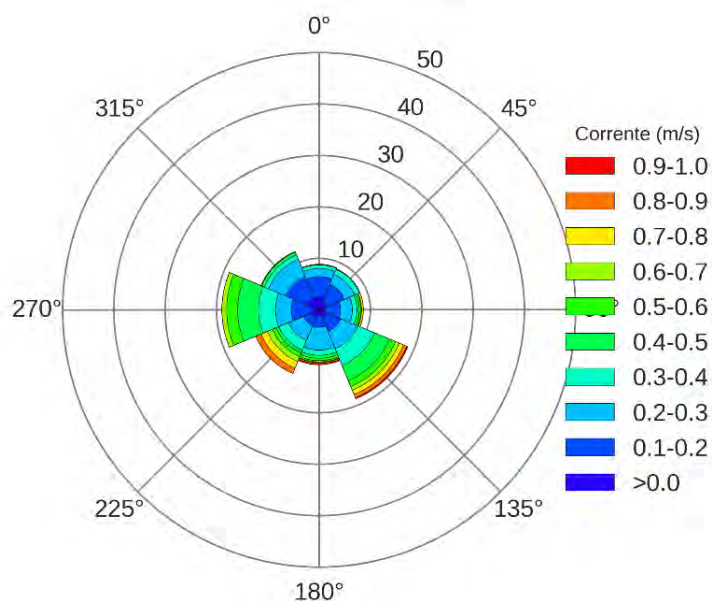


Gráfico II.5.1.1.2.2-49– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS a 45 m de profundidade, no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

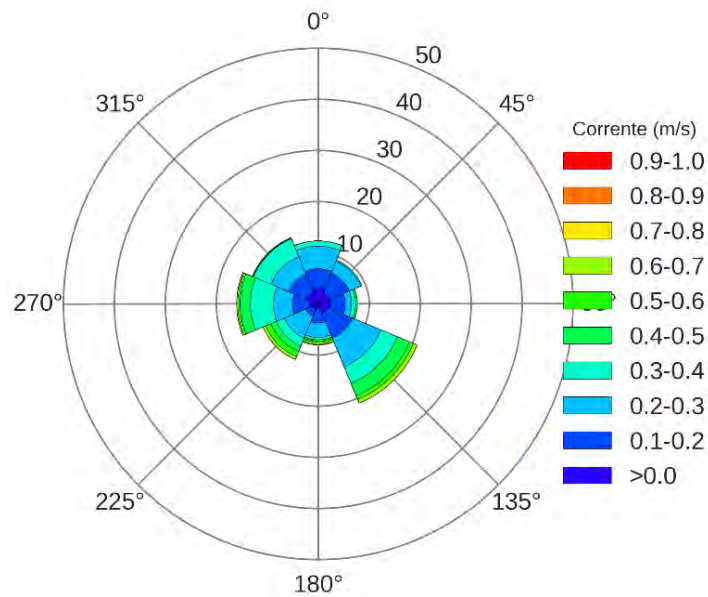


Gráfico II.5.1.1.2.2-50– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS a 205 m de profundidade, no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

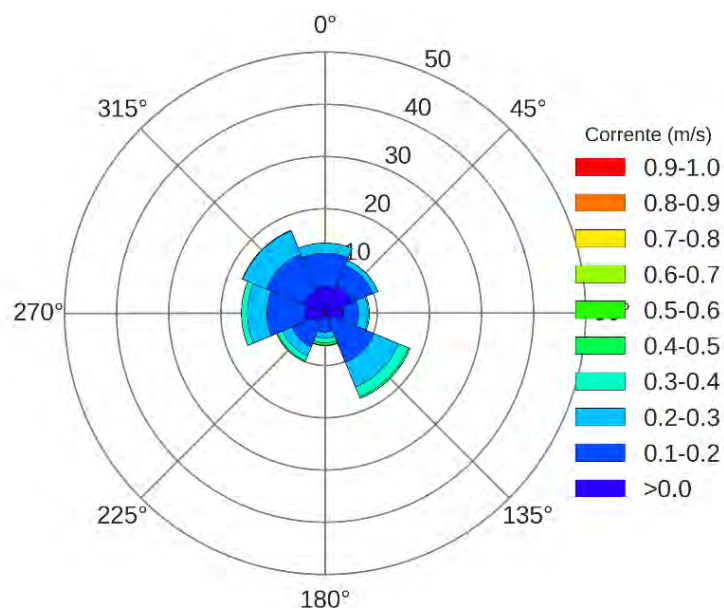


Gráfico II.5.1.1.2.2-51– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS a 375 m de profundidade, no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-24- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS, a 45 m no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	2,37	1,58	1,24	1,58	1,02	1,47	1,47	2,49	13,2
0,1-0,2	4,07	3,73	2,94	2,94	2,37	1,81	3,95	4,52	26,3
0,2-0,3	1,58	2,15	2,26	3,62	4,41	3,16	3,05	3,62	23,8
0,3-0,4	0,68	1,02	0,9	3,5	1,02	2,03	3,28	0,9	13,3
0,4-0,5	0,11	0,11	0,45	3,16	0,56	0,56	4,07	0,56	9,6
0,5-0,6	0	0	0,34	1,24	0,45	0,79	2,15	0,11	5,1
0,6-0,7	0	0	0,11	0,79	0,23	1,02	0,9	0	3,1
0,7-0,8	0	0	0,34	0,9	0,11	1,36	0	0	2,7
0,8-0,9	0	0	0	0,68	0,23	1,13	0	0	2
0,9-1,0	0	0	0	0,23	0,23	0	0	0	0,5
1,0-1,1	0	0	0	0	0,34	0	0	0	0,3
(%)	8,81	8,59	8,59	18,64	10,96	13,33	18,87	12,2	-
Média	0,16	0,19	0,24	0,36	0,3	0,38	0,33	0,19	-
Máximo	0,43	0,45	0,78	0,95	1,05	0,86	0,7	0,52	-

Quadro II.5.1.1.2.2-25- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS, a 205 m no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	3,16	2,37	2,37	2,03	1,02	1,24	1,58	2,48	16,3
0,1-0,2	3,72	4,18	2,93	5,19	2,71	1,35	3,5	3,84	27,4
0,2-0,3	4,4	2,48	1,24	6,09	2,82	4,63	3,72	3,72	29,1
0,3-0,4	1,02	0,23	0,79	3,5	0,45	1,69	4,51	3,72	15,9
0,4-0,5	0	0	0,34	2,6	0,23	1,13	2,03	0,11	6,4
0,5-0,6	0	0	0	0,79	0,34	1,13	0,45	0,11	2,8
0,6-0,7	0	0	0	0,79	0,34	0,56	0,23	0	1,9
0,7-0,8	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0,1
(%)	12,3	9,26	7,67	20,99	8,01	11,74	16,03	14	-
Média	0,17	0,16	0,17	0,27	0,24	0,3	0,27	0,21	-
Máximo	0,37	0,31	0,48	0,68	0,72	0,7	0,64	0,5	-

Quadro II.5.1.1.2.2-26- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP FRANCO, da PETROBRAS, a 375 m no período de junho de 2011 a fevereiro de 2012. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	4,97	5,54	3,39	1,58	0,79	2,03	3,84	4,63	26,8
0,1-0,2	6,55	4,41	3,05	8,59	2,82	4,86	7,34	7,57	45,2
0,2-0,3	1,92	1,02	1,81	5,08	1,13	1,92	3,73	4,86	21,5
0,3-0,4	0	0	0,23	2,03	0,9	1,02	1,13	0,11	5,4
0,4-0,5	0	0	0	0,34	0,45	0,23	0	0	1
0,5-0,6	0	0	0	0	0,11	0	0	0	0,1
(%)	13,45	10,96	8,47	17,63	6,21	10,06	16,05	17,18	-
Média	0,13	0,11	0,13	0,2	0,21	0,17	0,16	0,15	-
Máximo	0,28	0,28	0,33	0,46	0,5	0,43	0,36	0,37	-

SS67

As medições realizadas pelo ADCP SS-67 (24,18°S; 42,70°O), durante o período de 29/12/2010 a 30/04/2011, ocorreram entre as profundidades de 46 m e 598 m (PETROBRAS/TETRATECH, 2016).

O box-plot ilustrado no **Gráfico II.5.1.1.2.2-52** mostra que as maiores velocidades ocorrem nas camadas superficiais, com mediana acima de 0,2 m/s e valores máximo acima de 0,6 m/s. É observado uma redução progressiva até o nível de 350 m, e a partir deste nível, voltam a aumentar, porém com medianas

inferiores a 0,2 m/s. O aumento das velocidades na camada superficial e na camada mais profunda indica a assinatura da CB e da CCI, respectivamente, com velocidades predominantes para S (**Gráfico II.5.1.1.2.2-53**) em superfície e para N (**Gráfico II.5.1.1.2.2-55**) em maiores profundidades. Em níveis intermediários, as velocidades são mais fracas e seguem preferencialmente para N (**Gráfico II.5.1.1.2.2-54**).

Na profundidade de 46 m, as correntes para S e SE representam 30,8% e 21,0% dos registros, respectivamente. A faixa mais frequente de velocidade ocorre entre 0,1 m/s e 0,3 m/s (61,9%) e a máxima é de 0,67 m/s (**Quadro II.5.1.1.2.2-27**). Na profundidade de 286 m, 87,7% dos registros são de velocidades até 0,2 m/s, com direção predominante para NE (28,0%) e N (23,0%). A velocidade máxima verificada neste nível é de 0,3 m/s em ambas direções predominantes (**Quadro II.5.1.1.2.2-28**). Na profundidade de 598 m, a velocidade máxima é de 0,4 m/s para NE, com predomínio na faixa entre 0,1 m/s e 0,3 m/s (82,6%). Correntes para N (47,7%) e NE (47,8%) são as mais frequentes nesse nível (**Quadro II.5.1.1.2.2-29**).

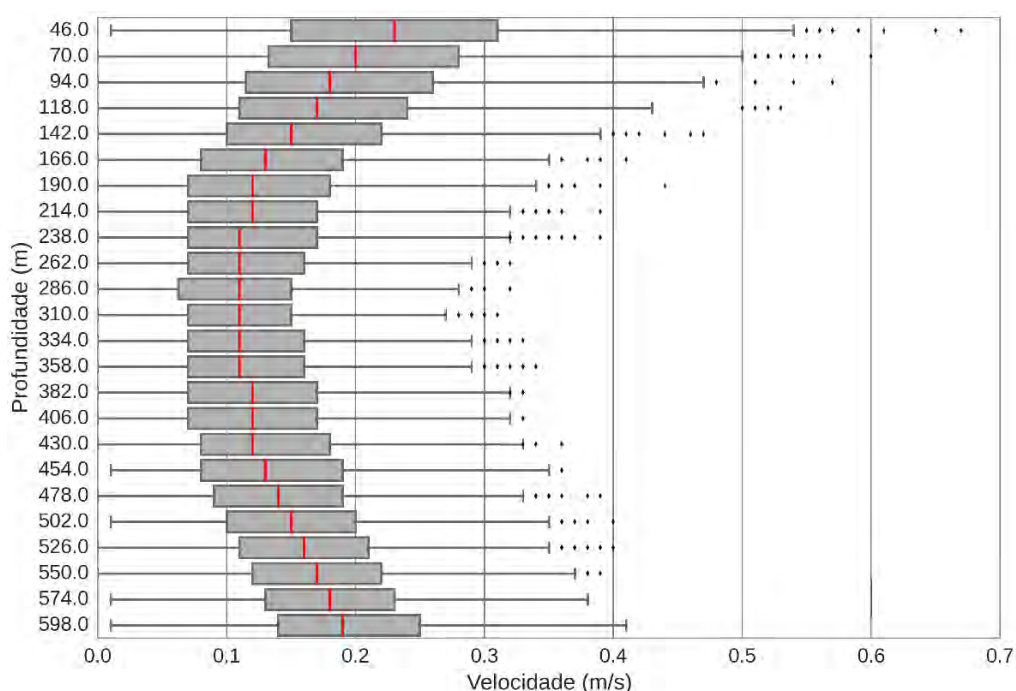


Gráfico II.5.1.1.2.2-52– Box-plot vertical da intensidade da corrente (m/s) registrada pelo ADCP SS-67, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

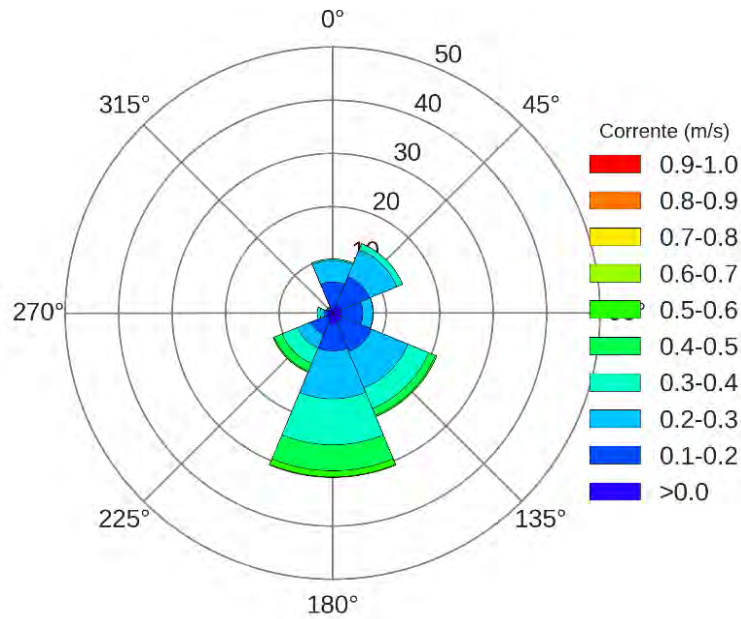


Gráfico II.5.1.1.2.2-53– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS a 46 m de profundidade, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

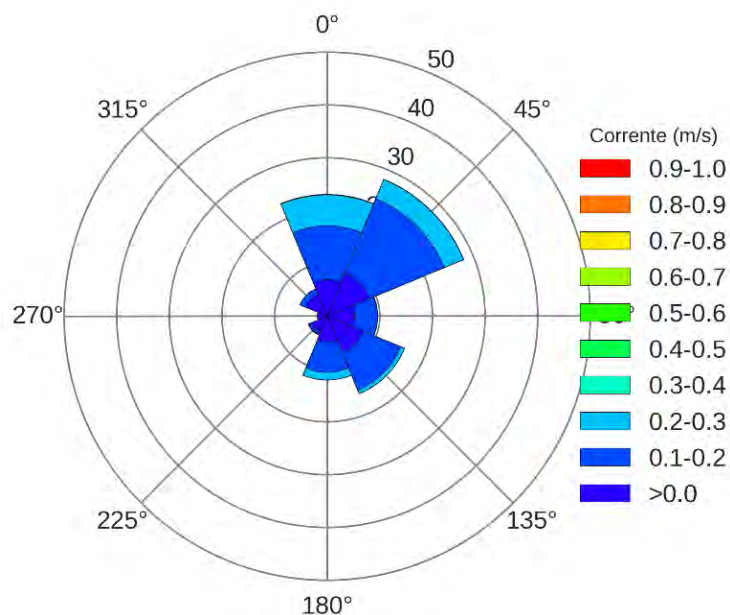


Gráfico II.5.1.1.2.2-54– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS a 286 m de profundidade, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

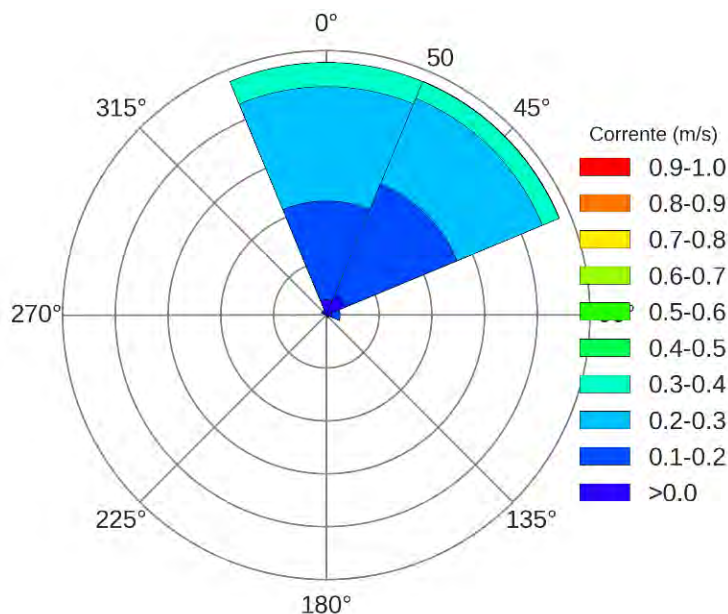


Gráfico II.5.1.1.2.2-55– Rosa direcional da corrente referente aos dados registrados pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS a 598 m de profundidade, no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Quadro II.5.1.1.2.2-27- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS, a 46 m no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	1,01	1,52	1,56	1,91	2,07	1,29	0,74	0,43	10,5
0,1-0,2	4,87	5,96	4,09	5,92	5,07	3,12	0,9	0,55	30,5
0,2-0,3	4,01	5,49	1,87	7,4	8,96	2,69	0,74	0,19	31,4
0,3-0,4	0,27	1,17	0,08	4,17	8,65	3,12	0,51	0,12	18,1
0,4-0,5	0	0	0	1,36	4,87	1,6	0	0	7,8
0,5-0,6	0	0	0	0,27	1,13	0,19	0	0	1,6
0,6-0,7	0	0	0	0	0,12	0	0	0	0,1
(%)	10,17	14,15	7,6	21,04	30,87	12	2,88	1,29	-
Média	0,19	0,19	0,16	0,24	0,29	0,26	0,18	0,15	-
Máximo	0,35	0,37	0,34	0,56	0,67	0,53	0,37	0,36	-

Quadro II.5.1.1.2.2-28- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS, a 246 m no período no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	6,89	8,76	5,18	7,4	4,9	3,15	1,83	4,44	42,5
0,1-0,2	10,24	15,34	4,36	7,75	5,72	0,62	0,04	1,17	45,2
0,2-0,3	5,84	3,93	0,04	0,74	1,44	0,12	0	0	12,1
0,3-0,4	0,08	0,04	0	0	0	0	0	0	0,1
(%)	23,04	28,07	9,58	15,88	12,07	3,89	1,87	5,61	-
Média	0,14	0,13	0,09	0,1	0,11	0,07	0,05	0,07	-
Máximo	0,32	0,32	0,2	0,28	0,28	0,22	0,1	0,19	-

Quadro II.5.1.1.2.2-29- Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção das correntes, a partir de dados medidos pelo ADCP SS-67, da PETROBRAS, a 598 m no período no período de dezembro de 2010 a abril de 2011. Extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Corrente (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	(%)
0,0-0,1	2,9	4,08	1,06	0,53	0,08	0,04	0,16	0,53	9,4
0,1-0,2	18,68	22,76	1,51	0	0	0	0	0,45	43,4
0,2-0,3	21,62	17,54	0,04	0	0	0	0	0	39,2
0,3-0,4	4,57	3,38	0	0	0	0	0	0	8
0,4-0,5	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0,1
(%)	47,76	47,84	2,61	0,53	0,08	0,04	0,16	0,98	-
Média	0,21	0,19	0,11	0,05	0,02	0,03	0,05	0,1	-
Máximo	0,39	0,41	0,21	0,09	0,04	0,03	0,06	0,2	-

Modelo HYCOM/REMO – 1/24° S/SE

Complementarmente, os resultados da modelagem numérica do HYCOM da base REMO foram utilizados para se caracterizar a circulação superficial da região para o ano de 2004, o qual foi utilizado na modelagem de deriva do óleo. A descrição e avaliação detalhada dessa simulação hidrodinâmica foi apresentada no “Relatório Técnico Base Hidrodinâmica SSE”, elaborado pelo Grupo de Estudos de Processos Oceânicos do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE/UFRJ, no âmbito da Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica.

A grade numérica tem resolução horizontal de 1/24° (aproximadamente 4,5 km) e vertical em 21 camadas, que mudam seu sistema de acordo com a região de

domínio. O desenvolvimento dessa base foi resultado de um trabalho com acompanhamento do IBAMA. Esta base hidrodinâmica foi criada com o objetivo de aplicá-la em estudos ambientais envolvendo modelagem de derrame superficial de óleo nas bacias do Espírito Santo, de Campos e de Santos. Por este motivo, apesar de possuir uma discretização vertical, não foi realizada uma análise detalhada dos campos de subsuperfície do modelo, por não estar no escopo de sua aplicação. Desta forma, apenas os campos de superfície foram utilizados na presente caracterização. Ressalta-se que os campos de correntes sazonais foram extraídos de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Dois resultados principais merecem destaque a partir dos resultados obtidos para as diferentes estações do ano, **Figura II.5.1.1.2.2-192** a **Figura II.5.1.1.2.2-195**, a maior intensidade da Corrente do Brasil e sua maior proximidade da costa e, a maior quantidade de feições de mesoescala nos campos referentes à esta base. Tais resultados podem estar relacionados ao fato do modelo ser capaz, devido a sua alta resolução espacial, de representar fenômenos de larga e meso escalas no oceano e, em função das forçantes nos contornos, efeitos em escala sinótica e oscilações devidas à maré astronômica.

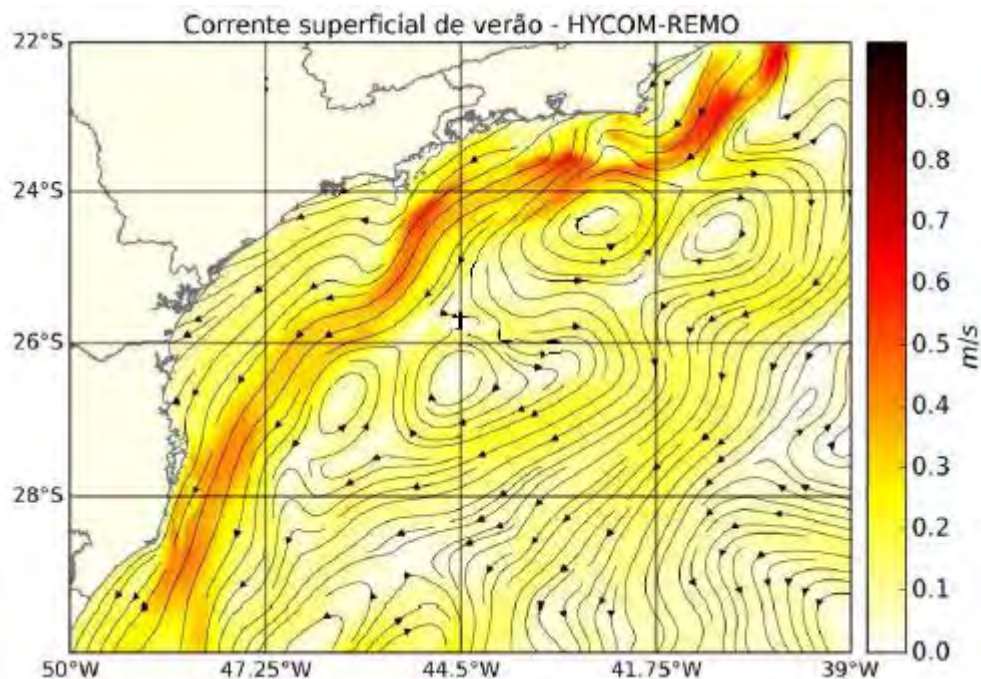


Figura II.5.1.1.2.2-192– Média da circulação próxima a superfície para o verão (janeiro a março), a partir dos resultados do modelo HYCOM da base REMO para o ano de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

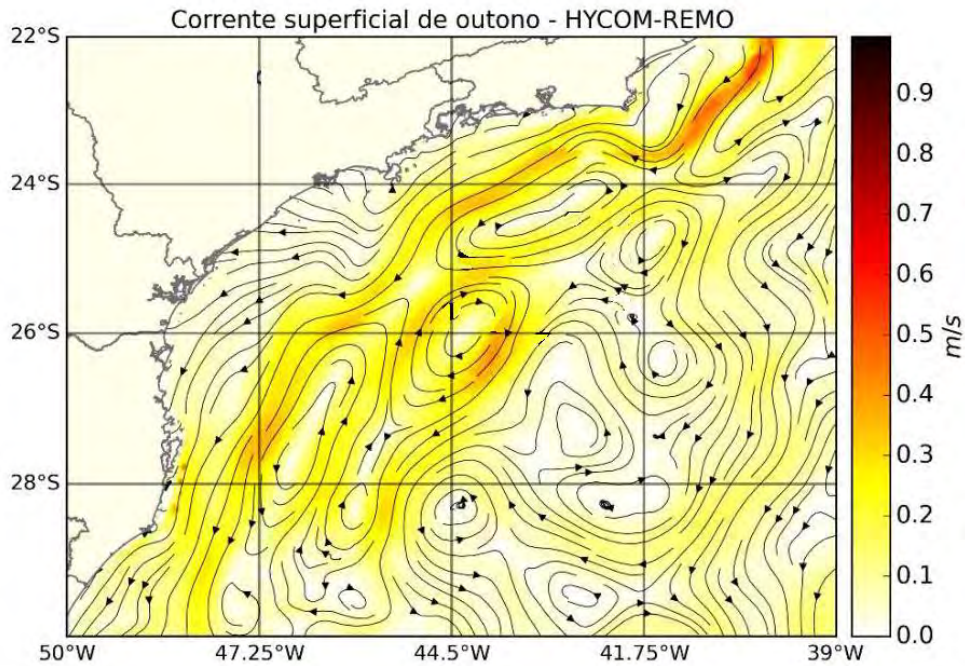


Figura II.5.1.1.2.2-193– Média da circulação próxima a superfície para o outono (abril a junho), a partir dos resultados do modelo HYCOM da base REMO para o ano de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

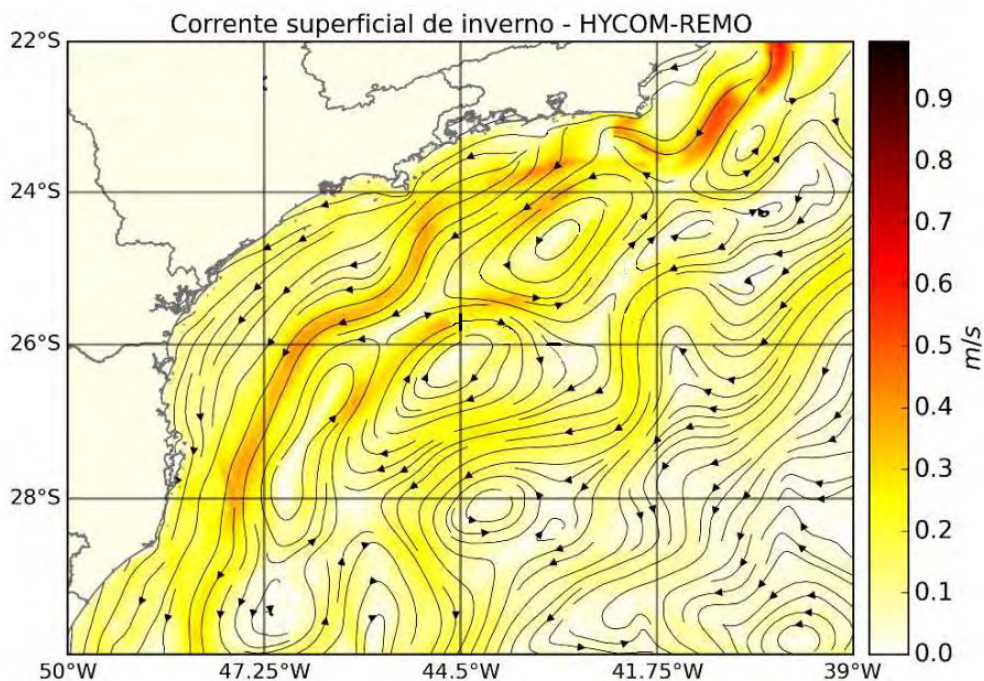


Figura II.5.1.1.2.2-194– Média da circulação próxima a superfície para o inverno (julho a setembro), a partir dos resultados do modelo HYCOM da base REMO para o ano de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

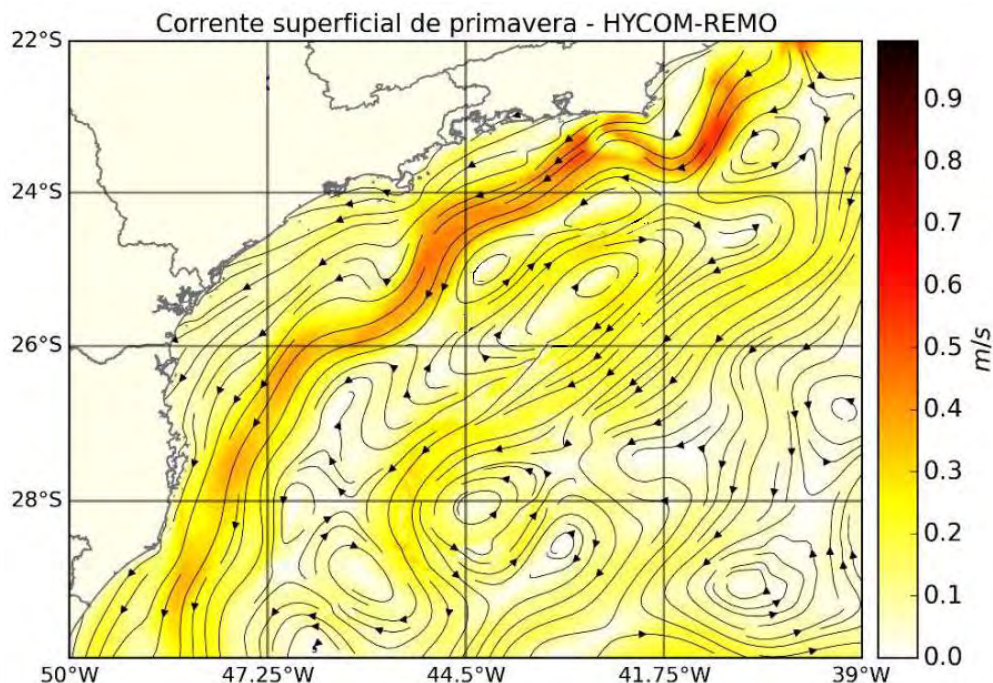


Figura II.5.1.1.2.2-195– Média da circulação próxima a superfície para a primavera (outubro a dezembro), a partir dos resultados do modelo HYCOM da base REMO para o ano de 2004. Extraído e adaptado de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

D. Regime de Ondas

As ondas superficiais de gravidade são a principal e mais constante forma de transporte da energia no mar, exercendo papel preponderante na determinação das feições costeiras. Elas são produzidas pela ação dos ventos soprando sobre a superfície do mar e cuja força restauradora é o efeito da gravidade atuando sobre as partículas fluidas, sendo assim denominada ondas de gravidade superficiais (PARENTE *et al.*, 2015). 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 seu crescimento, e (iii) as interações não lineares entre as ondas, que produzem transferência de energia de frequências maiores para menores (PARENTE, 1999). 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 o vento sopra).

Devido ao processo de transferência de energia da atmosfera para o oceano, as ondas gravitacionais geradas pelos ventos têm como característica fundamental a irregularidade. A essas ondas irregulares, que estão na zona de geração dá-se o nome de mar local (*sea*). Conforme elas se propagam, o caráter dispersivo em águas profundas faz com que as ondas com comprimentos mais longos se propaguem mais rapidamente do que as ondas mais curtas, havendo, portanto, dispersão. Dessa forma, o campo de ondas inicialmente irregular, como o que é gerado por uma tempestade, irá se dispersar em campos mais regulares. Essas ondas regulares de baixa frequência e maior comprimento que foram geradas em regiões remotas e se propagam pelo oceano são chamadas *swell* ou ondulações.

A caracterização do estado do mar é feita em função de três parâmetros principais: altura significativa (H_s), direção e período de pico (T_p). A altura significativa é uma representação da severidade do mar, equivalendo à média de 1/3 das maiores ondas. O período de pico é o que corresponde à energia máxima do espectro, e no caso de mais de um pico, pode representar também o valor máximo de uma categoria de mar.

No Brasil, as regiões Sul e Sudeste são frequentemente atingidas por fortes ventos originados por ciclones extratropicais, e as suas áreas costeiras são afetadas pelo fenômeno de ressaca. Segundo PALMEIRA *et al.* (2002), a agitação marítima desta região deve-se a persistência do ASAS que impõe a condição mais frequente, porém menos energética; por sua vez, os ciclones extratropicais e as altas migratórias polares associadas estão ligados aos eventos extremos. Os ciclones são os formadores das maiores ondulações enquanto as altas migratórias polares funcionam no sentido de manter a persistência e a extensão de vento, permitindo que as ondas cresçam e se propaguem por grandes distâncias (MATHIAS, 2012).

Os sistemas meteorológicos em escala sinótica que influenciam a área de estudo são principalmente o ASAS, Ciclones Extratropicais (CE) e Anticiclones Migratórias (AM). Existem outros sistemas que atuam na região, como Linhas de Instabilidade, ZCAS, entre outros. Porém, estes fenômenos não geram grandes impactos no oceano como os sistemas de altas e baixas pressões.

Como já exposto no capítulo de Meteorologia do presente diagnóstico ambiental, o ASAS é um sistema semi-permanente, pois seu deslocamento é reduzido durante o ano e apresenta pressões relativamente baixas no verão e altas no inverno. Quanto ao seu deslocamento, oscila em torno de sua posição média para sul e a leste em direção ao oceano no verão e, no inverno, para norte e a oeste em direção ao interior do continente. Possui relação com a ZCIT que migra em fase com a radiação solar, dependendo do hemisfério em que estiver a estação de verão, por isso a variação sazonal e meridional do ASAS do longo do ano.

Esse sistema gera ventos, em torno do seu núcleo, divergente e anti-horários, estabelecendo, assim, as condições meteorológicas mais frequentes na região, que são os ventos de direções variáveis de N-NE-LE, e de intensidades fracas a moderadas. A circulação anticiclônica gera subsidência com o aumento da estabilidade e bom tempo.

Os ciclones extratropicais formam-se, em geral, a partir da ondulação de um sistema frontal e são distúrbios que se originam frequentemente na região ao norte da Argentina, atingindo o Uruguai e o sul do Brasil, provocando chuvas, nebulosidade e ventos fortes (REBOITA, 2008). Quanto à sua climatologia, TALJARD (1972), SINCLAIR (1995) e REBOITA (1998) indicam, em relação à América do Sul, a região leste do sul/sudeste, ao norte de 30°S, sobre o oceano Atlântico, como um área ciclogênica na América do Sul. O deslocamento desses ciclones ocorre de oeste para leste, no Atlântico Sul, gerando ventos, principalmente, de direções SO e SE (CANDELLA, 1997).

O anticiclone polar ou alta migratória pós-frontal vem na retaguarda, acompanhando o ciclone extratropical ou frente fria associada. Desloca-se e propaga-se para leste e nordeste; possui núcleo frio e, ocasionalmente migra em direção às latitudes mais baixas. A atuação deste fenômeno na região da Bacia de Santos, após a passagem de uma frente fria, pode causar queda da temperatura e aumento da precipitação, gerando também ventos e mar de SE, causando situação de mau tempo.

NASCIMENTO (2013) utilizou 15 anos (1997 a 2011) de reconstituição da agitação marítima realizada pelo WW3 (WAVEWATCH desenvolvido pela *National Weather Service / National Oceanic and Atmospheric Administration – NWS/NOAA*) forçado com campos de vento do CFSR (*Climate Forecast System Reanalysis*

geradas pelo *National Centers for Environmental Prediction / National Oceanic and Atmospheric Administration - NCEP/NOAA*) e dados do Programa PNBOIA (Programa Nacional de Boias) da Marinha do Brasil durante o período de abril a dezembro de 2011, para caracterizar o clima de ondas da Bacia de Santos, estabelecendo critérios de classificação de situações típicas de ondas associando-se às condições meteorológicas atuantes na região (Bom Tempo e Mau Tempo).

Segundo esta autora, a situação de Bom Tempo é caracterizada por ventos frequentes de NE e E devido à presença do ASAS. Nesta condição a direção do vento ocorre por volta de 50° a 90°, com Hs entre 1 e 4 metros e períodos podendo chegar a 11,5 segundos, ou seja, este fenômeno causa na área de estudo, mar local cuja direção é aproximadamente a mesma da direção do vento. Além disso, é mais comum ocorrer *swell* com direção de aproximadamente 200° (SO) podendo variar de 180° a 210°, juntamente com a situação de Bom Tempo. Há poucas ocorrências de situações em que o *swell* distante é na direção SE ou S. Também foram verificadas situações de predominância do ASAS por vários dias em que sua posição gerava ventos de NE e E, sendo que, foi observado que o mar local era de NE e a pista de direção leste era tão extensa que gerava um “quase swell” vindo de leste com períodos entre 7 e 12 segundos.

Duas condições de Mau Tempo foram caracterizadas por NASCIMENTO (2013). A primeira, situação de Mau Tempo SO, ocorre devido a um ciclone extratropical e sua frente fria associada. Quando o sistema se aproxima do local, o vento ronda no sentido anti-horário de N-NO para O-SO. A direção inicialmente é de 270° e, com o deslocamento do ciclone para leste, este se posiciona entre as direções de 190° a 270°. O período de pico (Tp) chegou a 18 segundos e a altura significativa (Hs) a 6 m, ou mais, dependendo da intensidade do sistema transiente. Esta condição de mau tempo 1, associada a um ciclone, é responsável pela situação mais severa, pois foram verificados registros de valores de altura significativa chegando ao dobro das maiores alturas observadas na condição de bom tempo.

Por fim, NASCIMENTO (2013) define a segunda condição de Mau Tempo, com ventos ocorrendo de direção principalmente de SE (situação de Mau Tempo de SE), variando de 110° a 140°~160°, com a entrada do sistema de Alta Pressão Migratória na região. Dependendo de sua posição, este sistema pode gerar ondas

de diferentes direções: se ele estiver mais próximo da Bacia de Santos e mais para norte, pode gerar ondas com direção de 90° (E) de leste; se o sistema estiver posicionado mais ao sul, aproximadamente em 30°S ou abaixo, este gera ventos e condições de onda de quadrante sul ~180°. A Hs é em torno de 5 metros e os períodos de pico alcançam 19 segundos.

O **Quadro II.5.1.1.2.2-30** resume os valores encontrados por NASCIMENTO (2013) para os parâmetros altura significativa de onda (Hs), período de pico (Ts) e intensidade dos ventos para cada categoria, baseado nos dados da boia e nos resultados da reconstituição de 15 anos.

Quadro II.5.1.1.2.2-30– *Valores máximos dos parâmetros intensidade dos ventos, altura significativa de ondas e período de pico para a Bacia de Santos encontrados por NASCIMENTO (2013).*

Fonte	Categoria	Intensidade (m/s)	Hs (m)	Tp (s)
Reconstituição WW3	Bom Tempo	16,86	4,49	11,5
	Mau Tempo SW	18,8	6,11	18,4
	Mau Tempo SE	16,27	5,55	19,1
PNBOIA	Bom Tempo	13	4	11,9
	Mau Tempo SW	15	7,35	20,1
	Mau Tempo SE	13	4,9	16,7

PIANCA *et al.* (2010) que analisaram seis setores ao longo da quebra da plataforma continental brasileira para definição do clima de ondas, com base em uma série temporal de 11 anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2007) obtida através de dados de reanálise do modelo operacional NWW3, mostraram que a Bacia de Santos (inserida do setor Sudeste) apresenta as seguintes características:

- Verão: a direção de onda dominante é de sul (29,2%) com alturas variando entre 1 m e 2 m (16,1%) e períodos de 10 s a 12 s (11,3%), seguida das ondas de leste (27%), que ocorrem com alturas entre 1 – 2 m (20,4%) e períodos de 6 – 8 s (18,3%). Ondas de nordeste (22,1%) e sudeste (20,1%) tem contribuições semelhantes com alturas entre 1 m e 2 m (16,7% e 12,9%, respectivamente) e períodos de 6 s a 8 s e 8 s a

10 s, respectivamente. As ondas mais altas são de sudoeste atingindo até 4 m.

- Outono: a direção da onda dominante é de sul (47,2%) com alturas entre 1 – 2 m (19,6%) e 2 – 3 m (18,7%) e períodos de 10 s a 12 s (20,7%). As ondas mais altas são de sudoeste, atingindo até 6,3 m.
- Inverno: as ondas de sul são dominantes (38,1%) com alturas variando entre 2 – 3 m (17,1%) e períodos de 10 – 12 s (16%). As ondas de leste contribuem com 27% com alturas entre 1 – 2 m (13,3%) e 2 – 3 m (11,3%) e períodos de 6 s a 8 s (14,7%). As ondas mais altas são de sul, atingindo até 5,7 m.
- Primavera: a direção dominante é leste (33,7%) com alturas entre 1 – 2 m (20,1%) e períodos de 6 – 8 s (23,8%). As ondas de sul (27,9%) apresentam alturas entre 1 – 2 m (12,9%) e 2 – 3 m (12,3%) e períodos de 8 s a 10 s (9,2%) e 10 s e 12 s (7,8%). As ondas mais altas atingem a região com até 4,5 m de sudeste.

A **Figura II.5.1.1.2.2-196** e **Figura II.5.1.1.2.2-198** ilustram os resultados acima descritos.

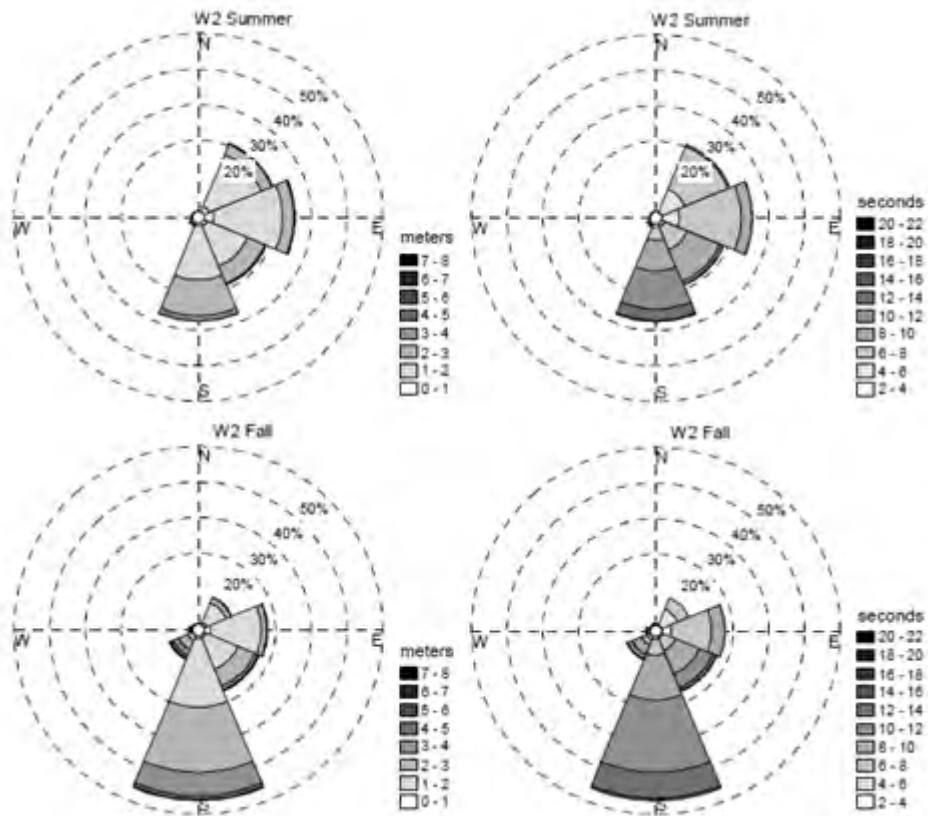


Figura II.5.1.1.2.2-196- Histogramas direcionais das características sazonais de verão (Summer) e outono (Fall) das ondas para o trecho sudeste da costa brasileira representando altura de onda (à esquerda), em metros, e período de ondas (à direita), em segundos. Extraído de PIANCA et al. (2010).

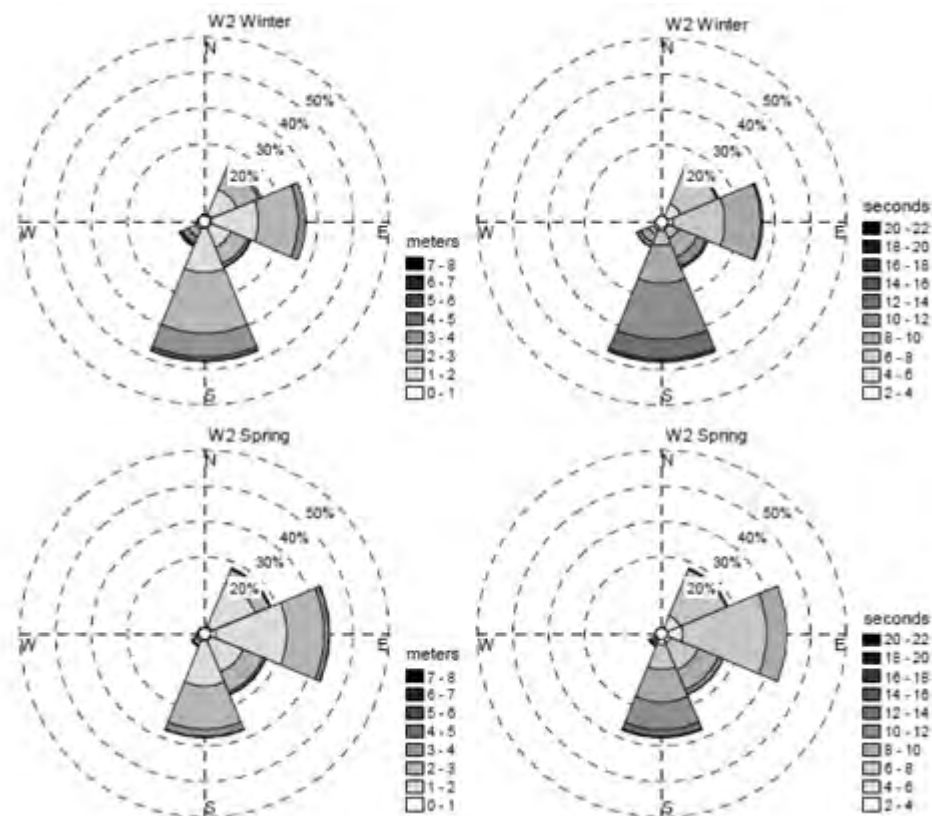


Figura II.5.1.1.2.2-197- Histogramas direcionais das características sazonais de inverno (Winter) e primavera (Spring) das ondas para o trecho sudeste da costa brasileira representando altura de onda (à esquerda), em metros, e período de ondas (à direita), em segundos. Extraído de PIANCA et al. (2010).

ERA 5

Para caracterizar o regime de ondas na área de estudos foram utilizados os resultados gerados pela reanálise ERA 5. Este banco de dados é constituído por campos de onda para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020. As análises pontuais foram realizadas no ponto localizado conforme **Figura II.5.1.1.2.2-11**.

Cabe destacar que o ERA 5 quando comparado com dados coletados *in situ* por boias oceanográficas (por exemplo, PNBOIA – Programa Nacional de Boias da Marinha do Brasil) conseguiu reproduzir com acurácia a agitação marítima, sendo

capaz de reproduzir satisfatoriamente o estado mar, tanto em termos de altura significativa, período de pico e direção de pico.

A variação interanual referente às séries temporais dos parâmetros de altura significativa, período e direção de pico é apresentada no **Gráfico II.5.1.1.2.2-56**, **Gráfico II.5.1.1.2.2-57** e **Gráfico II.5.1.1.2.2-58**, respectivamente. No ponto de análise, o maior valor da altura significativa registrada pelo ERA 5 foi de 6,2 m, com média de 2,0 m e mínimo valor de 0,7 m. No que diz respeito à direção de pico incidente de ondas, a predominância no período de 1979 a 2020 foi entre 50° e 202°. Para o período de pico, a variação apresentou valor mínimo de 3,7 s, máximo de 21,5 s e média de 9,6 s.

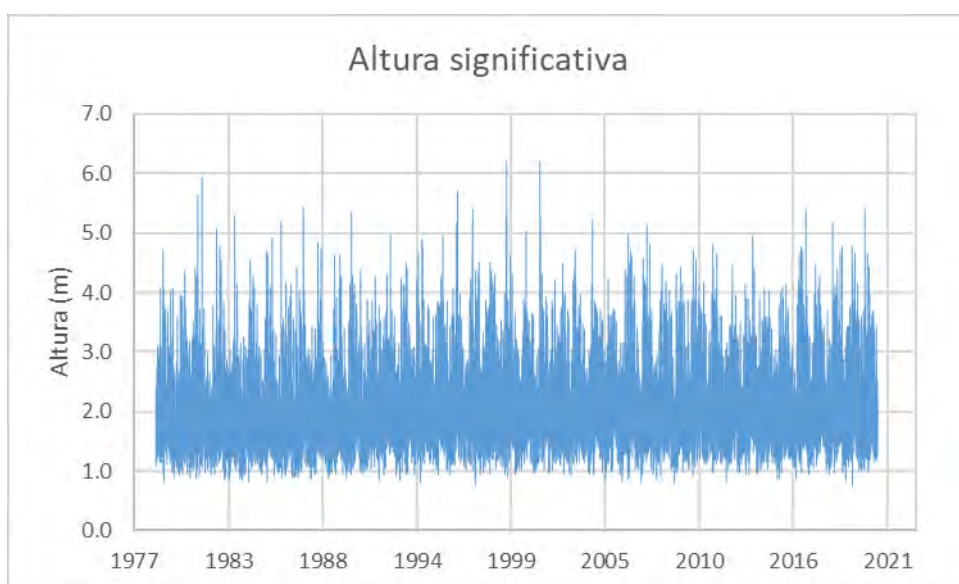


Gráfico II.5.1.1.2.2-56– *Altura significativa (m), no ponto de estudo, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.*

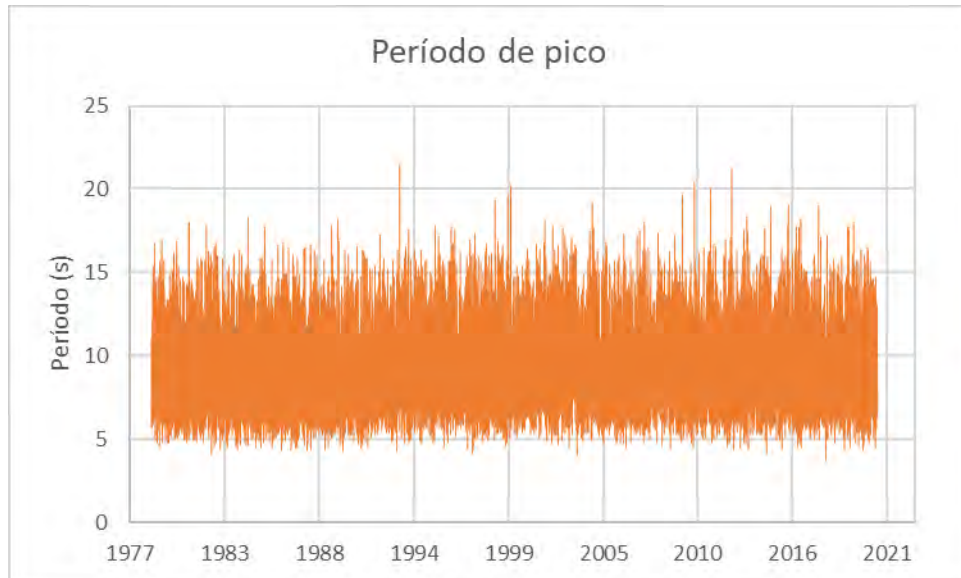


Gráfico II.5.1.1.2.2-57– Período de pico (s), no ponto de estudo, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

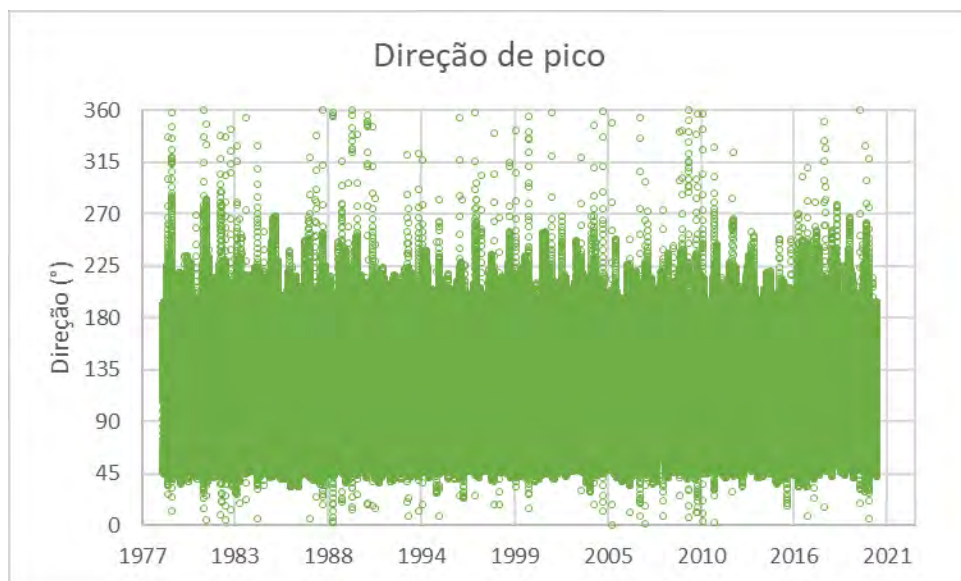


Gráfico II.5.1.1.2.2-58– Direção de pico (°), no ponto de estudo, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

Uma caracterização mensal e sazonal do regime de ondas na área de estudos foi realizada através de rosas direcionais da altura significativa (**Gráfico II.5.1.1.2.2-59** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-62**) e período de pico (**Gráfico II.5.1.1.2.2-63** ao **Gráfico II.5.1.1.2.2-66**). Os períodos sazonais se referem aos meses de janeiro

a março (verão), abril a junho (outono), julho a setembro (inverno) e outubro a dezembro (primavera). 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 da onda em metros e período de pico em segundos).

Do **Quadro II.5.1.1.2.2-31** ao **Quadro II.5.1.1.2.2-34** são descritas as distribuições de ocorrência conjunta da altura significativa e direção das ondas e do **Quadro II.5.1.1.2.2-35** ao **Quadro II.5.1.1.2.2-38** são apresentadas as distribuições de ocorrência conjunta do período de pico e direção das ondas. As análises foram realizadas de janeiro de 1979 a dezembro de 2020 no ponto de análise georreferenciado na **Figura II.5.1.1.2.2-11**. Para todo período analisado, considerando os períodos sazonais (verão, outono, inverno e primavera), a ondulação alcançou altura significativa máxima de 6,2 m proveniente da direção SO e período de pico máximo de 21,5 s da direção NE, ambos no período de outono.

Durante o verão (**Quadro II.5.1.1.2.2-31** e **Quadro II.5.1.1.2.2-35**), 31,0% das ondas foram originadas de SE e 27,9% de E. Na direção predominante, a altura significativa variou entre 0,8 m e 4,2 m e, o período de pico entre 4,6 s e 17,9 s. Em 40,9 % das ocorrências a altura significativa foi de 1,5 m a 2,0 m, e em 38,5% o período de pico esteve entre 6 s e 8 s. A altura significativa máxima foi proveniente da direção SO, atingindo 4,4 m. O período máximo observado foi de 18,0 s na direção S.

Nos meses de outono (**Quadro II.5.1.1.2.2-32** e **Quadro II.5.1.1.2.2-36**), a direção preferencial das ondas foi na direção S (38,8%), seguido da direção SE (27,3%). As maiores ondas alcançaram 6,2 m proveniente de SO e as alturas médias nas direções mais frequentes variaram entre 1,8 m e 2,2 m. Um total de 35,6 % apresentaram altura significativa na faixa entre 1,5 m e 2,0 m. O período de pico médio na direção S foi de 11,4 s e na direção SE de 10,6 s. A direção NE foi a direção de pico que apresentou o máximo de 21,5 s. As ondas com período de pico entre 10 s e 12 s representaram 30,3% dos registros. Este padrão evidencia a incidência de sistemas frontais, mais frequentes nesta estação. Estes fenômenos

meteorológicos propiciam as condições ideais para a formação de *swells* em altas latitudes que se propagam até Sul-Sudeste do Brasil.

No inverno (**Quadro II.5.1.1.2.2-33** e **Quadro II.5.1.1.2.2-37**), a predominância das ondas foi das direções S (28,8%) e E (25,6%), refletindo a influência das frentes frias, também frequentes nesta estação em latitudes mais altas. Um total de 31,5% das ondas teve altura significativa entre 1,5 m e 2,0 m, sendo que nas direções predominantes a altura média variou entre 2,4 m e 2,0 m e o período de pico entre 11,2 s e 9,2 s. A faixa predominante de períodos de pico foi de 8,0 s a 10,0 s com 27,3%. A altura significativa alcançou valor máximo de 5,9 m na direção SO e o período de pico máximo de 21,2 s na direção S.

Os meses da primavera (**Quadro II.5.1.1.2.2-34** e **Quadro II.5.1.1.2.2-38**) foram caracterizados por ondas predominantemente de E (29,6%) e SE (28,5%). A altura significativa médias nestas direções foi em torno de 1,8 m e 1,9 m; e o período de pico médio variou entre 8,2 s e 9,7 s. As faixas predominantes de altura significativa e período de pico foram de 1,5 a 2,0 m (31,5%) e de 6,0 s a 8,0 s (39,1%), respectivamente. Os valores máximos atingidos de altura de onda e período de pico foram de 5,4 m (direção SO) e de 20,2 s (direção SE), nesta ordem.

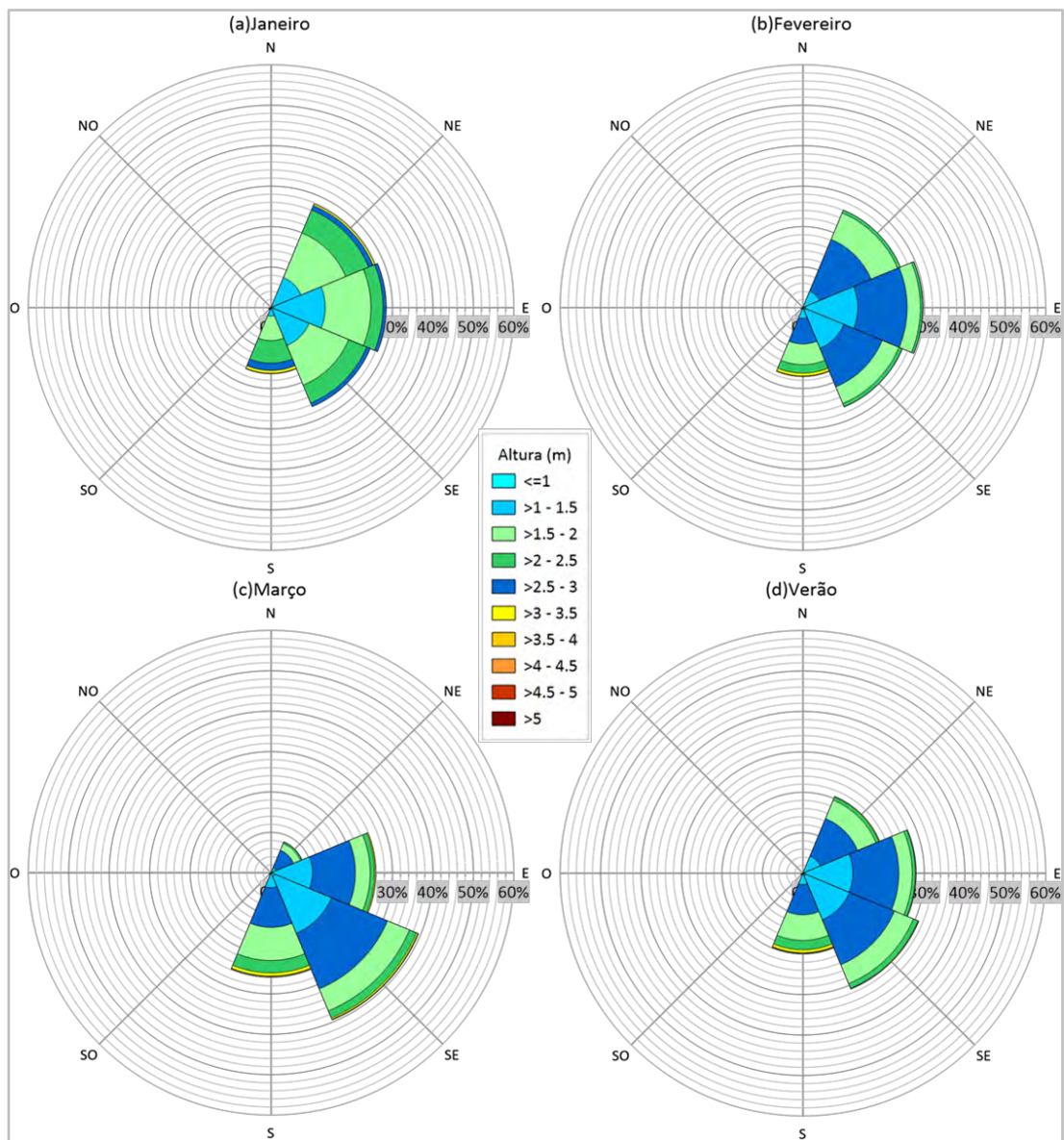


Gráfico II.5.1.1.2.2-59– Rosas direcionais da altura significativa (m) e direção das ondas, conforme os dados mensais de janeiro, fevereiro e março, assim como, sazonal de verão para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

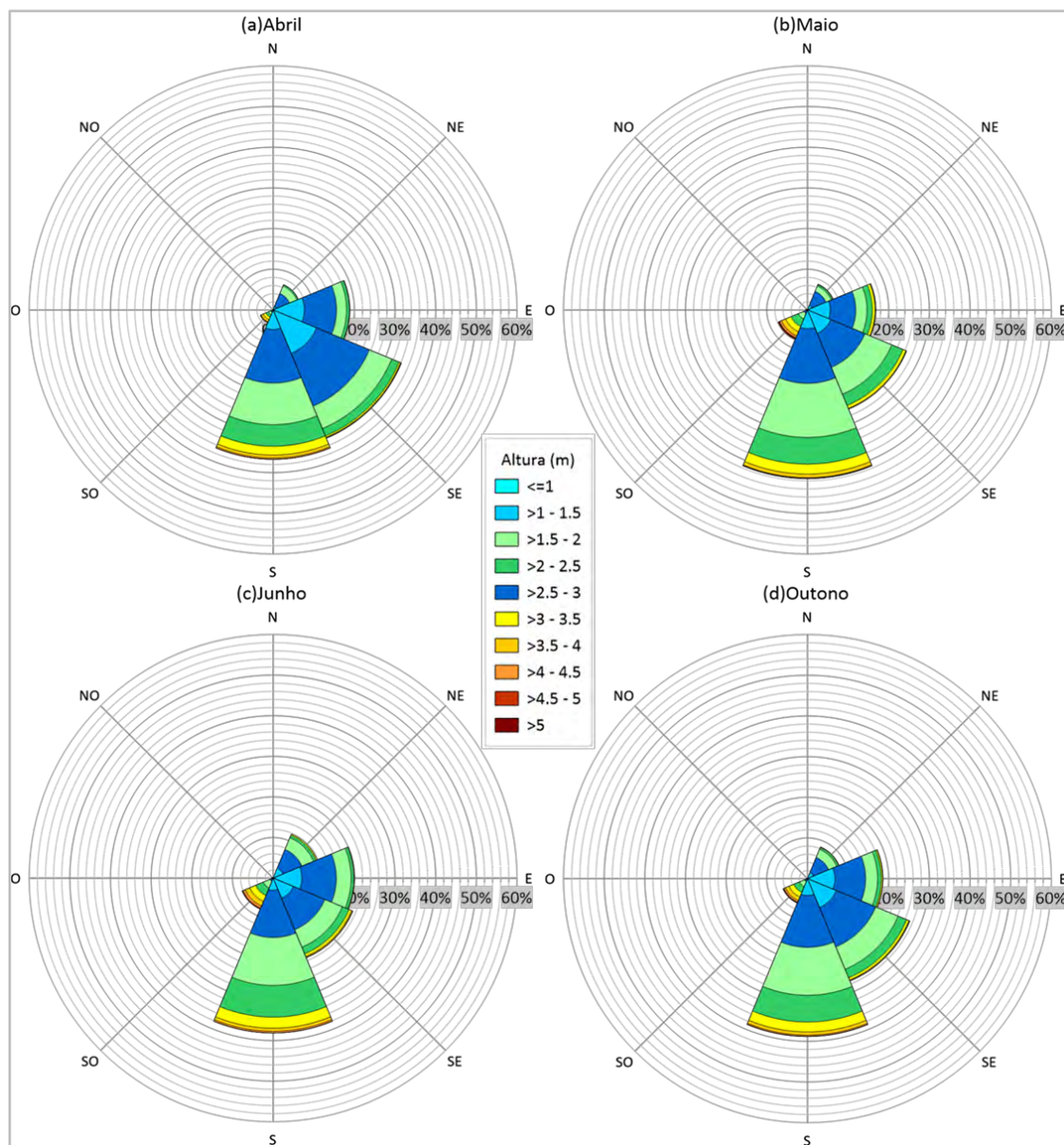


Gráfico II.5.1.1.2.2-60– Rosas direcionais da altura significativa (m) e direção das ondas, conforme os dados mensais de abril, maio e junho, assim como, sazonal de outono para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

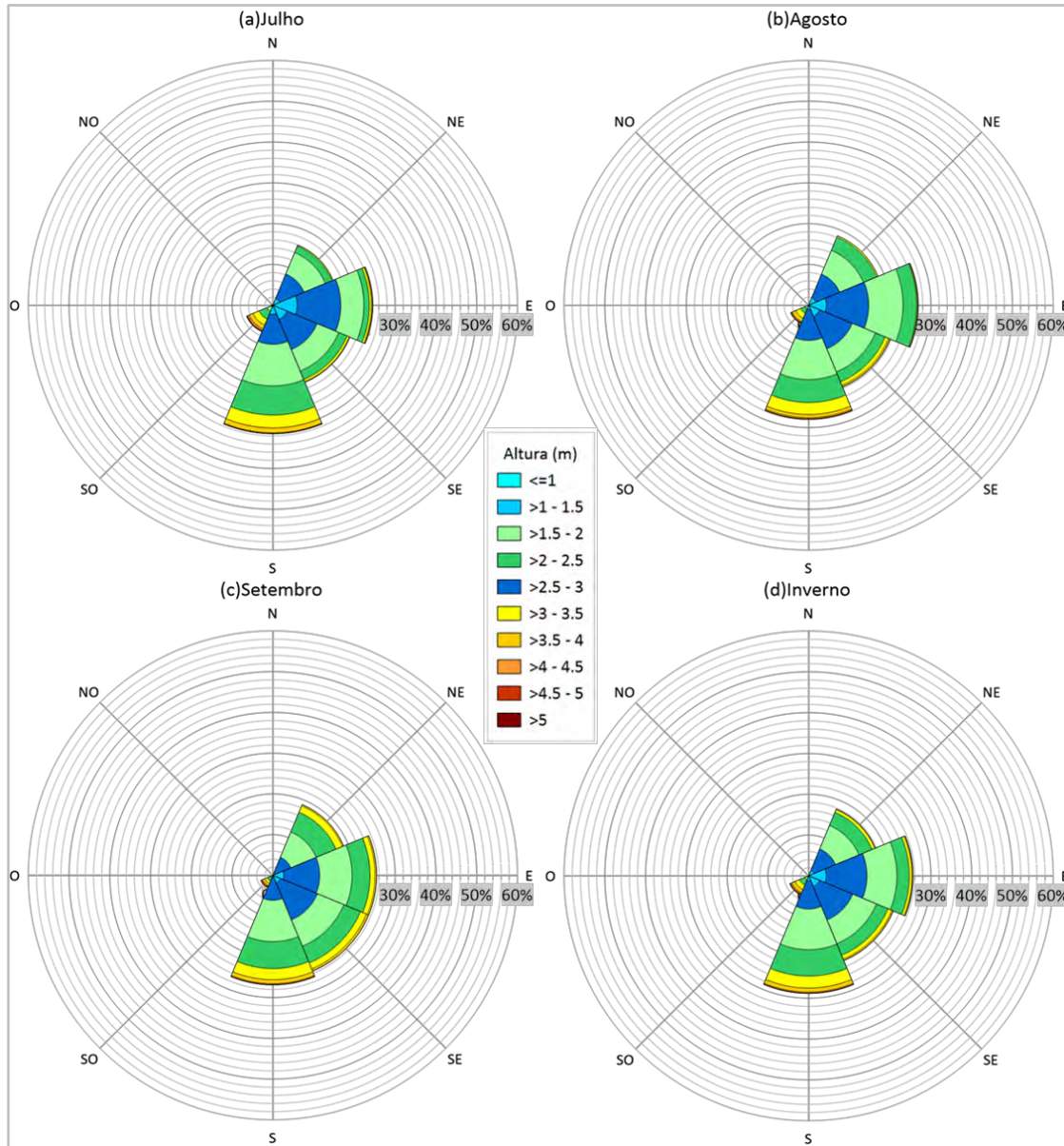


Gráfico II.5.1.1.2.2-61– Rosas direcionais da altura significativa (m) e direção das ondas, conforme os dados mensais de julho, agosto e setembro, assim como, sazonal de inverno para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

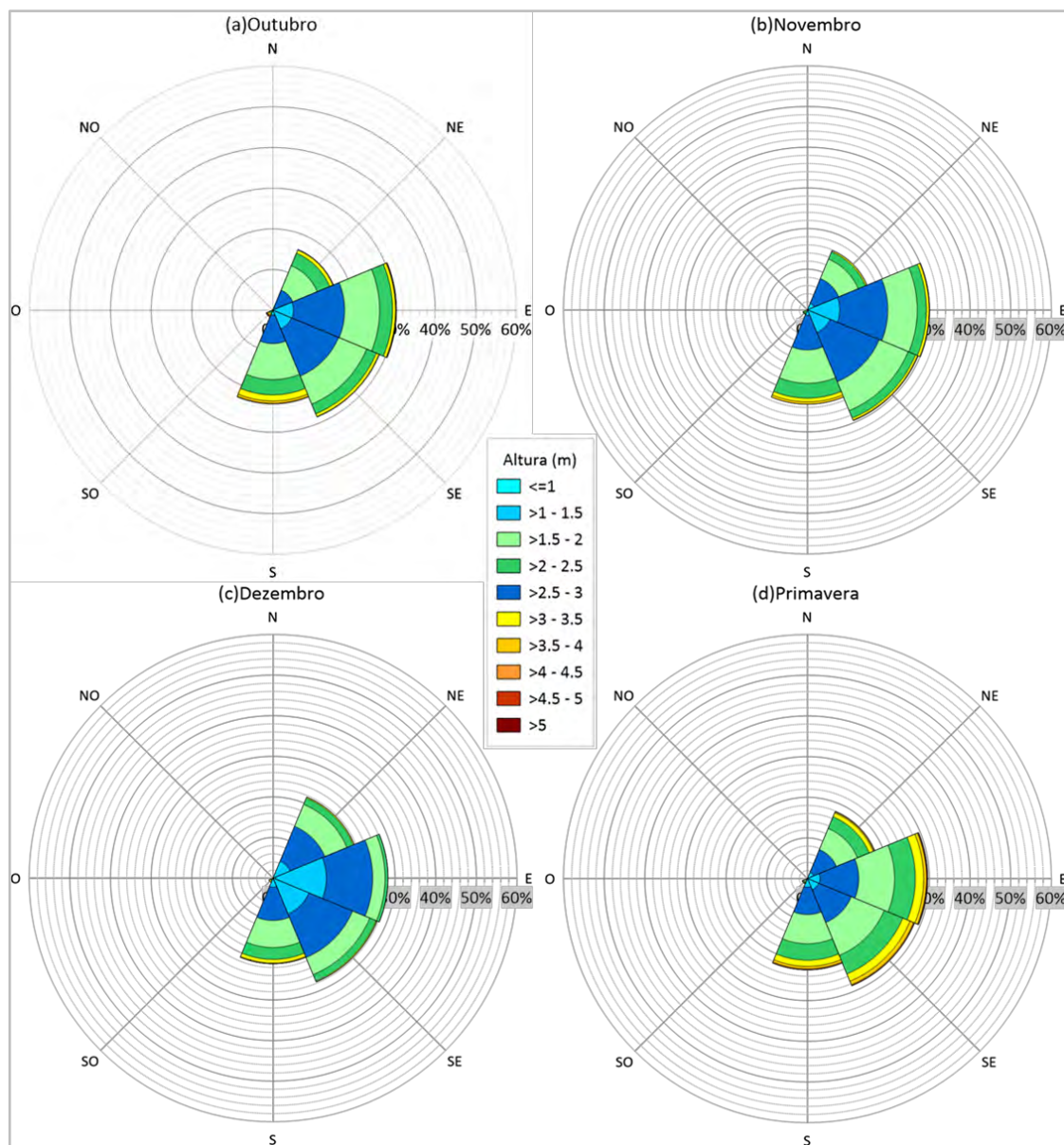


Gráfico II.5.1.1.2.2-62– Rosas direcionais da altura significativa (m) e direção das ondas, conforme os dados mensais de outubro, novembro e dezembro, assim como, sazonal de primavera para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

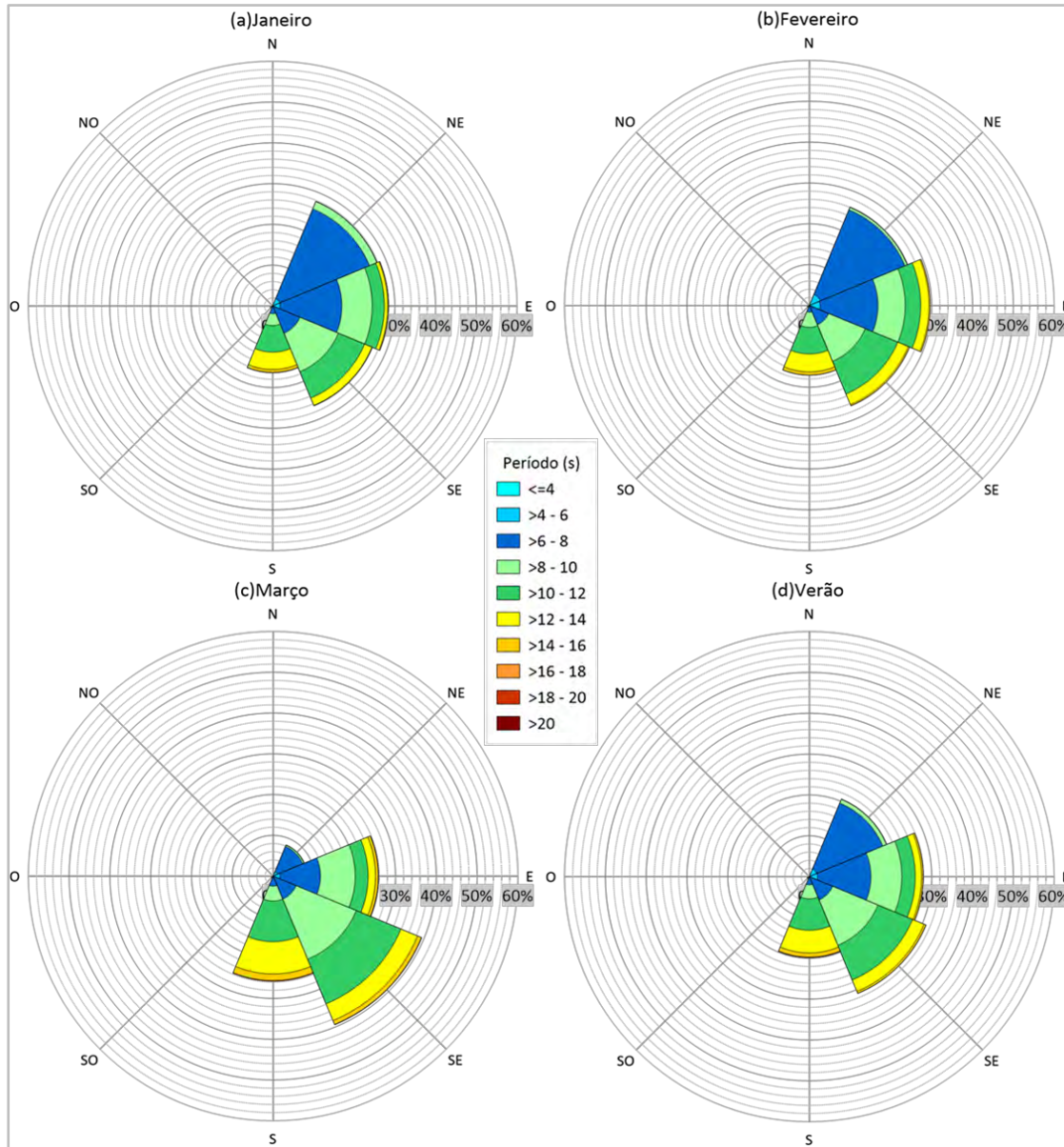


Gráfico II.5.1.1.2.2-63– Rosas direcionais do período de pico (s) e direção das ondas, conforme os dados mensais de janeiro, fevereiro e março, assim como, sazonal de verão para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

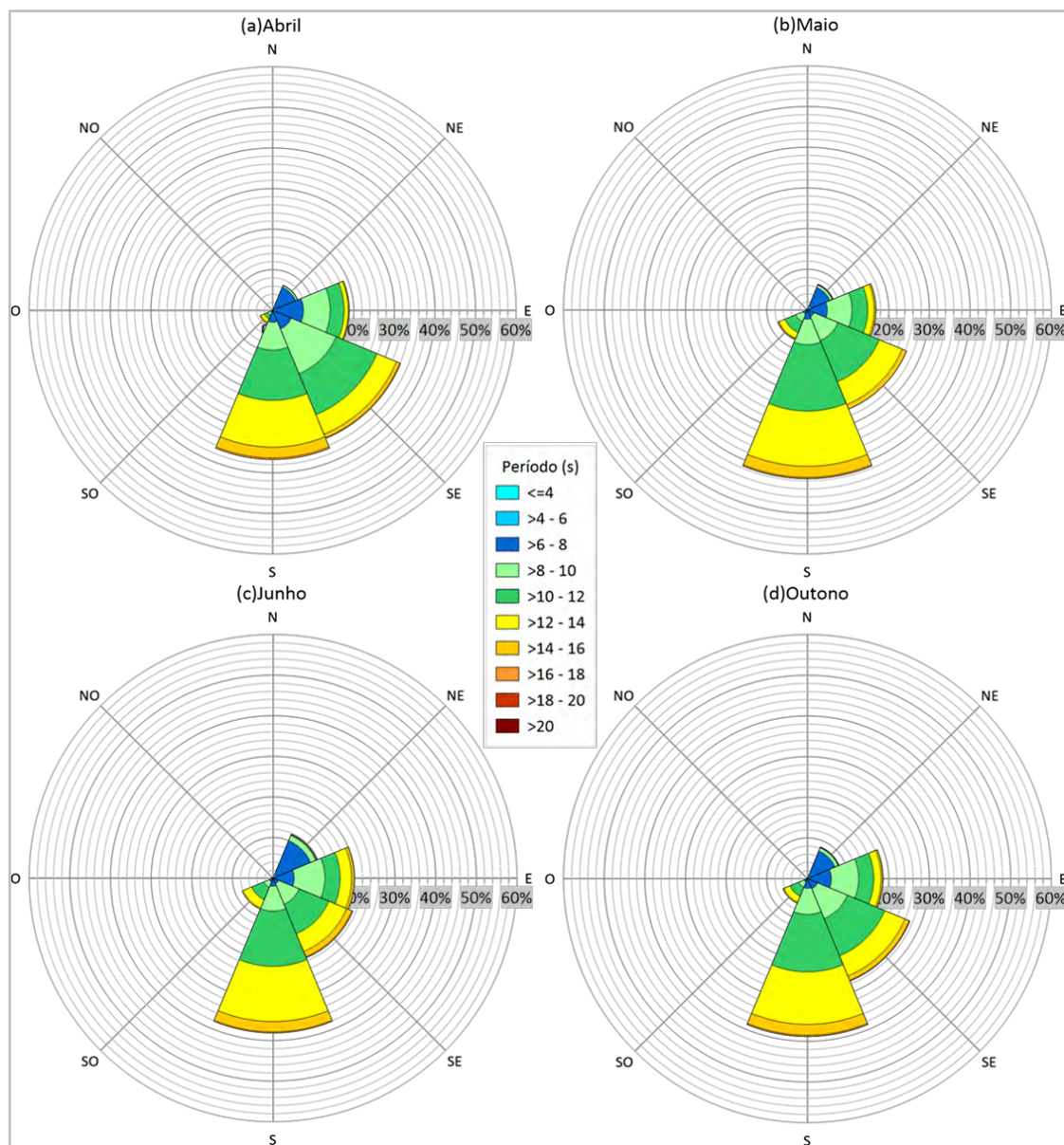


Gráfico II.5.1.1.2.2-64– Rosas direcionais do período de pico (s) e direção das ondas, conforme os dados mensais de abril, maio e junho, assim como, sazonal de outono para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

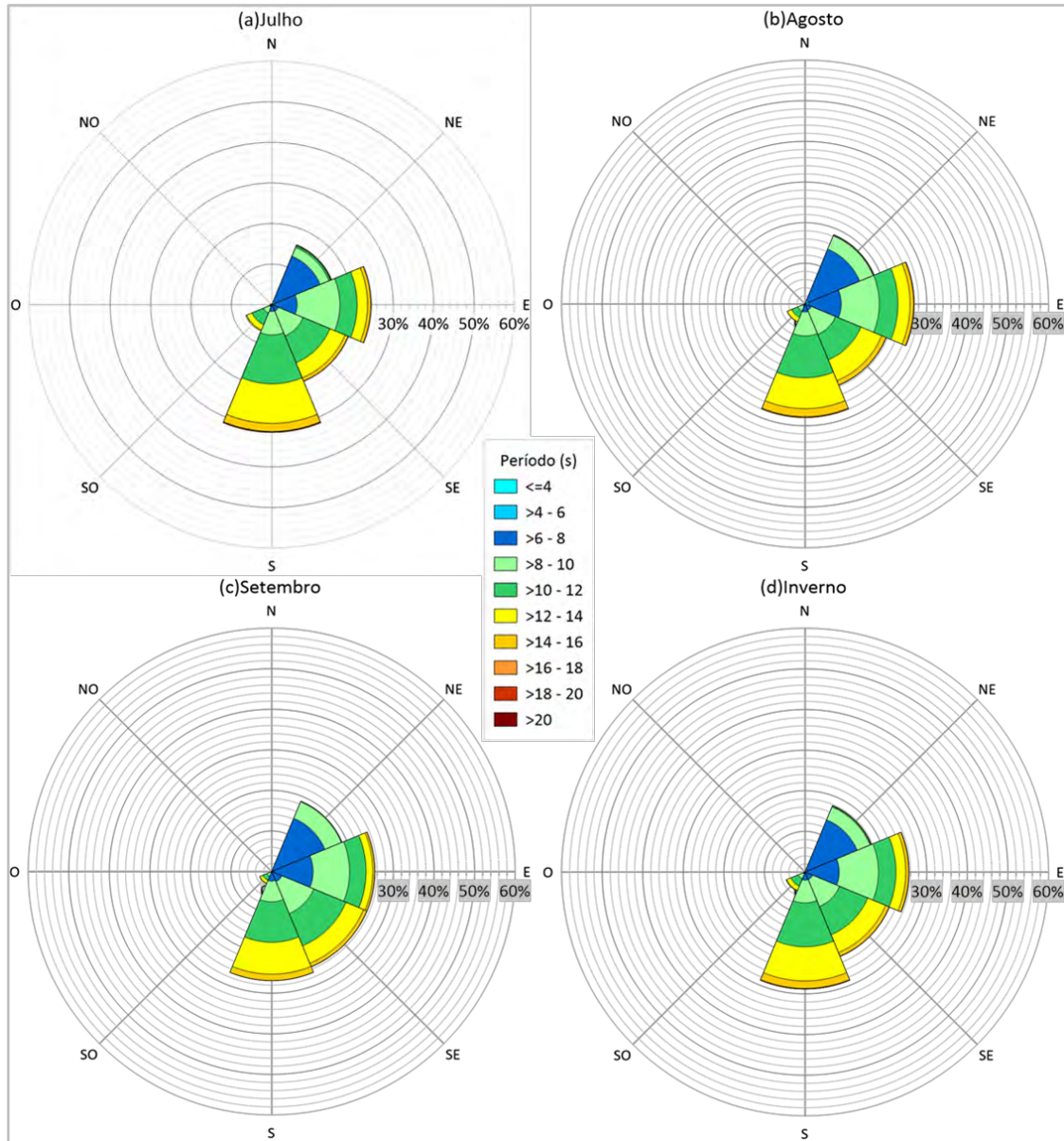


Gráfico II.5.1.1.2.2-65– Rosas direcionais do período de pico (s) e direção das ondas, conforme os dados mensais de julho, agosto e setembro, assim como, sazonal de inverno para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

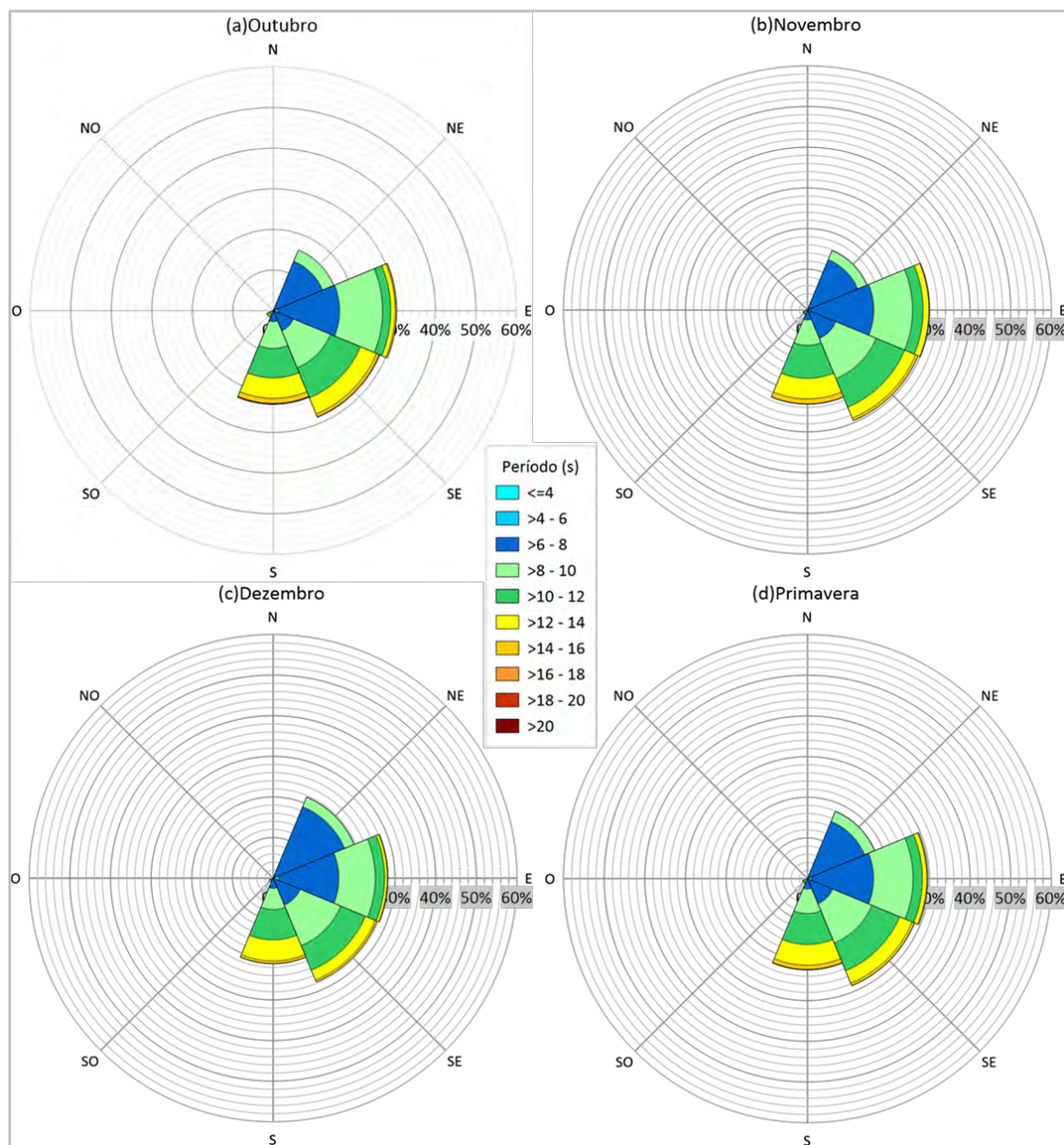


Gráfico II.5.1.1.2.2-66– Rosas direcionais do período de pico (s) e direção das ondas, conforme os dados mensais de outubro, novembro e dezembro, assim como, sazonal de primavera para dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020.

Quadro II.5.1.1.2.2-31– Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o verão (janeiro, fevereiro e março).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 1.0	0.101	0.565	0.681	0.084	0.000	0.000	0.000	0.000	1.431
1.0 - 1.5	4.508	11.790	11.776	2.752	0.053	0.012	0.004	0.015	30.911
1.5 - 2.0	10.022	11.340	12.008	7.438	0.087	0.009	0.012	0.018	40.932
2.0 - 2.5	4.948	3.313	5.070	6.351	0.141	0.007	0.000	0.000	19.829
2.5 - 3.0	0.780	0.798	1.232	2.311	0.146	0.000	0.000	0.000	5.268
3.0 - 3.5	0.189	0.130	0.162	0.733	0.117	0.000	0.000	0.000	1.330
3.5 - 4.0	0.002	0.003	0.041	0.156	0.032	0.000	0.000	0.000	0.234
4.0 - 4.5	0.000	0.000	0.025	0.016	0.023	0.000	0.000	0.000	0.065
4.5 - 5.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
>5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
%	20.551	27.939	30.994	19.841	0.598	0.027	0.016	0.033	-
Média (m/s)	1.811	1.612	1.673	2.025	2.549	1.729	1.585	1.523	-
Máximo (m/s)	3.534	3.526	4.199	4.207	4.424	2.440	1.853	1.784	-

Quadro II.5.1.1.2.2-32– Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o outono (abril, maio e junho).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 1.0	0.026	0.400	0.304	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800
1.0 - 1.5	1.565	6.364	7.390	4.074	0.058	0.005	0.002	0.001	19.461
1.5 - 2.0	4.055	7.548	10.494	12.756	0.704	0.050	0.012	0.017	35.638
2.0 - 2.5	2.150	2.967	5.953	11.789	1.333	0.053	0.011	0.009	24.266
2.5 - 3.0	0.458	0.899	2.261	6.562	1.539	0.065	0.008	0.011	11.803
3.0 - 3.5	0.157	0.314	0.595	2.453	1.233	0.026	0.000	0.001	4.779
3.5 - 4.0	0.004	0.077	0.164	0.784	0.969	0.047	0.002	0.000	2.047
4.0 - 4.5	0.004	0.022	0.090	0.274	0.413	0.016	0.000	0.000	0.820
4.5 - 5.0	0.000	0.000	0.019	0.051	0.153	0.023	0.000	0.000	0.245
>5	0.000	0.000	0.000	0.013	0.114	0.012	0.000	0.000	0.140
%	8.421	18.593	27.271	38.826	6.517	0.299	0.035	0.039	-
Média (m/s)	1.863	1.723	1.847	2.175	2.964	3.008	2.224	2.170	-
Máximo (m/s)	4.396	4.455	4.707	5.290	6.231	5.352	3.777	3.280	-

Quadro II.5.1.1.2.2-33– Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o inverno (julho, agosto e setembro).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 1.0	0.024	0.176	0.099	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.325
1.0 - 1.5	1.413	4.193	2.787	1.240	0.022	0.003	0.002	0.003	9.663
1.5 - 2.0	5.695	9.945	8.816	6.844	0.191	0.013	0.012	0.010	31.526
2.0 - 2.5	6.233	7.345	6.300	9.996	0.816	0.035	0.016	0.010	30.750
2.5 - 3.0	3.485	3.032	3.071	6.447	1.402	0.046	0.002	0.002	17.488
3.0 - 3.5	0.762	0.649	1.035	2.958	1.196	0.039	0.001	0.000	6.640
3.5 - 4.0	0.115	0.229	0.335	0.988	0.849	0.045	0.000	0.000	2.561
4.0 - 4.5	0.003	0.073	0.073	0.231	0.328	0.014	0.000	0.000	0.722
4.5 - 5.0	0.000	0.000	0.000	0.077	0.179	0.002	0.000	0.000	0.258
>5	0.000	0.000	0.000	0.016	0.051	0.000	0.000	0.000	0.067
%	17.730	25.642	22.518	28.823	5.033	0.197	0.033	0.025	-
Média (m/s)	2.161	1.985	2.070	2.377	3.104	3.032	2.100	1.999	-
Máximo (m/s)	4.090	4.352	4.310	5.447	5.940	4.608	3.015	2.521	-

Quadro II.5.1.1.2.2-34– Diagrama de ocorrência conjunta de altura significativa (m) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para a primavera (outubro, novembro e dezembro).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 1.0	0.066	0.109	0.090	0.056	0.000	0.000	0.004	0.000	0.325
1.0 - 1.5	1.614	2.986	2.875	2.051	0.126	0.001	0.004	0.005	9.663
1.5 - 2.0	6.043	9.534	8.717	6.735	0.460	0.017	0.008	0.012	31.526
2.0 - 2.5	5.622	8.818	8.774	7.183	0.327	0.018	0.003	0.004	30.750
2.5 - 3.0	3.122	5.108	4.925	4.049	0.269	0.012	0.003	0.001	17.488
3.0 - 3.5	1.045	2.042	1.941	1.508	0.105	0.000	0.000	0.000	6.640
3.5 - 4.0	0.253	0.693	0.924	0.600	0.083	0.002	0.003	0.002	2.561
4.0 - 4.5	0.098	0.169	0.202	0.223	0.030	0.000	0.000	0.000	0.722
4.5 - 5.0	0.035	0.101	0.072	0.040	0.010	0.000	0.000	0.000	0.258
>5	0.000	0.040	0.017	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.067
%	17.898	29.600	28.537	22.451	1.413	0.051	0.026	0.025	-
Média (m/s)	2.027	1.805	1.852	2.162	2.807	2.204	1.795	1.857	-
Máximo (m/s)	4.196	4.515	4.339	4.762	5.386	3.315	2.928	2.780	-

Quadro II.5.1.1.2.2-35– Diagrama de ocorrência conjunta do período de pico (s) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o verão (janeiro, fevereiro e março).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
4.0 - 6.0	1.992	2.048	0.217	0.107	0.015	0.010	0.005	0.000	4.393
6.0 - 8.0	17.494	13.035	5.954	1.894	0.120	0.013	0.010	0.024	38.544
8.0 - 10.0	0.990	7.580	12.044	3.423	0.109	0.002	0.000	0.007	24.155
10.0 - 12.0	0.025	3.290	9.168	7.707	0.184	0.000	0.000	0.000	20.373
12.0 - 14.0	0.031	1.556	3.062	5.570	0.149	0.002	0.000	0.002	10.373
14.0 - 16.0	0.018	0.388	0.490	1.023	0.021	0.000	0.000	0.000	1.940
16.0 - 18.0	0.001	0.042	0.060	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.221
18.0 - 20.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
>20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
%	20.551	27.939	30.994	19.841	0.598	0.027	0.016	0.033	-
Média (m/s)	6.882	8.322	9.679	11.037	10.237	6.651	6.137	7.673	-
Máximo (m/s)	16.091	17.234	17.940	17.993	15.533	12.229	7.760	12.358	-

Quadro II.5.1.1.2.2-36– Diagrama de ocorrência conjunta do período de pico (s) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o outono (abril, maio e junho).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.0 - 6.0	0.933	0.711	0.043	0.161	0.072	0.037	0.013	0.005	1.975
6.0 - 8.0	6.421	5.161	2.658	2.219	0.788	0.141	0.020	0.023	17.430
8.0 - 10.0	0.815	6.744	7.942	6.445	1.429	0.099	0.000	0.003	23.478
10.0 - 12.0	0.135	3.697	9.938	14.109	2.361	0.012	0.000	0.003	30.256
12.0 - 14.0	0.077	1.812	5.354	12.918	1.603	0.004	0.001	0.003	21.772
14.0 - 16.0	0.017	0.414	1.164	2.651	0.258	0.004	0.001	0.001	4.512
16.0 - 18.0	0.004	0.048	0.169	0.322	0.004	0.000	0.000	0.000	0.547
18.0 - 20.0	0.002	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.011
>20	0.014	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019
%	8.421	18.593	27.271	38.826	6.517	0.299	0.035	0.039	-
Média (m/s)	7.118	9.250	10.620	11.402	10.667	7.880	6.794	8.357	-
Máximo (m/s)	21.460	20.430	18.342	19.881	19.396	19.516	14.630	14.687	-

Quadro II.5.1.1.2.2-37– Diagrama de ocorrência conjunta do período de pico (s) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para o inverno (julho, agosto e setembro).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001
4.0 - 6.0	0.714	0.692	0.069	0.118	0.027	0.011	0.008	0.001	1.639
6.0 - 8.0	13.198	7.723	1.940	1.882	0.490	0.095	0.019	0.019	25.366
8.0 - 10.0	3.438	9.682	7.204	5.620	1.285	0.083	0.001	0.001	27.315
10.0 - 12.0	0.234	4.299	7.504	10.775	1.964	0.008	0.001	0.000	24.784
12.0 - 14.0	0.077	2.417	4.757	8.412	1.116	0.001	0.003	0.002	16.784
14.0 - 16.0	0.042	0.729	0.945	1.833	0.146	0.000	0.000	0.001	3.695
16.0 - 18.0	0.026	0.081	0.097	0.154	0.005	0.000	0.000	0.000	0.363
18.0 - 20.0	0.002	0.018	0.002	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.042
>20	0.000	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010
%	17.730	25.642	22.518	28.823	5.033	0.197	0.033	0.025	-
Média (m/s)	7.480	9.211	10.616	11.197	10.616	7.936	7.618	8.060	-
Máximo (m/s)	18.577	19.636	19.052	21.235	16.807	12.235	13.835	14.003	-

Quadro II.5.1.1.2.2-38– Diagrama de ocorrência conjunta do período de pico (s) e direção de propagação das ondas, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020 para a primavera (outubro, novembro e dezembro).

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.0 - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.0 - 6.0	0.366	1.178	0.219	0.090	0.024	0.006	0.000	0.000	1.882
6.0 - 8.0	14.851	15.089	6.461	2.463	0.187	0.023	0.019	0.018	39.111
8.0 - 10.0	2.655	9.727	10.500	6.033	0.439	0.022	0.006	0.006	29.388
10.0 - 12.0	0.012	2.293	7.364	7.614	0.473	0.000	0.000	0.000	17.756
12.0 - 14.0	0.013	1.054	3.308	5.106	0.237	0.000	0.000	0.000	9.718
14.0 - 16.0	0.002	0.233	0.619	1.017	0.053	0.000	0.000	0.000	1.924
16.0 - 18.0	0.000	0.028	0.064	0.097	0.000	0.000	0.000	0.000	0.189
18.0 - 20.0	0.000	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030
>20	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003
%	17.898	29.600	28.537	22.451	1.413	0.051	0.026	0.025	-
Média (m/s)	7.354	8.211	9.657	10.672	10.256	7.611	7.723	7.752	-
Máximo (m/s)	15.708	17.817	20.211	20.199	15.961	9.408	9.244	9.320	-

Uma análise da distribuição espacial da agitação marinha também foi realizada para a área de estudos. Na **Figura II.5.1.1.2.2-198** à **Figura II.5.1.1.2.2-213** são apresentados os campos médios de altura significativa (m) e na **Figura II.5.1.1.2.2-214** à **Figura II.5.1.1.2.2-229** o período de pico (s) alinhado à direção de incidência ($^{\circ}$), para os meses do ano e períodos sazonais (verão, outono, inverno e primavera).

As menores ondulações são observadas no verão com ondulações predominantes de SE e E. Tanto o período quanto a altura aumentam no outono e inverno, associados aos *swells* que atingem a área de estudo com maior frequência nestas estações. Na primavera, a altura significativa e o período de pico voltam a diminuir, estação em que a direção média predominante espacialmente é de SE e E.

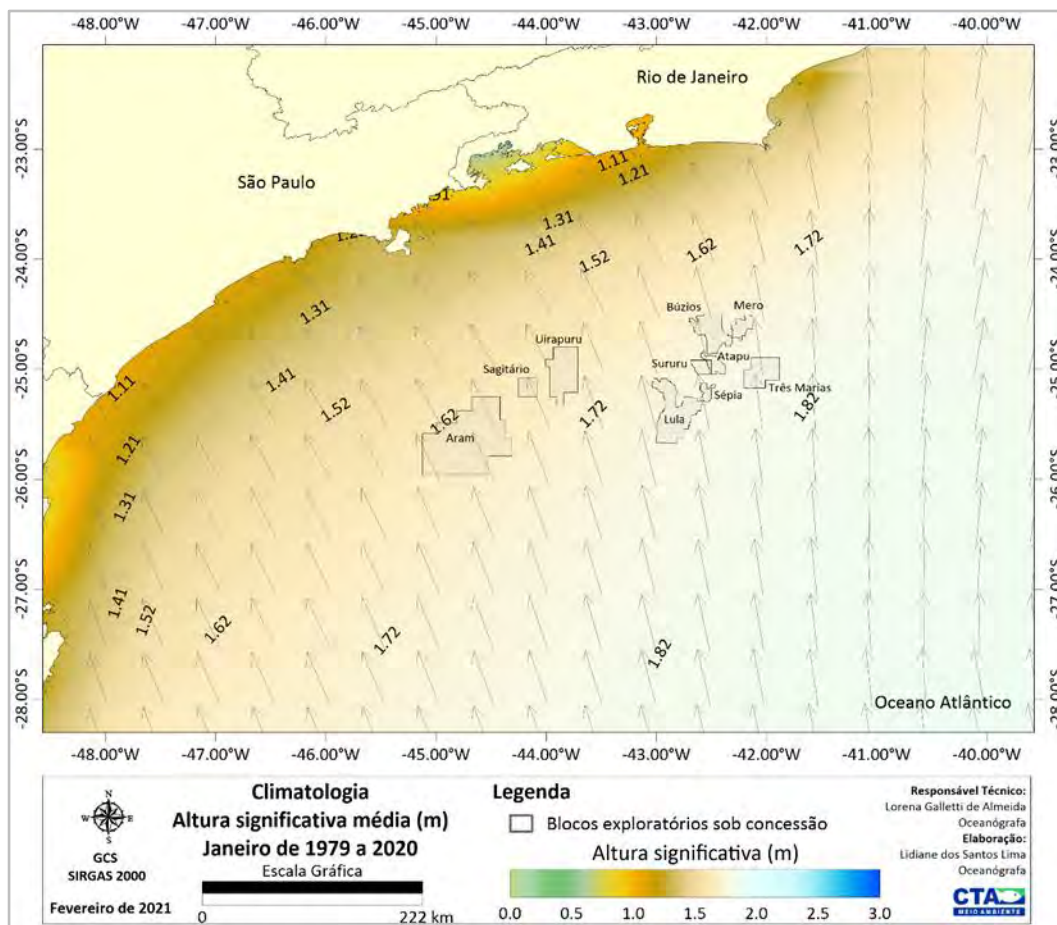


Figura II.5.1.1.2.2-198– Climatologia de janeiro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

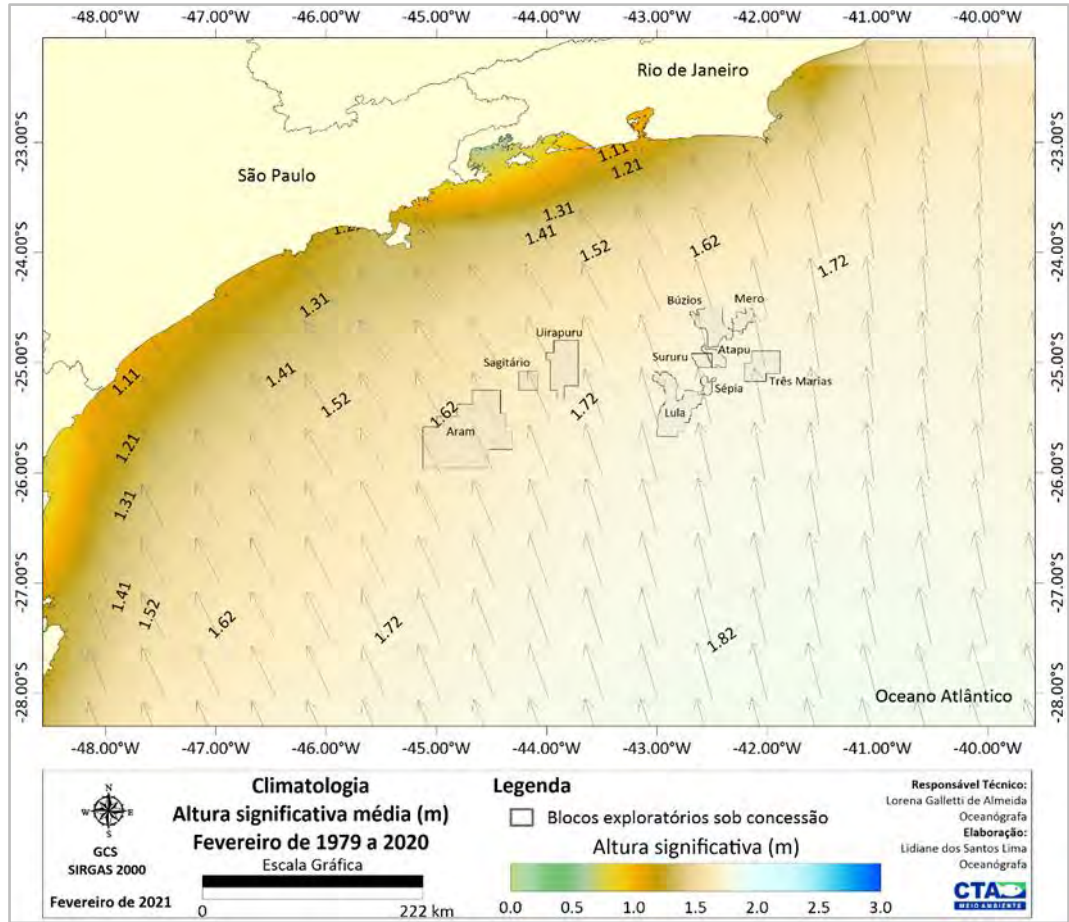


Figura II.5.1.1.2.2-199– Climatologia de fevereiro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

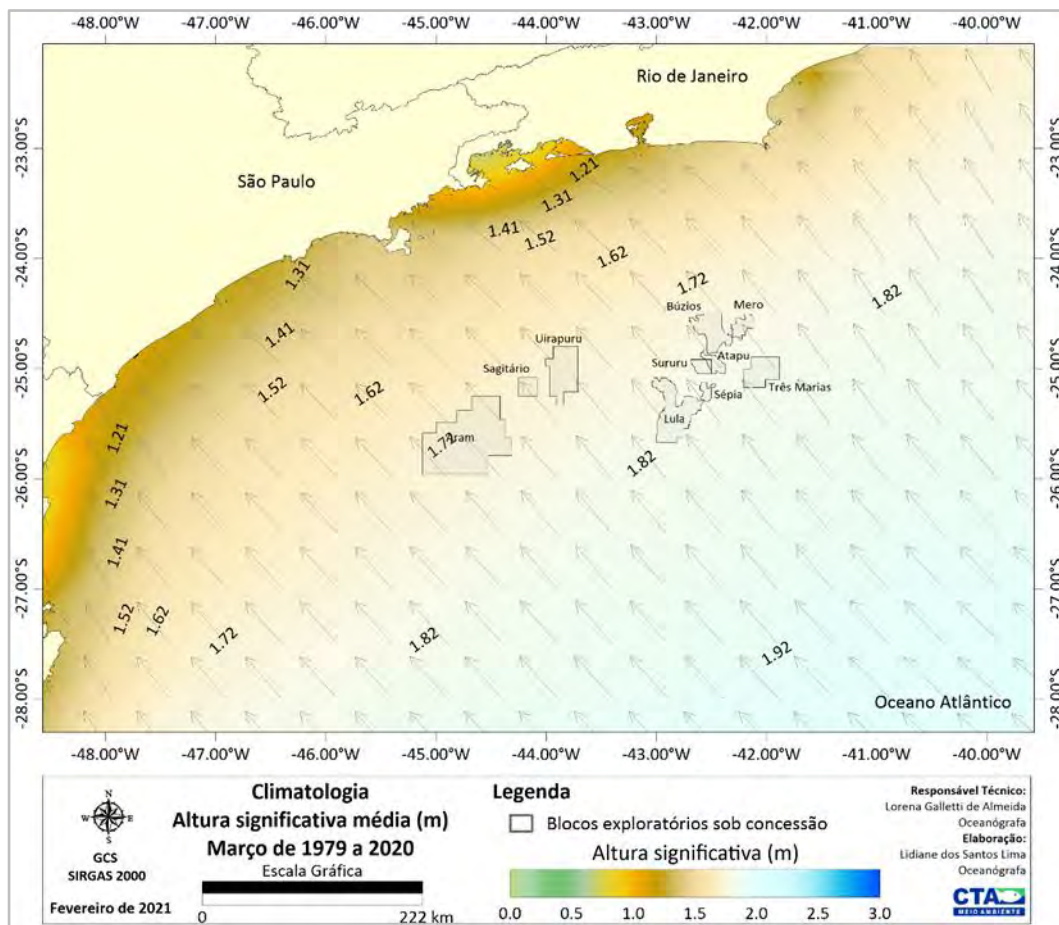


Figura II.5.1.1.2.2-200– Climatologia de março referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

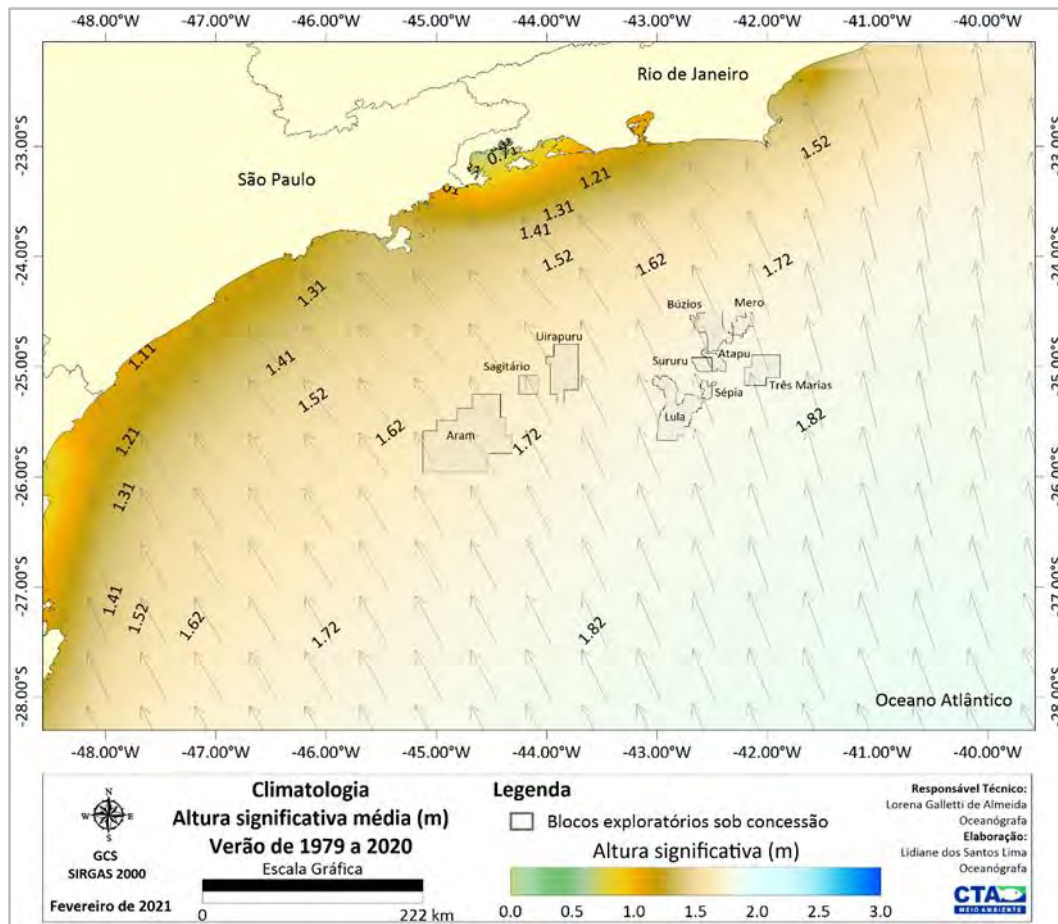


Figura II.5.1.1.2.2-201– Climatologia de verão (janeiro a março) referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

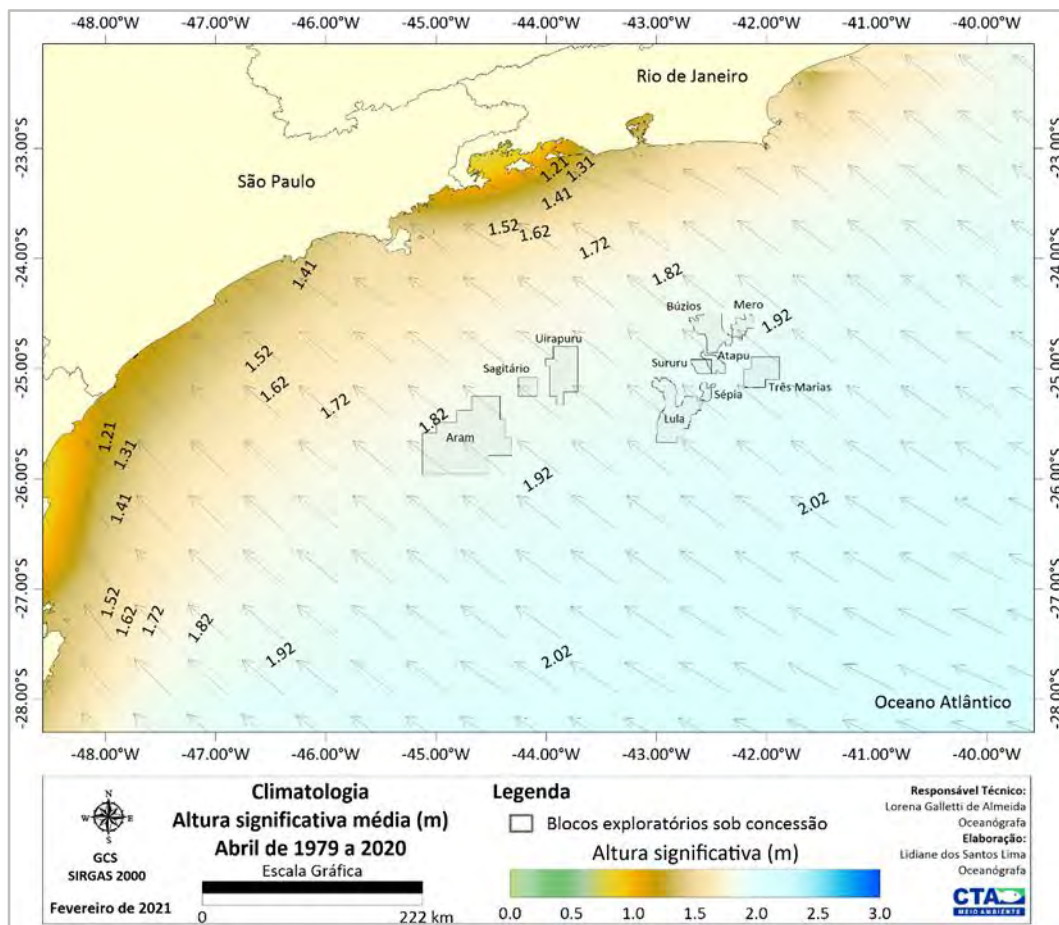


Figura II.5.1.1.2.2-202– Climatologia de abril referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

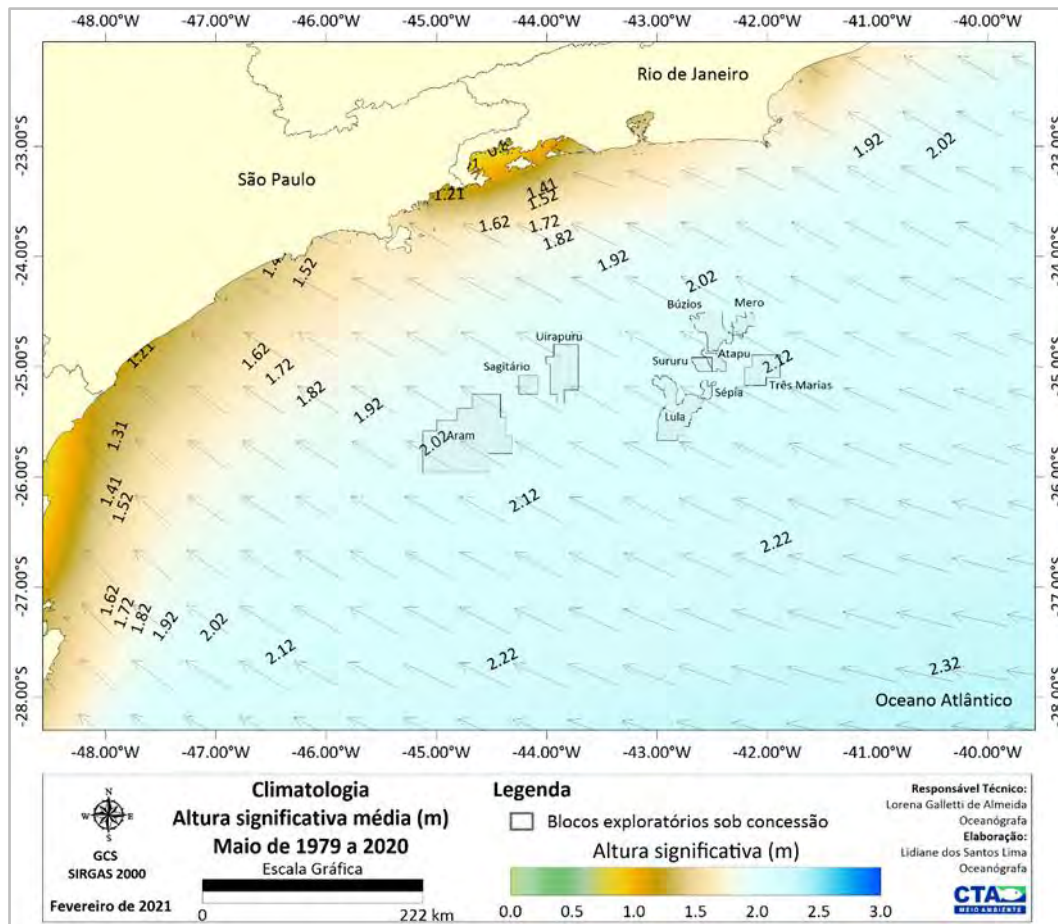


Figura II.5.1.1.2.2-203– Climatologia de maio referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

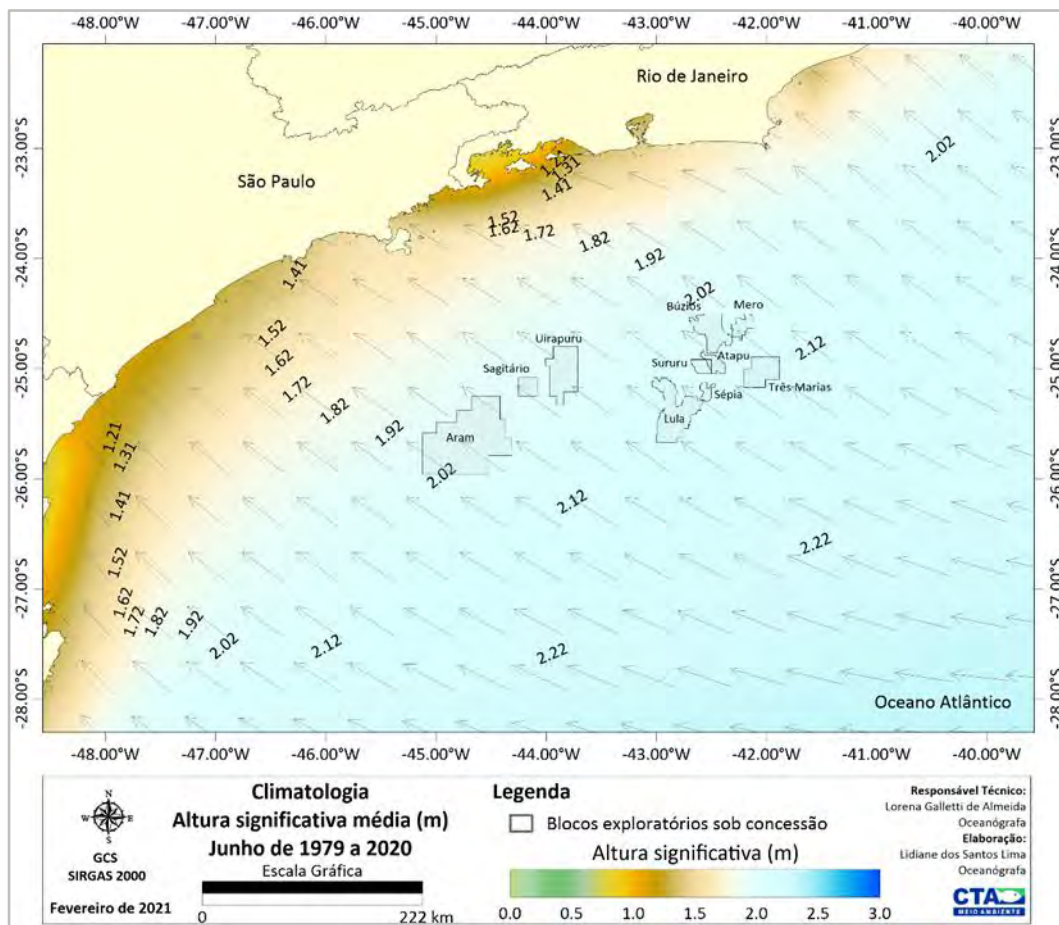


Figura II.5.1.1.2.2-204– Climatologia de junho referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

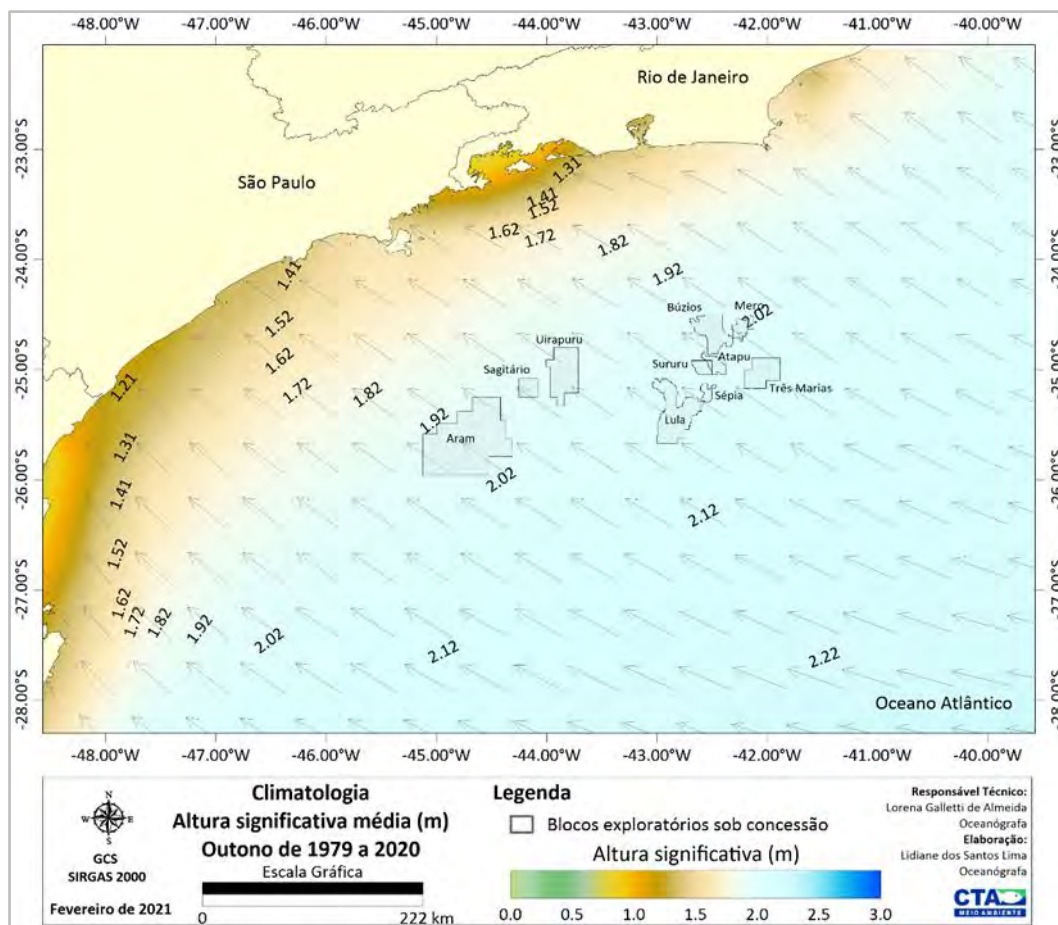


Figura II.5.1.1.2.2-205– Climatologia de outono (abril a junho) referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

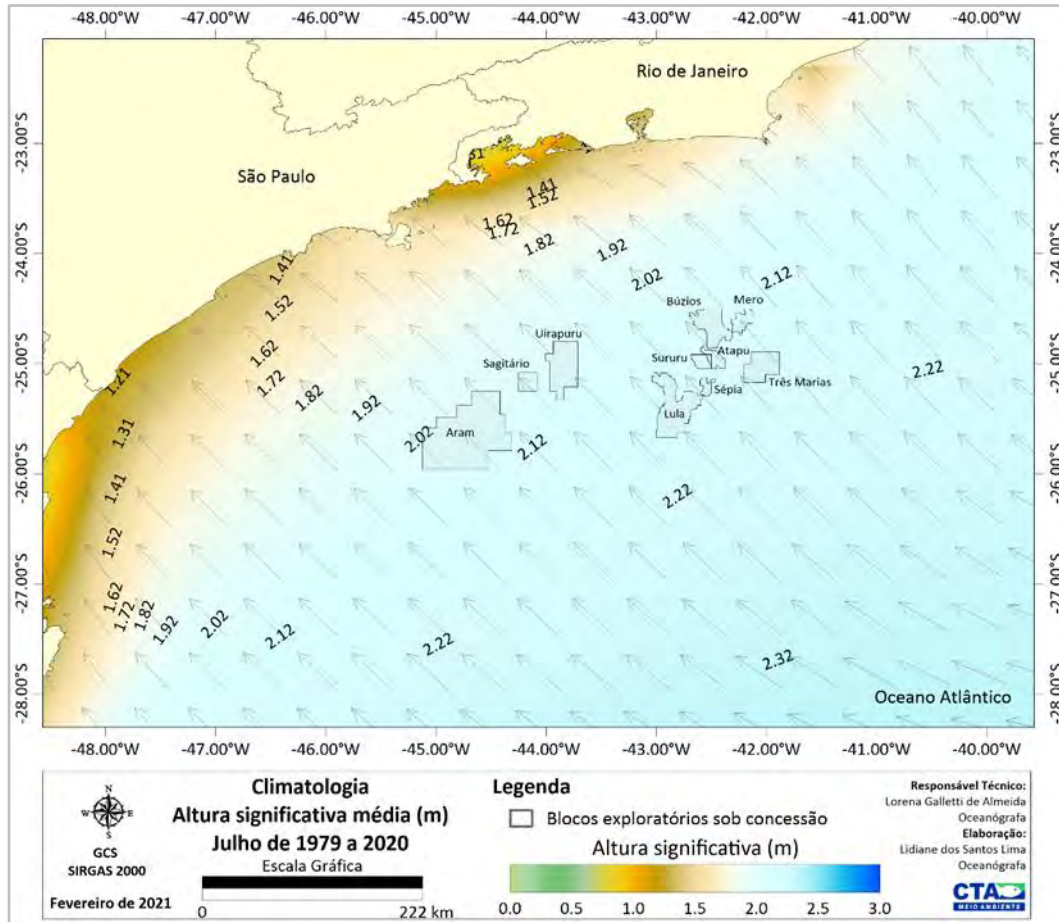


Figura II.5.1.1.2.2-206– Climatologia de julho referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

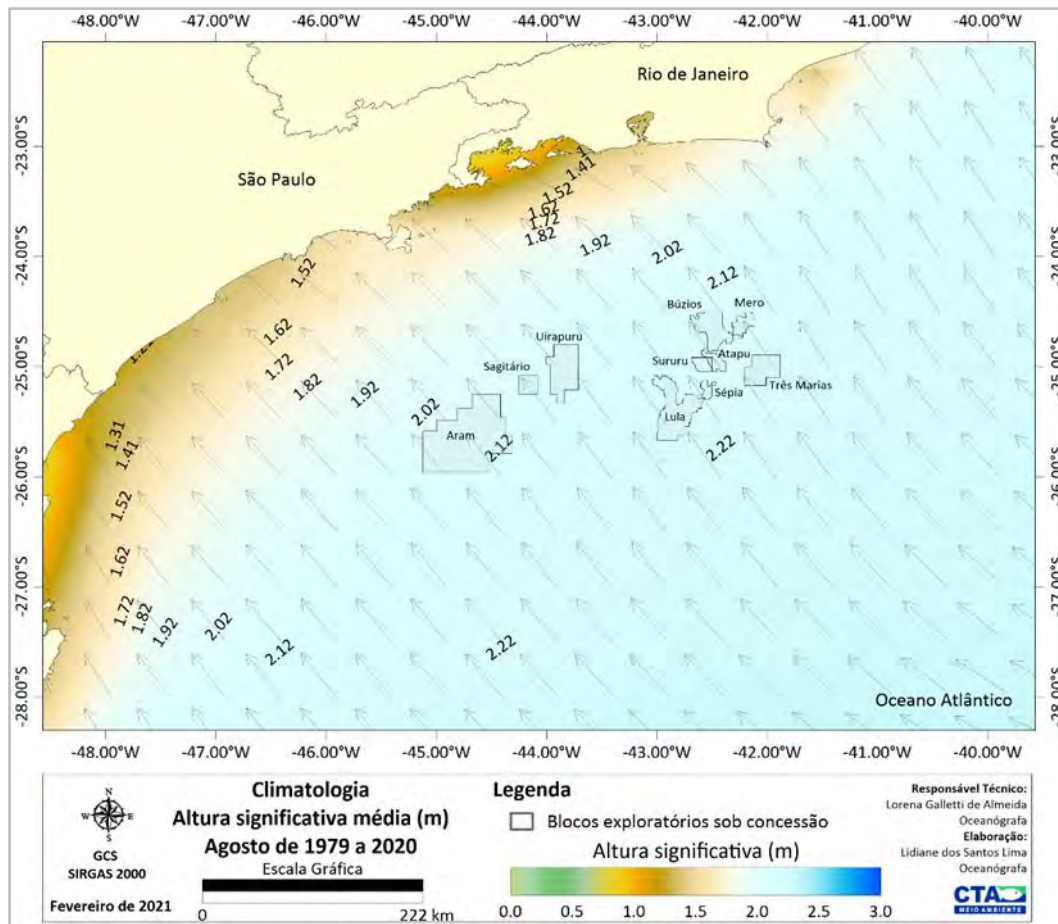


Figura II.5.1.1.2.2-207– Climatologia de agosto referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

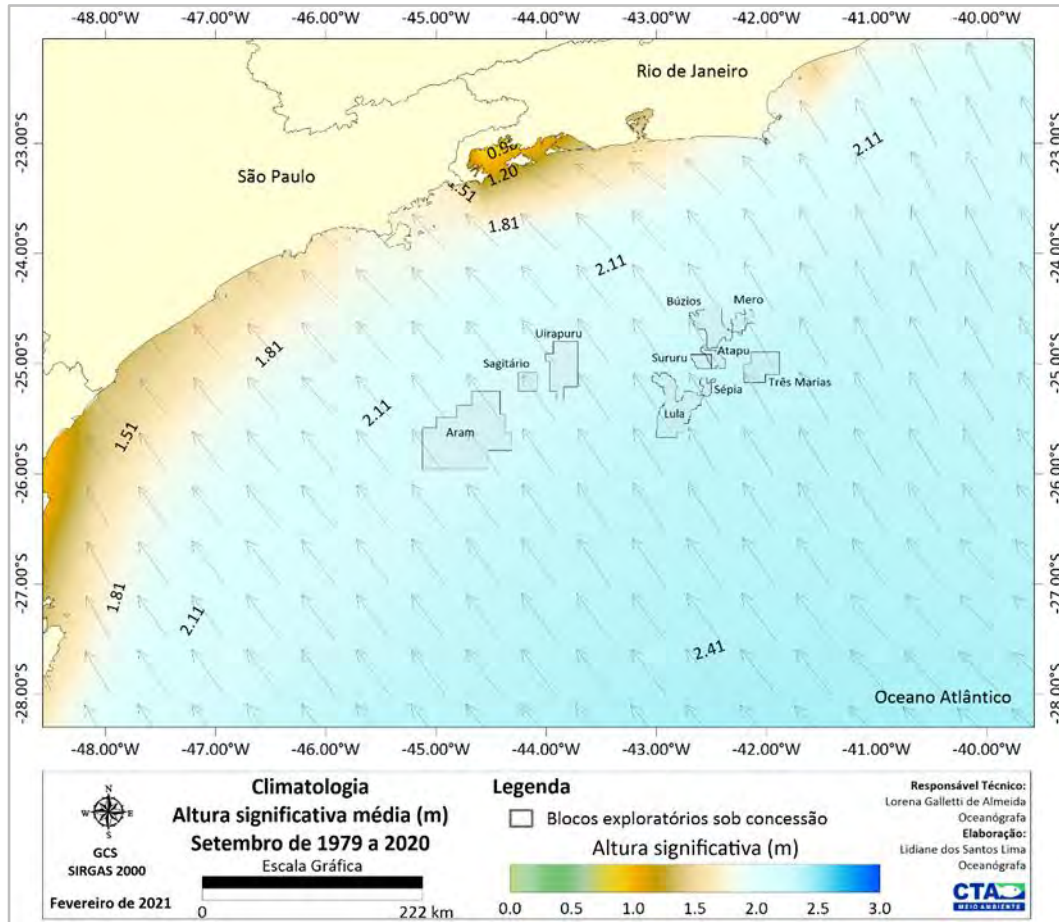


Figura II.5.1.1.2.2-208– Climatologia de setembro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

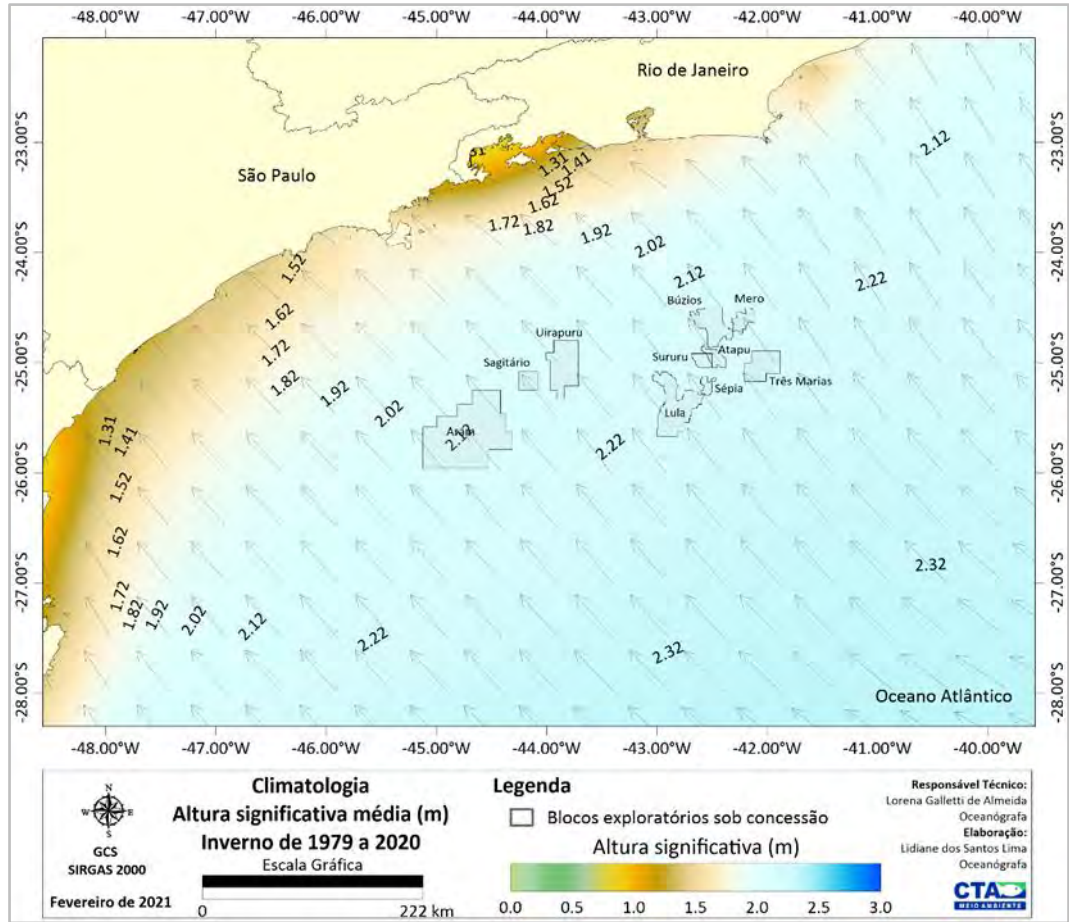


Figura II.5.1.1.2.2-209– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

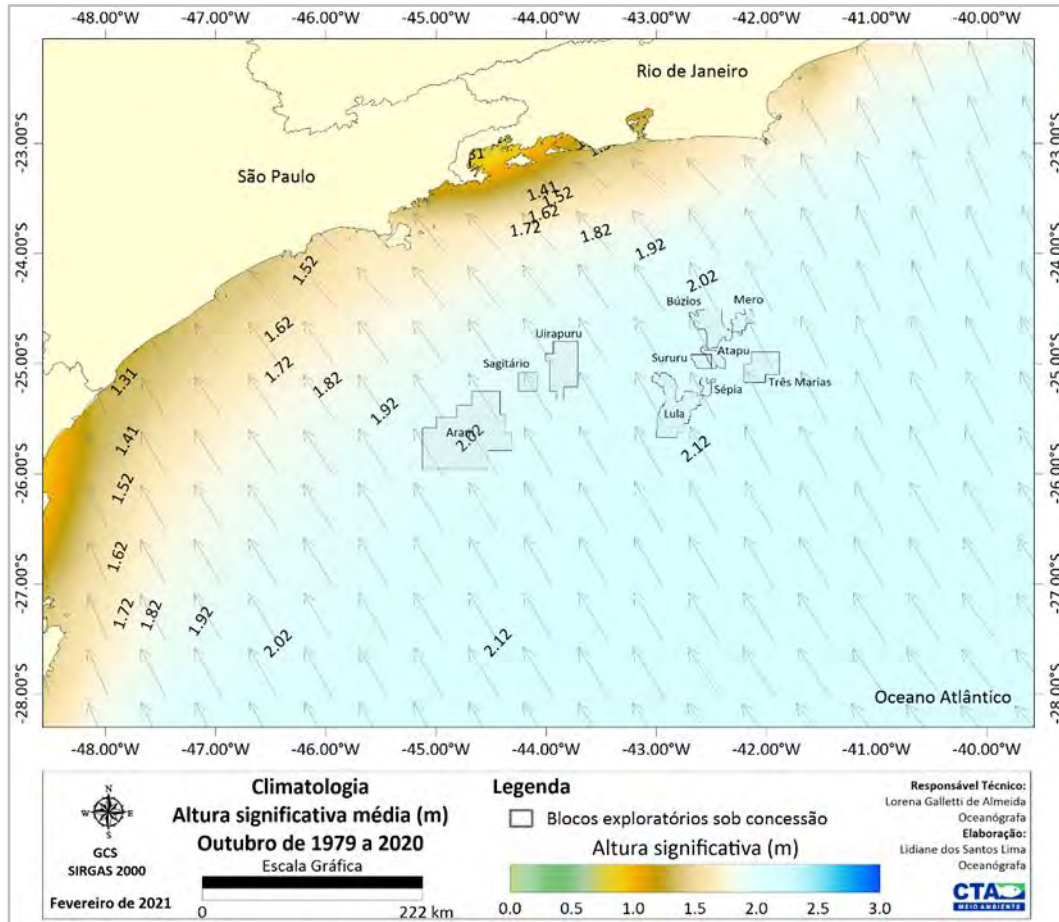


Figura II.5.1.1.2.2-210– Climatologia de outubro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

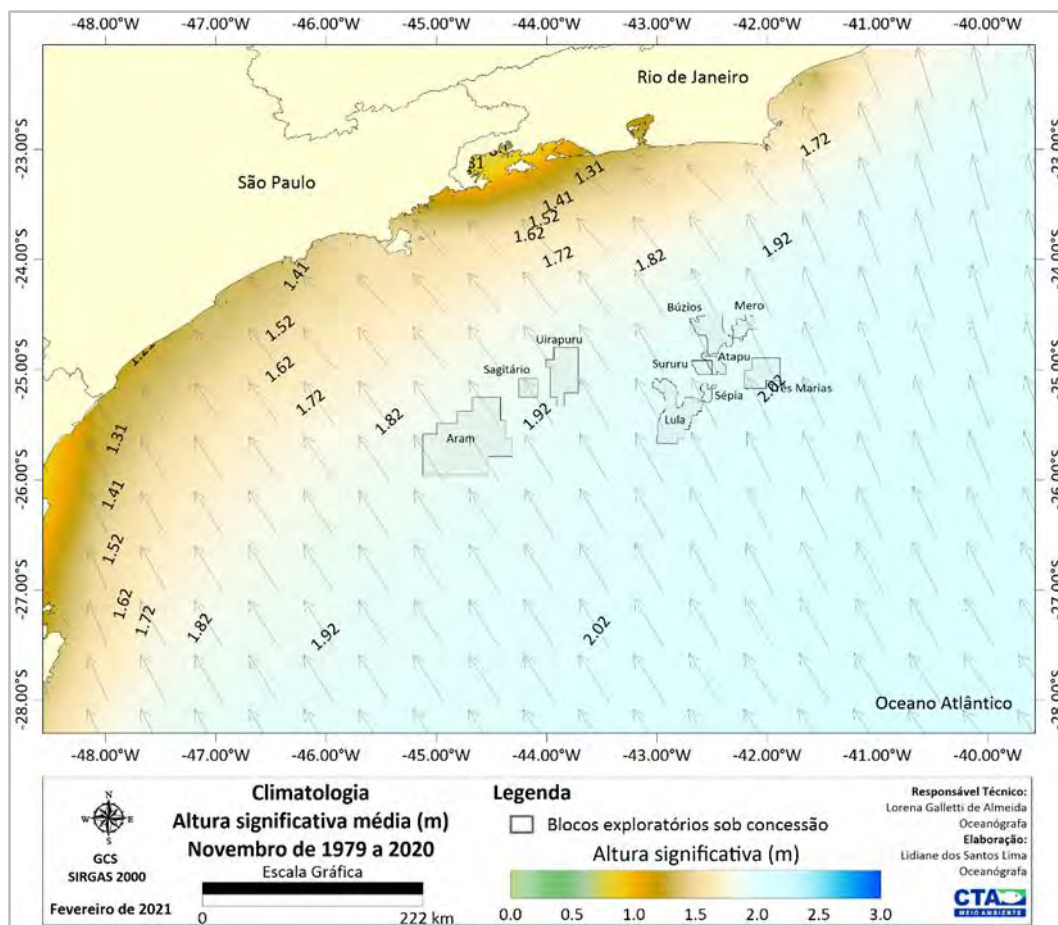


Figura II.5.1.1.2.2-211– Climatologia de novembro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

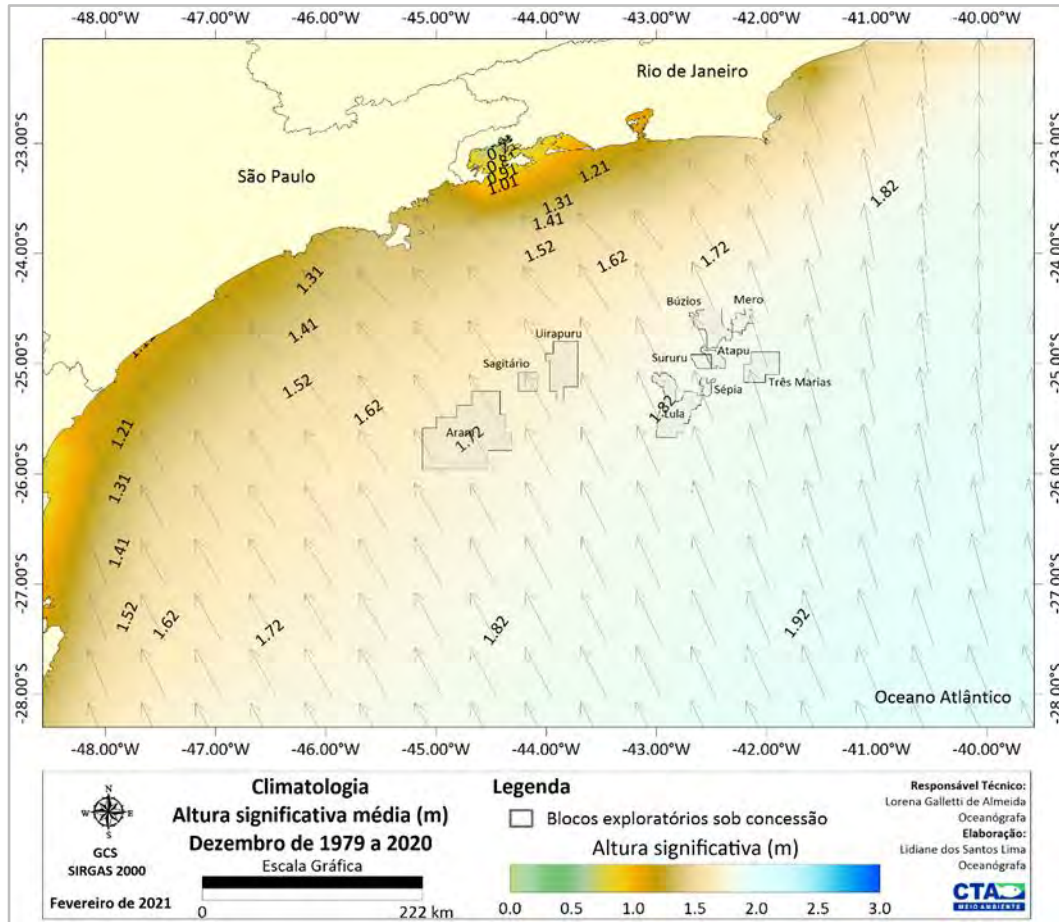


Figura II.5.1.1.2.2-212– Climatologia de dezembro referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

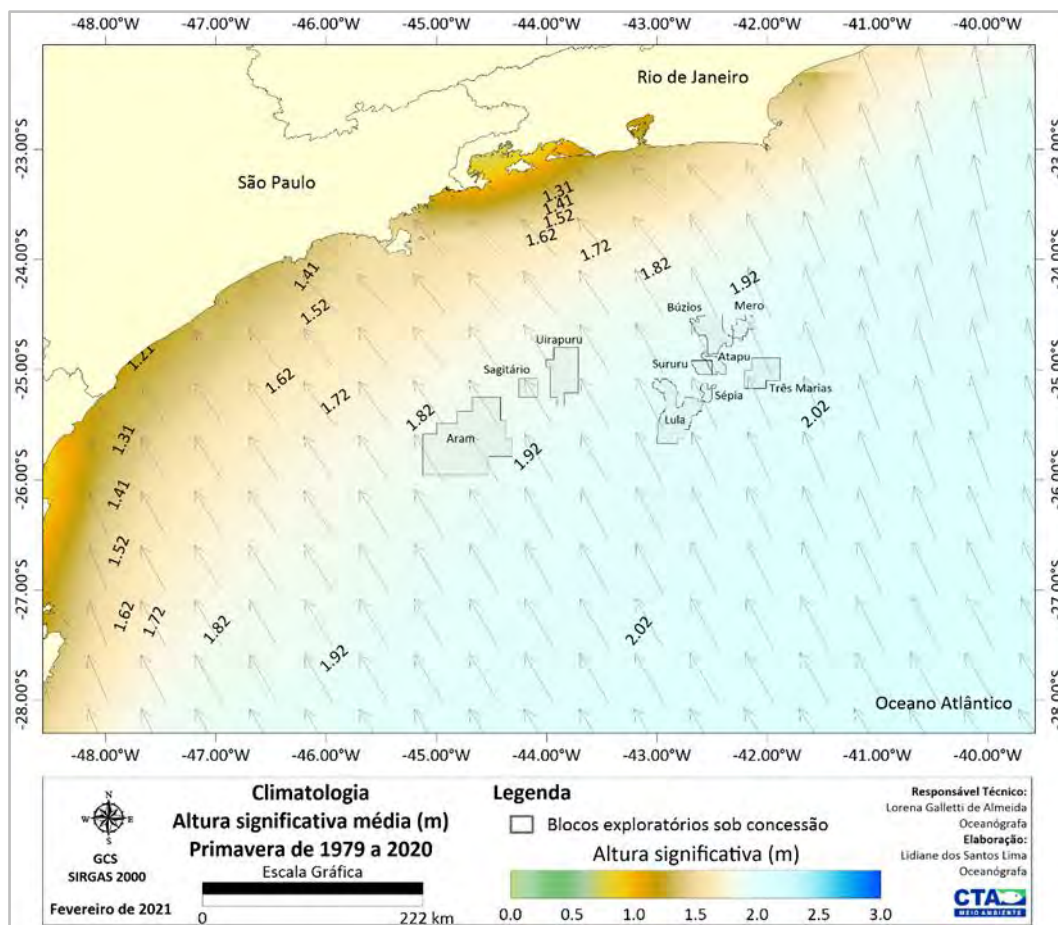


Figura II.5.1.1.2.2-213– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente a altura significativa média (m) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

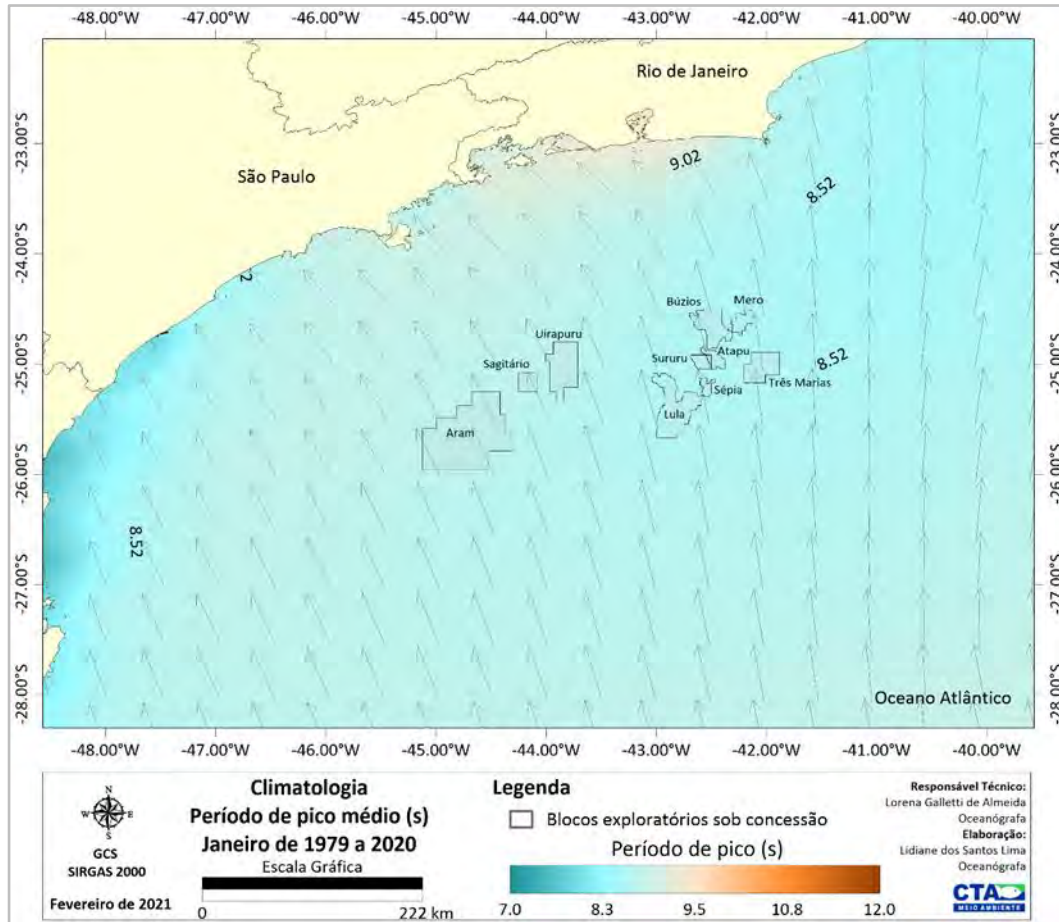


Figura II.5.1.1.2.2-214– Climatologia de janeiro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

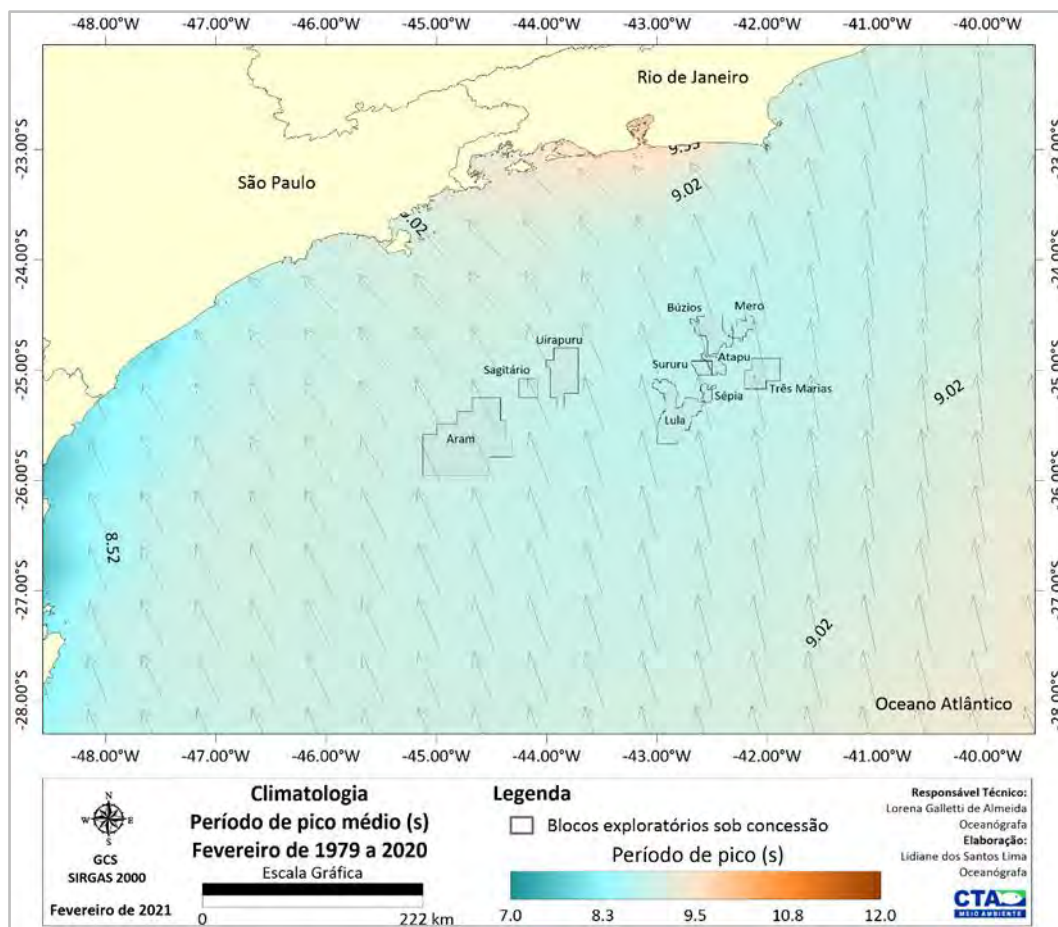


Figura II.5.1.1.2.2-215– Climatologia de fevereiro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

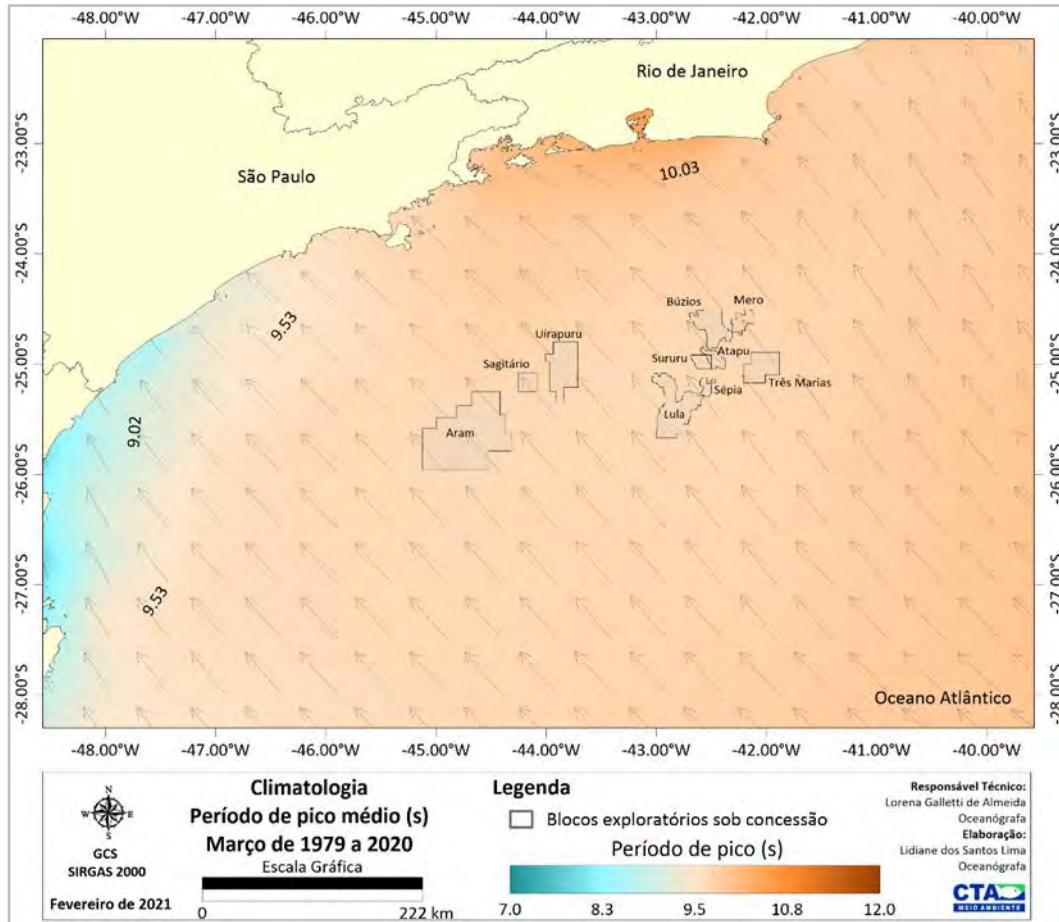


Figura II.5.1.1.2.2-216– Climatologia de março referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

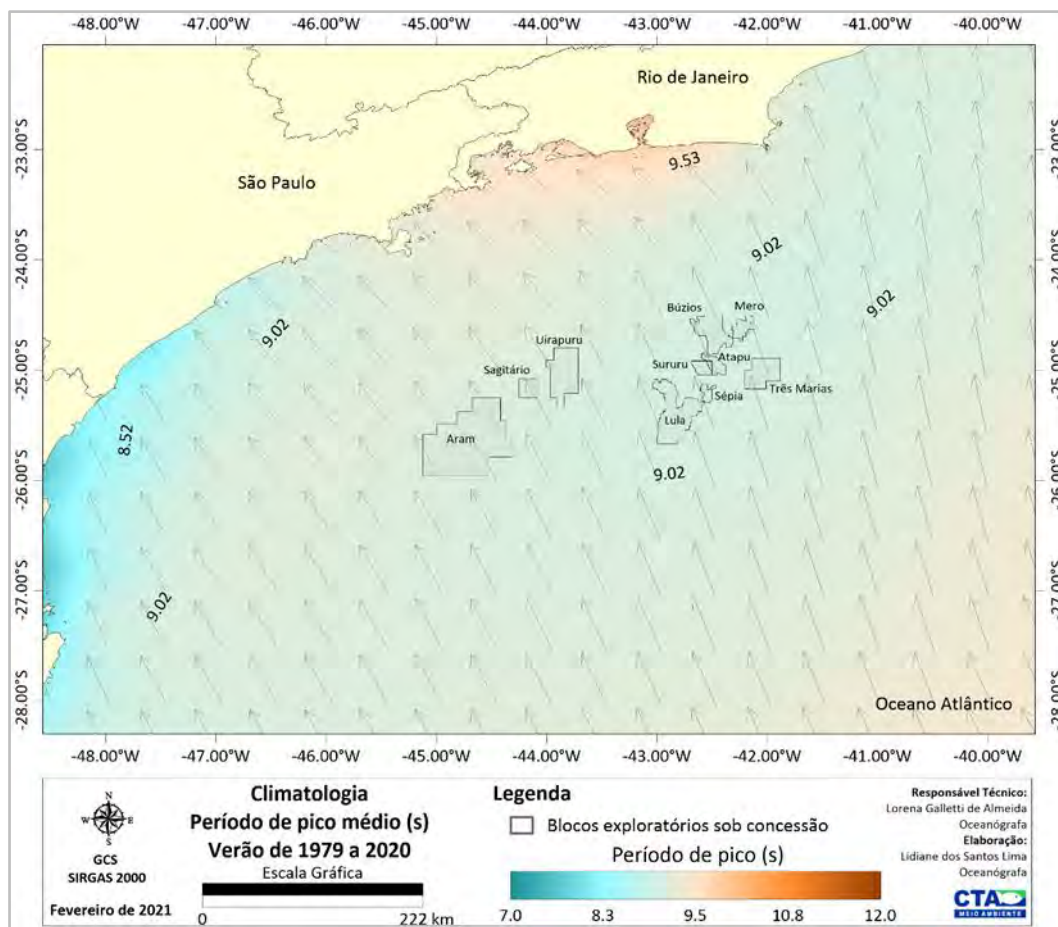


Figura II.5.1.1.2.2-217– Climatologia de verão (janeiro a março) referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

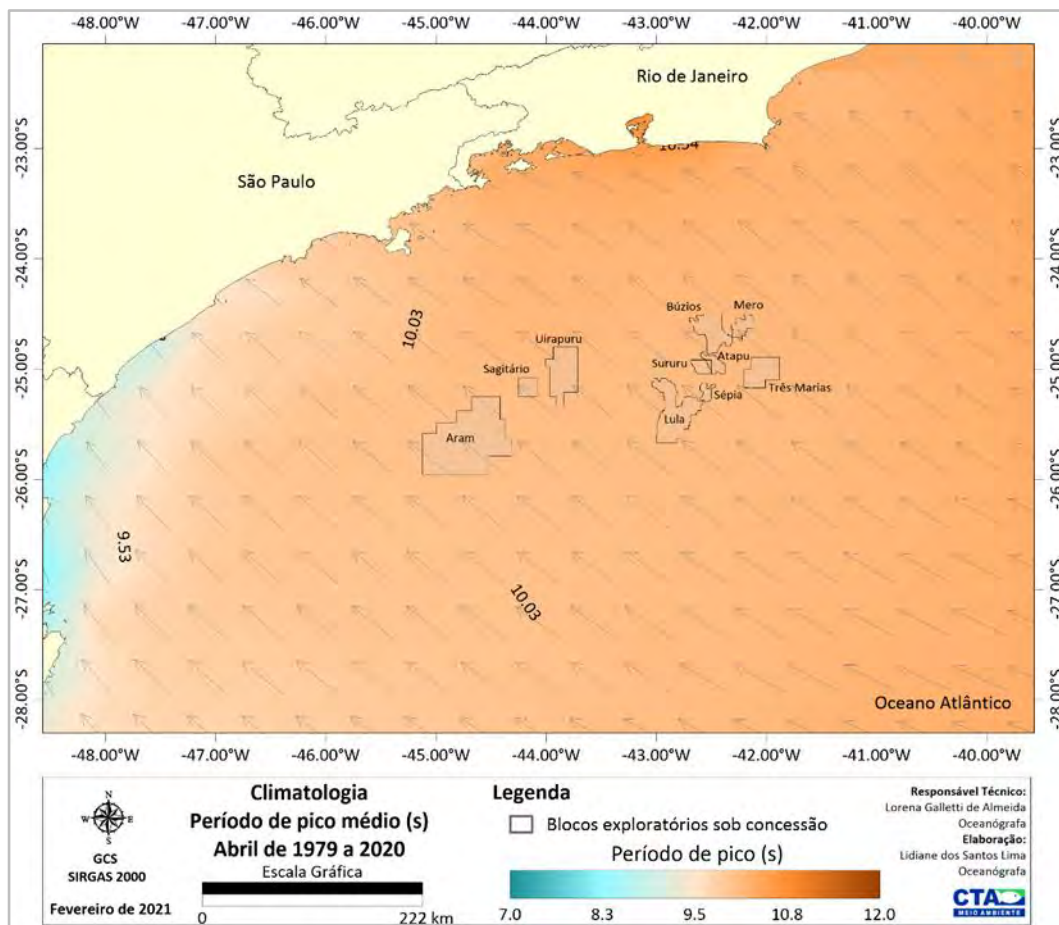


Figura II.5.1.1.2.2-218– Climatologia de abril referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

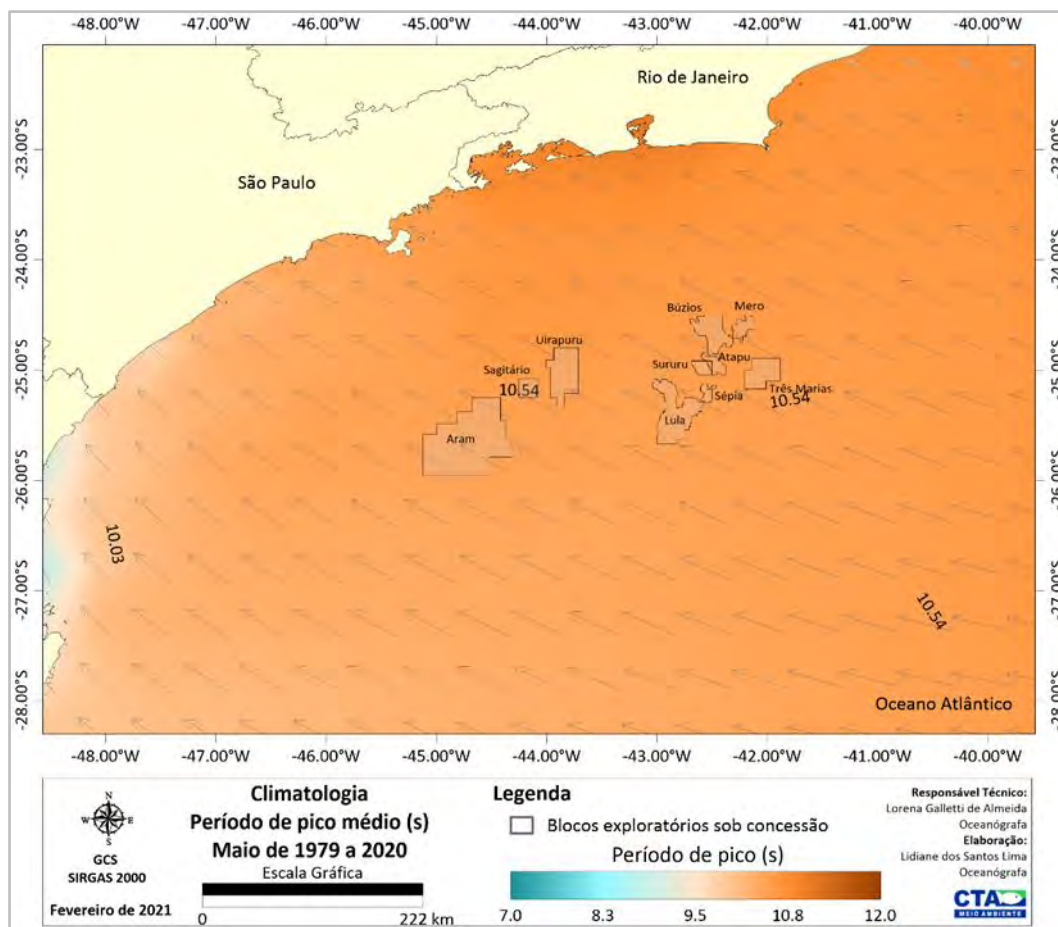


Figura II.5.1.1.2.2-219– Climatologia de maio referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

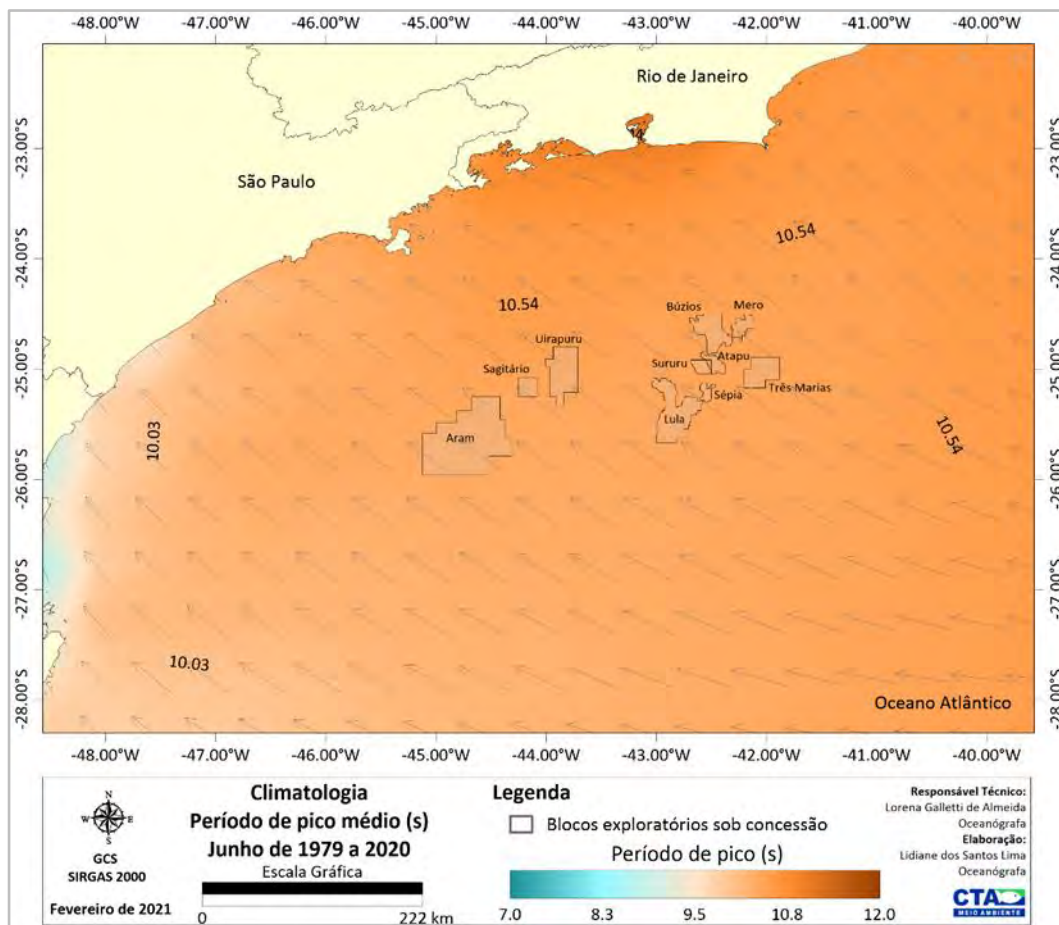


Figura II.5.1.1.2.2-220– Climatologia de junho referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

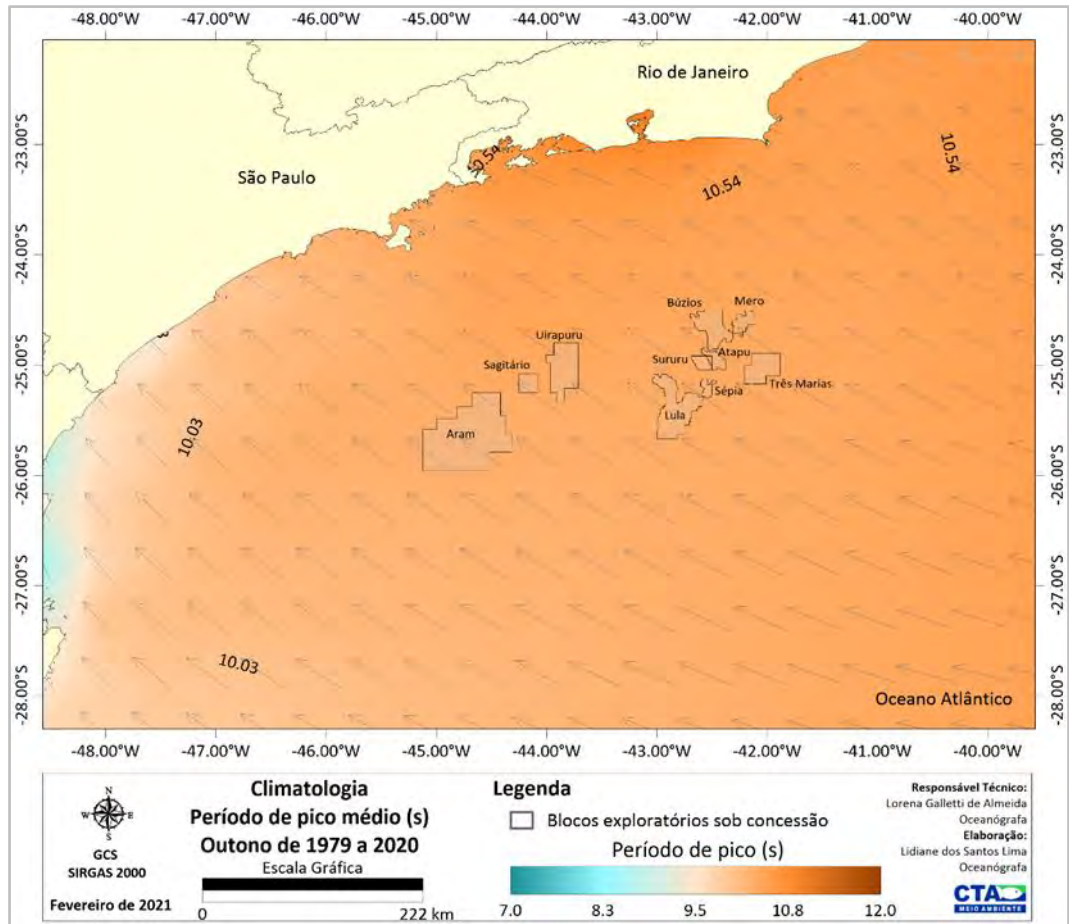


Figura II.5.1.1.2.2-221– Climatologia de outono (abril a junho) referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

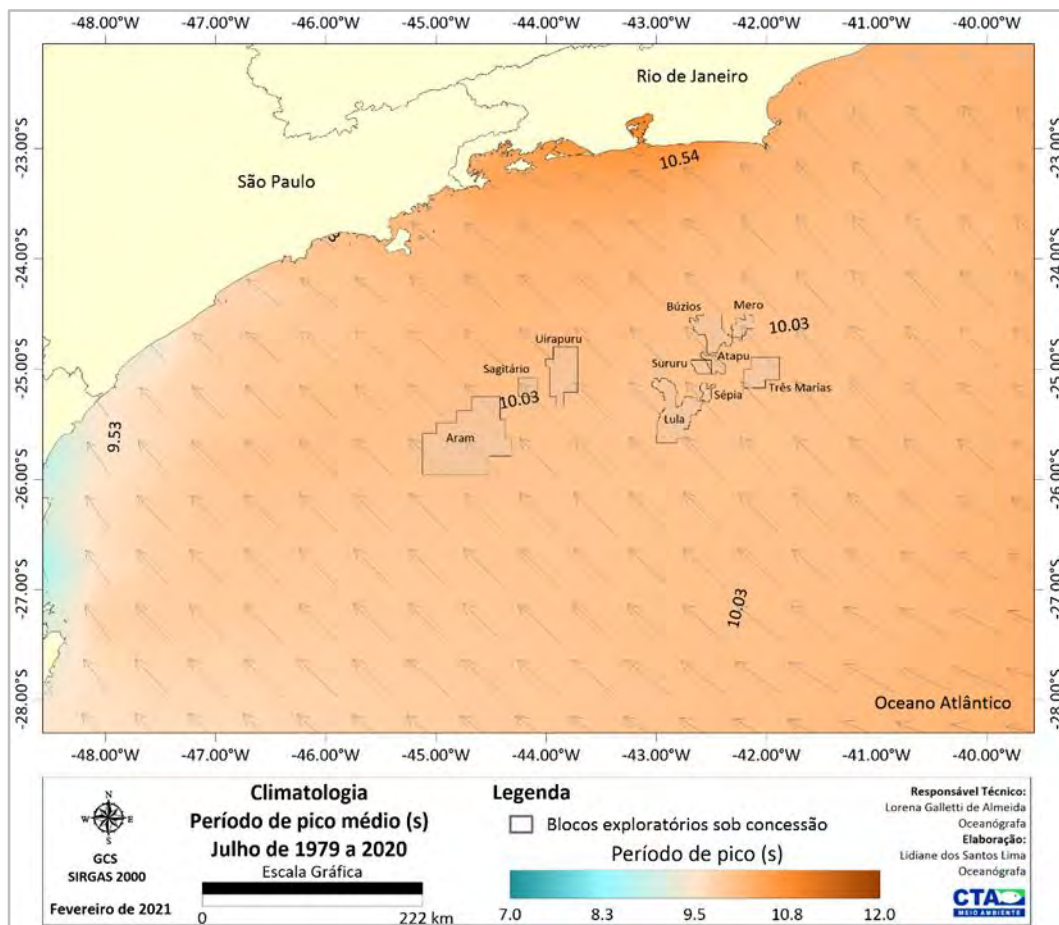


Figura II.5.1.1.2.2-222– Climatologia de julho referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

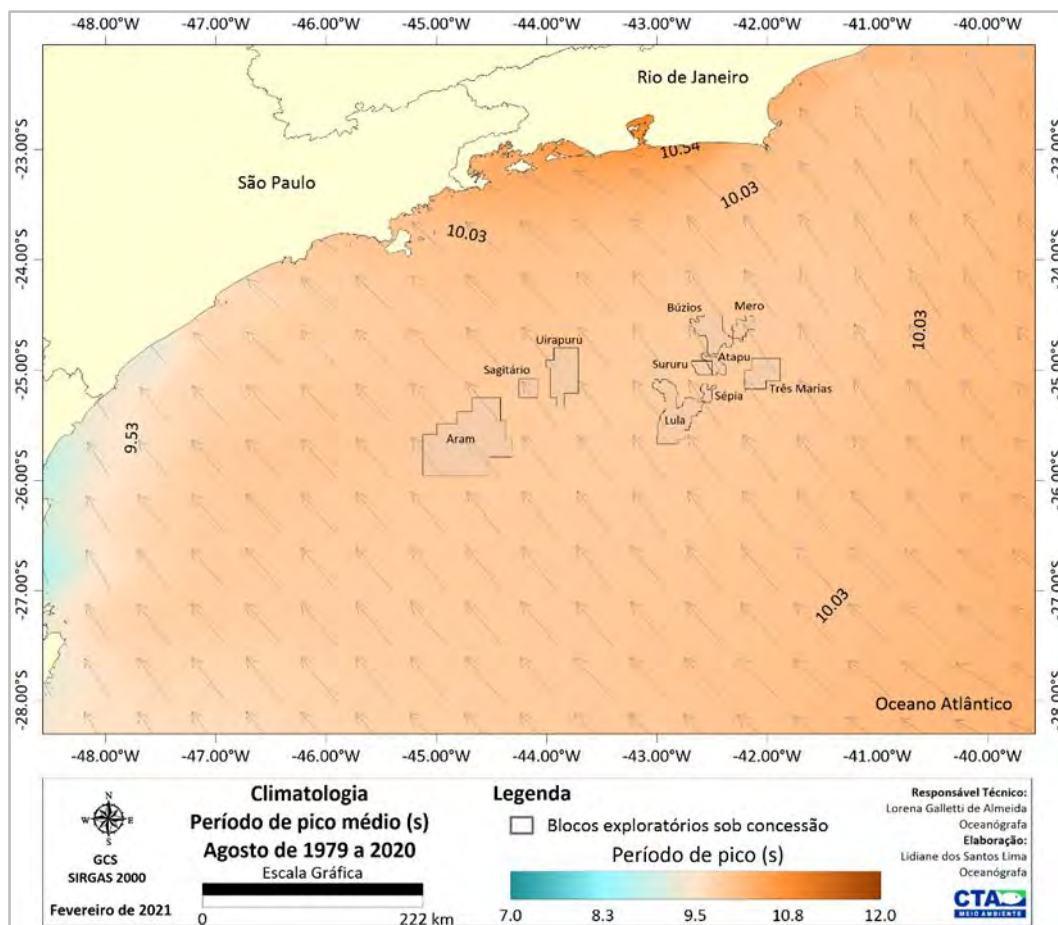


Figura II.5.1.1.2.2-223– Climatologia de agosto referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

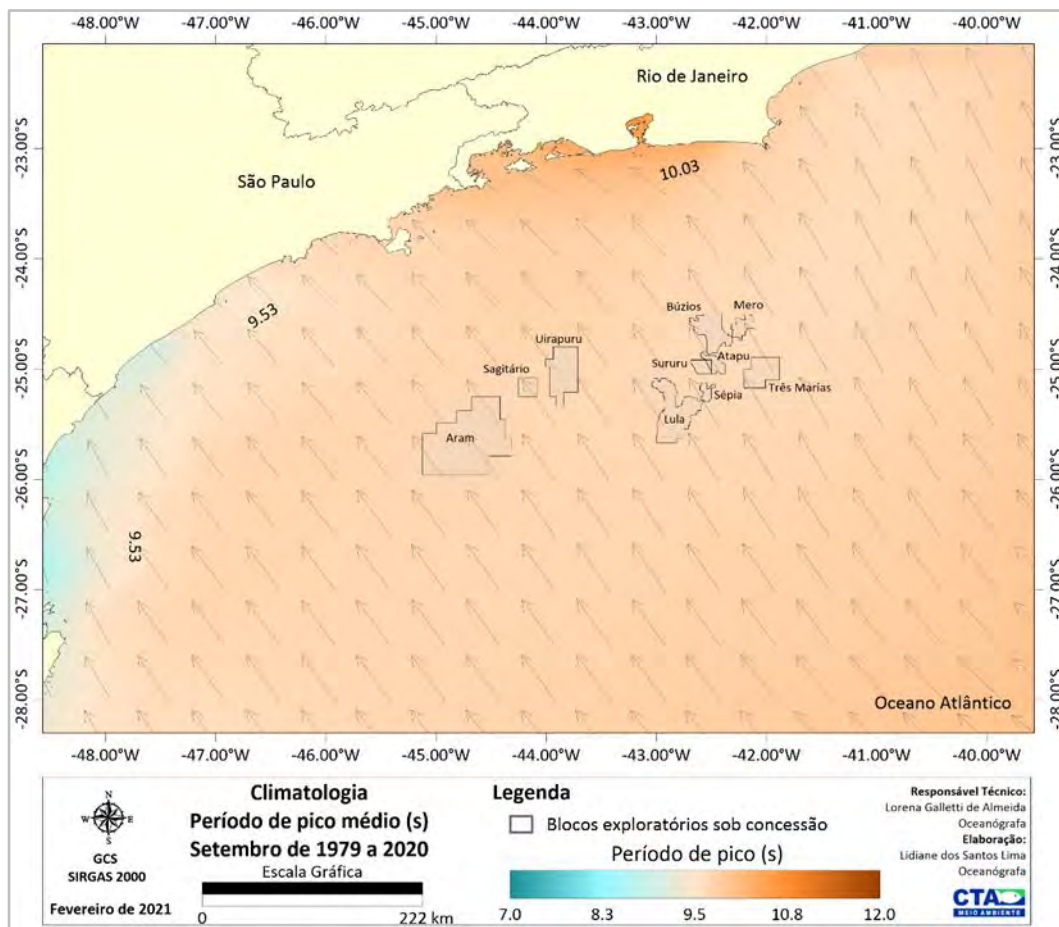


Figura II.5.1.1.2.2-224– Climatologia de setembro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

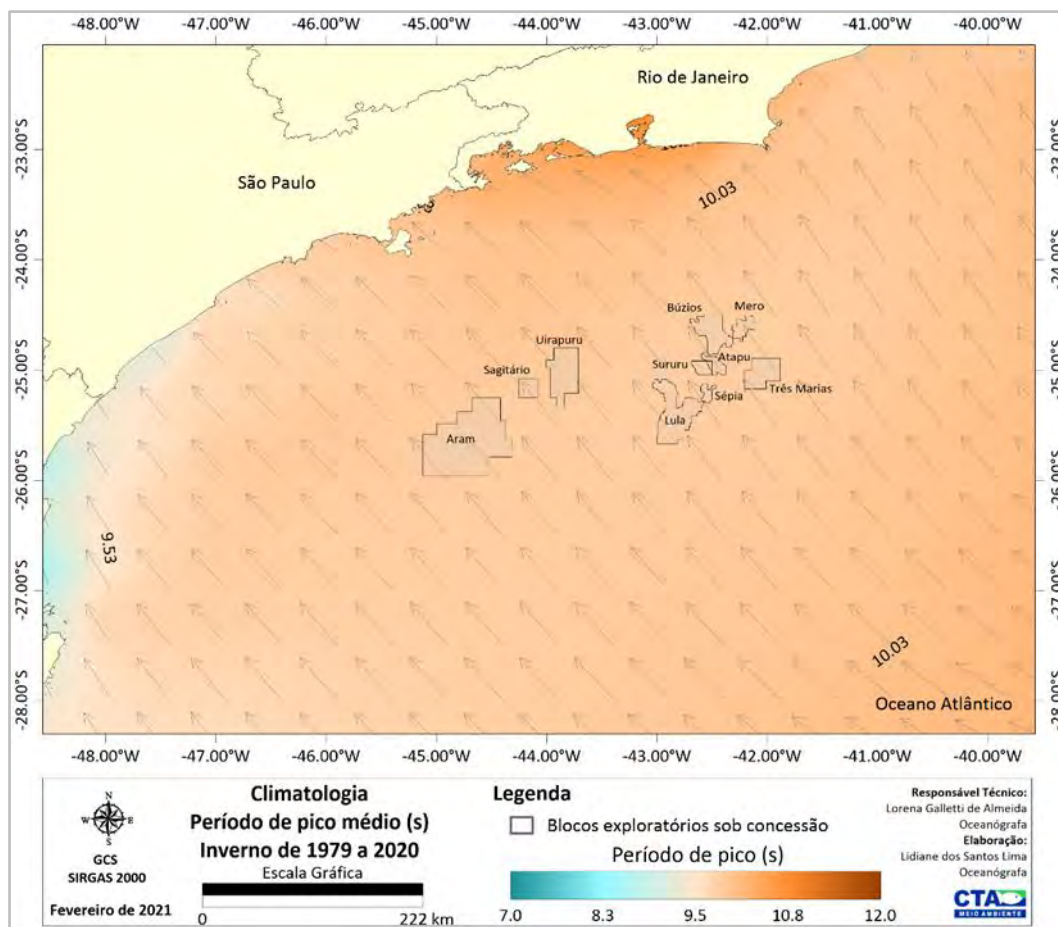


Figura II.5.1.1.2.2-225– Climatologia de inverno (julho a setembro) referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

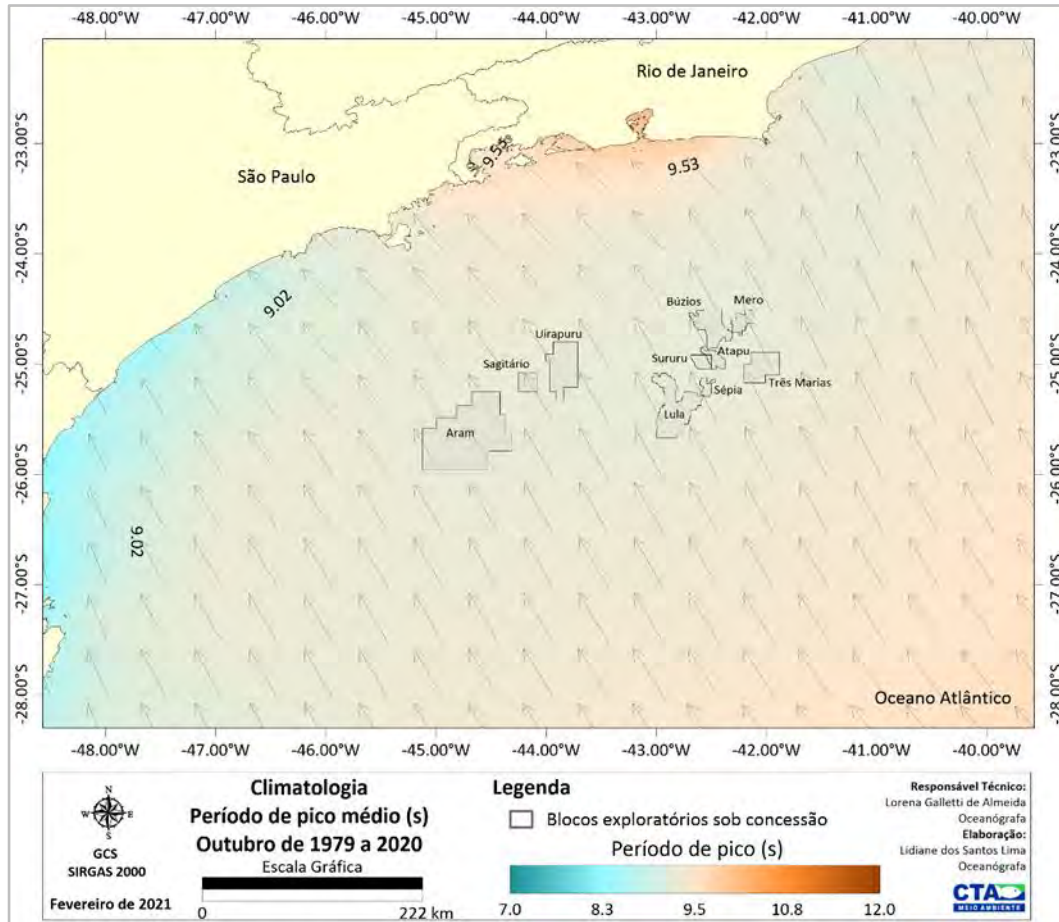


Figura II.5.1.1.2.2-226– Climatologia de outubro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

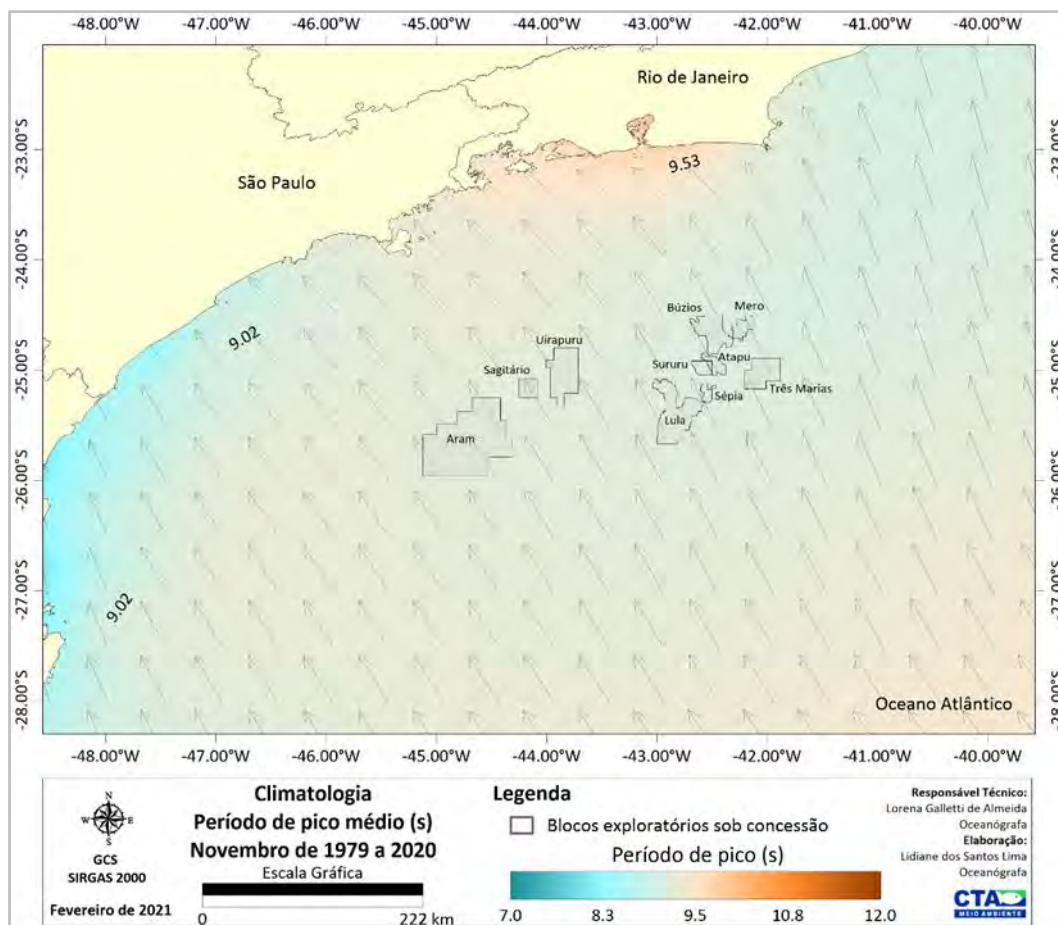


Figura II.5.1.1.2.2-227– Climatologia de novembro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

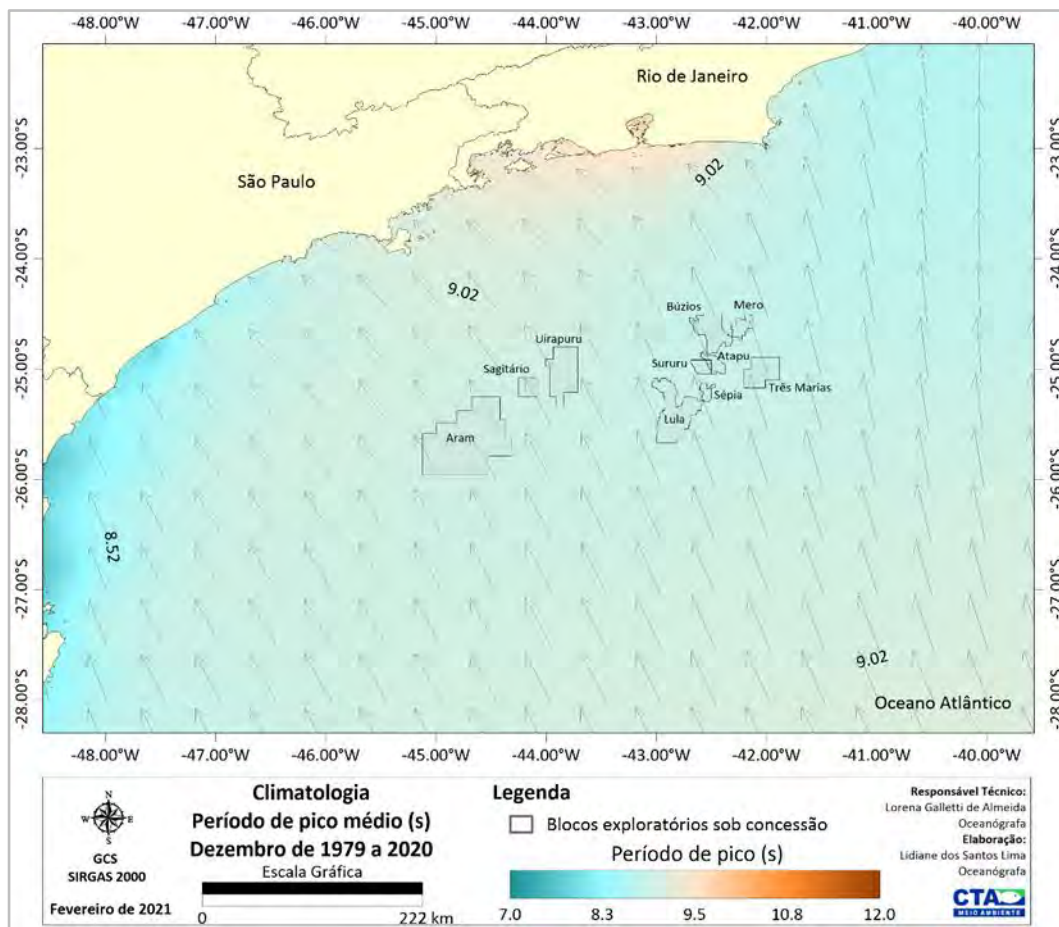


Figura II.5.1.1.2.2-228– Climatologia de dezembro referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

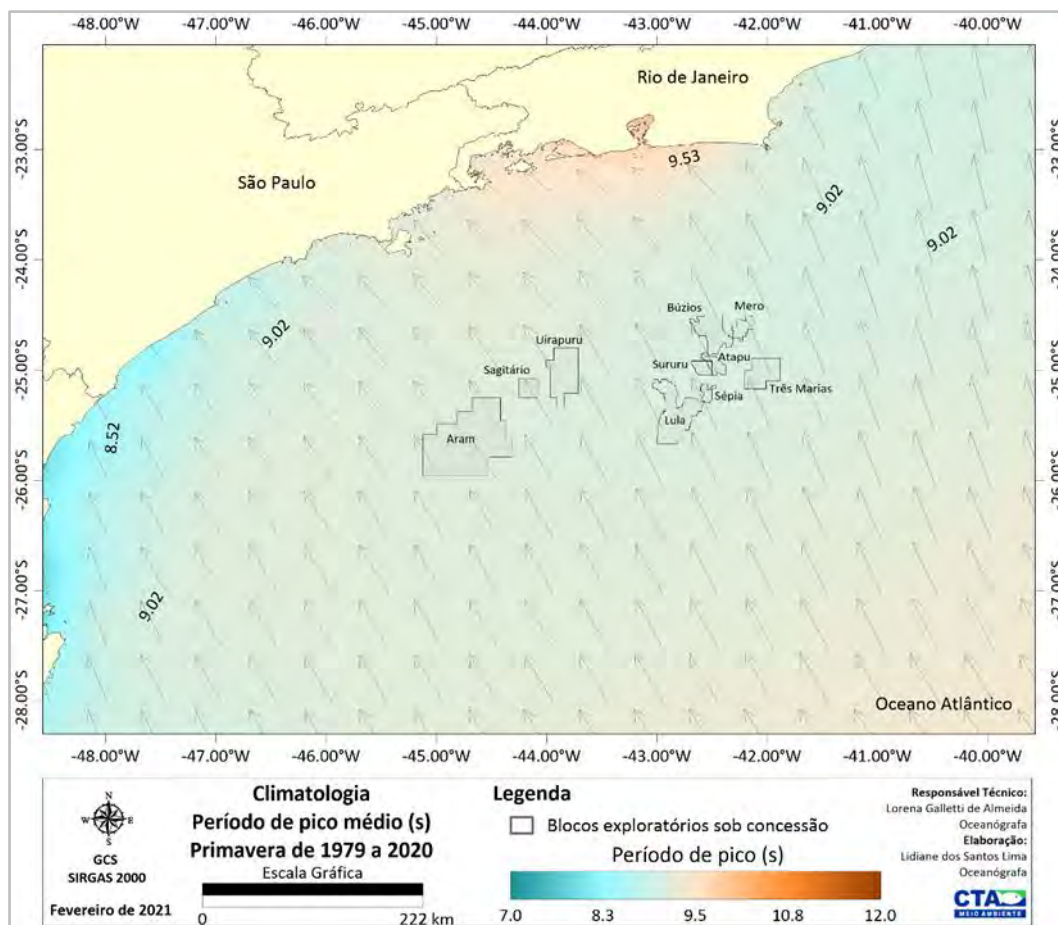


Figura II.5.1.1.2.2-229– Climatologia de primavera (outubro a dezembro) referente ao período de pico médio (s) e direção de incidência das ondas (vetores) superficial, conforme os dados de reanálise, ERA 5, no período de 1979 a 2020. Em destaque os blocos exploratórios sob concessão.

Caracterização das Correntes de Deriva Litorânea

As correntes de deriva litorânea são correntes induzidas por ondas que se aproximam obliquamente do litoral. Ocorrem devido à quebra de ondas e aos gradientes de fluxo de momento na zona de arrebenção ativa. Sua magnitude é proporcional à energia das ondas incidentes e à ‘obliquidade’ da linha de costa (assumindo contornos de costa paralelos aos contornos do fundo do mar). Quanto maiores os ângulos formados entre a crista e o litoral, mais fortes serão as correntes. Ondas que incidem em ângulos relativamente grandes criam correntes mais fortes do que aquelas que se aproximam com ângulos próximos ao normal. A

direção das correntes de deriva litorânea é paralela à costa (ou aos contornos do fundo do mar), subindo ou descendo, dependendo da direção das ondas (TAGGART e SCHWARTZ, 1988; KOMAR, 1991).

Cada setor de costa com um determinado sentido de deriva litorânea resultante forma uma “célula de circulação costeira” (NODA, 1971; JACOBSEN e SCHAWARTZ, 1981; TAGGART e SCHWARTZ, 1988). Cada célula consiste de três zonas: (a) zona de erosão, onde se origina a corrente (barlamar) e há maior energia de ondas; (b) zona de transporte, através da qual os sedimentos são transferidos ao longo da costa; e (c) zona de deposição ou acumulação, onde a corrente termina (sotamar), havendo diminuição de energia das ondas.

Uma célula de circulação costeira varia desde poucas dezenas de metros até quilômetros de distância (TAGGART e SCHWARTZ, 1988). A deriva litorânea resultante corresponde à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praial. Quando duas células estão presentes, lado a lado, duas situações podem ocorrer: (i) convergência de correntes (zona de sotamar de duas células), onde haverá intensa acumulação de sedimentos; (ii) divergência de correntes (zona de barlamar de duas células), onde o processo erosivo será acentuado. Quando duas células de deriva litorânea se encontram ou a terminação da célula se dá na extremidade da praia, há a geração de outra componente, transversal à linha de costa, a corrente de retorno. Esta é responsável pelo transporte de sedimentos para fora da praia e também é uma das principais causas de afogamentos nas praias (SOUZA, 2012). Ou seja, a composição destas correntes costeiras varia de acordo com a incidência de ondas na praia e sua geomorfologia (condicionantes geológicos-geomorfológicos, meteorológicos/climáticos, oceanográficos). Além disso, SOUZA (1997) também cita que processos hidrológicos (descarga de rios) e intervenções antrópicas podem alterar estas correntes costeiras que transportam os sedimentos.

De acordo com VILLWOCK (1994), o litoral sudeste tem seus limites compreendidos entre Cabo Frio (RJ) e o Cabo de Santa Marta (SC), sendo a principal característica a proximidade com a Serra do Mar. SILVESTER (1968) conduziu uma avaliação macrorregional do transporte litorâneo com base na orientação da linha de costa, no clima de ondas e em critérios geomorfológicos e

definiu que para um observador, olhando da terra para o mar, o transporte litorâneo entre São Paulo e o Rio Grande do Sul e para a esquerda (norte).

Localmente, o transporte litorâneo entre Cabo Frio e a Ilha da Marambaia (RJ) é praticamente nulo (SILVESTER, 1968). Entre São Vicente (SP) e Peruíbe (SP), o transporte é dirigido para sudeste, enquanto que no restante do litoral de São Paulo, o transporte residual é para nordeste (FÚLFARO e COIMBRA, 1972). Na porção sul do litoral sudeste, o transporte litorâneo residual também é para nordeste devido a orientação da linha costa e o clima de ondas. A **Figura II.5.1.1.2.2-230** apresenta esquematicamente o transporte litorâneo residual em macro escala para a região, baseado na descrição dos autores acima citados.

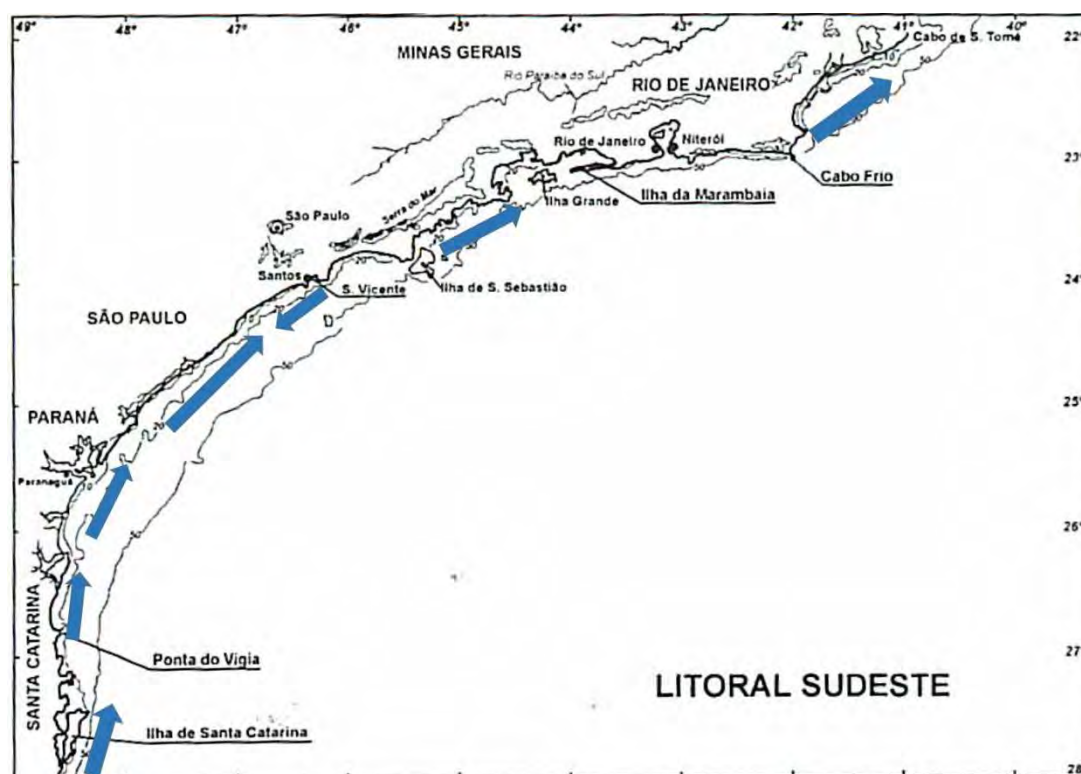


Figura II.5.1.1.2.2-230 – Mapa esquemático da deriva litorânea na Costa Sudeste Brasileira. Adaptado de CUNHA e GUERRA (2002), extraído de PETROBRAS/TETRATECH (2016).

Deve-se ressaltar, no entanto, que o estudo de correntes de deriva litorânea é específico para cada trecho da linha de costa, não sendo adequadas generalizações em nível de bacias. Ainda que aparentemente a orientação da linha de costa em longos trechos dos estados da Bacia de Santos seja similar, um estudo

detalhado realizado por REGO *et al.* 2015 na Bacia de Campos, demonstrou que pode haver diferenças significativas na corrente de deriva litorânea resultante.

Em estudo detalhado para o estado de São Paulo, SOUZA (1997) identificou o comportamento das células de deriva litorânea, sendo a deriva litorânea resultante correspondente à somatória das células obtidas em cada arco ou segmento praial. Os mapas elaborados por SOUZA (1997) seguiram a compartimentação morfofinâmica para o litoral paulista, o qual é dividido em sete setores, conforme ilustrado na **Figura II.5.1.1.2.2-231**. Os resultados mostraram que a circulação costeira é marcada por transportes de sentidos opostos em praticamente todas as praias do Estado, atuando simultaneamente. De maneira geral, foram observados grandes segmentos de transporte resultante cada qual contendo pequenas células individualizadas (**Figura II.5.1.1.2.2-232 a Figura II.5.1.1.2.2-238**).

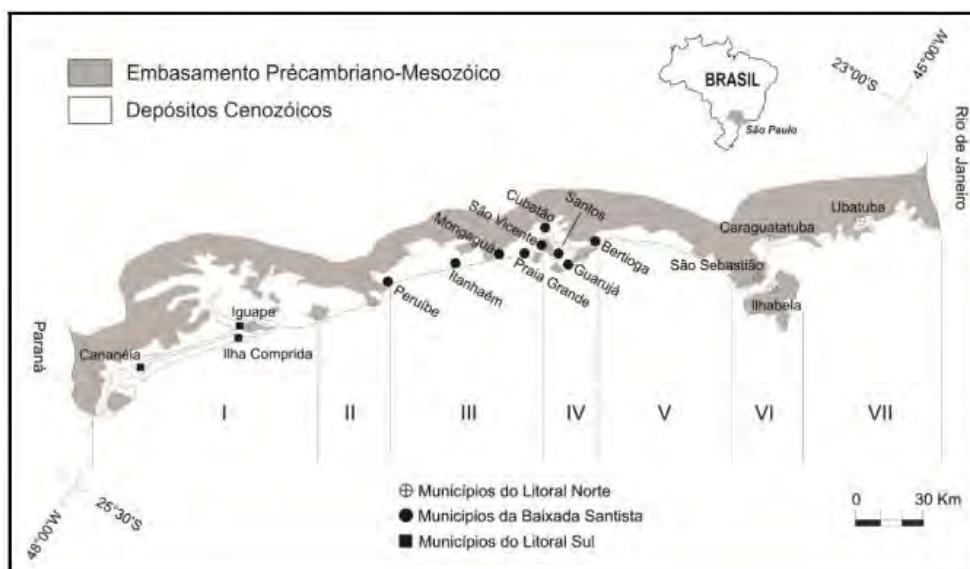


Figura II.5.1.1.2.2-231– Compartimentação morfofinâmica do litoral de São Paulo. Extraído de SOUZA (2012).

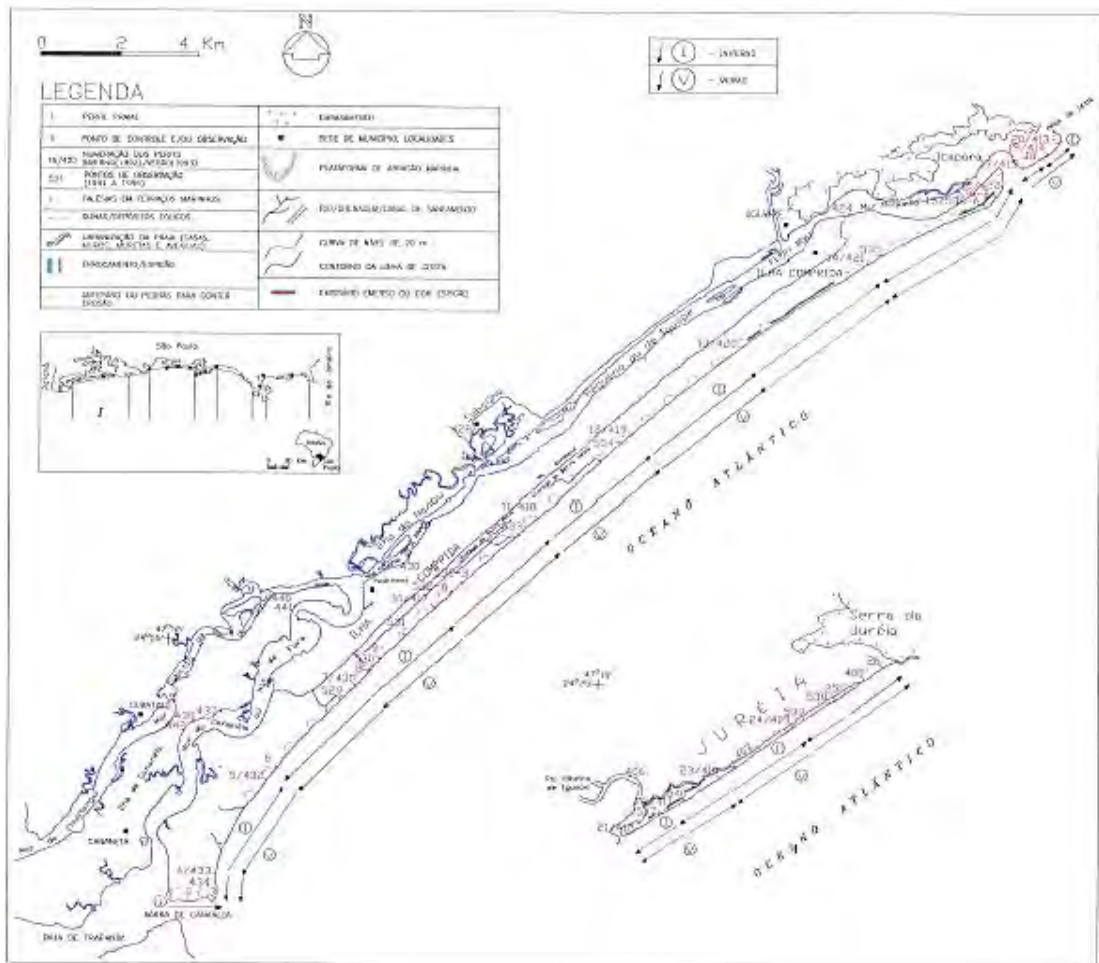


Figura II.5.1.1.2.2-232– Células de deriva litorânea no Setor Morfodinâmico I obtidas por SOUZA (1997).

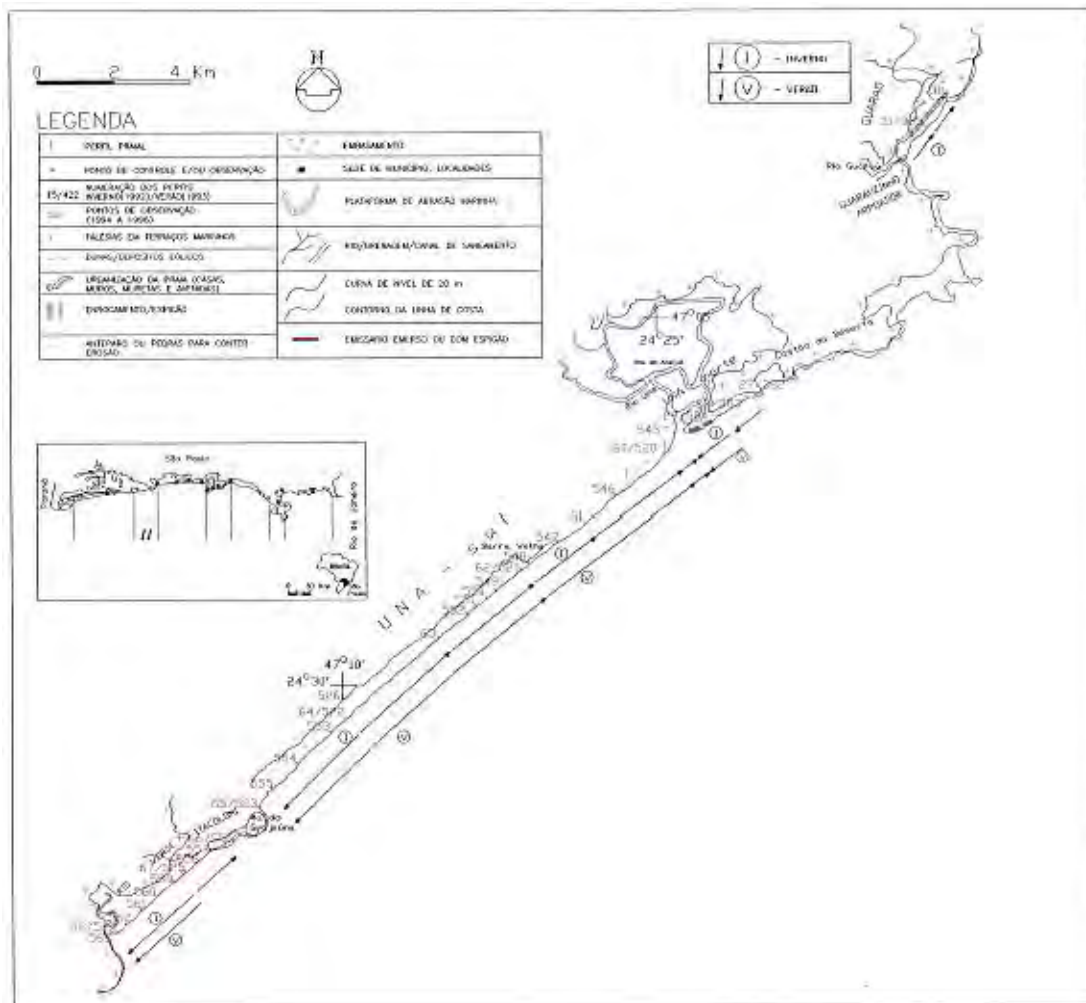


Figura II.5.1.1.2.2-233– Células de deriva litorânea no Setor Morfodinâmico II obtidas por SOUZA (1997).

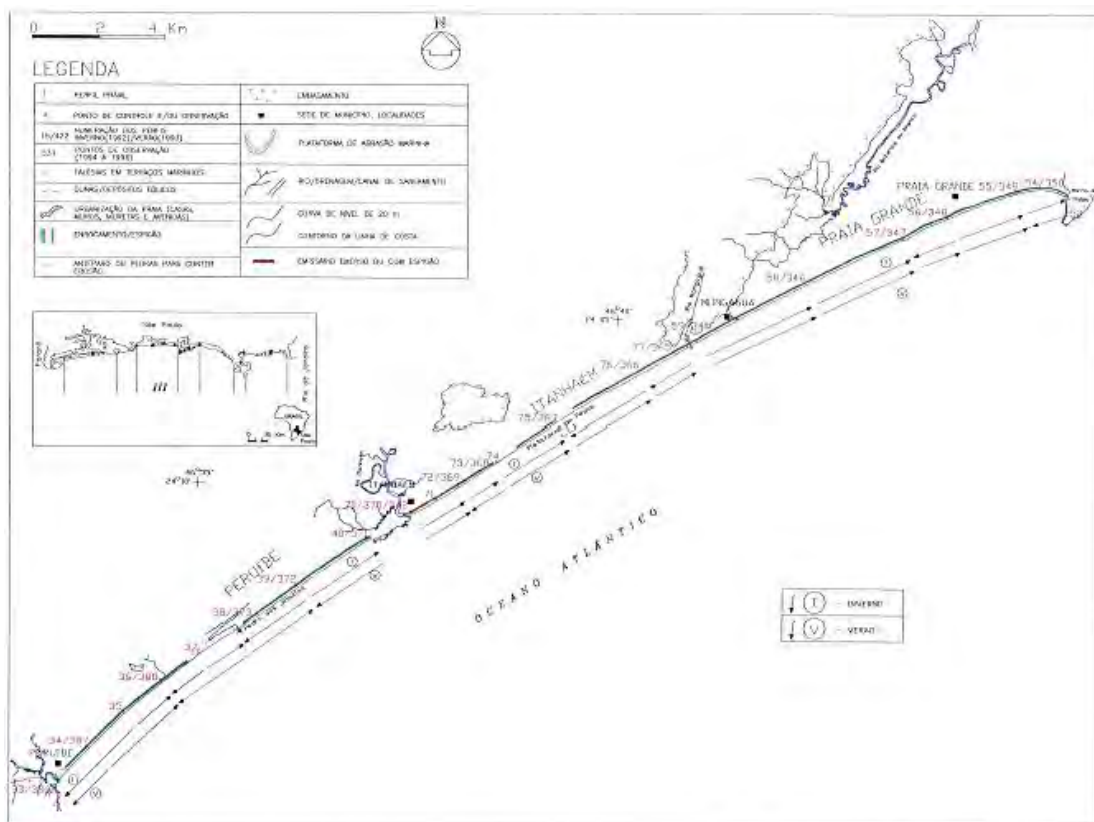


Figura II.5.1.1.2.2-234– Células de deriva litorânea no Setor Morfodinâmico III obtidas por SOUZA (1997).

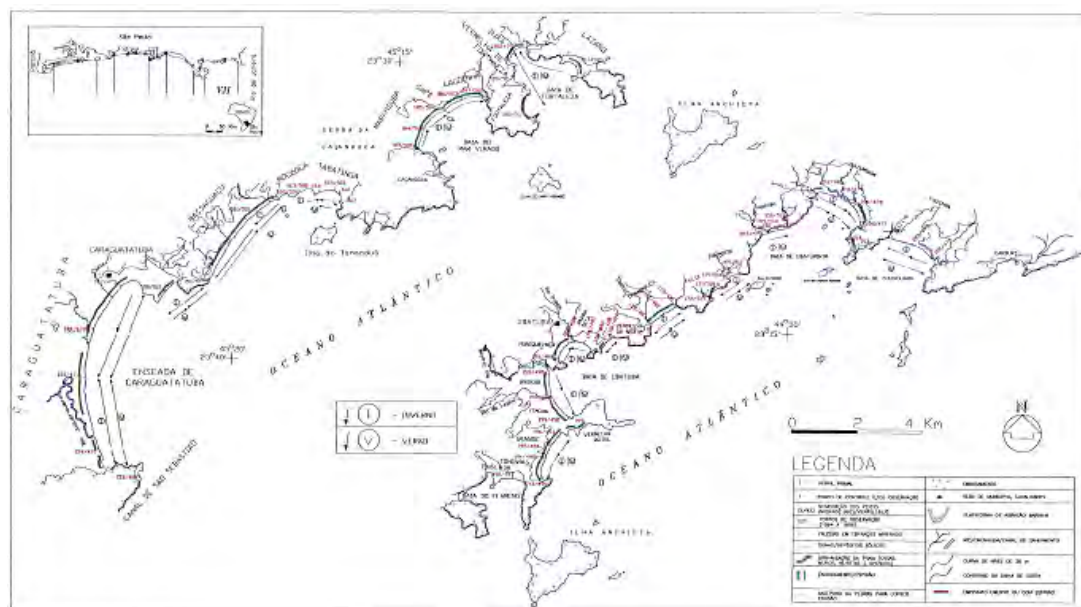


Figura II.5.1.1.2.2-235– Células de deriva litorânea no Setor Morfodinâmico IV obtidas por SOUZA (1997).

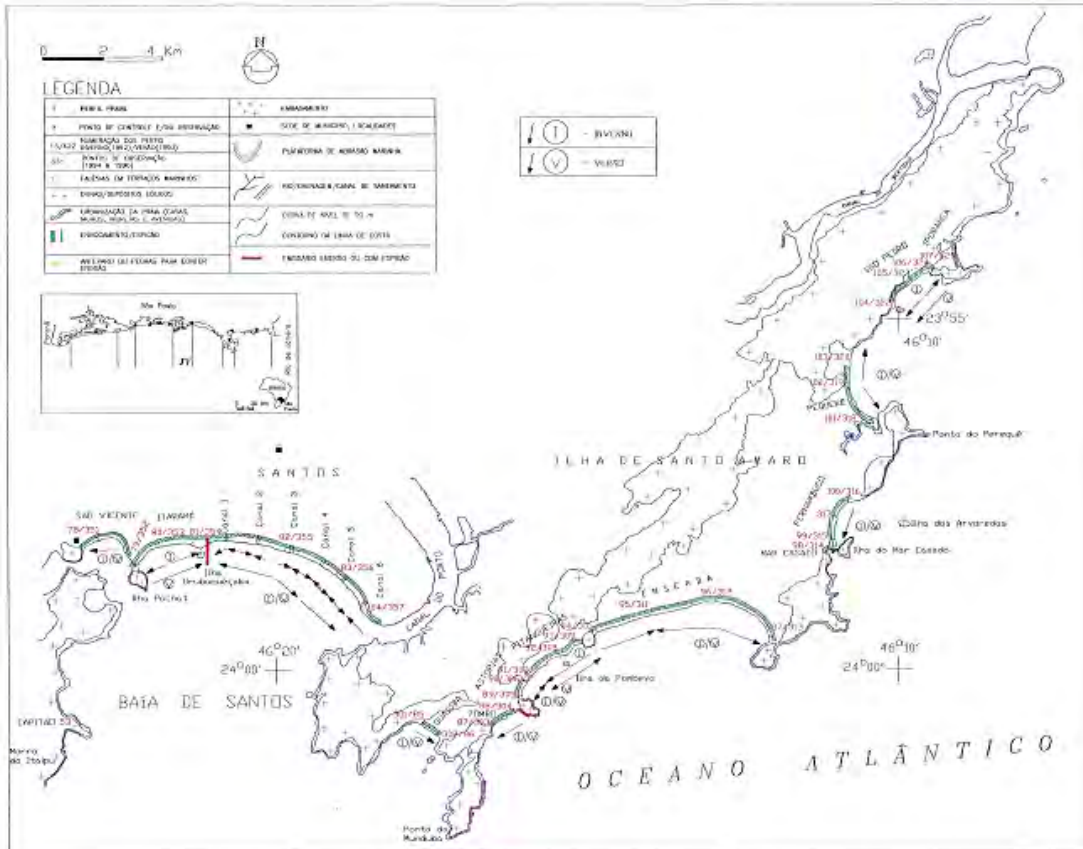


Figura II.5.1.1.2.2-236– Células de deriva litorânea no Setor Morfodinâmico V obtidas por SOUZA (1997).

uma batimetria oceânica mais precisa e uma malha refinada na maioria das regiões de águas rasas. É baseado na resolução das equações barotrópicas de marés (modelo T-UGO) em uma configuração espectral. As elevações das marés, as correntes de maré e as grades de constantes harmônicas estão disponíveis para download. São disponibilizadas em uma grade de $1/16^\circ$ amplitudes e fases de 34 constituintes de maré astronômica: 2N2, EPS2, J1, K1, K2, L2, La2, M2, M3, M4, M6, M8, Mf, MKS2, Mm, MN4, MS4, MSf, MSqm, Mtm, Mu2, N2, N4, Nu2, O1, P1, Q1, R2, S1, S2, S4, Sa, Ssa, T2.

Importante registrar que os dados das estações maregráficas da FEMAR (Fundação de Estudos do Mar) não se encontram disponíveis para *download* (<https://fundacaofemar.org.br/>; último acesso em maio de 2021), assim como não foi possível acessar os catálogos físicos.

No **Quadro II.5.1.1.2.2-39** são apresentadas as constantes harmônicas, período (s), amplitude (m) e fase ($^\circ$) obtidas através do modelo de maré oceânica FES2014 para a estação FES 1 (Rio de Janeiro). Cabe destacar que as constantes harmônicas estão dispostas em ordem decrescente da sua respectiva amplitude (m). Com os mesmos critérios no

Quadro II.5.1.1.2.2-40 estão caracterizadas as constantes para FES 2 (São Paulo); no **Quadro II.5.1.1.2.2-41** para FES 3 (Paraná) e finalmente no **Quadro II.5.1.1.2.2-42** para FES 4 (Santa Catarina).

Para todas as estações (FES 1 a FES 4), as constantes harmônicas que apresentaram amplitudes (m) mais significativas foram a componente de maré principal lunar, m2, com 0,29 m para FES 1, 0,34 m para FES 2, 0,31 m para FES3 e 0,38 m para FES 4, e a componente principal solar, s2, que apresentou valores de 0,17 m para FES 1, 0,23 m para FES 2, 0,22 para FES 3 e 0,27 para FES 4, havendo alteração entre estações apenas na 3^a constante harmônica mais significativa que para FES 1 e FES 2 foi o1, com 0,10 m; para FES 3 foi m4 (0,11 m) e para FES 4 foi mn4 (0,17 m).

Quadro II.5.1.1.2.2-39– Descrição do período (s), da amplitude (m) e fase local (°) das componentes harmônicas referente a estação FES 1 obtida através do Modelo de maré oceânica FES2014.

Constante harmônica	Período (s)	Amplitude (m)	Fase (°)
m2	44714.16	0.2961	78.7
s2	43200.00	0.1701	85.7
o1	92949.63	0.1032	84.1
k1	86164.09	0.0604	142.6
k2	43082.05	0.0461	79.0
n2	45570.05	0.0361	120.9
m4	22357.08	0.0316	15.2
q1	96726.08	0.0281	60.9
mn4	22569.03	0.0196	337.0
p1	86637.20	0.0184	131.9
mu2	46338.33	0.0160	106.1
t2	43259.22	0.0120	86.1
2n2	46459.35	0.0113	138.3
j1	83154.52	0.0090	157.2
mf	1180292.34	0.0090	337.2
s1	86399.99	0.0088	109.1
ms4	21972.02	0.0088	87.3
l2	43889.83	0.0083	72.7
m6	14904.72	0.0065	340.4
nu2	45453.62	0.0060	122.4
ssa	15778463.36	0.0035	6.1
mm	2380713.36	0.0027	11.8
MNS2	47258.16	0.0027	97.4
lambda2	43998.39	0.0024	19.2
n4	22785.03	0.0019	296.5
mtm	789085.41	0.0018	343.6
r2	43140.94	0.0016	84.3
msf	1275721.42	0.0014	164.5
m3	29809.44	0.0014	157.8
mks2	44587.81	0.0013	118.5
m8	11178.54	0.0010	144.2
s4	21600.00	0.0004	147.2
sa	31556955.92	0.0001	261.7

Quadro II.5.1.1.2.2-40– Descrição do período (s), da amplitude (m) e fase local (°) das componentes harmônicas referente a estação FES 2 obtida através do Modelo de maré oceânica FES2014.

Constante harmônica	Período (s)	Amplitude (m)	Fase (°)
m2	44714.16	0.3483	80.4
s2	43200.00	0.2302	86.3
o1	92949.63	0.1089	79.5
mn4	22569.03	0.0951	325.2
ms4	21972.02	0.0937	128.1
k1	86164.09	0.0667	138.0
k2	43082.05	0.0643	77.0
n2	45570.05	0.0454	140.8
q1	96726.08	0.0297	57.8
m4	22357.08	0.0218	326.1
p1	86637.20	0.0189	126.6
2n2	46459.35	0.0183	138.1
mu2	46338.33	0.0180	116.7
t2	43259.22	0.0170	86.3
s1	86399.99	0.0126	109.7
m3	29809.44	0.0111	174.9
j1	83154.52	0.0100	154.2
l2	43889.83	0.0093	68.6
mf	1180292.34	0.0080	329.6
n4	22785.03	0.0076	325.1
nu2	45453.62	0.0070	143.4
MNS2	47258.16	0.0050	111.4
s4	21600.00	0.0046	103.8
lambda2	43998.39	0.0039	343.6
ssa	15778463.36	0.0032	7.3
m6	14904.72	0.0029	182.2
mm	2380713.36	0.0026	24.6
r2	43140.94	0.0022	84.5
mks2	44587.81	0.0021	123.2
msf	1275721.42	0.0018	142.4
mtm	789085.41	0.0018	342.7
m8	11178.54	0.0004	326.2
sa	31556955.92	0.0002	262.8

Quadro II.5.1.1.2.2-41– Descrição do período (s), da amplitude (m) e fase local (°) das componentes harmônicas referente a estação FES 3 obtida através do Modelo de maré oceânica FES2014.

Constante harmônica	Período (s)	Amplitude (m)	Fase (°)
m2	44714.16	0.3149	68.6
s2	43200.00	0.2247	68.6
m4	22357.08	0.1149	136.6
o1	92949.63	0.1121	72.8
mn4	22569.03	0.1007	94.6
ms4	21972.02	0.0777	242.2
k2	43082.05	0.0685	56.5
k1	86164.09	0.0645	132.8
n2	45570.05	0.0488	136.0
q1	96726.08	0.0298	49.6
2n2	46459.35	0.0200	120.3
p1	86637.20	0.0176	119.1
t2	43259.22	0.0169	69.8
mu2	46338.33	0.0164	98.2
m3	29809.44	0.0155	132.1
s1	86399.99	0.0145	106.2
l2	43889.83	0.0105	54.1
m6	14904.72	0.0105	286.8
j1	83154.52	0.0099	147.8
n4	22785.03	0.0094	71.8
nu2	45453.62	0.0070	146.0
mf	1180292.34	0.0067	322.3
MNS2	47258.16	0.0060	57.0
s4	21600.00	0.0060	208.0
lambda2	43998.39	0.0050	306.9
ssa	15778463.36	0.0026	9.9
r2	43140.94	0.0022	67.8
mm	2380713.36	0.0022	38.8
mks2	44587.81	0.0021	106.6
msf	1275721.42	0.0018	123.0
mtm	789085.41	0.0016	338.8
m8	11178.54	0.0011	310.7
sa	31556955.92	0.0003	263.2

Quadro II.5.1.1.2.2-42– Descrição do período (s), da amplitude (m) e fase local (°) das componentes harmônicas referente a estação FES 4 obtida através do Modelo de maré oceânica FES2014.

Constante harmônica	Período (s)	Amplitude (m)	Fase (°)
m2	44714.16	0.3808	79.6
s2	43200.00	0.2775	78.8
mn4	22569.03	0.1783	119.4
ms4	21972.02	0.1399	265.3
m4	22357.08	0.1181	196.8
o1	92949.63	0.1148	74.9
k2	43082.05	0.0808	65.6
k1	86164.09	0.0668	135.0
n2	45570.05	0.0581	146.1
q1	96726.08	0.0304	52.5
m3	29809.44	0.0237	152.5
2n2	46459.35	0.0230	127.7
t2	43259.22	0.0201	76.5
n4	22785.03	0.0183	111.0
mu2	46338.33	0.0183	108.7
p1	86637.20	0.0181	120.5
s1	86399.99	0.0158	108.1
m6	14904.72	0.0130	184.2
l2	43889.83	0.0116	65.0
j1	83154.52	0.0104	152.9
nu2	45453.62	0.0082	152.8
mf	1180292.34	0.0075	330.5
s4	21600.00	0.0069	244.2
MNS2	47258.16	0.0067	63.1
lambda2	43998.39	0.0056	316.8
mks2	44587.81	0.0039	122.6
msf	1275721.42	0.0031	59.1
ssa	15778463.36	0.0028	16.0
r2	43140.94	0.0026	74.6
mm	2380713.36	0.0024	34.2
mtm	789085.41	0.0020	347.1
m8	11178.54	0.0010	109.0
sa	31556955.92	0.0004	269.6

Comparando-se os valores obtidos nas quatro estações apresentadas, observa-se uma maior representatividade da componente de maré m2, seguida da s2, para a área de estudo. Em todos os pontos analisados foi realizada uma

classificação da maré de acordo com o Fator de Forma (F), definido pela razão entre as amplitudes das componentes diurnas e semidiurnas, conforme DEFANT (1960)¹¹:

$$F = \frac{K1 + O1}{S2 + M2}$$

Este fator mede a importância das constituintes diurnas e semidiurnas e serve para classificar as marés em semidiurna ($F < 0,25$), semidiurna com desigualdade diurna ($0,25 \leq F < 1,5$), mista ($1,5 \leq F < 3$) e diurna ($F \geq 3,0$)¹². O Fator de Forma calculado para as estações FES 1, FES 2, FES 3 e FES 4 foi de 0,35, 0,35, 0,48 e 0,42, respectivamente. Dessa forma, segundo os resultados encontrados, a área de interesse é classificada como semidiurna com desigualdade diurna.

A previsão de marés foi realizada através do Módulo de Análise & Previsão de Marés, do Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental¹³, SisBaHiA®, desenvolvido na COPPE/UFRJ. No referido módulo, fornecendo as constantes harmônicas de maré, obtidas pelo FES2014, foram feitas as previsões de valores em séries temporais com intervalos de 1 hora, com data inicial de 01 de janeiro de 2010 e final de 31 de dezembro de 2020. Os algoritmos de Análise e Previsão adotados são os mesmos empregados pelo *The Global Sea Level Observing System* (GLOSS), que é um projeto internacional patrocinado pela *Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology* (JCOMM), *World Meteorological Organization* (WMO) e pela *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC).

O **Gráfico II.5.1.1.2.2-67** ilustra a série temporal, de 2010 a 2020, obtida através da previsão harmônica para a estação FES 1; o **Gráfico II.5.1.1.2.2-68** para FES 2; **Gráfico II.5.1.1.2.2-69** para FES 3; e **Gráfico II.5.1.1.2.2-70** para FES 4.

Os resultados mostram que as maiores amplitudes de maré foram encontradas no ponto FES 4 (Santa Catarina). No referido ponto a diferença entre a maior e menor preamar foi de 2,26 m. Em ordem decrescente de variação de amplitude de maré, estão a estação FES 2 (São Paulo) e a FES 3 (Paraná), com amplitude

¹¹ Defant, A. (1960) *Physical Oceanography*. Pergamon Press, Oxford

¹² Extraction of Tide Constituents by Harmonic Analysis Using Altimetry Satellite Data in the Brazilian Coast in: *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* Volume 32 Issue 3 (2015) (ametsoc.org).

¹³ <http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/>

respectiva de 1,78 m e 1,77 m. Por fim, a amplitude menos significativa, com 1,37 m, foi observada na estação FES 1.

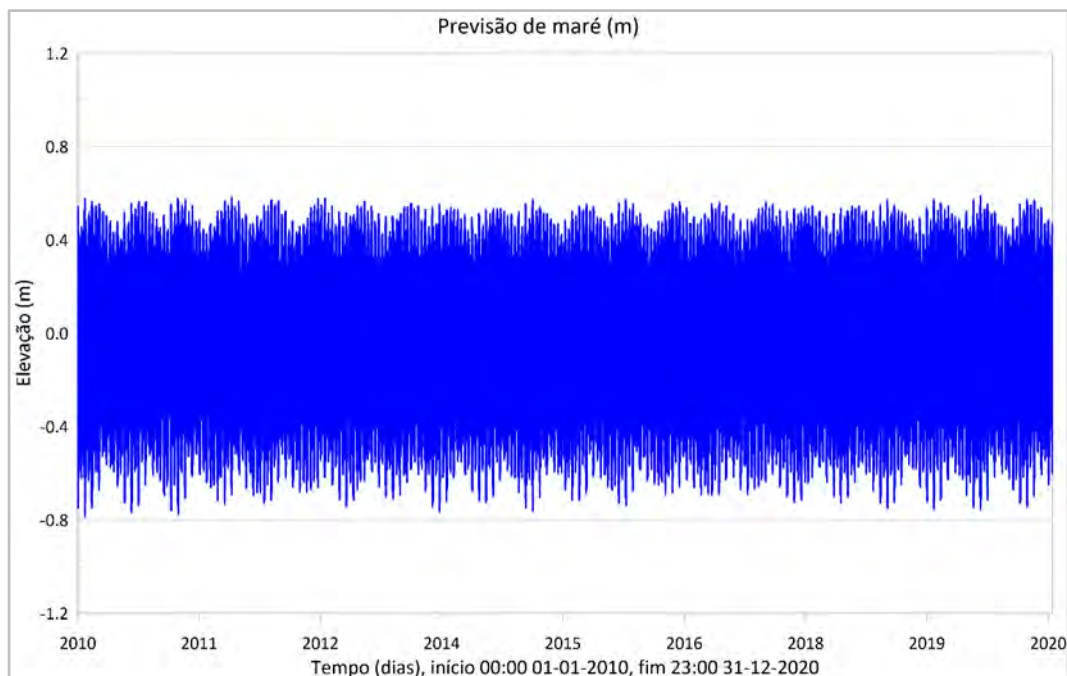


Gráfico II.5.1.1.2.2-67– Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a estação FES 1, entre 01 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2020.

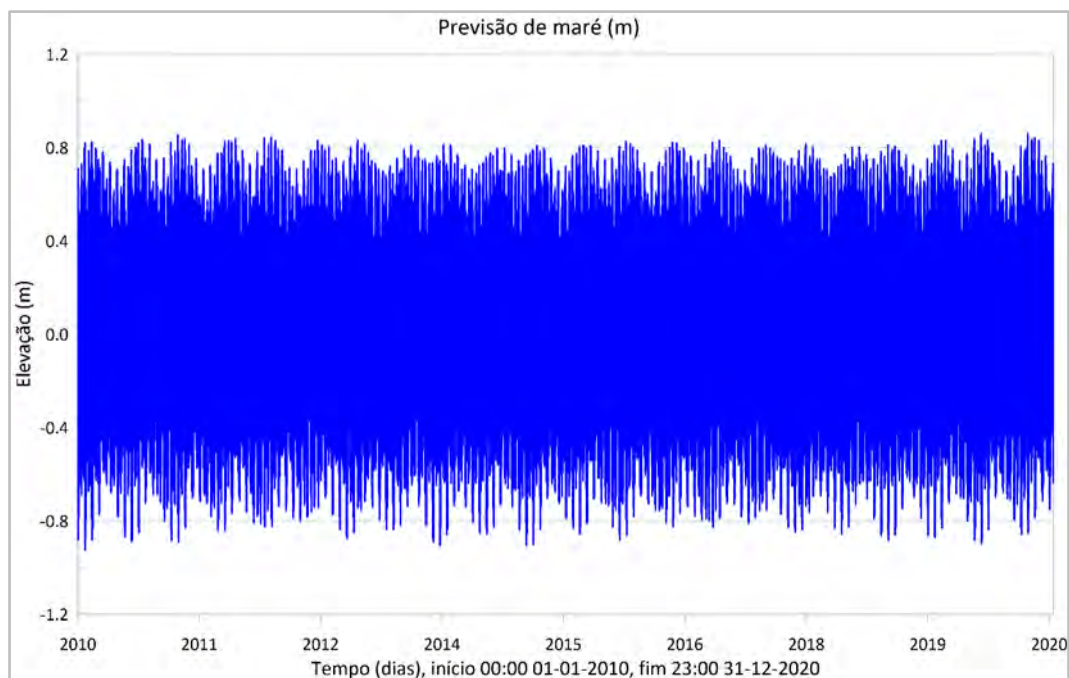


Gráfico II.5.1.1.2.2-68– Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a estação FES 2, entre 01 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2020.

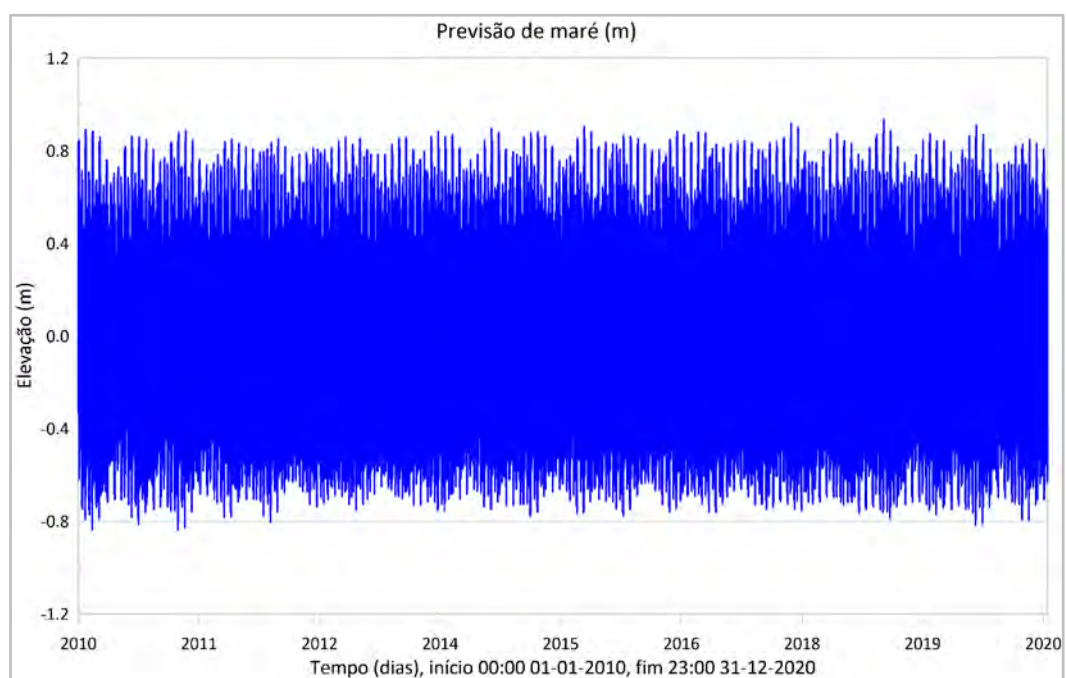


Gráfico II.5.1.1.2.2-69– Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a estação FES 3, entre 01 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2020.

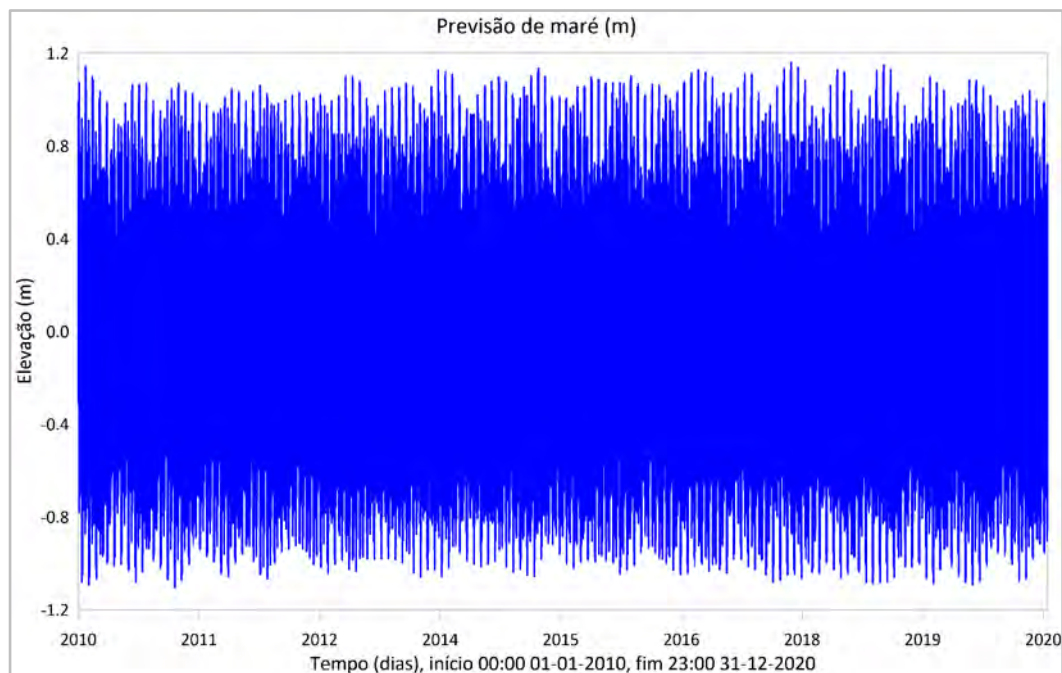


Gráfico II.5.1.1.2.2-70– Série temporal de maré obtida através de previsão harmônica para a estação FES 4, entre 01 de janeiro de 2010 e 31 de dezembro de 2020.

Para cada estação de análise, o nível médio foi obtido através das fichas das estações maregráficas¹⁴ do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) para as estações 50174 - Recreio dos Bandeirantes, 50235 - Ilha da Moela, 60135 - Barra de Paranaguá-Canal da Galheta e 60208 - Ilha da Paz, representativas dos pontos FES 1, FES 2, FES 3 e FES 4, respectivamente. Os valores médios das preamares de sizígia (MHWS, do inglês *Mean High Water Spring*) e quadratura (MHWN, do inglês *Mean High Water Neap*) e das baixa-mares de sizígia (MLWS, do inglês *Mean Low Water Spring*) e quadratura (MLWN, do inglês *Mean Low Water Neap*), foram calculados através das constantes harmônicas de maré fornecidas pelo FES2014 (ICSM/PCTMSL, 2011)¹⁵. No **Quadro II.5.1.1.2.2-43** são apresentados os valores acima descritos.

¹⁴ <https://www.marinha.mil.br/chm/estacoes-maregraficas>

¹⁵ ICSM/PCTMSL 2011. Australian Tides Manual. Special Publication nº 9, Version 4.2. Intergovernmental Committee on Surveying & Mapping, Permanent Committee on Tides and Mean Sea Level, Commonwealth of Australia.

Quadro II.5.1.1.2.2-43– *Nível médio (NM) e médias das preamares e baixamars de sizígia e quadratura (cm) para as estações FES1, FES2, FES3 e FES4. Calculadas a partir das constantes harmônicas obtidas pelo FES2014. MHWS – preamar de sizígia; MHWD – preamar de quadratura; MLWS – baixamar de sizígia; e MLWN – baixamar de quadratura.*

ESTAÇÃO	NM	MHWS	MHWN	MLWS	MLWN
F1	67,7	114,3	80,3	21,1	55,1
F2	79,8	137,6	91,6	22,0	68,0
F3	79,4	145,2	89,7	13,6	69,1
F4	75,8	129,8	84,8	21,8	66,8

O maior nível médio ocorre em FES2, enquanto que o menor é observado em FES1 com, 79,8 e 67,7 cm, respectivamente. Já no que se refere as maiores amplitudes nas preamares, a estação FES3 foi a mais significativa com 145,2 cm. Cabe destacar que a mesma estação apresenta a menores baixamar de sizígia com 13,6 cm. No que se refere a maré de quadratura as maiores amplitudes são encontradas na estação FES2, enquanto que as menores são registradas em FES1.

Nas ilustrações a seguir são representados os mapas cotidais de amplitude (m) e fase (°) para as 10 componentes de maré mais significativas para a área de interesse, sendo elas: m2 (**Figura II.5.1.1.2.2-239**), s2 (**Figura II.5.1.1.2.2-240**), o1 (**Figura II.5.1.1.2.2-241**), k1 (**Figura II.5.1.1.2.2-242**), k2 (**Figura II.5.1.1.2.2-243**), n2 (**Figura II.5.1.1.2.2-244**), m4 (**Figura II.5.1.1.2.2-245**), q1 (**Figura II.5.1.1.2.2-246**), mn4 (**Figura II.5.1.1.2.2-247**) e ms4 (**Figura II.5.1.1.2.2-248**).

Analisando-se as referidas figuras é possível observar que as componentes m2 e s2 são as mais significativas. A componente m2 apresenta amplitude máxima de 0,46 m, mínima de 0,14 m e média de 0,24 m, com fase média de 81°. Já a componente s2 apresenta, na área de estudo, valores máximo e mínimo de 0,34 m e 0,10 m, respectivamente, com média de 0,14 m, e sua fase média é de 83°.

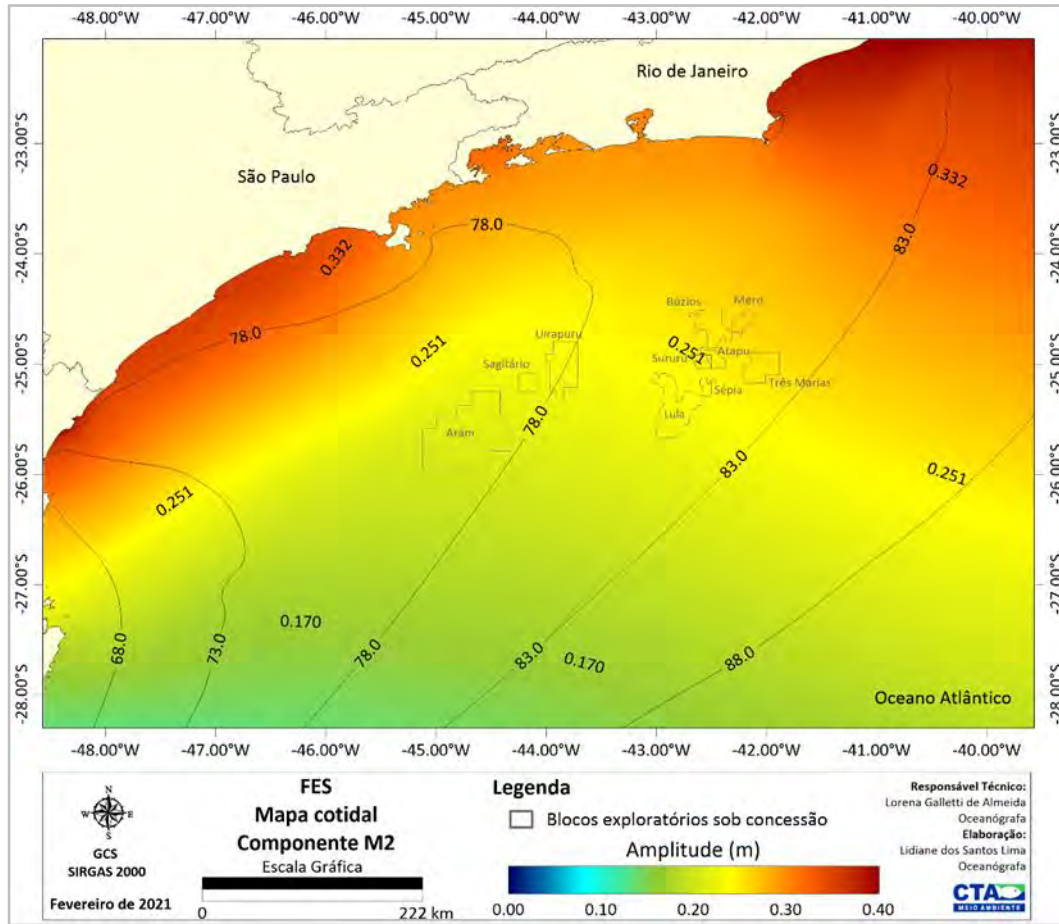


Figura II.5.1.1.2.2-239– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré m2 na costa S/SE do Brasil.

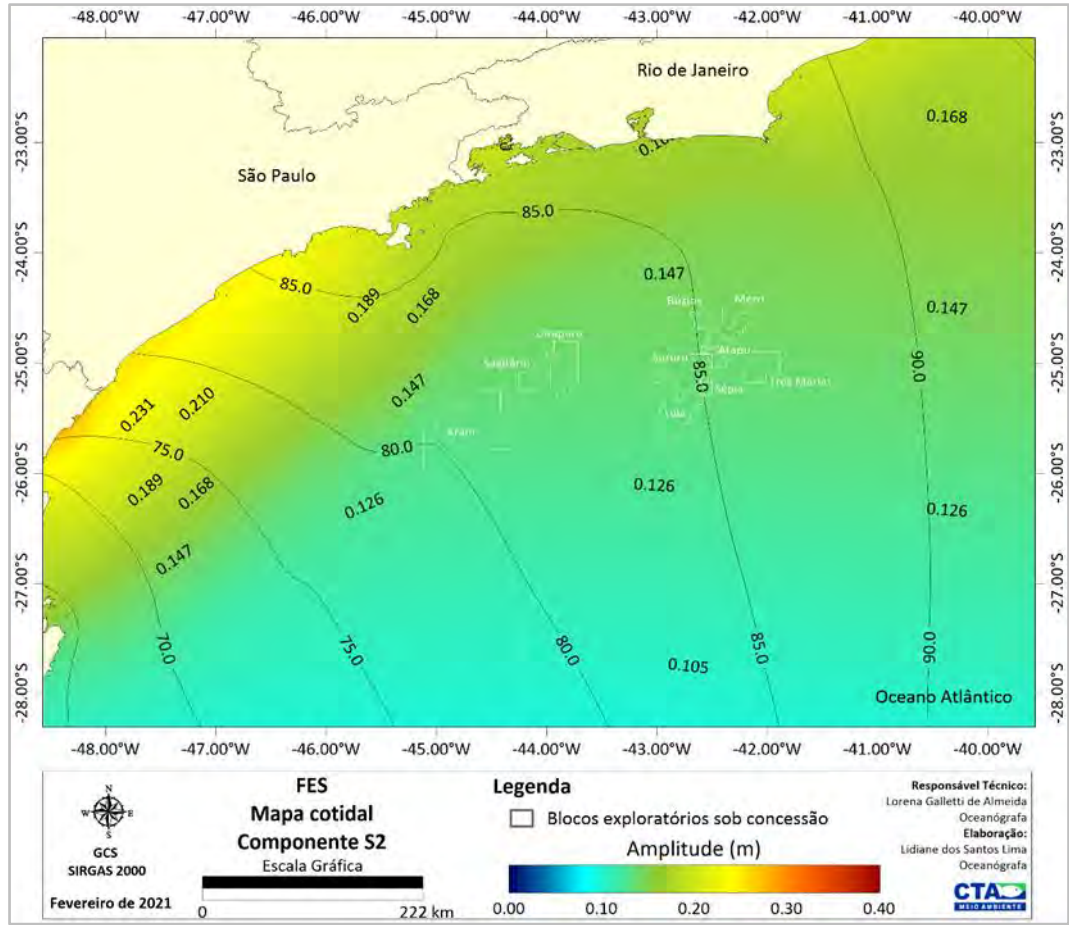


Figura II.5.1.1.2.2-240– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré s2 na costa S/SE do Brasil.

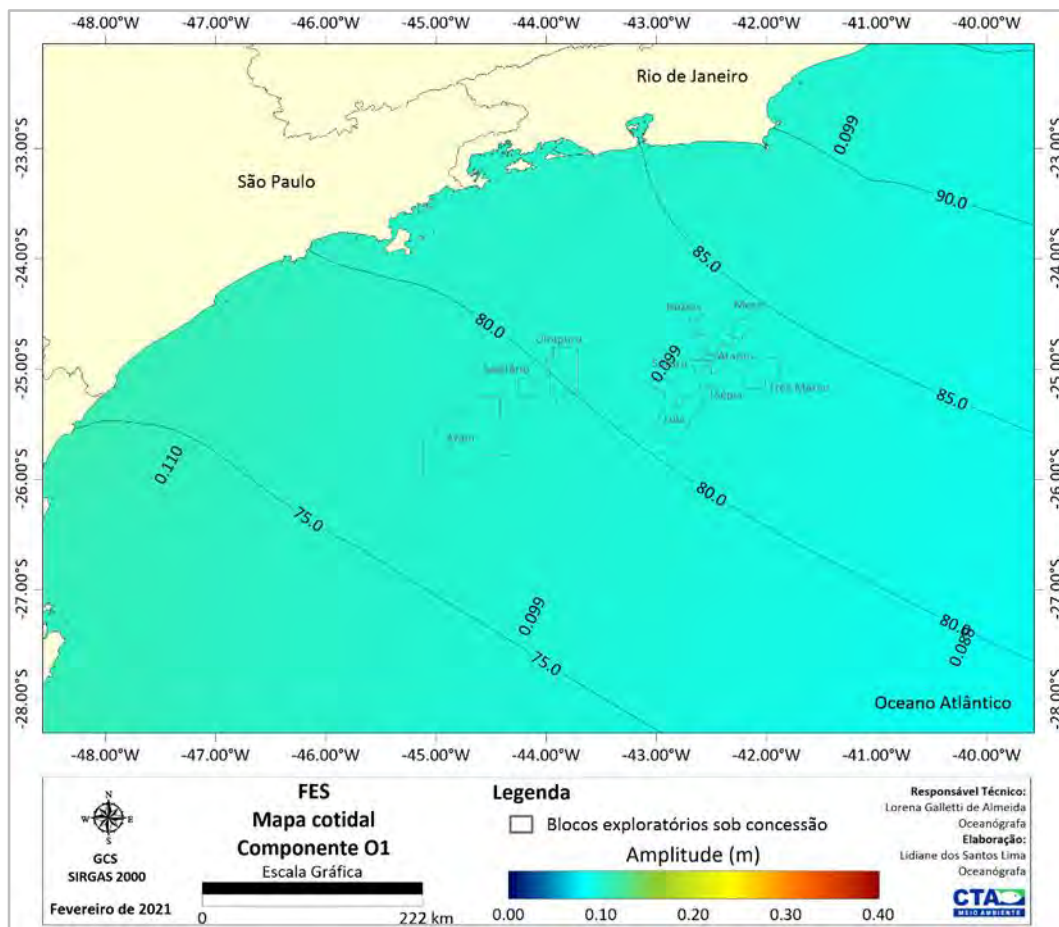


Figura II.5.1.1.2.2-241– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré o1 na costa S/SE do Brasil.

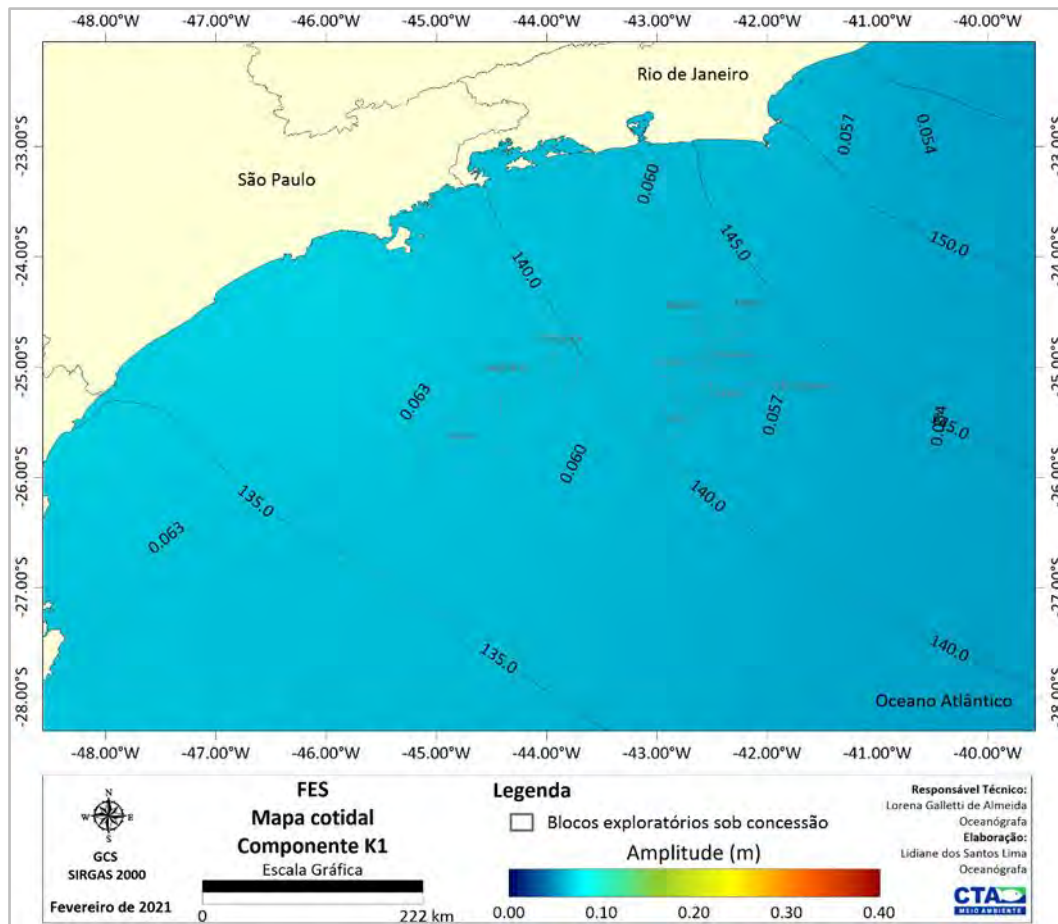


Figura II.5.1.1.2.2-242– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré k1 na costa S/SE do Brasil.

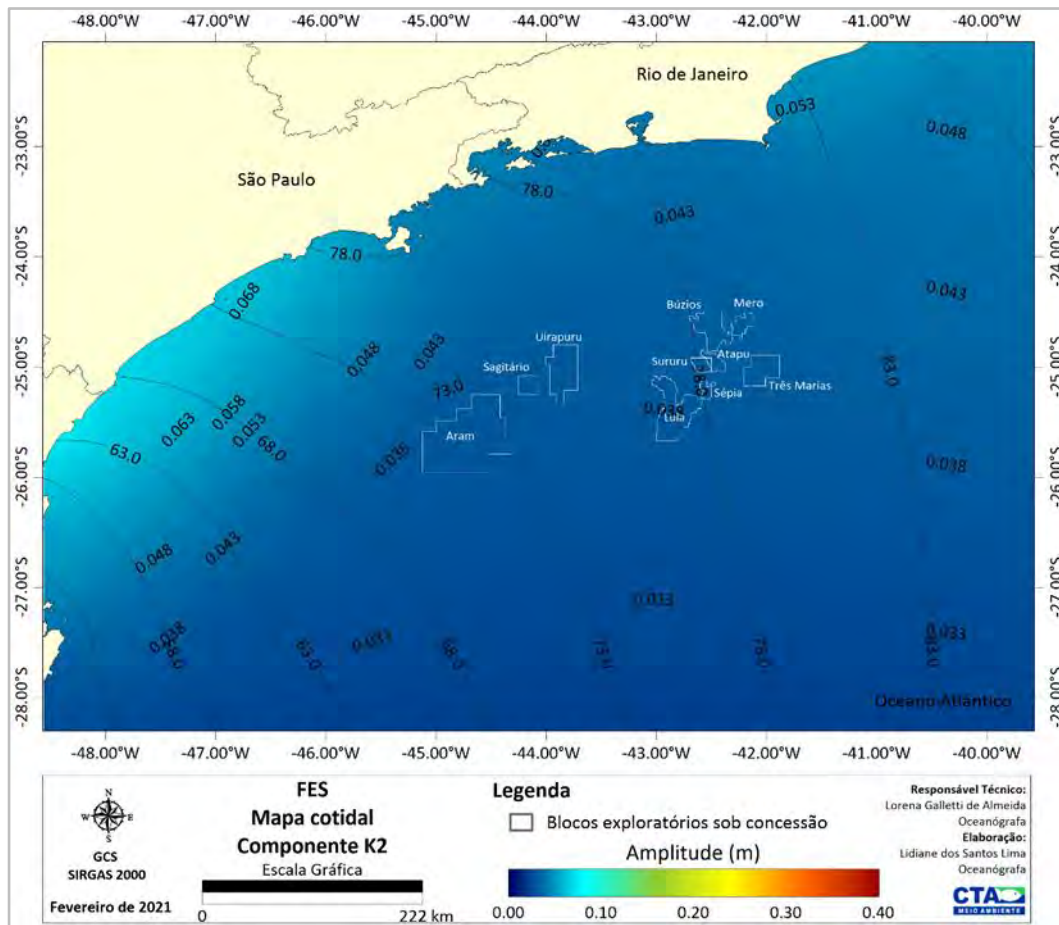


Figura II.5.1.1.2.2-243– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré k2 na costa S/SE do Brasil.

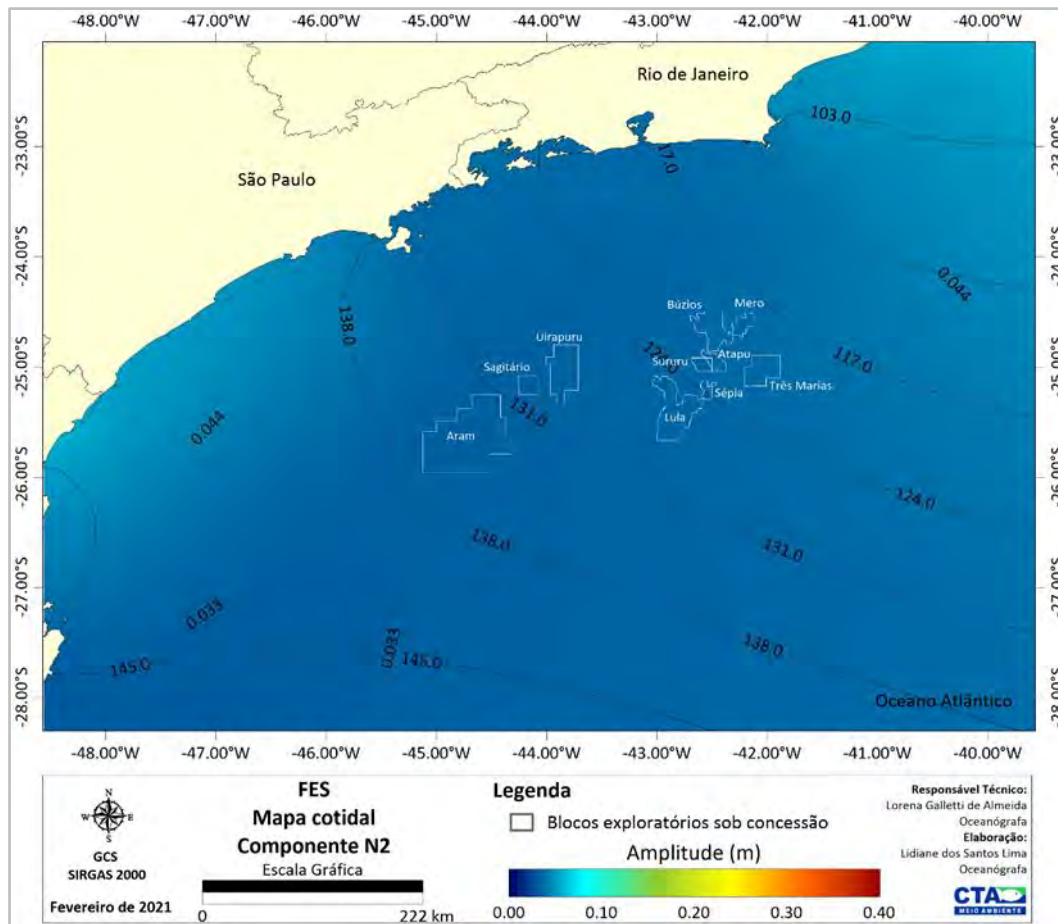


Figura II.5.1.1.2.2-244– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré n2 na costa S/SE do Brasil.

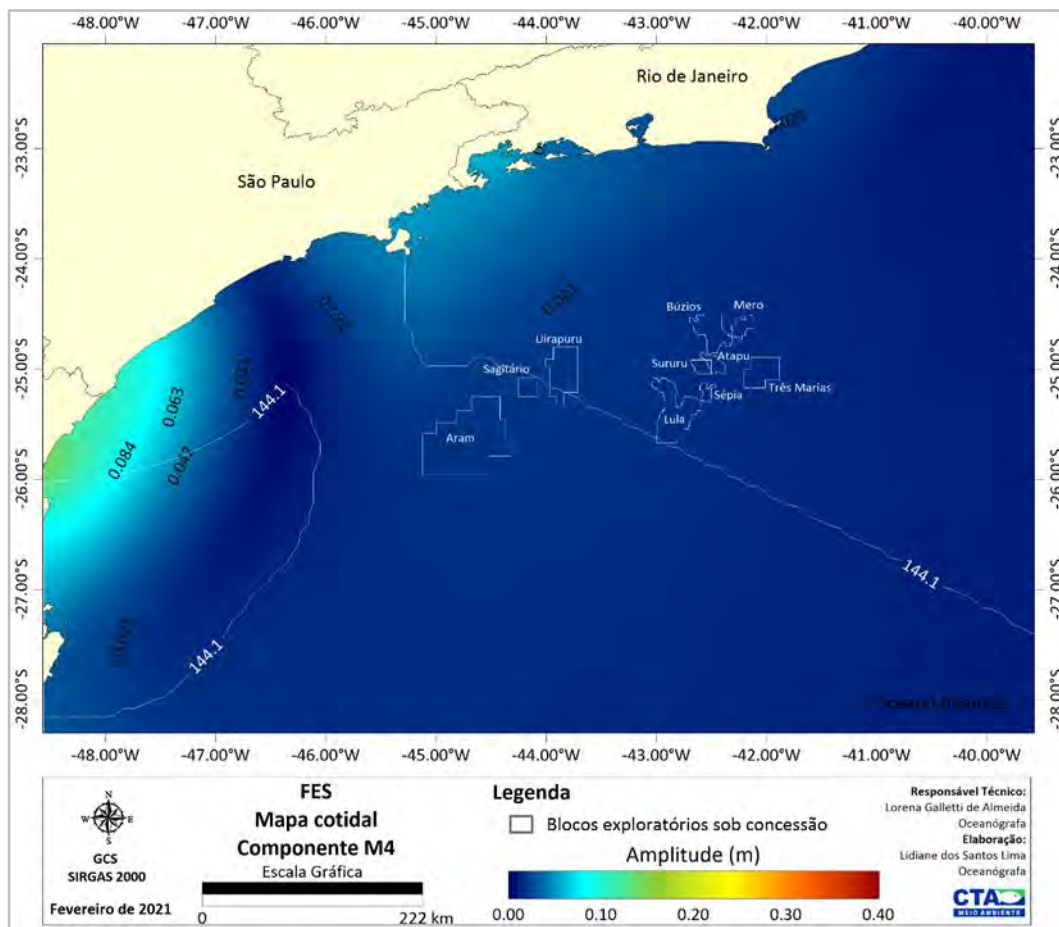


Figura II.5.1.1.2.2-245– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré m4 na costa S/SE do Brasil.

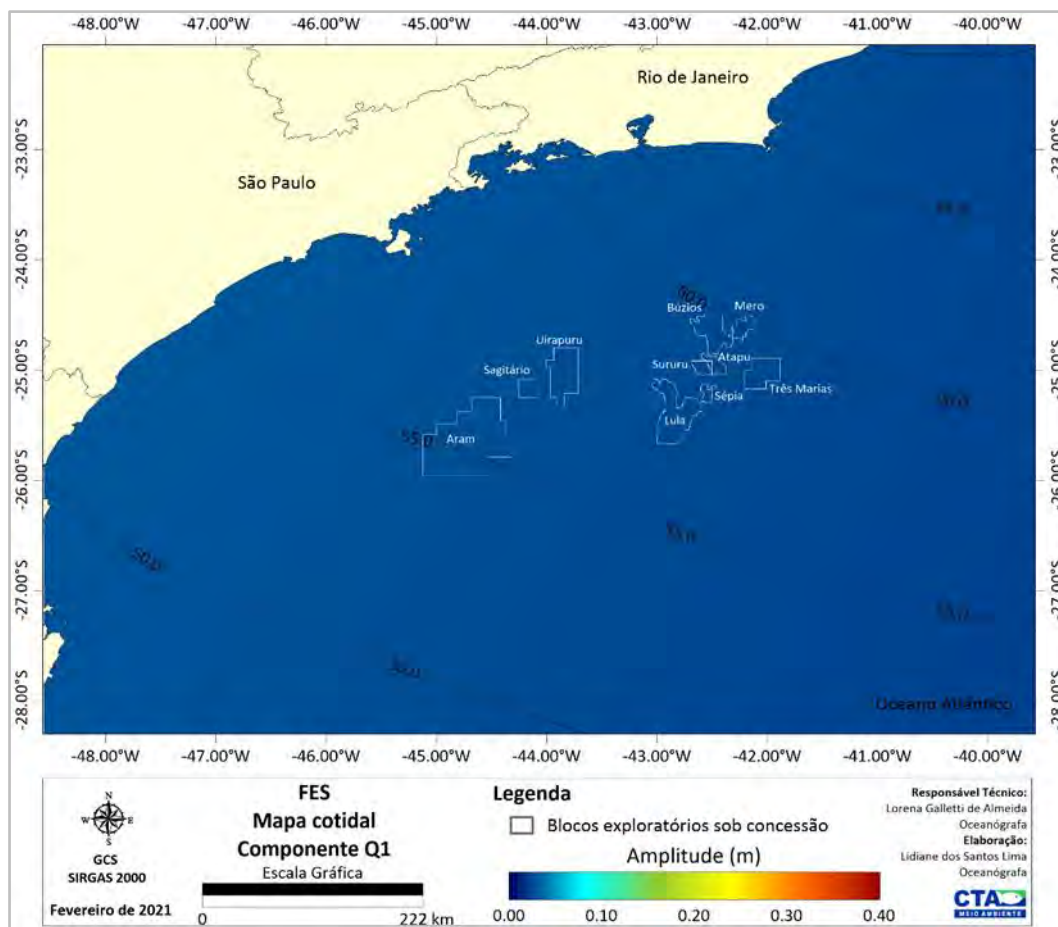


Figura II.5.1.1.2.2-246– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré q1 na costa S/SE do Brasil.

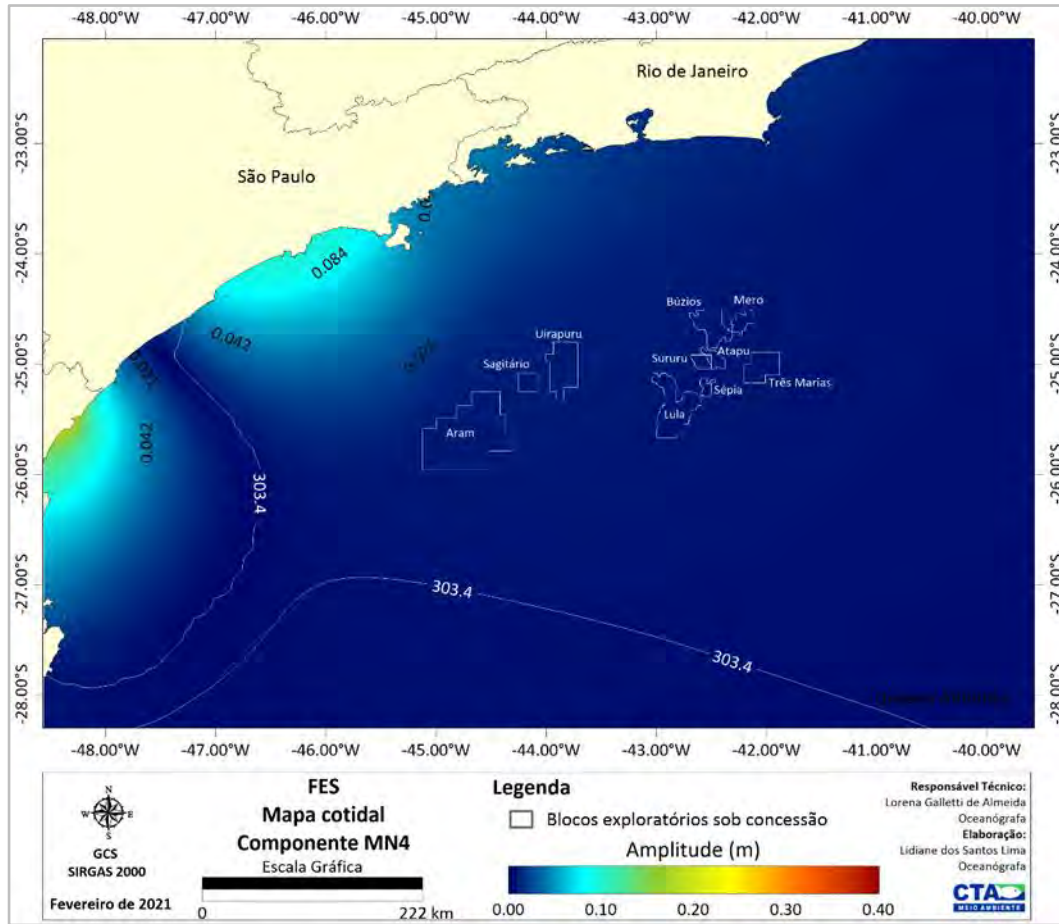


Figura II.5.1.1.2.2-247– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré mn4 na costa S/SE do Brasil.

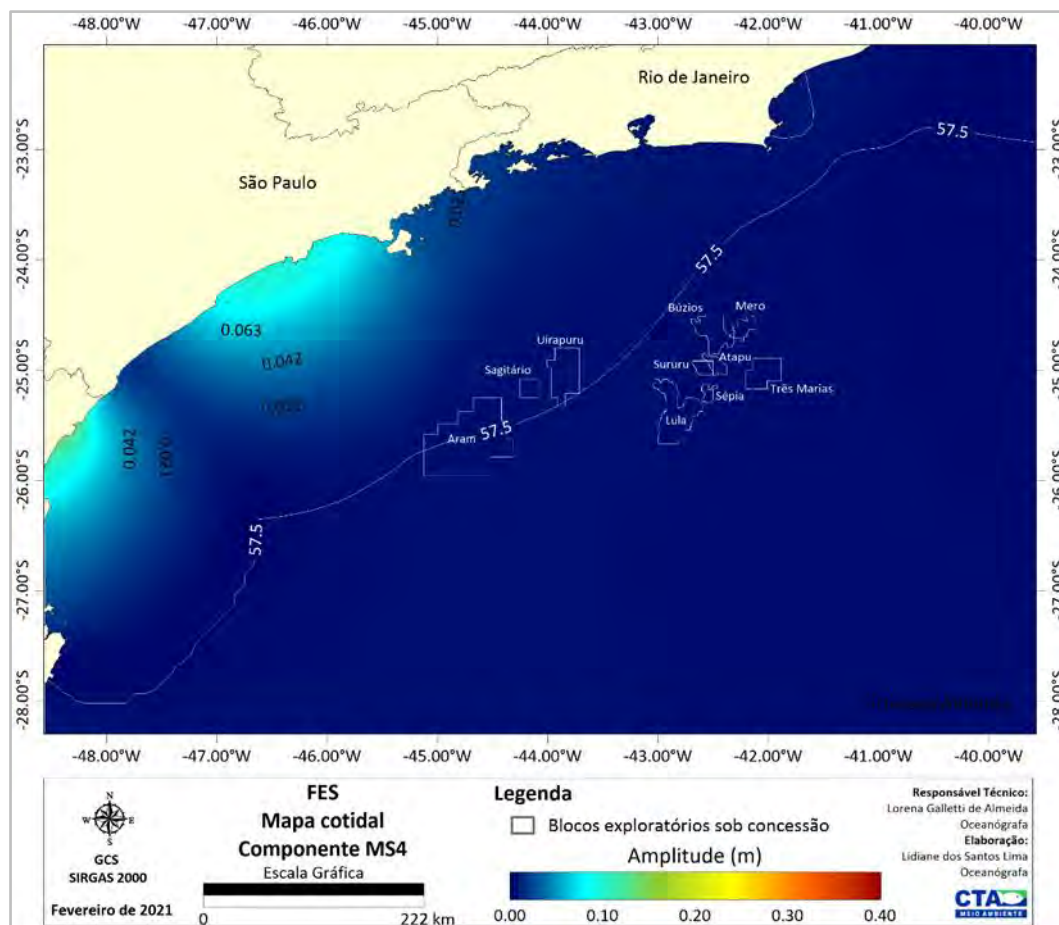


Figura II.5.1.1.2.2-248– Mapa cotidal de amplitude (m) e fase (°) para a componente de maré ms4 na costa S/SE do Brasil.

II.5.1.1.2.3 Identificação de Variabilidade Ambiental

Neste item as séries de dados dos parâmetros oceanográficos abordados nesta caracterização foram analisados visando identificar a existência (ou inexistência) de períodos com regimes marcadamente distintos na área de estudo.

Embora a corrente seja o principal parâmetro oceanográfico a considerar nas modelagens hidrodinâmicas, dispersão de efluentes e de óleo, a análise dos resultados do modelo HYCOM *Consortium* na área dos empreendimentos do Etapa 4 na Bacia de Santos, os valores médios não capturam a característica de variabilidade sazonal. Contudo, cabe destacar que a discretização dos dados desenvolvida no item C. *Correntes* revela, a predominância para S-SO explicada pelo domínio da Corrente do Brasil que flui nesta direção, e um espalhamento

direcional das correntes, característico da região da Bacia de Santos marcada pela presença de “corredores de vórtices”, em que uma sucessão de pares vorticais ciclônicos e anticiclônicos, paralelos e confinados neste corredor, definem o comportamento horizontal da CB (BELO, 2011). A sazonalidade, portanto, pode ser observada em periodicidades intra-sazonais, características de processos de larga e mesoescalas, tais como o meandramento da CB e as feições vorticais, que por sua vez, está relacionada (mas, não somente) a variabilidade do ASAS, que atua modificando sazonalmente a intensidade do vento.

Uma vez que as variações sazonais de todas as variáveis se relacionam direta ou indiretamente com a meteorologia da área estudada, considerou-se para os processos oceanográficos a mesma divisão encontrada para os parâmetros meteorológicos. Sendo assim, todas as variáveis foram agrupadas em dois períodos: Período 1 – janeiro a junho e Período 2 – julho a dezembro.

Apresenta-se, a seguir, no **Quadro II.5.1.1.2.3-1**, os valores climatológicos aproximados, levando-se em conta as seguintes fontes de dados, para a área de estudo: temperatura e salinidade (WOA18); velocidade e direção de corrente (HYCOM); altura e direção de ondas (ERA5). Os resultados evidenciam que tanto para correntes quanto para os demais parâmetros analisados não é possível identificar a existência de períodos marcadamente contrastantes.

Quadro II.5.1.1.2.3-1- Valores climatológicos obtidos para cada variável analisada na área de estudo do Etapa 4 nos períodos definidos: Período 1 – janeiro a junho e Período 2.

Variáveis	Media climatológica Período 1	Media climatológica Período 2
Temperatura 0m (°C)	25,62	23,32
Temperatura 300m (°C)	14,73	15,49
Temperatura 1000m (°C)	3,92	3,91
Salinidade 0m	37,03	36,78
Salinidade 300m	35,50	35,52
Salinidade 1000m	34,37	34,38
Densidade 0m (kg/m ³)	1024,69	1025,19
Densidade 300m (kg/m ³)	1026,42	1026,27
Densidade 1000m (kg/m ³)	1027,29	1027,30
Velocidade 0m (m/s)	0,15	0,17
Direção 0m (°)	235	239
Velocidade 300m (m/s)	0,09	0,11
Direção 300m (°)	255	257
Velocidade 2000m (m/s)	0,02	0,03
Direção 2000m (°)	215	239
Altura significativa ondas (m)	1,89	2,08
Período de pico ondas (s)	9,66	9,46
Direção ondas (°)	130	123

II.5.1.1.2.4 Identificação de Fenômenos Oceanográficos Extremos

O termo “eventos extremos” indica os maiores (ou menores) valores de uma variável em um determinado número de observações (WILKS, 1995). Sendo assim, para caracterizar as condições extremas, foi realizada uma análise dos eventos extremos de correntes e ondas, a partir de séries temporais com variabilidade interanual.

Foram estabelecidos dois critérios e os mesmos foram utilizados para selecionar os eventos extremos, sendo eles:

- 1) Valor médio mais um desvio padrão – representando aproximadamente o percentil de 85%.
- 2) Valor médio mais dois desvios padrão – representando aproximadamente o percentil de 95%.

Correntes

Nas análises realizadas para identificação de condições extremas de correntes superficiais foram utilizados os dados oriundos do modelo *HYCOM Consortium*, no ponto de análise ilustrado na **Figura II.5.1.1.2.2-11**, durante o período de 1994 a 2020. Para o critério 1, o valor limite foi de 0,57 m/s e para o critério 2 foi de 0,60m/s. Do total de 49280 observações, 10,3% foram enquadrados no critério 1 e 6,8% no critério 2.

No **Gráfico II.5.1.1.2.4-1** podem ser observadas as rosas direcionais dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo primeiro e segundo critérios, sendo apresentadas a intensidade e a direção das correntes, que segue a convenção oceanográfica (direção do caminho preferencial da corrente).

Os eventos extremos identificados ocorrem nas direções SO, O e S para ambos critérios mensurados (**Quadro II.5.1.1.2.4-1**), sendo a velocidade máxima de 1,26 m/s para SO. Este resultado é coerente com o esperado para a região cuja circulação é dominada pela Corrente do Brasil (SO e S), assim como seus vórtices transientes (O). Os valores extremos da camada superficial estão associados a variações de intensidade das correntes em combinação com efeitos do vento e formação dos vórtices (BELO, 2011).

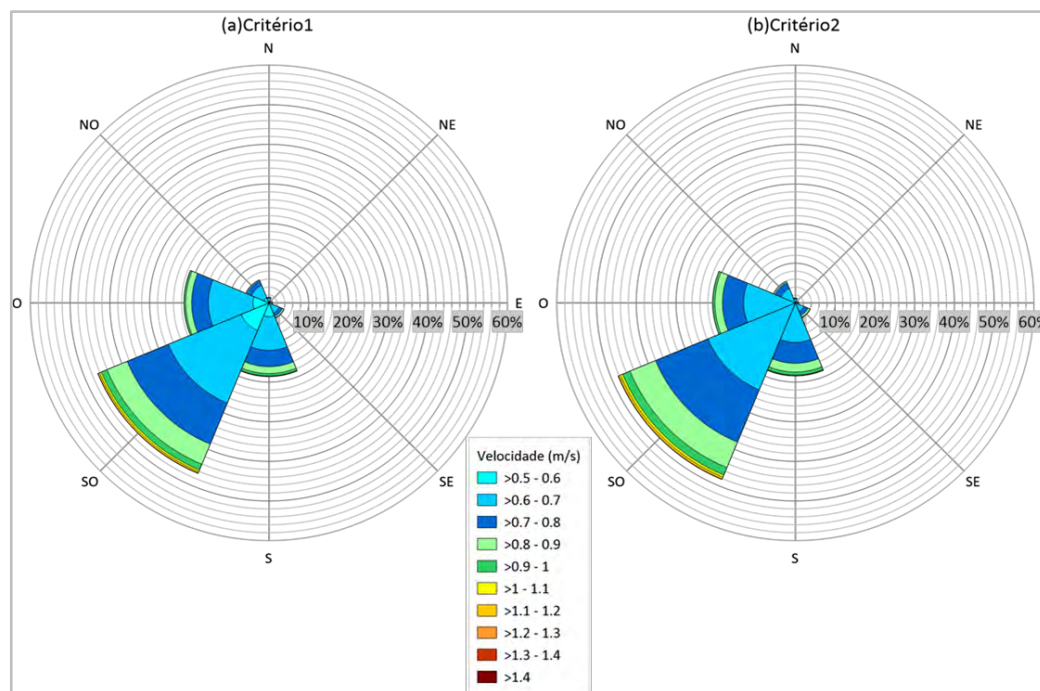


Gráfico II.5.1.1.2.4-1– Rosas direcionais dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo primeiro critério (a) e segundo critério (b), obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium no ponto de análise. Período 1994 a 2020.

Quadro II.5.1.1.2.4-1- Diagrama de ocorrência conjunta de velocidade (m/s) e direção dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo primeiro critério, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium no ponto de análise. Período 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.5 - 0.6	0.25	0.23	0.84	3.49	7.54	4.02	1.41	0.32	18.11
0.6 - 0.7	0.19	0.54	1.95	8.48	19.83	11.23	3.36	0.88	46.47
0.7 - 0.8	0.10	0.13	0.88	4.12	11.21	4.17	1.23	0.19	22.05
0.8 - 0.9	0.00	0.01	0.38	1.75	5.47	1.51	0.25	0.01	9.39
0.9 - 1.0	0.03	0.00	0.10	0.59	1.57	0.41	0.04	0.01	2.76
1.0 - 1.1	0.00	0.00	0.01	0.10	0.46	0.03	0.00	0.00	0.60
1.1 - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.09	0.41	0.00	0.00	0.00	0.50
1.2 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.12
1.3 - 1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	0.57	0.92	4.17	18.63	46.62	21.37	6.30	1.42	-
Média (m/s)	0.65	0.65	0.68	0.69	0.71	0.68	0.66	0.65	-
Máximo (m/s)	0.98	0.89	1.01	1.18	1.26	1.06	0.91	0.93	-

Quadro II.5.1.1.2.4-2- Diagrama de ocorrência conjunta de velocidade (m/s) e direção dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo segundo critério, obtidos a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium no ponto de análise. Período 1994 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
0.5 - 0.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.6 - 0.7	0.21	0.67	2.32	10.00	23.77	13.03	3.94	0.97	54.91
0.7 - 0.8	0.13	0.17	1.12	5.25	14.28	5.31	1.57	0.24	28.07
0.8 - 0.9	0.00	0.02	0.49	2.22	6.97	1.92	0.32	0.02	11.96
0.9 - 1.0	0.04	0.00	0.13	0.75	2.00	0.52	0.06	0.02	3.51
1.0 - 1.1	0.00	0.00	0.02	0.13	0.58	0.04	0.00	0.00	0.77
1.1 - 1.2	0.00	0.00	0.00	0.11	0.52	0.00	0.00	0.00	0.64
1.2 - 1.3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15
1.3 - 1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
>1.4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
%	0.37	0.86	4.07	18.46	48.27	20.82	5.89	1.25	-
Média (m/s)	0.71	0.67	0.71	0.72	0.73	0.70	0.69	0.67	-

Ondas

As regiões sul e sudeste do Brasil são frequentemente influenciadas pela passagem de sistemas frontais. A influência desses sistemas no oceano é expressa em alterações substanciais no regime hidrodinâmico, seja em função de efeitos locais ou de fenômenos sinóticos, tais como a chegada de grandes ondulações geradas, por exemplo, em altas latitudes. As condições extremas de ondas observadas na região podem estar associadas a três sistemas sinóticos diferentes: ASAS, passagem de sistemas frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

Para a análise das condições extremas das alturas significativas das ondas foram utilizados os dados da reanálise do ERA 5 para o período de janeiro de 1979 a dezembro de 2020, no ponto de análise identificado na **Figura II.5.1.1.2.2-11**. Para o critério 1, o valor limite foi de 3,68 m e para o critério 2 foi de 3,88 m. Foram contabilizados um total de 504 registros, onde 17,4% foram classificados pelo critério 1 e 4,1% pelo critério 2.

No **Gráfico II.5.1.1.2.4-2** são apresentadas as rosas direcionais dos eventos extremos de altura significativa das ondas (m) selecionados pelo primeiro e segundo critérios, nas quais a direção apresentada refere-se ao norte geográfico e

segue a convenção meteorológica, a distância radial indica o percentual de ocorrência e a escala de cores indica a altura significativa.

No caso de domínio do ASAS, ondas com direções de NE-E podem ser superiores a 4,0 m de altura significativa, configurando um cenário crítico para operações no mar. Entretanto, as condições mais severas de mar observadas na região estão associadas à evolução de sistemas frontais, onde ondulações de SO podem atingir a região com altura significativa de até 6,2 m (Erro! Fonte de referência não encontrada. e **Quadro II.5.1.1.2.4-4**).

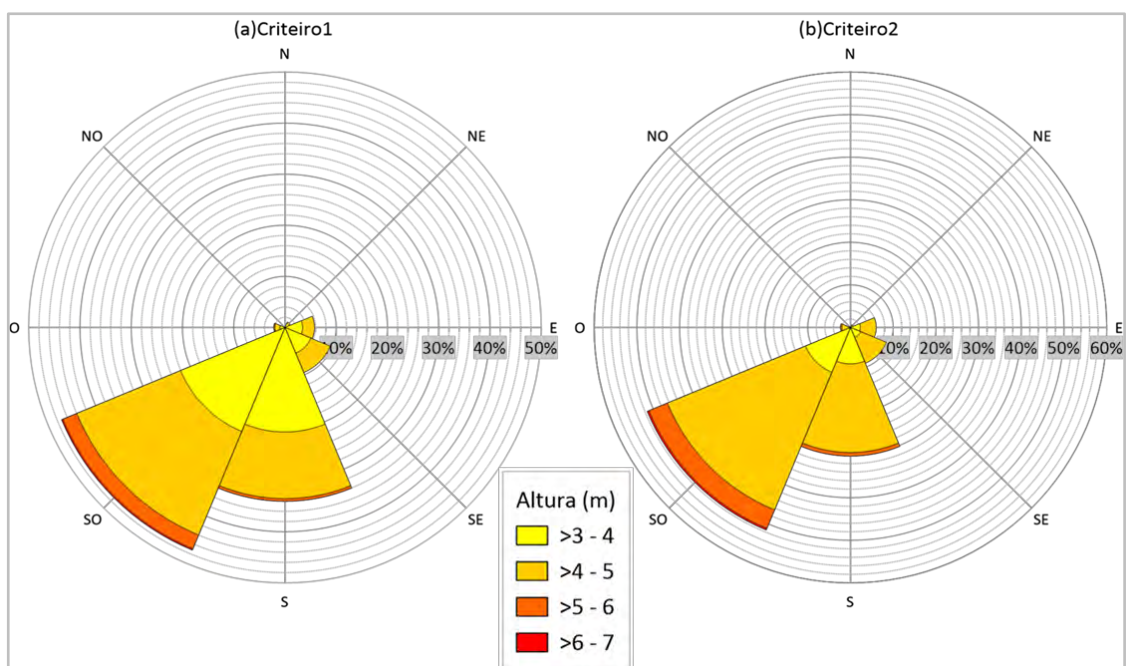


Gráfico II.5.1.1.2.4-2– Rosas direcionais dos eventos extremos de altura significativa das ondas (m) selecionados pelo primeiro critério (a) e segundo critério (b), obtidos a partir dos resultados do ERA 5 no ponto de análise. Período 1979 a 2020.

Quadro II.5.1.1.2.4-3- Diagrama de ocorrência conjunta da altura significativa (m) e direção dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo primeiro critério, obtidos a partir dos resultados do ERA 5 no ponto de análise. Período 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
3 - 4.	0.90	3.43	5.46	20.47	22.03	0.96	0.02	0.00	53.27
4 - 5.	0.28	2.35	4.11	13.04	21.95	1.02	0.00	0.00	42.76
5 - 6.	0.00	0.00	0.00	0.54	2.95	0.22	0.00	0.00	3.71
6 - 7.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.26
%	1.18	5.78	9.57	34.05	47.19	2.21	0.02	0.00	-
Média (m)	3.86	3.97	3.99	4.01	4.18	4.25	3.78	0.00	-
Máximo (m)	4.40	4.51	4.71	5.45	6.23	5.35	3.78	0.00	-

Quadro II.5.1.1.2.4-4- Diagrama de ocorrência conjunta da altura significativa (m) e direção dos eventos extremos de corrente superficial selecionados pelo segundo critério, obtidos a partir dos resultados do ERA 5 no ponto de análise. Período 1979 a 2020.

	NE	E	SE	S	SO	O	NO	N	%
3 - 4.	0.26	2.30	2.56	8.58	11.39	0.38	0.00	0.00	25.47
4 - 5.	0.45	3.74	6.56	20.80	35.01	1.63	0.00	0.00	68.19
5 - 6.	0.00	0.00	0.00	0.86	4.70	0.35	0.00	0.00	5.92
6 - 7.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.42
%	0.70	6.05	9.12	30.24	51.52	2.37	0.00	0.00	-
Média (m)	4.06	4.07	4.14	4.21	4.37	4.49	0.00	0.00	-
Máximo (m)	4.40	4.51	4.71	5.45	6.23	5.35	0.00	0.00	-

Maré meteorológica

Para avaliar os eventos extremos de maré meteorológica na costa sudeste do Brasil, podemos utilizar o estudo realizado por CAMPOS *et al.* (2010). Os autores caracterizaram eventos extremos de nível do mar utilizando dados de nível do mar do Porto de Santos, campos de ventos e pressão atmosférica das reanálises do NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) para o período de 1951 a 1990. Os limiares utilizados por CAMPOS *et al.* (2010) para a caracterização de eventos extremos, foram os mesmos utilizados na caracterização de extremos de

correntes e ondas, ou seja, a série filtrada acima e abaixo de +2 e -2 desvios-padrão (0,38 m e -0,38 m).

Os resultados indicaram que os períodos de outono e inverno apresentaram a maior ocorrência de extremos positivos (40,2% e 30,8%, respectivamente), enquanto a primavera e o inverno foram as estações com maior número de extremos negativos (47,2% e 32,3% respectivamente). Os autores indicaram que os casos mais importantes de sobre-elevação do nível do mar ocorrem com a evolução e persistência de sistemas de baixa pressão sobre o oceano, com ventos de sudoeste acima de 8 m/s.

Considerações Finais

A área de interesse do presente estudo encontra-se geograficamente entre as latitudes tropicais do Oceano Atlântico Sul. Dessa forma, a temperatura da camada superficial apresenta uma variabilidade sazonal que influencia diretamente no comportamento da camada de mistura e, por consequência, na posição da termoclina da região. Nos meses de verão observa-se que as águas de superfície apresentam maiores valores de temperatura o que torna a termoclina mais pronunciada, contudo, com menor espessura. Enquanto nos meses de inverno, essa termoclina perde intensidade, devido a menor incidência da radiação solar, possibilitando assim a mistura das águas em camadas mais profundas do que durante o verão. Outro fator preponderante que influencia o comportamento descrito é a ocorrência de ventos de intensidade significativa associados à passagem de frentes frias e a ondulação associada, principalmente no outono e inverno. A combinação desses dois processos aumenta a mistura da água na camada superficial.

Em relação ao parâmetro de salinidade, foi observado um gradiente da costa em direção ao oceano aberto. Esse comportamento ocorre devido a influência de pequenas descargas fluviais continentais ao longo da região sul/sudeste brasileira. Assim como ocorrido com a temperatura, a salinidade é caracterizada na superfície pela área de domínio da Corrente do Brasil.

Quando analisadas as massas d'água foram encontradas na região de interesse a presença da Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Destaca-se que essas são as massas típicas da região encontradas e descritas na literatura. Cada tipo específico apresenta índice termohalino próprio, sendo essa característica termohalina, uma consequência das condições ambientais do local da formação de cada uma delas, bem como dos processos de mistura sofridos.

De modo geral, a área de estudos é influenciada pela Corrente do Brasil, o que justifica o fluxo sul/sudoeste e até oeste encontrado nas análises de correntes. Na porção central da Bacia de Santos está localizado um corredor de vortividade, onde encontra-se o cisalhamento entre os jatos da CB e o fluxo de retorno da célula de recirculação norte. No centro desse corredor são observadas fracas componentes médias de velocidade na ordem de 0,1 m/s a 0,2 m/s. As diversas forçantes encontradas na região podem explicar a alta variabilidade da circulação observada no PPSBS, tanto nos resultados obtidos a partir do HYCOM e também nas medições por ADCP, destacando-se o FPSO Cidade Angra dos Reis (BELO, 2011).

Os parâmetros de ondas analisados no presente estudo mostraram que as menores alturas significativas foram observadas no verão (máxima de 4,4 m), com direção predominante de SO e período de pico mais frequente entre 6 s e 8 s. Durante o outono, tanto a altura significativa de onda quanto o período de pico aumentam, alcançando um máximo de 6,2 m e 18,0 s, respectivamente, associados aos *swells* que atingem a região de interesse de forma mais frequentemente nessa estação, voltando a diminuir durante a primavera.

A análise do regime de marés mostrou que, nas estações costeiras apresentadas, a componente harmônica m_2 é a que possui amplitude (m) mais significativa na região, seguida pela componente s_2 . O comportamento da maré na área de interesse foi classificado como mista com predominância semi-diurna.

Os eventos extremos de corrente ocorreram na direção SO para os dois critérios adotados, como esperado, uma vez que na região a circulação é dominada pela Corrente do Brasil. Com relação às ondas, as maiores alturas significativas de ondas (m) mostraram predominância nas direções SO e SE para os critérios adotados. Tal comportamento demonstra a influência da propagação das ondas geradas por tempestades em latitudes mais altas, mais ao sul.

II.5.1.2 Qualidade de Água e Sedimentos

Para caracterizar a qualidade da água e dos sedimentos na área de estudos foram utilizados dados oriundos de projetos desenvolvidos pela PETROBRAS na região oceânica da Bacia de Santos, compreendendo:

Compartimento Água:

- Projeto de Monitoramento do Corpo Receptor a 500 m das Plataformas que descartam Água Produzida na Bacia de Santos (PM500): FPSO Cidade de Ilha Bela (Desenvolvimento da Produção de Sapinhoá Norte – DP-SAP-N), FPSO Cidade de Saquarema (Desenvolvimento da Produção de Lula Central – DP-LL-C), FPSO Cidade de Itaguaí (Desenvolvimento da Produção de Lula, Área de Iracema Norte – DP-LL-IRA-N), P-67 (Desenvolvimento da Produção de Lula Norte – DP-LL-N), P-66 (Desenvolvimento da Produção de Lula Sul – DP-LL-S) e FPSO Cidade de Maricá (Desenvolvimento da Produção de Lula Alto – DP-LL-A);
- Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal, Bacia de Santos (PMAEpro): FPSO P-74 (Desenvolvimento da Produção de Búzios 1 – DP-BUZ-1), FPSO Cidade de Mangaratiba (Desenvolvimento da Produção de Iracema Sul – DP-IRA-S), FPSO Cidade de Paraty (Piloto de Lula Nordeste – PIL-LL-NE), FPSO Cidade de São Paulo (Piloto de Sapinhoá – PIL-SAP) e FPSO Cidade de Angra dos Reis (Área de Tupi, Bloco BM-S-11 – PIL-LL).

Compartimento Sedimento:

- Projeto de Monitoramento Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima (PMAEper) na Área Denominada Área Geográfica da Bacia de Santos: Poço Entorno de Iara – EIAR-ADR5, Poço Franco – FRC-SP2; Poço Itapu – ITP-ADR1, Poço Libra – LBR-NW2, Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1, Poço Lula – LL-IA1 e Poço Sapinhoá – SAP-I2N;
- Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Projeto de Escoamento de Gás para Cabiúnas – Rota Cabiúnas – CAB, Bacia de Santos;

- Projeto de Monitoramento Ambiental do Piloto do Sistema de Produção e Escoamento de Óleo e Gás Natural (PMAEpro) na Área de Tupi, Bloco BM-S-11, Bacia de Santos: Gasoduto Tupi-Mexilhão – TUPI/PMXL;
- Projeto de Monitoramento Ambiental (PMA) do Gasoduto Rota 3 – RT3, Bacia de Santos.

Os projetos desenvolvidos visam atender condicionantes específicas para avaliação ambiental da região com base em parâmetros físico-químicos e, por isso, sua malha amostral é previamente definida e apenas sofrerá pequenas alterações em função de impeditivos observados durante a campanha como, por exemplo, a presença de obstáculos. De maneira geral, o monitoramento da qualidade da água vinculado às atividades de produção (PMAEpro) é realizado ao longo de toda vida útil do empreendimento, com periodicidade anual, exceto aqueles com objetivos específicos como os que visam avaliar o enquadramento da água do mar na região de entorno do ponto de descarte de água produzida (PM500), o qual depende do descarte. Quanto ao monitoramento do sedimento marinho, os projetos que estão vinculados às atividades de produção ocorrem na fase de pré-instalação e desmobilização (PMAEpro), enquanto os associados à perfuração (PMAEper) ou instalação de dutos são realizados anteriormente ao início da atividade, durante e após sua conclusão.

O **Quadro II.5.1.2-1** (água) e o **Quadro II.5.1.2-2** (sedimento) apresentam as campanhas realizadas para cada projeto selecionado para esta caracterização, as coordenadas geográficas das estações de coleta, a profundidade local, a profundidade de coleta, assim como a data em que a amostragem foi realizada. A **Figura II.5.1.2-1** e a **Figura II.5.1.2-2** ilustram a distribuição geográfica das estações de coleta na água e no sedimento, respectivamente.

Quadro II.5.1.2-1– Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	C1	#001	-25,676533	-43,203117	2145,0	5,0 / 40,0 / 80,0	25/12/2017
		#002	-25,676276	-43,205261			
		#003	-25,67639	-43,206616			
	C2	#001	-25,668539	-43,209724	2149,0	5,0 / 40,0 / 80,0	17/01/2019
		#002	-25,667611	-43,2086			
		#003	-25,667314	-43,206504			
	C3	#001	-25,676467	-43,20831	2000,0	5,0 / 40,0 / 80,0	09/03/2020
		#002	-25,675659	-43,209879			
		#003	-25,6737	-43,211053			
PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	C1	#001	-25,496919	-42,779545	2127,0	5,0 / 40,0 / 80,0	26/11/2018
		#002	-25,497144	-42,781324			25/11/2018
		#003	-25,497196	-42,783234			27/02/2020
	C2	#001	-25,495821	-42,780749	2122,0	5,0 / 40,0 / 80,0	28/02/2020
		#002	-25,495643	-42,782238			
		#003	-25,495107	-42,783759			
PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	C1	#001	-25,141121	-42,939015	2120,0	5,0 / 50,0 / 100,0	07/03/2020
		#002	-25,142712	-42,939533			06/03/2020
		#003	-25,144014	-42,93994			
PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	C1	#001	-25,331158	-42,688052	2138,0	5,0 / 40,0 / 80,0	07/03/2020
		#002	-25,332434	-42,688706			
		#003	-25,333433	-42,690319			
PM500 - P-66 - DP-LL-S	C1	#001	-25,604485	-42,82463	2200,0	5,0 / 40,0 / 80,0	08/03/2020
		#002	-25,603314	-42,825278			
		#003	-25,601218	-42,825252			
PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	C1	#001	-25,451249	-42,757205	2130,0	5,0 / 65,0 / 130,0	08/03/2020
		#002	-25,449786	-42,757452			
		#003	-25,448091	-42,757519			

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação) – Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	C1	#J100	-24,650039	-42,516149	2004,0	5,0 / 50,0 / 100,0 / 150,0	24/10/2018
		#J250	-24,650553	-42,517317	2008,0	5,0 / 56,0 / 112,0 / 168,0	25/10/2018
		#J501	-24,651758	-42,519331	2011,0	5,0 / 40,0 / 80,0 / 120,0	26/10/2018
		#J502	-24,650635	-42,519778	2008,0	5,0 / 35,0 / 70,0 / 105,0	25/10/2018
		#J503	-24,649435	-42,52005	2003,0	5,0 / 54,0 / 108,0 / 162,0	24/10/2018
		#J1001	-24,653503	-42,523624	1996,0	5,0 / 43,5 / 87,0 / 130,5	25/10/2018
		#J1002	-24,651496	-42,524461	1996,0	5,0 / 36,0 / 72,0 / 108,0	26/10/2018
		#J1003	-24,649137	-42,524749	1993,0	5,0 / 48,5 / 97,0 / 145,5	24/10/2018
		#M1000	-24,648093	-42,504931	1998,0	5,0 / 40,0 / 80,0 / 120,0	
		#J100	-24,652346	-42,514642	2013,0	5,0 / 14,5 / 29,0 / 43,5	
	C2	#J250	-24,653523	-42,514231	2015,0	5,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0	25/02/2020
		#J501	-24,655334	-42,512269	2019,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	
		#J502	-24,655678	-42,513461	2019,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	
		#J503	-24,655811	-42,514448	2015,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	
		#J1001	-24,65924	-42,509839	2023,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	24/02/2020
		#J1002	-24,660048	-42,51224	2019,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0	
		#J1003	-24,660268	-42,51488	2019,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	
		#M1000	-24,640673	-42,519272	1980,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0	25/02/2020
		#J100	-25,204784	-42,877354	2219,0	5,0 / 16,0 / 31,0 / 47,0	16/12/2015
		#J250	-25,205639	-42,876221	2218,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	
PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba -DP-IRA-S	C2	#J501	-25,205926	-42,873591	2217,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	17/12/2015
		#J502	-25,206989	-42,874119	2217,0	5,0 / 16,0 / 31,0 / 47,0	
		#J503	-25,207514	-42,875314	2217,0	5,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	16/12/2015
		#J1001	-25,207307	-42,868922	2216,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0	
		#J1002	-25,209681	-42,870199	2215,0	5,0 / 23,0 / 47,0 / 70,0	15/12/2015
		#J1003	-25,211072	-42,871962	2216,0	5,0 / 16,0 / 31,0 / 47,0	16/12/2015
		#M1000	-25,199274	-42,886516	2221,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	15/12/2015

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba -DP-IRA-S	C3	#J100	-25,20435	-42,87733	2220,0	5,0 / 32,0 / 64,0 / 96,0	21/11/2016
		#J250	-25,205286	-42,876009	2219,0	5,0 / 35,0 / 70,0 / 105,0	22/11/2016
		#J501	-25,205858	-42,872426	2219,0	5,0 / 41,0 / 82,0 / 123,0	21/11/2016
		#J502	-25,206533	-42,87432	2217,0	5,0 / 36,0 / 72,0 / 108,0	22/11/2016
		#J503	-25,208299	-42,874256	2218,0	5,0 / 35,0 / 70,0 / 105,0	
		#J1001	-25,207189	-42,868948	2217,0	5,0 / 32,0 / 64,0 / 96,0	21/11/2016
		#J1002	-25,209487	-42,870006	2217,0	5,0 / 33,0 / 66,0 / 99,0	
		#J1003	-25,210887	-42,872171	2217,0	5,0 / 30,0 / 61,0 / 92,0	
		#M1000	-25,198465	-42,886187	2222,0	5,0 / 33,0 / 66,0 / 99,0	20/11/2016
		#J100	-25,204952	-42,877548	2219,0	5,0 / 20,5 / 41,0 / 61,5	31/12/2017
	#J250	-25,205666	-42,876257	2218,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0		
	#J501	-25,20605	-42,87387	2218,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0		
	#J502	-25,207003	-42,874632	2218,0	5,0 / 12,5 / 25,0 / 37,5	31/12/2017	
	#J503	-25,207785	-42,875151	2218,0	5,0 / 12,5 / 25,0 / 37,5		
	#J1001	-25,207543	-42,869246	2216,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0		
	#J1002	-25,21003	-42,87061	2217,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	30/12/2017	
	#J1003	-25,211629	-42,872418	2216,0	5,0 / 13,5 / 27,0 / 40,5		
	#M1000	-25,198614	-42,886135	2222,0	5,0 / 12,5 / 25,0 / 37,5	31/12/2017	
	#J100	-25,206676	-42,878682	2218,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0		
	#J250	-25,207372	-42,879018	2218,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 39,0	21/11/2018	
	#J501	-25,209649	-42,878115	2217,0	5,0 / 27,0 / 54,0 / 81,0		
	#J502	-25,20958	-42,879442	2219,0	5,0 / 26,0 / 52,0 / 78,0	22/11/2018	
	#J503	-25,209171	-42,880703	2218,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0		
	#J1001	-25,214235	-42,877929	2225,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0		
	#J1002	-25,213922	-42,880353	2219,0	5,0 / 26,8 / 53,5 / 80,3	21/11/2018	
	#J1003	-25,213203	-42,882836	2218,0	5,0 / 15,5 / 29,0 / 43,5		
	#M1000	-25,196226	-42,876627	2227,0	5,0 / 30,0 / 60,0 / 90,0		

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação) – Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba -DP-IRA-S	C6	#J100	-25,204245	-42,880148	2219,0	3,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	28/01/2020
		#J250	-25,204544	-42,881609	2219,0	3,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	
		#J501	-25,20602	-42,883587	2218,0	3,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	
		#J502	-25,204561	-42,883656	2219,0	3,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	
		#J503	-25,203481	-42,883744	2220,0	3,3 / 21,5 / 43,0 / 64,5	
		#J1001	-25,20781	-42,887516	2224,0	3,1 / 20,5 / 41,0 / 61,5	
		#J1002	-25,205753	-42,88865	2219,0	3,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	
		#J1003	-25,203155	-42,888576	2220,0	3,1 / 22,5 / 45,0 / 67,5	
		#M1000	-25,201863	-42,868651	2220,0	3,4 / 20,0 / 40,0 / 60,0	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	C3	#J100	-25,39714	-42,762181	
#J250	-25,398319			-42,762204	2119,0	50,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0	
#J501	-25,400409			-42,760886	2120,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 39,0	
#J502	-25,400444			-42,762342	2119,0	5,0 / 21,0 / 43,0 / 64,0	
#J503	-25,400097			-42,763416	2218,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	
#J1001	-25,404897			-42,764822	2119,0	5,0 / 19,0 / 37,0 / 56,0	
#J1002	-25,404826			-42,761633	2122,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0	
#J1003	-25,404312			-42,759461	2126,0	5,0 / 24,0 / 47,0 / 71,0	
#M1000	-25,386754			-42,76232	2122,0	5,0 / 23,0 / 46,0 / 69,0	
PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	C4			#J100	-25,394694	-42,760538	2121,0
		#J250	-25,39512	-42,759071	2123,0	5,0 / 32,0 / 64,0 / 96,0	
		#J501	-25,394932	-42,756169	2128,0	5,0 / 31,0 / 62,0 / 93,0	
		#J502	-25,396155	-42,756485	2128,0	5,0 / 40,0 / 80,0 / 120,0	
		#J503	-25,397298	-42,757166	2127,0	5,0 / 37,0 / 75,0 / 112,0	
		#J1001	-25,394829	-42,751492	2135,0	5,0 / 31,0 / 62,0 / 93,0	
		#J1002	-25,397522	-42,75219	2134,0	5,0 / 30,0 / 60,0 / 90,0	
		#J1003	-25,399445	-42,7534	2136,0	5,0 / 32,0 / 64,0 / 96,0	
		#M1000	-25,391228	-42,770652	2126,0	5,0 / 32,0 / 64,0 / 96,0	

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	C5	#J100	-25,395898	-42,760844	2125,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	21/12/2017
		#J250	-25,396926	-42,759826	2125,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	
		#J501	-25,397712	-42,757887	2129,0	5,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0	22/12/2017
		#J502	-25,398362	-42,758574	2127,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	
		#J503	-25,399306	-42,759907	2126,0	5,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0	21/12/2017
		#J1001	-25,400264	-42,753626	2138,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	22/12/2017
		#J1002	-25,402117	-42,755157	2138,0	5,0 / 12,5 / 25,0 / 37,5	
		#J1003	-25,403313	-42,757842	2132,0	5,0 / 9,5 / 19,0 / 28,5	21/12/2017
		#M1000	-25,388178	-42,767809	2129,0	5,0 / 13,5 / 27,0 / 40,5	
		#J100	-25,396837	-42,761938	2120,0	5,0 / 23,2 / 46,5 / 69,7	15/11/2018
	#J250	-25,39758	-42,762005	2120,0	5,0 / 20,5 / 41,0 / 61,5		
	#J501	-25,399403	-42,760316	2120,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	16/11/2018	
	#J502	-25,399747	-42,761652	2120,0	5,0 / 16,5 / 33,0 / 49,5	15/11/2018	
	#J503	-25,399739	-42,762945	2119,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 39,0	16/11/2018	
	#J1001	-25,403644	-42,758459	2128,0	5,0 / 10,0 / 20,0 / 30		
	#J1002	-25,404209	-42,76093	2123,0	5,0 / 17,5 / 35,0 / 52,5	15/11/2018	
	#J1003	-25,404211	-42,763536	2120,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0		
	#M1000	-25,386266	-42,763784	2120,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	16/11/2018	
	#J100	-25,396851	-42,762463	2119,0	5,0 / 23,0 / 46,0 / 69,0	26/01/2020	
	#J250	-25,398182	-42,76213	2119,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0		
	#J501	-25,400032	-42,760416	2122,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	27/01/2020	
	#J502	-25,400264	-42,761377	2121,0	3,0 / 21,5 / 43,0 / 64,5		
	#J503	-25,400293	-42,762317	2119,0	3,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	26/01/2020	
	#J1001	-25,40394	-42,757578	1218,0	3,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	25/01/2020	
	#J1002	-25,404716	-42,760325	2124,0	4,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	26/01/2020	
	#J1003	-25,404598	-42,763087	2120,0	4,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	25/01/2020	
	#M1000	-25,384092	-42,762705	2124,0	3,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0		

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação) – Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta	
			Latitude	Longitude				
PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	C3	#J100	-25,796819	-43,262278	2148,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	13/12/2015	
		#J250	-25,795879	-43,261588	2148,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0		
		#J501	-25,793414	-43,261595	2147,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0		
		#J502	-25,79371	-43,260171	2147,0	5,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0		
		#J503	-25,794404	-43,259221	2147,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0		
		#J1001	-25,788799	-43,260597	2141,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 49,0		12/12/2015
		#J1002	-25,789502	-43,258163	2144,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0		
		#J1003	-25,790998	-43,256256	2145,0	5,0 / 13,0 / 27,0 / 40,0		
		#M1000	-25,806007	-43,266762	2150,0	5,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0		12/12/2015
	C4	#J100	-25,800592	-43,262107	2152,0	5,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0	03/12/2016	
		#J250	-25,801494	-43,261171	2152,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0		
		#J501	-25,802719	-43,258898	2154,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0		
		#J502	-25,803772	-43,260012	2153,0	5,0 / 25,0 / 50,0 / 75,0		
		#J503	-25,804116	-43,261495	2153,0	5,0 / 33,0 / 65,0 / 98,0		
		#J1001	-25,805847	-43,255424	2155,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0		
		#J1002	-25,807346	-43,257171	2154,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0		
		#J1003	-25,808154	-43,259657	2154,0	5,0 / 30,0 / 60,0 / 90,0		
		#M1000	-25,791967	-43,267699	2144,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0		03/12/2016
	C5	#J100	-25,801925	-43,263267	2155,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 39,0	26/12/2017	
		#J250	-25,802998	-43,262816	2156,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0		
		#J501	-25,805486	-43,261778	2156,0	5,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0		
		#J502	-25,805067	-43,263165	2156,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0		
		#J503	-25,805155	-43,264122	2156,0	5,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0		
		#J1001	-25,809312	-43,260697	2157,0	5,0 / 11,5 / 23,0 / 34,5		25/12/2017
		#J1002	-25,809727	-43,26313	2158,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0		
		#J1003	-25,809525	-43,265961	2158,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,0		
		#M1000	-25,791607	-43,262786	2150,0	5,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0		26/12/2017

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta		
			Latitude	Longitude					
PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	C6	#J100	-25,801838	-43,263441	2140,0	5,0 / 25,0 / 50,0 / 75,0	29/11/2018		
		#J250	-25,803038	-43,26368	2150,0	5,0 / 25,0 / 50,0 / 75,0			
		#J501	-25,805276	-43,262721	2151,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	30/11/2018		
		#J502	-25,805263	-43,264055	2151,0	5,0 / 15,5 / 31,0 / 46,5			
		#J503	-25,804939	-43,265277	2150,0	5,0 / 25,5 / 51,0 / 76,6	01/12/2018		
		#J1001	-25,809765	-43,26226	2152,0	5,0 / 21,5 / 43,0 / 64,5			
		#J1002	-25,809732	-43,264858	2152,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	29/11/2018		
		#J1003	-25,809041	-43,267507	2151,0	5,0 / 25,0 / 50,0 / 75,0			
		#M1000	-25,79187	-43,261615	2146,0	5,0 / 27,0 / 54,0 / 81,0	30/11/2018		
		#J100	-25,799678	-43,261102	2166,0	3,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0			
	C7	#J250	-25,799953	-43,259992	2151,0	3,0 / 15,5 / 31,0 / 46,5	22/01/2020		
		#J501	-25,799928	-43,257304	2152,0	3,0 / 14,5 / 29,0 / 43,5			
		#J502	-25,800793	-43,257487	2152,0	3,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0	21/01/2020		
		#J503	-25,802602	-43,25895	2152,0	3,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0			
		#J1001	-25,801039	-43,252735	2152,0	3,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0	21/01/2020		
		#J1002	-25,802811	-43,253426	2152,0	3,0 / 20,0 / 40,0 / 60,0			
		#J1003	-25,806069	-43,256624	2152,0	3,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	21/01/2020		
		#M1000	-25,795596	-43,271527	2143,0	3,0 / 16,5 / 33,0 / 49,5			
		PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	C7	#J100	-25,547238	-42,841408	2142,0	5,0 / 16,0 / 24,0	13/12/2015
				#J250	-25,548575	-42,841963	2143,0	5,0 / 18,0 / 27,0	
#J501	-25,550735			-42,842023	2147,0	5,0 / 16,0 / 32,0 / 48,0	14/12/2015		
#J502	-25,550237			-42,843083	2145,0	5,0 / 14,0 / 28,0 / 42,0			
#J503	-25,549479			-42,844226	2141,0	5,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0	14/12/2015		
#J1001	-25,554949			-42,843242	2151,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0			
#J1002	-25,554152			-42,845538	2144,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0	15/12/2015		
#J1003	-25,552846			-42,847915	2139,0	5,0 / 14,0 / 21,0			
#M1000	-25,538341			-42,835953	2135,0	5,0 / 17,0 / 35,0 / 52,0	14/12/2015		

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação) – Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	C8	#J100	-25,547435	-42,840565	2145,0	5,0 / 32,0 / 63,0 / 95,0	03/12/2016
		#J250	-25,548447	-42,840705	2147,0	5,0 / 29,0 / 58,0 / 87,0	
		#J501	-25,551012	-42,839735	2153,0	5,0 / 29,0 / 58,0 / 87,0	
		#J502	-25,550833	-42,841131	2150,0	5,0 / 27,0 / 54,0 / 81,0	
		#J503	-25,550371	-42,842465	2147,0	5,0 / 30,0 / 60,0 / 90,0	
		#J1001	-25,55517	-42,839397	2160,0	5,0 / 33,0 / 65,0 / 98,0	02/12/2016
		#J1002	-25,555262	-42,841741	2156,0	5,0 / 29,0 / 58,0 / 87,0	
		#J1003	-25,554588	-42,844368	2147,0	5,0 / 34,0 / 68,0 / 102,0	
		#M1000	-25,537261	-42,839365	2132,0	5,0 / 30,0 / 60,0 / 90,0	
	C9	#J100	-25,545758	-42,841941	2144,0	5,0 / 19,0 / 38,0 / 57,0	
		#J250	-25,546254	-42,843172	2144,0	5,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	
		#J501	-25,548692	-42,844478	2146,0	5,0 / 24,5 / 49,0 / 73,5	
		#J502	-25,547793	-42,845131	2144,0	5,0 / 15,0 / 30,0 / 45,0	20/12/2017
		#J503	-25,546506	-42,845795	2142,0	5,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	
		#J1001	-25,552079	-42,847744	2144,0	5,0 / 13,0 / 26,0 / 39,0	
		#J1002	-25,550141	-42,849201	2142,0	5,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	19/12/2017
		#J1003	-25,54794	-42,850333	2140,0	5,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0	
		#M1000	-25,540799	-42,832198	2147,0	5,0 / 23,0 / 46,0 / 69,0	20/12/2017
	C10	#J100	-25,545124	-42,841701	2138,0	5,0 / 40,0 / 80,0 / 120,0	
		#J250	-25,545397	-42,84255	2138,0	5,0 / 38,3 / 76,5 / 114,8	
		#J501	-25,546784	-42,844513	2138,0	5,0 / 36,0 / 72,0 / 108,0	20/11/2018
		#J502	-25,54565	-42,844868	2136,0	5,0 / 38,3 / 76,5 / 114,8	
		#J503	-25,544436	-42,845053	2135,0	5,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	
		#J1001	-25,548781	-42,849057	2136,0	5,0 / 12,0 / 24,0 / 36,0	18/11/2018
		#J1002	-25,546494	-42,849774	2123,0	5,0 / 18,5 / 37,0 / 55,5	19/11/2018
		#J1003	-25,54411	-42,849872	2133,0	5,0 / 21,5 / 43,0 / 64,5	
		#M1000	-25,54339	-42,830287	2145,0	5,0 / 34,5 / 69,0 / 103,5	20/11/2018

Continua

Quadro II.5.1.2-1 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Campanhas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	C11	#J100	-25,547162	-42,841193	2143,0	5,0 / 19,0 / 39,0 / 58,5	20/01/2020
		#J250	-25,548271	-42,841788	2145,0	3,0 / 15,5 / 31,0 / 46,5	19/01/2020
		#J501	-25,55078	-42,841737	2149,0	3,0 / 16,5 / 33,0 / 49,5	
		#J502	-25,550505	-42,843048	2145,0	3,0 / 17,0 / 34,0 / 51,0	
		#J503	-25,549513	-42,843854	2142,0	3,0 / 18,0 / 36,0 / 54,0	20/01/2020
		#J1001	-25,555107	-42,842948	2151,0	3,0 / 21,0 / 42,0 / 63,0	
		#J1002	-25,554189	-42,845346	2145,0	3,0 / 16,5 / 33,0 / 49,5	18/01/2020
		#J1003	-25,552977	-42,847415	2140,0	3,0 / 19,5 / 39,0 / 58,5	20/01/2020
		#M1000	-25,53587	-42,835081	2133,0	3,0 / 22,0 / 44,0 / 66,0	19/01/2020

Quadro II.5.1.2-2– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta	
			Latitude	Longitude				
PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	C1	#001	*	*	2292,0	2292,0		
		#002	*	*	2294,0	2294,0	09/03/2015	
		#003	*	*	2290,0	2290,0	16/03/2015	
		#004	*	*	2289,0	2289,0	17/03/2015	
		#005	*	*	2290,0	2291,0	08/03/2015	
		#006	*	*	2297,0	2297,0	09/03/2015	
		#007	*	*	2292,0	2292,0	16/03/2015	
		#008	*	*	2288,0	2288,0	17/03/2015	
		#009	*	*	2289,0	2289,0	08/03/2015	
		#010	*	*	2299,0	2305,0	09/03/2015	
		#011	*	*	2292,0	2292,0	17/03/2015	
		#012	*	*	2280,0	2280,0	07/03/2015	
	#002	-24,956047	-42,491079	2293,0	2293,0	22/12/2015		
	#003	-24,955734	-42,494461	2291,0	2292,0	23/12/2015		
	#004	-24,952385	-42,494264	2288,0	2288,0			
	#005	-24,950426	-42,490537	2287,0	2287,0	24/12/2015		
	#006	-24,957747	-42,48968	2295,0	2295,0			
	#007	-24,956983	-42,496692	2292,0	2292,0	23/12/2015		
	#008	-24,950319	-42,495519	2286,0	2286,0			
	#009	-24,948601	-42,484869	2287,0	2287,0	21/12/2015		
	#010	-24,961728	-42,486667	2299,0	2299,0	24/12/2015		
	#011	-24,959291	-42,500639	2292,0	2292,0	22/12/2015		
	#012	-24,947033	-42,498775	2280,0	2280,0	23/12/2015		
	#001	-24,952565	-42,490502	2287,0	2289,0	04/06/2016		
	#002	-24,956003	-42,491095	2293,0	2293,0	06/06/2016		
	#003	-24,955451	-42,494908	2290,0	2290,0	04/06/2016		
	#004	-24,952485	-42,494483	2292,0	2292,0	06/06/2016		
	#005	-24,950242	-42,4906	2288,0	2288,0	04/06/2016		
	#006	-24,95791	-42,489513	2295,0	2295,0	06/06/2016		
	#007	-24,956543	-42,496662	2291,0	2291,0	05/06/2016		
	#008	-24,95036	-42,495506	2285,0	2285,0	06/06/2016		
		C2						
		C3						

Continua

Quadro II.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEper - Poço Entorno Iara – EIA-ADR5	C3	#009	-24,948756	-42,484776	2289,0	2289,0	03/06/2016
		#010	-24,961212	-42,486475	2298,0	2298,0	07/06/2016
		#011	-24,959631	-42,501018	2291,0	2291,0	
		#012	-24,946559	-42,498442	2278,0	2278,0	05/06/2016
PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	C1	#001	*	*	2292,0	2292,0	09/03/2015
		#002	*	*	2294,0	2294,0	
		#003	*	*	2290,0	2290,0	16/03/2015
		#004	*	*	2289,0	2289,0	17/03/2015
		#005	*	*	2290,0	2291,0	08/03/2015
		#006	*	*	2297,0	2297,0	09/03/2015
		#007	*	*	2292,0	2292,0	16/03/2015
		#008	*	*	2288,0	2288,0	17/03/2015
		#009	*	*	2289,0	2289,0	08/03/2015
		#010	*	*	2299,0	2305,0	09/03/2015
		#011	*	*	2292,0	2292,0	17/03/2015
		#012	*	*	2280,0	2280,0	07/03/2015
PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	C2	#002	-24,956047	-42,491079	2293,0	2293,0	22/12/2015
		#003	-24,955734	-42,494461	2291,0	2292,0	23/12/2015
		#004	-24,952385	-42,494264	2288,0	2288,0	
		#005	-24,950426	-42,490537	2287,0	2287,0	24/12/2015
		#006	-24,957747	-42,48968	2295,0	2295,0	
		#007	-24,956983	-42,496692	2292,0	2292,0	23/12/2015
		#008	-24,950319	-42,495519	2286,0	2286,0	
		#009	-24,948601	-42,484869	2287,0	2287,0	21/12/2015
		#010	-24,961728	-42,486667	2299,0	2299,0	24/12/2015
		#011	-24,959291	-42,500639	2292,0	2292,0	22/12/2015
		#012	-24,947033	-42,498775	2280,0	2280,0	23/12/2015

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	C3	#001	-24,952565	-42,490502	2287,0	2289,0	04/06/2016
		#002	-24,956003	-42,491095	2293,0	2293,0	06/06/2016
		#003	-24,955451	-42,494908	2290,0	2290,0	04/06/2016
		#004	-24,952485	-42,494483	2292,0	2292,0	06/06/2016
		#005	-24,950242	-42,4906	2288,0	2288,0	04/06/2016
		#006	-24,95791	-42,489513	2295,0	2295,0	06/06/2016
		#007	-24,956543	-42,496662	2291,0	2291,0	05/06/2016
		#008	-24,95036	-42,495506	2285,0	2285,0	06/06/2016
		#009	-24,948756	-42,484776	2289,0	2289,0	03/06/2016
		#010	-24,961212	-42,486475	2298,0	2298,0	07/06/2016
		#011	-24,959631	-42,501018	2291,0	2291,0	05/06/2016
		#012	-24,946559	-42,498442	2278,0	2278,0	
PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	C1	#001	*	*	2013,0	2013,0	13/04/2015
		#002	*	*	2009,0	2009,0	14/04/2015
		#003	*	*	2011,0	2011,0	
		#004	*	*	2009,0	2009,0	13/04/2015
		#005	*	*	2000,0	2000,0	
		#006	*	*	2007,0	2007,0	14/04/2015
		#007	*	*	2018,0	2018,0	
		#008	*	*	2013,0	2013,0	
		#009	*	*	2005,0	2005,0	
		#010	*	*	2000,0	2001,0	15/04/2015
		#011	*	*	2017,0	2017,0	
		#012	*	*	2017,0	2017,0	
C2	#001	-24,753346	-42,693838	2012,5	2014,5	19/11/2015	
	#002	-24,756399	-42,692513	2010,4	2010,4	18/11/2015	
	#003	-24,757255	-42,695894	2009,8	2010,2	19/11/2015	
	#004	-24,754824	-42,697108	2009,1	2009,1	18/11/2015	
	#005	-24,751102	-42,693089	1999,2	1999,2	19/11/2015	
	#006	-24,757457	-42,690265	2007,3	2008,4	18/11/2015	

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	C2	#007	-24,759651	-42,696824	2015,9	2015,9	20/11/2015
		#008	-24,753708	-42,699287	2008,3	2009,1	18/11/2015
		#009	-24,747236	-42,690949	2005,0	2005,5	19/11/2015
		#010	-24,75896	-42,685845	2001,4	2001,4	17/11/2015
		#011	-24,763846	-42,69866	2018,3	2018,3	20/11/2015
		#012	-24,751893	-42,704073	2008,7	2008,7	19/11/2015
	C3	#001	-24,753135	-42,694	2015,0	2015,0	02/05/2016
		#002	-24,756161	-42,692574	2003,0	2001,0	
		#003	-24,75749	-42,696097	2005,0	2005,0	02/05/2016
		#004	-24,754808	-42,696993	2010,0	2010,0	03/05/2016
		#005	-24,751172	-42,693246	2004,0	2003,0	02/05/2016
		#006	-24,757466	-42,690346	2009,0	2009,0	03/05/2016
		#007	-24,759221	-42,696456	2016,0	2010,0	01/05/2016
		#008	-24,753482	-42,699677	2010,0	2010,0	04/05/2016
		#009	-24,747157	-42,691128	2005,0	2005,0	02/05/2016
		#010	-24,758921	-42,686124	2005,0	2005,0	03/05/2016
		#011	-24,763471	-42,698298	2010,0	2010,0	30/04/2016
		#012	-24,752121	-42,703405	2007,0	2006,0	04/05/2016
	C1	#001	*	*	2023,0	2030,0	24/10/2014
		#002	*	*	2029,0	2029,0	26/10/2014
		#003	*	*	2062,0	2062,0	
		#004	*	*	2039,0	2045,0	25/10/2014
		#005	*	*	2030,0	2030,0	24/10/2014
		#006	*	*	2033,0	2033,0	
#007		*	*	2048,0	2049,0	26/10/2014	
#008		*	*	2040,0	2040,0		
#009		*	*	2032,0	2033,0	25/10/2014	
#010		*	*	2033,0	2033,0		
#011		*	*	2043,0	2043,0	26/10/2014	
#012		*	*	2041,0	2041,0	25/10/2014	
C2	#001	-24,662997	-42,269558	2017,0	2017,0	24/07/2016	

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	C2	#002	-24,666809	-42,25532	2031,0	2031,0	25/07/2016
		#003	-24,678925	-42,259611	2065,0	2065,0	
		#004	-24,675211	-42,272972	2045,0	2045,0	24/07/2016
		#005	-24,666993	-42,266333	2027,0	2027,0	
		#006	-24,669297	-42,259874	2032,0	2032,0	25/07/2016
		#007	-24,67516	-42,261957	2050,0	2050,0	
		#008	-24,673185	-42,268827	2043,0	2044,0	24/07/2016
		#009	-24,669193	-42,265906	2019,0	2029,0	14/08/2016
		#010	-24,669869	-42,262569	2031,0	2031,0	15/08/2016
		#011	-24,673132	-42,263504	2040,0	2040,0	
		#012	-24,671815	-42,266534	2039,0	2040,0	15/08/2016
		#001	-24,663031	-42,268915	2021,0	2021,0	08/12/2016
	#002	-24,666938	-42,255611	2027,0	2025,0	11/12/2016	
	#003	-24,678769	-42,2596	2066,0	2064,0	07/12/2016	
	#004	-24,675166	-42,273131	2044,0	2044,0	08/12/2016	
	#005	-24,667073	-42,267169	2024,0	2024,0		
	#006	-24,668945	-42,260243	2027,0	2027,0	11/12/2016	
	#007	-24,67495	-42,262135	2049,0	2049,0	13/12/2016	
	#008	-24,673113	-42,268818	2040,0	2040,0	12/12/2016	
	#009	-24,668942	-42,265891	2031,0	2031,0	13/12/2016	
	#010	-24,669883	-42,262441	2031,0	2031,0		
	#011	-24,672986	-42,263168	2042,0	2042,0	12/12/2016	
	#012	-24,671716	-42,266591	2039,0	2039,0		
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	C1	#001	*	*	2237,0	2237,0
#002			*	*	2231,0	2233,0	
#003			*	*	2210,0	2210,0	20/10/2014
#004			*	*	2220,0	2220,0	
#005			*	*	2232,0	2233,0	22/10/2014
#006			*	*	2228,0	2228,0	21/10/2014
#007			*	*	2213,0	2215,0	
#008			*	*	2221,0	2222,0	20/10/2014
#009			*	*	2228,0	2228,0	22/10/2014
#010			*	*	2226,0	2226,0	21/10/2014
#011			*	*	2216,0	2217,0	
#012			*	*	2222,0	2223,0	20/10/2014

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	C2	#001	-25,179999	-42,936511	2234,0	2237,0	12/09/2015
		#002	-25,183354	-42,922128	2231,0	2231,0	16/09/2015
		#003	-25,195537	-42,925997	2212,0	2212,0	13/09/2015
		#004	-25,191555	-42,939625	2221,0	2221,0	14/09/2015
		#005	-25,183628	-42,933254	2031,0	2231,0	12/09/2015
		#006	-25,18539	-42,926055	2225,0	2227,0	16/09/2015
		#007	-25,191162	-42,92833	2217,0	2217,0	13/09/2015
		#008	-25,189405	-42,934962	2221,0	2221,0	14/09/2015
		#009	-25,185221	-42,931542	2226,0	2227,0	13/09/2015
		#010	-25,186631	-42,928654	2225,0	2225,0	16/09/2015
		#011	-25,189461	-42,92946	2218,0	2218,0	13/09/2015
		#012	-25,188388	-42,933049	2221,0	2223,0	15/09/2015
	C3	#001	-25,18032	-42,937003	2242,0	2242,0	19/03/2016
		#002	-25,183038	-42,922077	2234,0	2235,0	
		#003	-25,195483	-42,9266	2215,0	2215,0	18/03/2016
		#004	-25,191999	-42,939494	2224,0	2224,0	19/03/2016
		#005	-25,183606	-42,933461	2337,0	2337,0	21/03/2016
		#006	-25,185435	-42,926398	2230,0	2230,0	
		#007	-25,191319	-42,928733	2219,0	2219,0	20/03/2016
		#008	-25,189913	-42,935263	2226,0	2226,0	21/03/2016
		#009	-25,185355	-42,931688	2233,0	2233,0	
		#010	-25,186776	-42,928581	2230,0	2230,0	20/03/2016
		#011	-25,189545	-42,929957	2224,0	2224,0	22/03/2016
		#012	-25,188682	-42,93288	2227,0	2227,0	21/03/2016
PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	C1	#001	-25,504885	-42,851358	2097,0	2097,0	25/01/2014
		#002	-25,508669	-42,837628	2113,0	2133,0	
		#003	-25,520985	-42,841857	2118,0	2118,0	26/01/2014
		#004	-25,517223	-42,855266	2113,0	2113,0	27/01/2014
		#005	-25,509053	-42,848784	2122,0	2122,0	26/01/2014
		#006	-25,510971	-42,842295	2131,0	2132,0	27/01/2014
		#007	-25,517009	-42,844221	2115,0	2116,0	26/01/2014

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta	
			Latitude	Longitude				
PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	C1	#008	-25,515316	-42,850971	2107,0	2109,0	27/01/2014	
		#009	-25,510749	-42,847342	2120,0	2125,0	26/01/2014	
		#010	-25,511911	-42,844046	2128,0	2130,0	27/01/2014	
		#011	-25,51481	-42,845297	2123,0	2129,0	26/01/2014	
		#012	-25,513817	-42,848864	2127,0	2127,0	27/01/2014	
	C2	#001	-25,513259	-42,866667	2132,0	2131,0	18/10/2014	
		#002	-25,517171	-42,853564	2132,0	2132,0		
		#003	-25,528382	-42,856861	2128,0	2128,0	17/10/2014	
		#004	-25,525621	-42,871035	2135,0	2136,0	15/10/2014	
		#005	-25,517536	-42,864054	2132,0	2132,0	18/10/2014	
		#006	-25,519089	-42,857932	2132,0	2132,0		
		#007	-25,524584	-42,858759	2131,0	2131,0	17/10/2014	
		#008	-25,523489	-42,866217	2133,0	2134,0	16/10/2014	
		#009	-25,519566	-42,863657	2132,0	2132,0	18/10/2014	
		#010	-25,520537	-42,859956	2133,0	2133,0		
		#011	-25,523049	-42,861324	2133,0	2132,0	17/10/2014	
		#012	-25,522594	-42,864473	2133,0	2133,0	16/10/2014	
		C3	#001	-25,513596	-42,867203	2129,0	2129,0	
			#002	-25,516897	-42,853653	2127,0	2130,0	23/03/2015
			#003	-25,528566	-42,856854	2128,0	2128,0	24/03/2015
			#004	-25,525462	-42,871463	2135,0	2135,0	22/03/2015
			#005	-25,516957	-42,864016	2132,0	2134,0	
	#006		-25,518877	-42,858209	2129,0	2129,0	25/03/2015	
	#007		-25,523903	-42,858965	2131,0	2131,0	25/03/2015	
	#008		-25,523687	-42,866836	2134,0	2134,0	22/03/2015	
	#009		-25,519378	-42,86376	2133,0	2133,0		
	#010		-25,52018	-42,860346	2133,0	2133,0	24/03/2015	
	#011		-25,523684	-42,861072	2135,0	2135,0		
	#012		-25,522361	-42,864164	2135,0	2135,0	23/03/2015	
	PMAEper – Poço Sapinhoá – SAP-I2N	C1	#001	-25,703149	-43,159568	2247,0	2166,0	29/01/2014
			#002	-25,707054	-43,145893	2215,0	2115,0	28/01/2014
			#003	-25,719163	-43,150289	2126,0	2128,0	29/01/2014
			#004	-25,715248	-43,163504	2133,0	2133,0	28/01/2014
			#005	-25,707341	-43,157397	2139,0	2143,0	29/01/2014

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta	
			Latitude	Longitude				
PMAEper – Poço Sapinhoá – SAP-I2N	C1	#006	-25,709111	-43,150241	2145,0	2145,0	28/01/2014	
		#007	-25,715321	-43,152541	2117,0	2117,0	29/01/2014	
		#008	-25,713251	-43,159377	2112,0	2113,0	28/01/2014	
		#009	-25,709009	-43,155961	2047,0	2131,0	29/01/2014	
		#010	-25,709774	-43,152359	2124,0	2124,0	28/01/2014	
		#011	-25,712848	-43,153676	2110,0	2110,0	29/01/2014	
		#012	-25,711935	-43,157116	2110,0	2110,0	28/01/2014	
		#001	-25,702602	-43,159456	2163,0	2174,0	14/10/2014	
		#002	-25,70715	-43,146078	2142,0	2143,0	15/10/2014	
		#003	-25,718928	-43,149814	2141,0	2143,0	12/10/2014	
		#004	-25,715175	-43,163741	2147,0	2151,0	13/10/2014	
		#005	-25,706853	-43,157318	2137,0	2139,0	14/10/2014	
	C2	#006	-25,709036	-43,150377	2135,0	2136,0	15/10/2014	
		#007	-25,714953	-43,15295	2129,0	2129,0	12/10/2014	
		#008	-25,713082	-43,159489	2130,0	2134,0	13/10/2014	
		#009	-25,708996	-43,156334	2124,0	2130,0	14/10/2014	
		#010	-25,709851	-43,152548	2122,0	2122,0	14/10/2014	
		#011	-25,712757	-43,153602	2122,0	2123,0	13/10/2014	
		#012	-25,711915	-43,157111	2126,0	2126,0	13/10/2014	
		#001	-25,702668	-43,159526	2176,0	2176,0	18/03/2015	
		#002	-25,706578	-43,146346	2148,0	2149,0	19/03/2015	
		#003	-25,719331	-43,150062	2144,0	2144,0	21/03/2015	
		#004	-25,71533	-43,163599	2154,0	2154,0	20/03/2015	
		#005	-25,707045	-43,156771	2160,0	2161,0	20/03/2015	
	C3	#006	-25,708616	-43,150519	2133,0	2133,0	22/03/2015	
		#007	-25,715053	-43,152229	2133,0	2133,0	21/03/2015	
		#008	-25,712692	-43,159165	2144,0	2144,0	20/03/2015	
		#009	-25,708851	-43,156429	2130,0	2130,0	21/03/2015	
		#010	-25,71008	-43,152184	2132,0	2133,0	21/03/2015	
		#011	-25,713137	-43,15323	2130,0	2130,0	19/03/2015	
		#012	-25,711783	-43,156992	2130,0	2130,0	19/03/2015	
		C1	#001	*	*	1979,0	1979,0	07/02/2013
			#001C	*	*	1955,0	1965,0	
		PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	C1					

Continua

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta		
			Latitude	Longitude					
PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	C2	#002	*	*	1170,0	1170,0	07/02/2013		
		#003	*	*	836,0	836,0	06/02/2013		
		#003C	*	*	869,0	869,0			
		#001	-24,771534	-42,66339	1974,6	1976,4			
				#001C	-24,780566	-42,635847	1952,5	1953,3	17/11/2015
				#002	-24,134731	-42,414591	1173,8	1173,8	16/11/2015
				#003	-23,930835	-42,261835	835,51	835,51	
				#003C	-23,940025	-42,234433	873,8	873,8	
				PC1	-25,502886	-42,879912	1200	1200	
				PC2	-25,334399	-43,122314	1200	1200	
		PC3	-25,175138	-43,383471	1200	1200			
		PC4	-24,828155	-43,723267	1100	1100			
PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão – TUPI/PMXL	C1	PC5	-24,631635	-43,976946	900	900	10/01/2010		
		PC6	-24,488335	-44,134198	500	500			
		S1	-25,524582	-42,897766	1200	1200			
		S2	-25,353621	-43,143179	1200	1200			
		S3	-25,202215	-43,382697	1200	1200			
		S4	-24,847492	-43,744048	1100	1100			
		S5	-24,650444	-43,998274	900	900			
		S6	-24,505632	-44,156988	500	500			
	C2	PC1	-25,526128	-42,896744	1200	1200	12/01/2011		
		PC2	-25,355097	-43,142093	1200	1200			
		PC3	-25,203693	-43,381626	1200	1200			
		PC4	-24,849146	-43,743101	1100	1100			
		PC5	-24,651927	-43,997205	900	900			
		PC6	-24,507180	-44,156010	500	500			
		S1	-25,504360	-42,878832	1200	1200			
		S2	-25,335875	-43,121228	1200	1200			
		S3	-25,176616	-43,382400	1200	1200			
		S4	-24,829636	-43,722193	1100	1100			
		S5	-24,633117	-43,975887	900	900			
		S6	-24,489819	-44,133132	500	500			

Quadroll.5.1.2-2 (Continuação)– Dados das campanhas de monitoramento ambiental utilizadas para a caracterização da qualidade do sedimento na área de estudos, Bacia de Santos. *dado não informado.

Projeto	Campanha	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas		Profundidade Local (m)	Profundidade de Coleta (m)	Data de Coleta
			Latitude	Longitude			
PMA - Gasoduto Rota 3 – RT3	C1	#001	-24,435482	-42,613905	1505,0	1505,0	29/09/2016
		#002	-24,029288	-42,544727	846,0	848,0	30/09/2016
		#003	-23,825637	-42,585533	510,0	511,0	
	C2	#001	-24,435444	-42,613879	1502,0	1500,0	02/06/2017
		#002	-24,02974	-42,5449	840,0	840,0	03/06/2017
		#003	-23,825731	-42,585525	509,0	509,0	

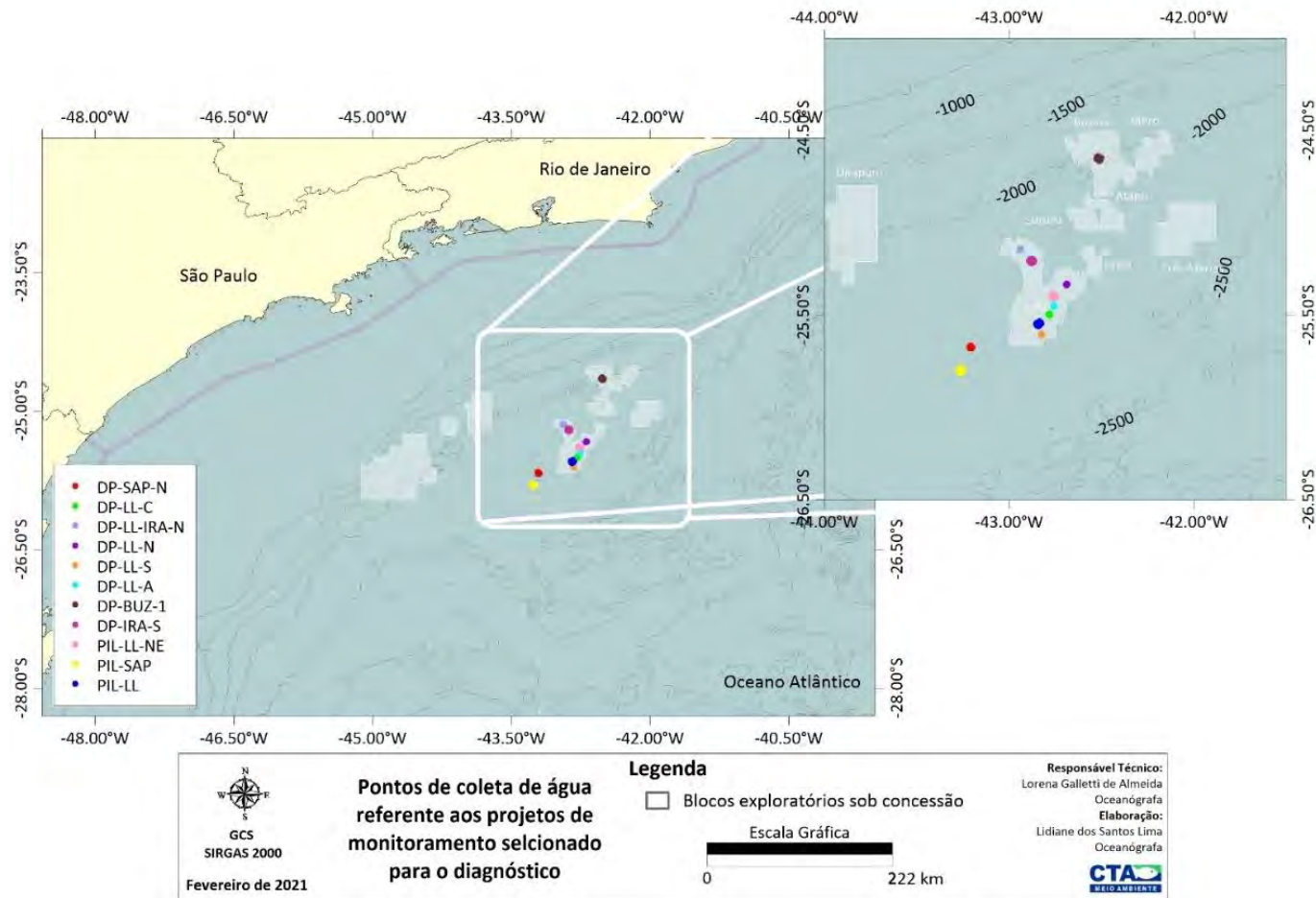


Figura II.5.1.2-1– Distribuição espacial das estações de coleta de água utilizadas para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

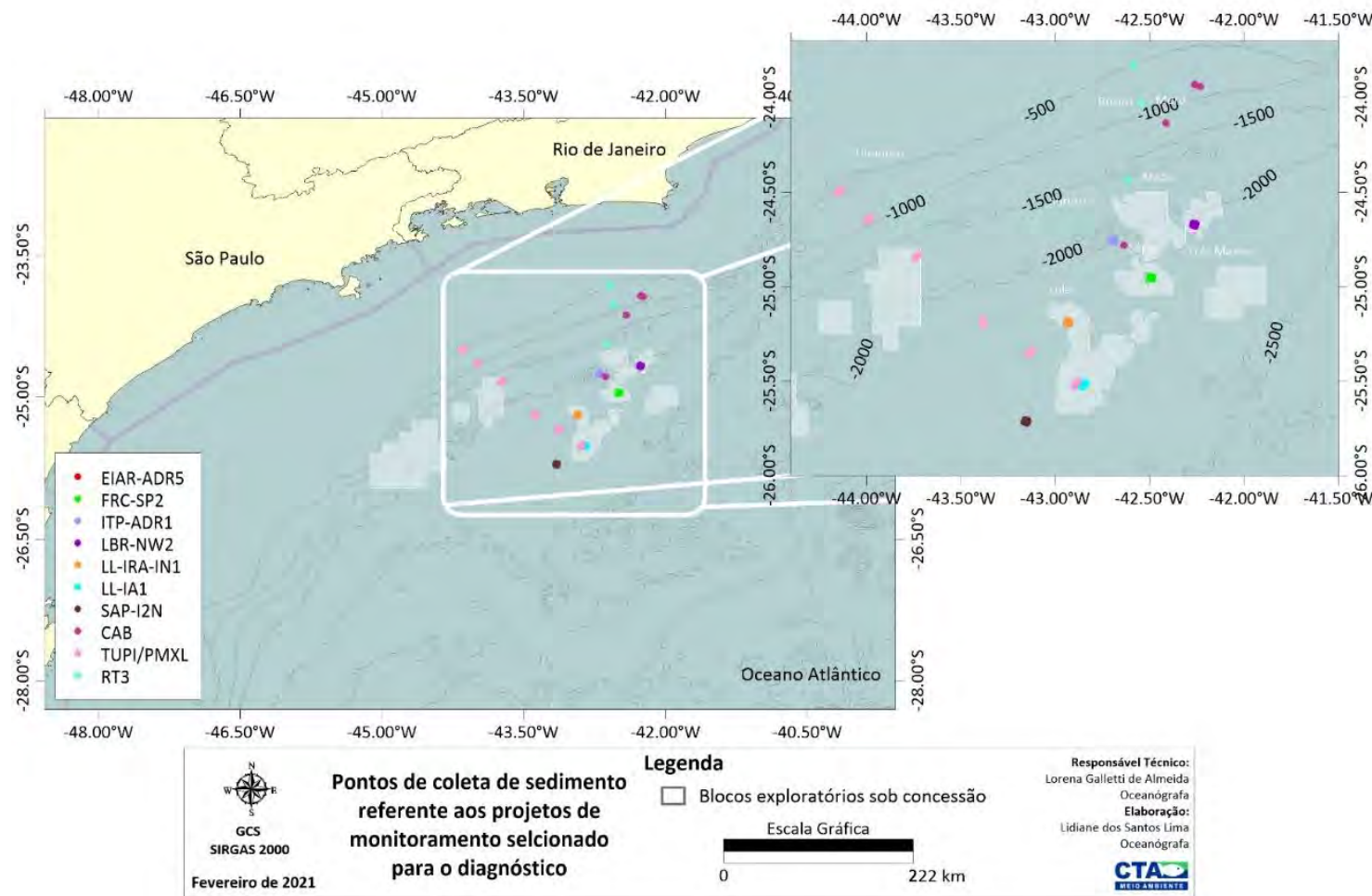


Figura II.5.1.2-2– Distribuição espacial das estações de coleta de sedimento utilizadas para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

O **Quadro II.5.1.2-3** apresenta as metodologias de coleta de água e sedimentos empregadas pelos projetos de monitoramento referenciados neste diagnóstico. Para a coleta de água utilizou-se garrafas oceanográficas do tipo Go-Flo (10 L) e para a coleta de sedimentos, exceto na 2ª Campanha (C2) do PMAEpro de TUPI/PMXL (que empregou Box-Corer 50 x 50 cm), a amostragem foi realizada utilizando-se um Mini Box-Corer (30 x 30 cm).

Quadro II.5.1.2-3 – Metodologias de coleta de água e sedimentos utilizadas nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos.

Projeto	Compartimento Amostrado	Método de Amostragem	
PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	Água	Garrafa Go-Flo (10 L)	
PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	Água		
PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	Água		
PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	Água		
PM500 - P-66 - DP-LL-S	Água		
PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	Água		
PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	Água		
PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	Água		
PMAEpro - FPSO Cidade de Paray - PIL-LL-NE	Água		
PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	Água		
PMAEpro – Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	Água		
			Garrafa Go-Flo (10 L)
	Sedimento		Mini Box-Corer (30x30 cm) - C1
		Box-Corer (50x50 cm) - C2	
PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	Sedimento	Mini Box-Corer (30x30 cm)	
PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	Sedimento		
PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	Sedimento		
PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	Sedimento		
PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	Sedimento		
PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	Sedimento		
PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	Sedimento		
PMA - Gasoduto Cabiúnas -CAB	Sedimento		
PMA - Gasoduto Rota 3 – RT3	Sedimento		

Para a caracterização da qualidade da água na área de estudos foram analisados os seguintes parâmetros:

- Carbono Orgânico Total (COT);
- Fenóis;
- Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP);
- Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA);
- Nutrientes (Amônia, Nitritos, Nitratos e Fosfato);
- Oxigênio Dissolvido (OD);
- pH;
- Sulfetos;
- Clorofila a.

Para o diagnóstico ambiental do compartimento sedimento, contemplou-se os parâmetros abaixo relacionados:

- Granulometria;
- Metais (Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn e V);
- Hidrocarbonetos Totais;
- Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPA);
- Razão C:N:P;
- Teor de Carbonatos;
- Teor de Matéria Orgânica Total (MOT).

Com relação aos metais, o Termo de Referência referente ao Processo nº 02001.016155/2020-35, solicita a caracterização do Arsênio no sedimento da área de estudos, no entanto, os projetos de monitoramento aqui utilizados não contemplam este elemento químico e não existem estudos pretéritos sobre sua distribuição ao longo da Bacia de Santos. Dessa maneira, o parâmetro não foi analisado no presente diagnóstico da qualidade do sedimento.

O **Quadro II.5.1.2-4** e o **Quadro II.5.1.2-5** apresentam, respectivamente, as metodologias de análise dos parâmetros dos compartimentos água e sedimento. Uma vez que diferentes laboratórios foram responsáveis pelas análises ao longo da execução das campanhas de monitoramento, houve casos em que o método analítico variou para um mesmo parâmetro analisado e casos em que para um

mesmo método analítico, houve variação nos limites de detecção (LD) e de quantificação (LQ).

O LD é a menor quantidade do analito presente em uma amostra que pode ser detectado, porém não necessariamente quantificado, sob as condições experimentais estabelecidas, enquanto o LQ é a mais baixa concentração que pode ser quantificada dentro dos limites de precisão e exatidão do método durante as operações de rotina do laboratório, em condições usuais. Os casos pontuados não inviabilizaram a utilização dos dados, no entanto foram interpretados com parcimônia para a caracterização da área de estudos. Com intuito de padronização, os valores não detectados, isto é, valores abaixo do limite de detecção do método de análise ($< LD$) foram substituídos por valores nulos (zero) e valores abaixo do limite de quantificação ($< LQ$) foram substituídos pela metade do LQ ($LQ/2$), e ambos considerados nas análises.

Quadro II.5.1.2-4– Metodologia de análise das amostras de água nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Carbono Orgânico Total (COT)	PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	Standard Methods 5310B
	PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
	PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	
	PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	
	PM500 - P-66 - DP-LL-S	
	PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
Fenóis	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	EPA 3510C / EPA 8270D
	PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	
	PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
	PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	
	PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	
	PM500 - P-66 - DP-LL-S	
	PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
Hidrocarbonetos Totais (HTP)	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	EPA 3510C / EPA 8015D
	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	

Continua

Quadro II.5.1.2-4 (Continuação)– Metodologia de análise das amostras de água nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

	Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	Naftaleno / Acenaftileno Acenafteno / Fluoreno Fenantreno / Antraceno Fluoranteno / Pireno Benzo(a)antraceno / Criseno Benzo(b)fluoranteno / Benzo(k)fluoranteno Benzo(a)pireno / Indeno(1,2,3-cd)pireno Dibenzo(a,h)antraceno / Benzo(ghi)perileno	PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	EPA 3510C / EPA 8270D
		PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
		PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	
		PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	
		PM500 - P-66 - DP-LL-S	
		PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	
		PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
		PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	
		PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	
		PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N			
PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N			
PM500 - P-66 - DP-LL-S			
Nutrientes	Nitrogênio amoniacal	PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	SMEWW 4500 N-NH ₃ - H
		PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
		PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	
		PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
		PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
Nitrito	Nitrito	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	MAOQ - FURG (1996) ¹ SMEWW 4500 NO ₃ - E
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
		PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
		PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	

¹campanhas C2 (DP-IRA-S), C7 (PIL-LL), C3 (PIL-LL-NE) e C3 (PIL-SAP).

Continua

Quadro II.5.1.2-4 (Continuação)– Metodologia de análise das amostras de água nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Nutrientes	Nitrito	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE
		PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP
	Silicato	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL
		PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S
		PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE
	Fósforo Total	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP
		PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL
		PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1
		PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S
Oxigênio Dissolvido (OD)	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	
	PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	
	PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
	PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	
	PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	
	PM500 - P-66 - DP-LL-S	
	PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S		
PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE		
PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP		
PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL		

¹campanhas C2 (DP-IRA-S), C7 (PIL-LL), C3 (PIL-LL-NE) e C3 (PIL-SAP).

Continua

Quadro II.5.1.2-4 (Continuação)– Metodologia de análise das amostras de água nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

pH	PM500 - FPSO Cidade de Ilha Bela - DP-SAP-N	pH-metro digital
	PM500 - FPSO Cidade de Saquarema - DP-LL-C	
	PM500 - FPSO Cidade de Itaguaí - DP-LL-IRA-N	
	PM500 - FPSO P-67 - DP-LL-N	
	PM500 - P-66 - DP-LL-S	
	PM500 - FPSO Cidade de Maricá - DP-LL-A	
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
Sulfetos	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	SMEWW 4500 S ₂ - D
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
Clorofila a	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	SMEWW 10200H – Chlorophy II
	PMAEpro - FPSO P-74 - DP-BUZ-1	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Mangaratiba - DP-IRA-S	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Paraty - PIL-LL-NE	
	PMAEpro - FPSO Cidade de São Paulo - PIL-SAP	
	PMAEpro - FPSO Cidade de Angra dos Reis - PIL-LL	

Continua

Quadro II.5.1.2-5– Metodologia de análise das amostras de sedimento nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Carbonato	PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	Gravimétrico Dean, 1974 ¹ Loring, D.H. & Rantala, R.T.T., 1992 ² N.T. CETESB L6.160 nov/95 ³
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	
	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	
Granulometria	PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	CETESB L6.160 (1995)
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas – CAB	
	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	
Matéria Orgânica Total (MOT)	PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	Dean, 1974 ¹ SMEWW 2540-B/C/D Strickland & Parsons, 1972 ⁴
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas – CAB	
	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	

¹campanhas: C2 (CAB), C2 e C3 (ADR5), C2 e C3 (ADR1), C2 e C3 (IN1). / ²campanhas: C2 e C3 (NW2), C1 e C3 (RT3).

³campanhas: C1 (ADR1), C1 (NW2), C1 (IN1). / ⁴campanhas: C2 e C3 (NW2), C1 e C2 (RT3).

Continua

Quadro II.5.1.2-5 (Continuação) – Metodologia de análise das amostras de sedimento nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Carbono Orgânico Total (COT)	PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	Embrapa, 1997 ⁴ Embrapa, 2011 ¹ Oxidação com dicromato de potássio - IAC ⁵
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	
Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	EPA 8270C / EPA 3540 / EPA 3630 ⁵ EPA 8270D / EPA 3550C
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	
	Naftaleno	
	Acenaftileno	
	Acenafteno	
	Fluoreno	
	Fenantreno	
	Antraceno	
	Fluoranteno	
	Pireno	
	Benzo(a)antraceno	
	Criseno	
	Benzo(b)fluoranteno	
	Benzo(k)fluoranteno	
	Benzo(a)pireno	
Indeno(1,2,3-cd)pireno		
Dibenzo(a,h)antraceno		
Benzo(ghi)perileno		

¹campanha C2 e C3 (ADR5), C2 (CAB), C2 e C3 (ADR1), C2 e C3 (IN1).

⁴campanhas: C2 e C3 (NW2), C1 e C2 (RT3).

⁵campanhas C1 e C2 (TUPI/PMXL).

Continua

Quadro II.5.1.2-5 (Continuação)– Metodologia de análise das amostras de sedimento nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico	
Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP)	PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5	EPA 3550C / EPA 8015D	
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2		
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1		
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2		
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1		
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1		
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N		
	PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB		
Metais	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	EPA 3050B (1996) / EPA 6020A (2007) ⁶ USEPA SW 846 / EPA 3051A / EPA 6010C ⁷ EPA 6020B / EPA 3051A ⁸	
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3		
	Bário (Ba)		
	Cádmio (Cd)		
	Alumínio (Al)		PMAEper - Poço Entorno Iara – EIAR-ADR5 ^{6,9}
	Cobre (Cu)		PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2 ^{7,9}
	Cromo (Cr)		PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1 ^{6,9}
	Ferro (Fe)		PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2 ^{8,9}
	Manganês (Mn)		PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1 ^{6,9}
	Níquel (Ni)		PMAEper - Poço Lula – LL-IA1 ^{7,9}
Vanádio (V)	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N ^{7,9}		
Zinco (Zn)	PMA - Gasoduto Cabiúnas – CAB ^{6,9}		
Mercúrio (Hg)	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL ^{8,10}	EPA 7471B (2007) ⁹	

Continua

Quadro II.5.1.2-5 (Continuação)– Metodologia de análise das amostras de sedimento nos projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico da área de estudos, Bacia de Santos. N.A.=não se aplica.

Parâmetro	Projeto	Método Analítico
Nitrogênio Total	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	SMEWW 4500 Norg B / NH ₃ C / NH ₃ G
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – FRC-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	
	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	
Fósforo Total	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	SMEWW 4500-P E ¹¹ EPA 3051A ¹² EPA 6020A
	PMAEper - Poço Franco – FRC-SP2	
	PMAEper - Poço Itapu – ITP-ADR1	
	PMAEper - Poço Libra – LBR-NW2	
	PMAEper - Poço Lula-Iracema – LL-IRA-IN1	
	PMAEper - Poço Lula – LL-IA1	
	PMAEper - Poço Sapinhoá – SAP-I2N	
	PMA - Gasoduto Cabiúnas - CAB	
Fósforo Total	PMAEpro - Gasoduto Tupi/Mexilhão - TUPI/PMXL	SMEWW 4500-P E ¹¹ EPA 3051A ¹² EPA 6020A
	PMA - Gasoduto Rota 3 - RT3	

¹¹campanhas: C1 (ADR5), C1 a C3 (SP2), C1 (ADR1), C1 (NW2), C1 a C3 (IA1), C1 a C3 (IN1), C1 a C2 (I2N).

¹²campanha: C1 (CAB).

A. Qualidade da Água

Nos projetos de monitoramento selecionados para a caracterização da qualidade da água na área de estudos, as coletas foram realizadas entre os anos de 2015 a 2020, sempre na primavera ou verão o que impossibilitou uma avaliação sazonal dos parâmetros. A profundidade da coluna d'água variou entre 1.980 a 2.227 metros e da amostragem alcançou um máximo de 200 metros, com pontos de coleta em superfície (máximo 5 metros), acima da termoclina (profundidade média de 22 metros), termoclina (profundidade média de 43 metros) e abaixo da termoclina (profundidade média de 67 metros) e, portanto, inseridos na massa d'água Água Tropical.

A.1. Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é um dos gases mais importantes presentes nos ecossistemas aquáticos. Seus níveis indicam a capacidade que o ambiente tem em manter os organismos vivos, sendo ele um elemento vital para o metabolismo dos organismos aeróbicos (LALLI e PARSONS, 1995).

Suas principais fontes para o ambiente aquático são a atmosfera e a fotossíntese; já as suas perdas estão relacionadas ao consumo, à decomposição da matéria orgânica (oxidação), à liberação para a atmosfera, nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro (II) e manganês (II), por exemplo (HILL *et al.*, 1993).

A quantidade de oxigênio dissolvido depende da temperatura da água, bem como da pressão atmosférica e da salinidade. Quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás (LALLI e PARSONS, 1995). O teor de oxigênio em corpos d'água naturais apresenta concentrações próximas, porém menores, a 10 mg/L em águas não poluídas.

Concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L podem afetar o funcionamento e a sobrevivência da comunidade biológica e abaixo de 2 mg/L podem levar a maioria dos peixes à morte. Assim sendo, sua medição é fundamental na avaliação das condições naturais da água e de sua capacidade

para manter a vida aquática. Além disso, a concentração de oxigênio dissolvido pode auxiliar na detecção de impactos ambientais (por exemplo, eutrofização e poluição orgânica).

Os valores de oxigênio dissolvido registrados na área de estudos variaram entre 4,74 mg/L e 8,16 mg/L, com média de $6,67 \pm 0,40$ mg/L. A **Figura II.5.1.2-3** a **Figura II.5.1.2-6** apresentam a distribuição espacial das concentrações de oxigênio dissolvido obtidos em superfície (até 5 m), acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina. O perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido é ilustrado no **Gráfico II.5.1.2-1** e o **Gráfico II.5.1.2-2** mostra o box-plot das concentrações obtidas em cada profundidade. Observa-se pouca variação ao longo da coluna d'água, com ligeiro incremento da superfície até a camada abaixo da termoclina.

Estudos anteriores realizados na Bacia de Santos encontraram concentrações de oxigênio dissolvido oscilando entre 5,8 mg/L e 8,4 mg/L, sendo mais elevadas em meia água, nas proximidades da termoclina (PETROBRAS/AS/PEG, 2002) e entre 6,5 mg/L e 6,86 mg/L (PETROBRAS/HABTEC, 2003), apresentando discreta variação ao longo da coluna d'água.

De acordo com o padrão definido pela Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, os valores de oxigênio dissolvido medidos na área de estudos pelos projetos de monitoramento, estiveram abaixo do limite mínimo estabelecido (6,0 mg/L) para águas salinas de classe 1 em 49 medições (2 em DP-IRA-S, 2 em DP-LL-C, 8 em DP-SAP-N, 1 em PIL-LL-NE e 36 em PIL-SAP), porém com valores bem próximos ao da legislação (**Gráfico II.5.1.2-3**).

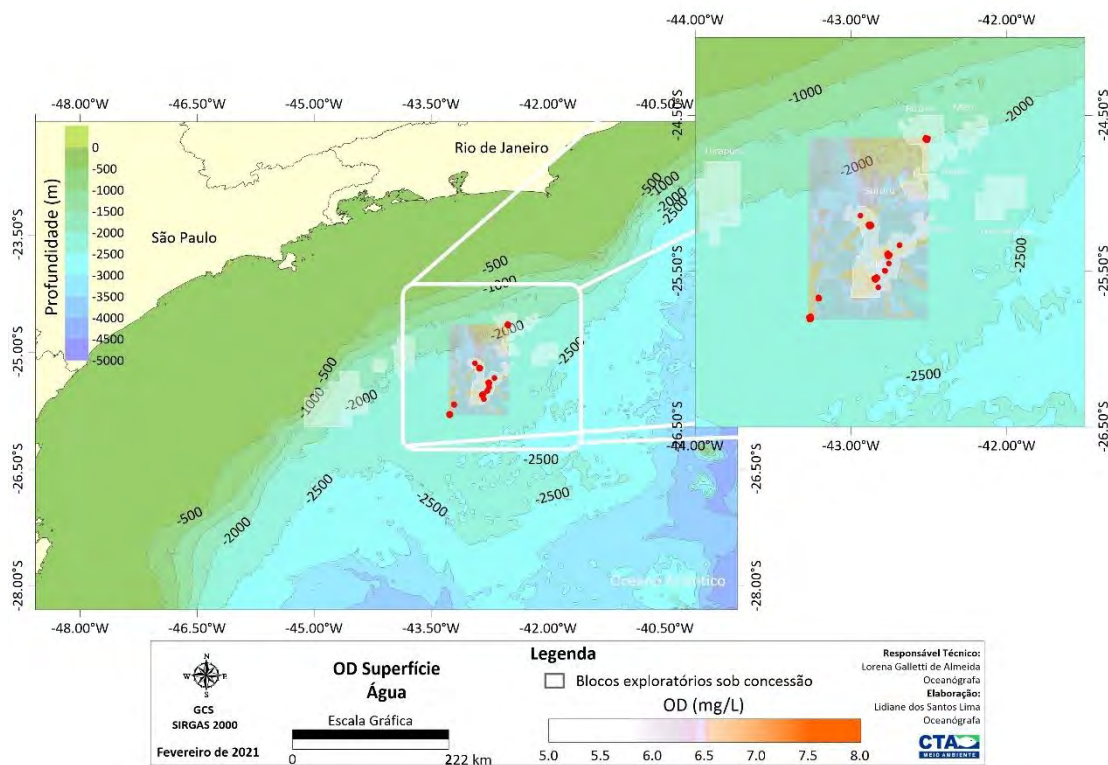


Figura II.5.1.2-3– Variação espacial de oxigênio dissolvido na água (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

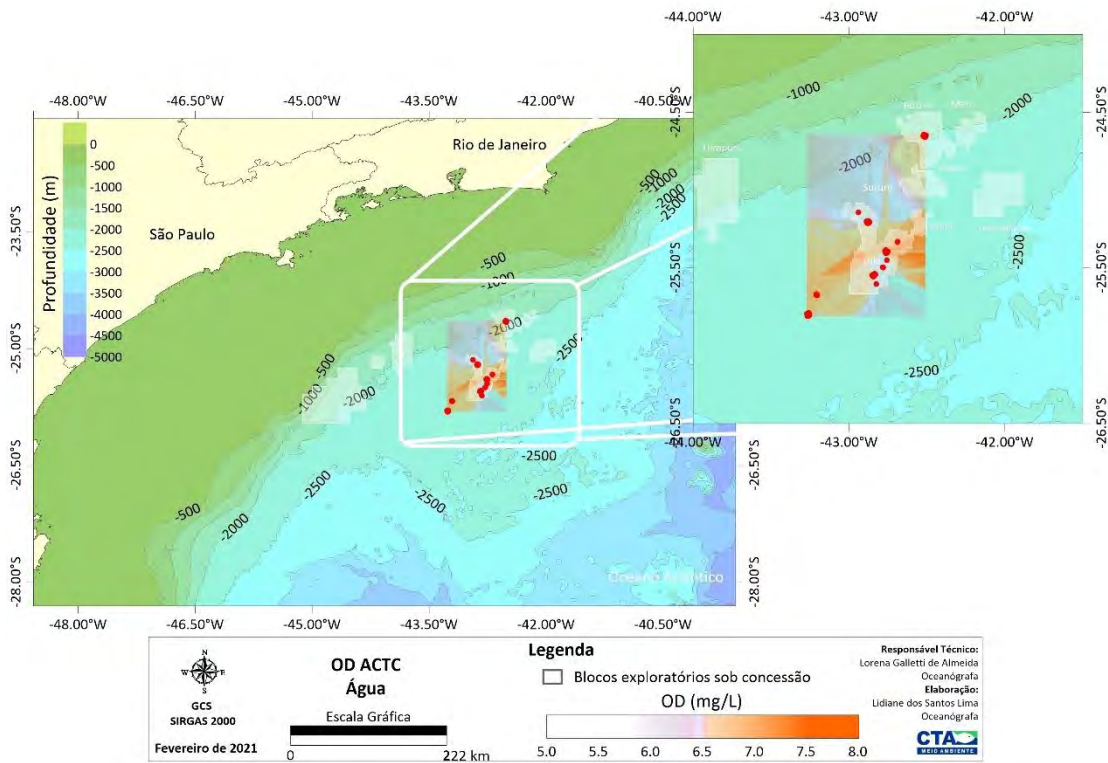


Figura II.5.1.2-4– Variação espacial de oxigênio dissolvido na água (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

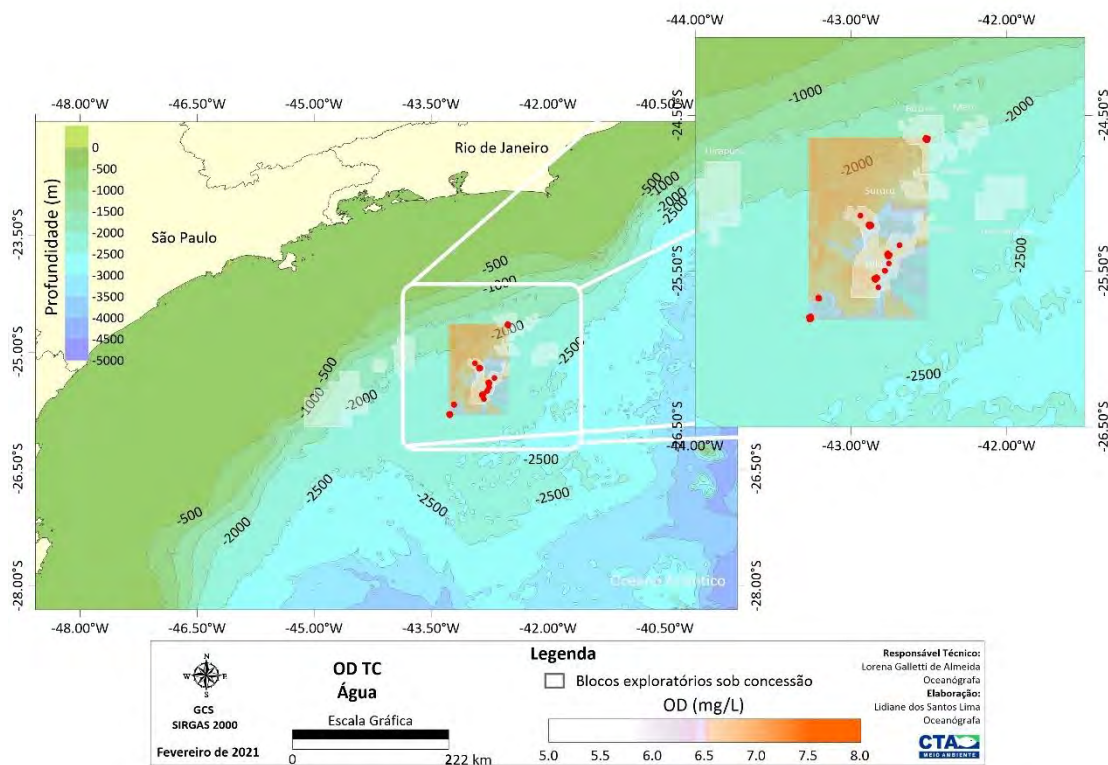


Figura II.5.1.2-5– Variação espacial de oxigênio dissolvido na água (mg/L) na termoclina na área de estudos, Bacia de Santos.

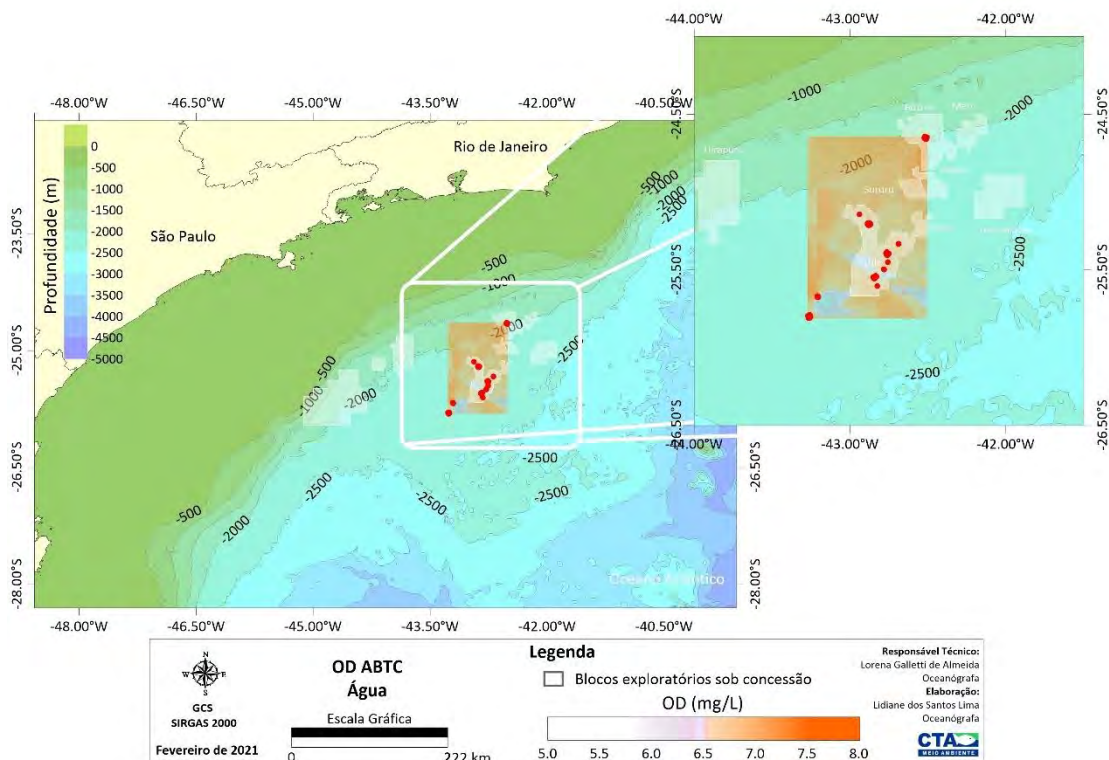


Figura II.5.1.2-6– Variação espacial de oxigênio dissolvido na água (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

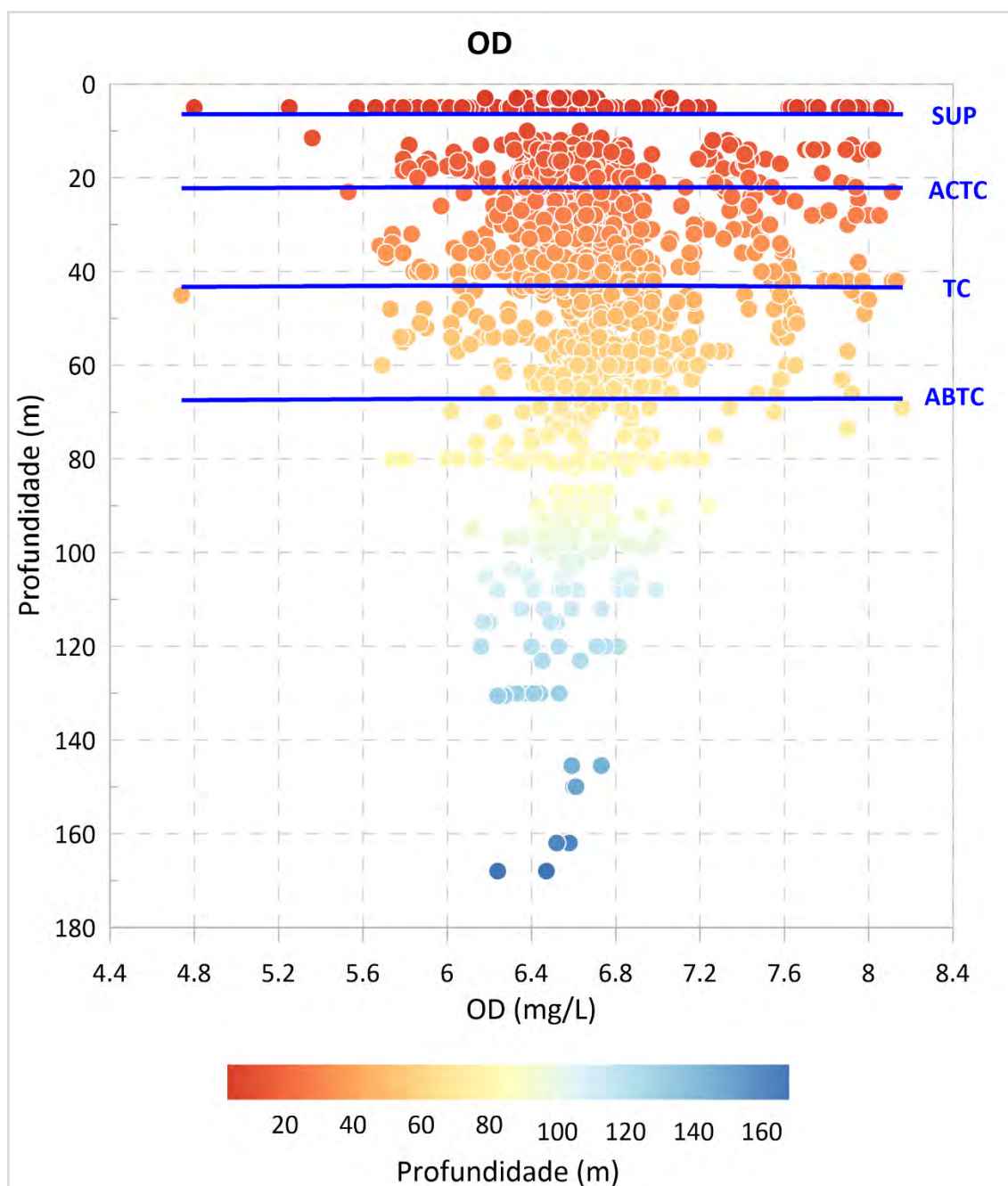


Gráfico II.5.1.2-1– Perfil vertical das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

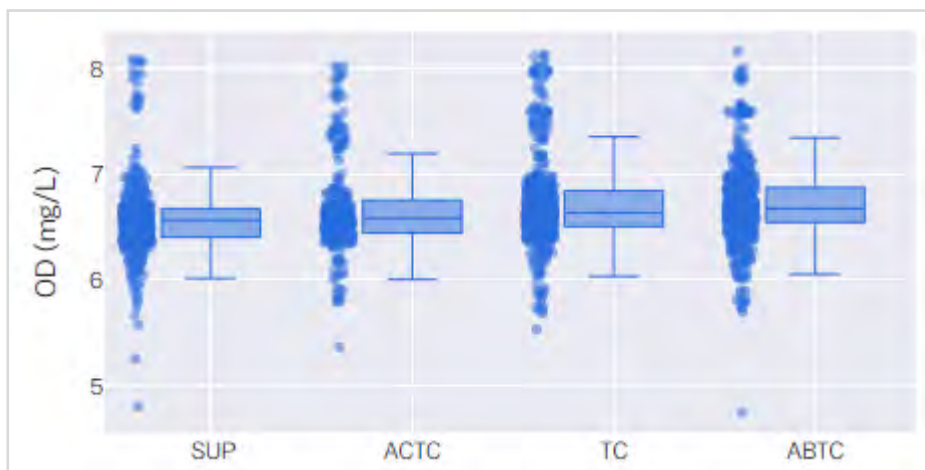


Gráfico II.5.1.2-2– Box-plot das concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

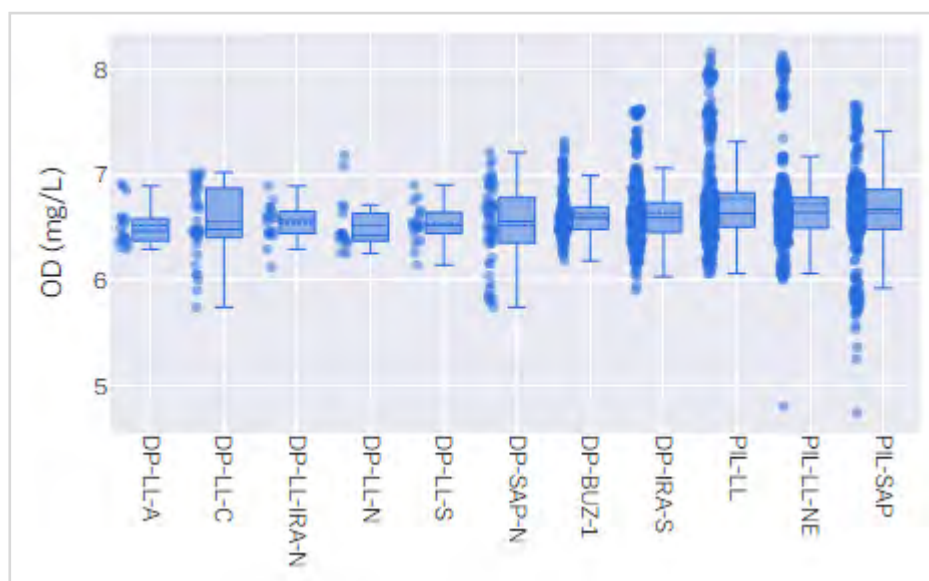


Gráfico II.5.1.2-3– Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

A.2. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Os valores de pH na água do mar podem apresentar variações significativas naturalmente, visto que o potencial hidrogeniônico é condicionado por diversos fatores físico-químicos e biológicos, impossibilitando a caracterização de um ecossistema somente em função desse parâmetro (NIENCHESKI *et al.*, 1999).

Na maioria das águas naturais, o pH é influenciado pela concentração de H⁺, originada da dissociação do ácido carbônico por processos como respiração e decomposição (BOYD, 2001), o que gera valores baixos de pH. Uma pequena diminuição no pH pode estar associada ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a conseqüente queda da quantidade de oxigênio dissolvido (MAIER, 1987). No sistema oceânico, os valores de pH apresentam pequenas variações, devido ao mecanismo tampão associado à água do mar. No entanto, variações na ordem de 7,8 a 8,2 podem ser observadas, associadas, sobretudo, aos fenômenos de oxidação de matéria orgânica, produção primária e incorporação de CO₂ atmosférico pelo sistema marinho. Variações mais amplas no pH acontecem, geralmente, onde existem importantes aportes terrestres (BRAGA e NIENCHESKI, 2006).

O pH influencia também a solubilidade de diversas substâncias, na forma em que estas se apresentam na água e em sua toxicidade. BYRNE *et al.* (1988) observaram que a complexação de metais hidrolisados, além de estar associada à temperatura, é fortemente influenciada pelo valor do pH. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH da água podem resultar no desaparecimento dos organismos, como também estresse (MACEDO, 2007). Já as reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1988), ocasionando estresse ou morte de peixes (MACEDO, 2007).

Na caracterização da Bacia de Santos a partir dos projetos de monitoramento selecionados, o pH permaneceu alcalino ao longo de toda área de estudo, variando entre um mínimo de 7,28 e um máximo de 9,03, com média de 8,20 ± 0,21. A **Figura II.5.1.2-7** e a **Figura II.5.1.2-10** mostram a distribuição espacial do pH na área de interesse, indicando maiores valores em cotas batimétricas mais afastadas da costa

para a superfície, termoclina e abaixo da termoclina. A partir do **Gráfico II.5.1.2-4** e do **Gráfico II.5.1.2-5**, observa-se que não foram verificadas variações significativas ao longo da coluna d'água, com valores mais baixos na camada acima da termoclina e ligeiramente superiores nas demais camadas analisadas.

Todos os valores de pH obtidos durante os monitoramentos realizados na área de estudos (**Gráfico II.5.1.2-6**) se encontram entre os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/05 para águas salinas classe 1, de 6,5 a 8,5.

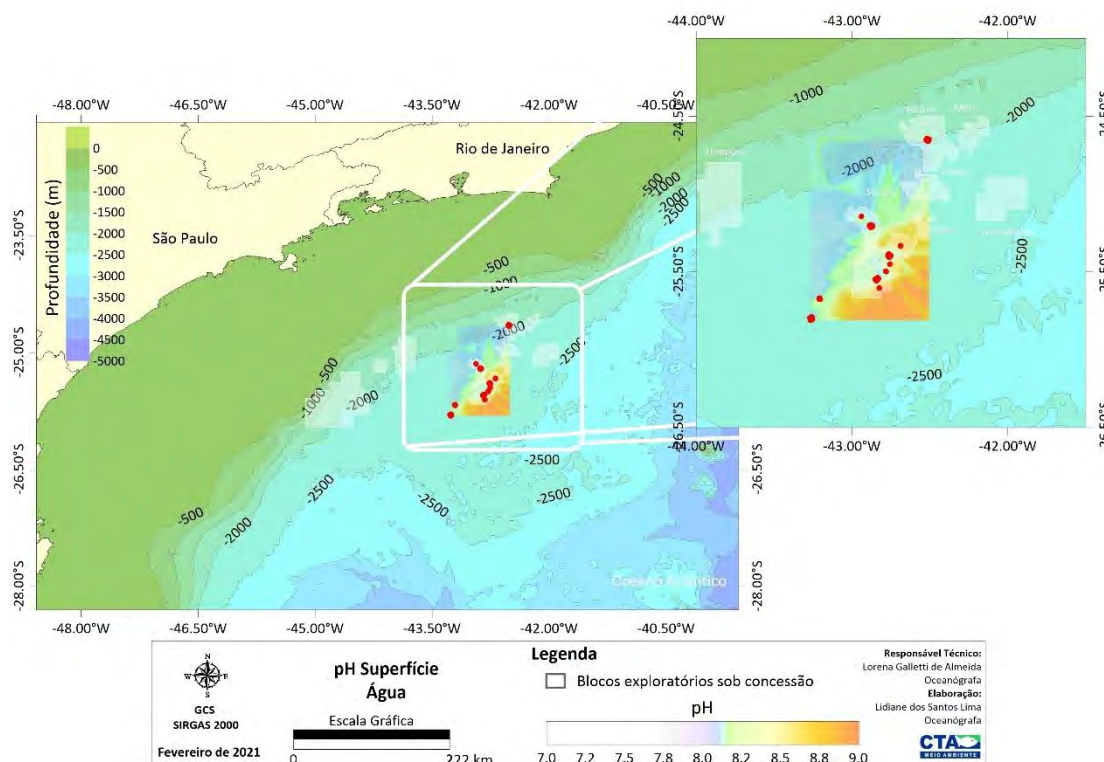


Figura II.5.1.2-7– Variação espacial de pH em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

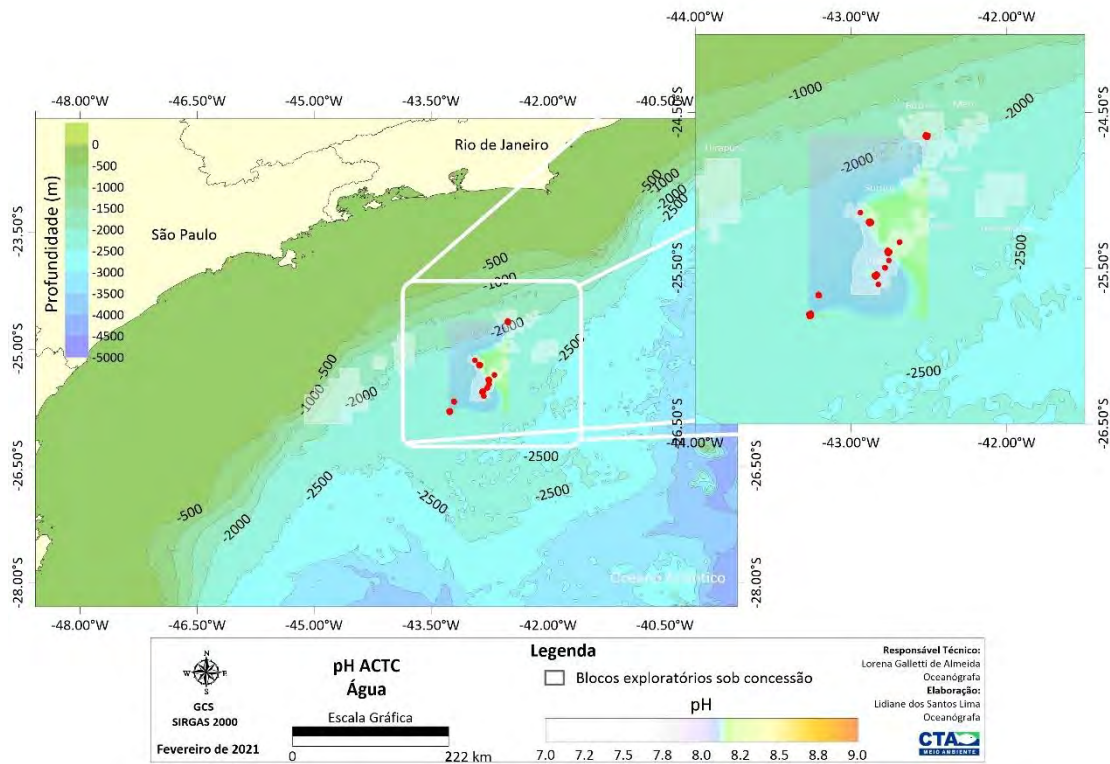


Figura II.5.1.2-8– Variação espacial de pH acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

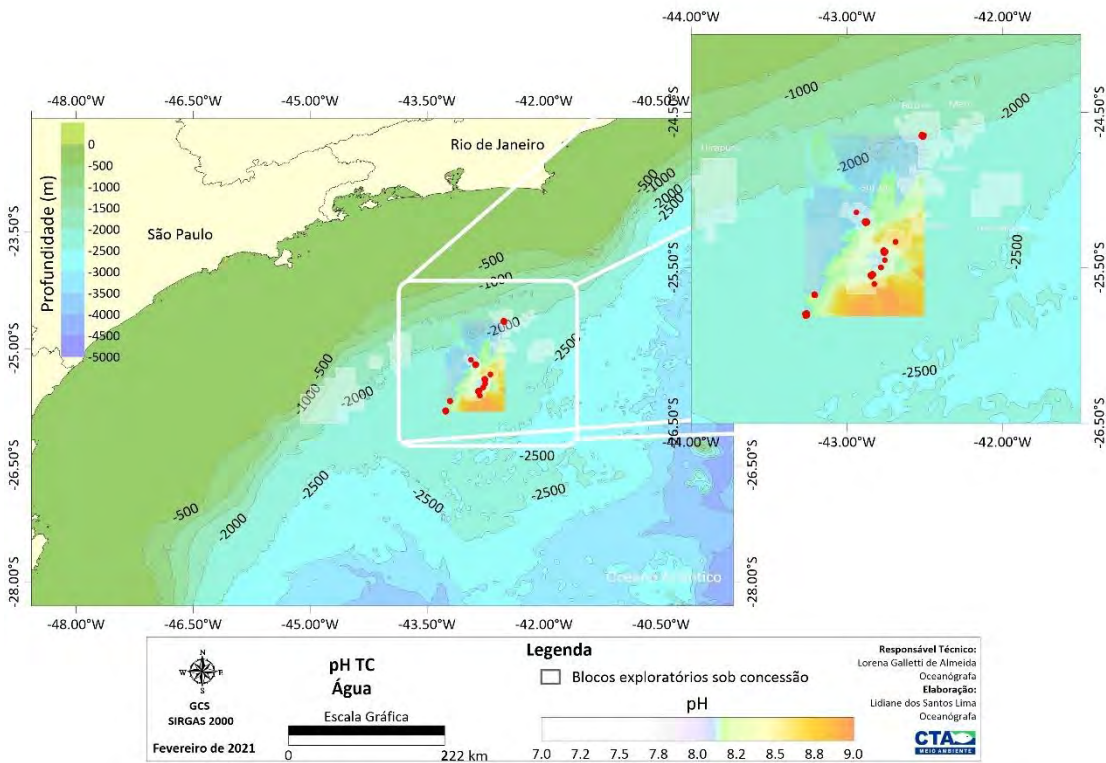


Figura II.5.1.2-9– Variação espacial de pH na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

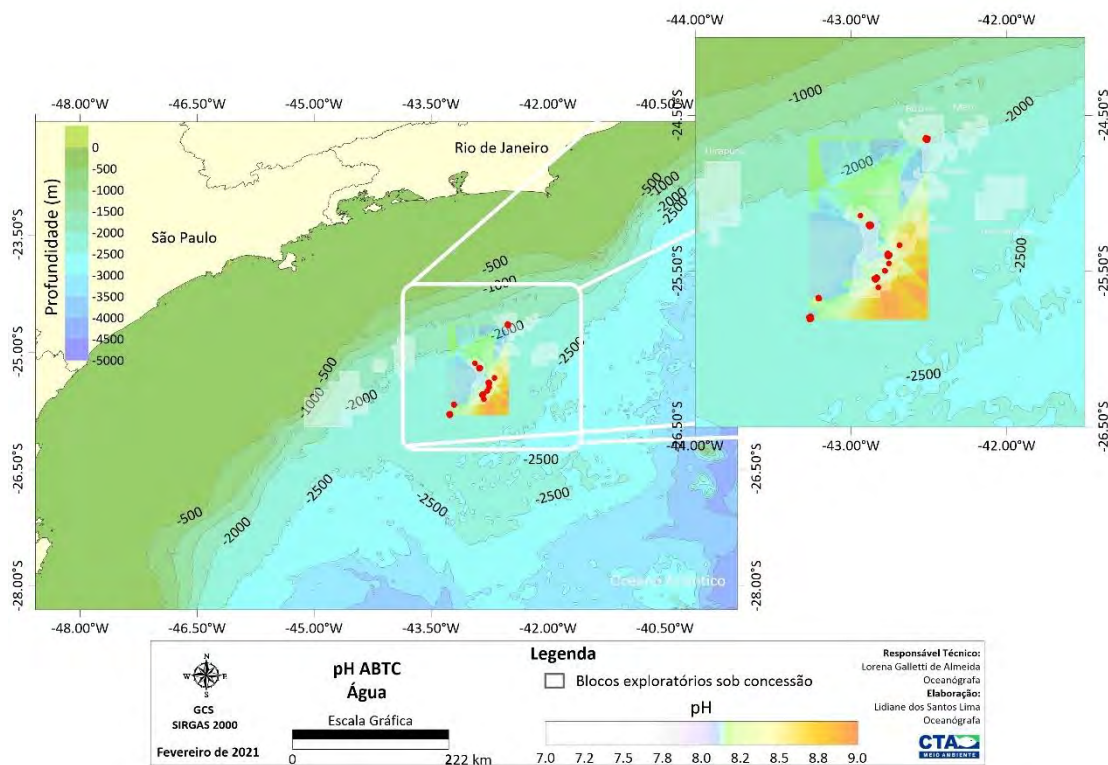


Figura II.5.1.2-10– Variação espacial de pH abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

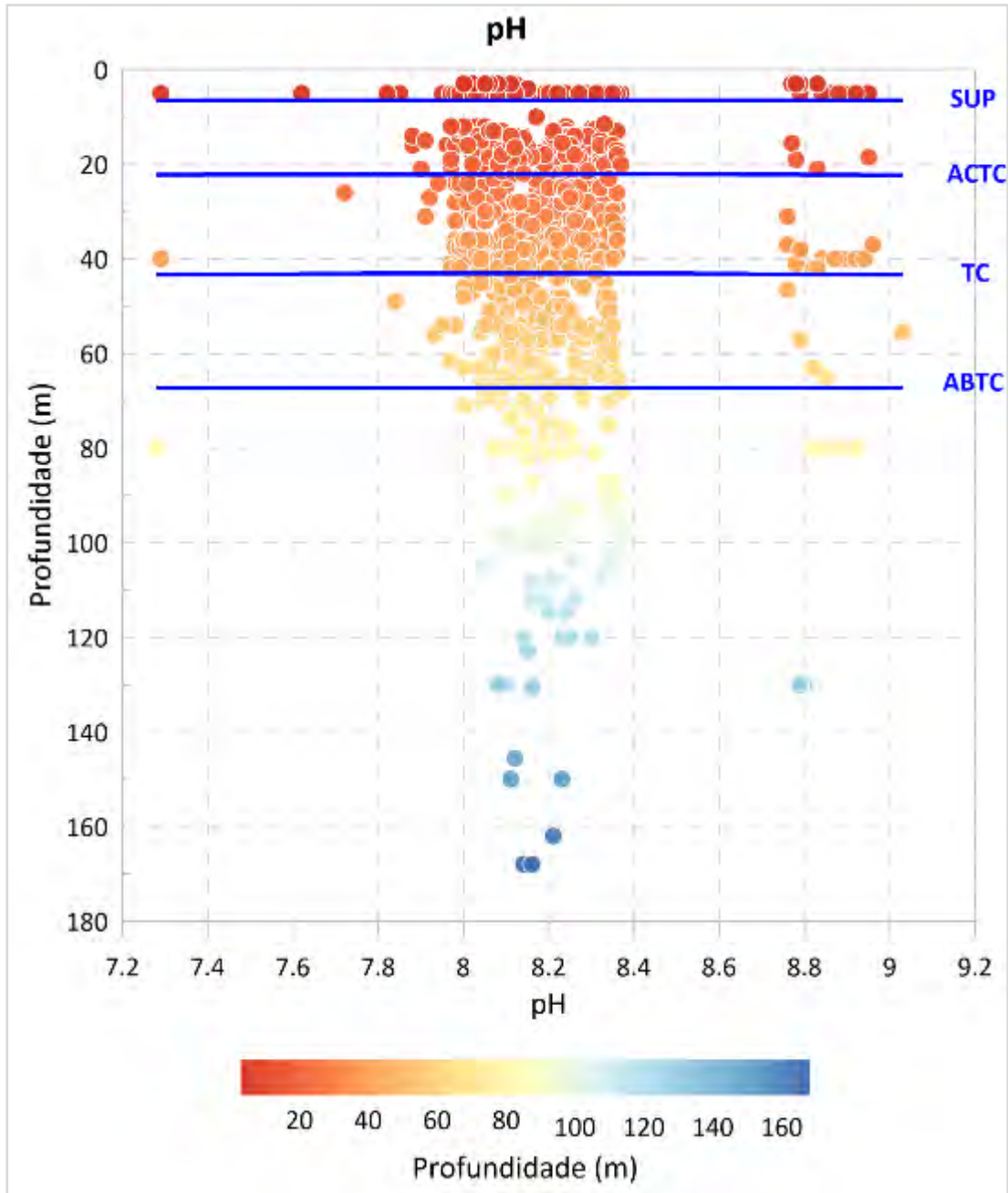


Gráfico II.5.1.2-4– Perfil vertical das concentrações de pH na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

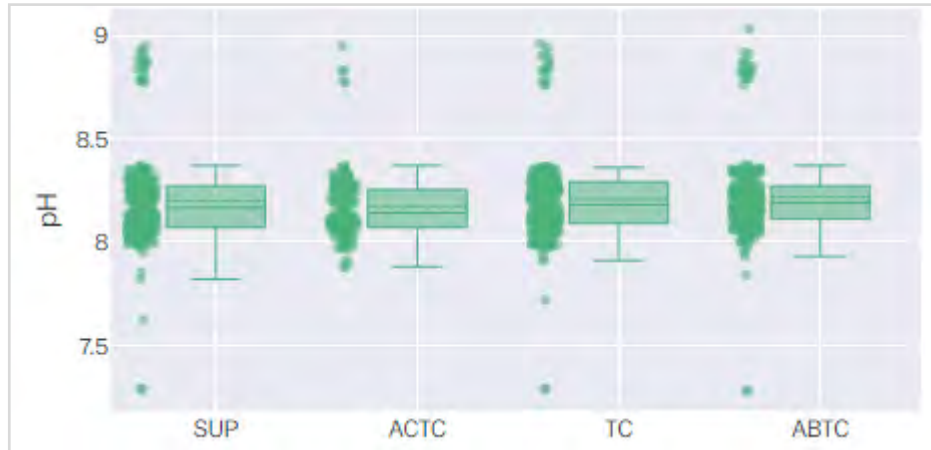


Gráfico II.5.1.2-5– Box-plot das concentrações de pH observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.



Gráfico II.5.1.2-6– Concentrações de pH observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

A.3. Clorofila a

A clorofila-a é um pigmento com função fotossintética presente em todos os organismos fotoautotróficos, como o fitoplâncton, tornando-a assim um indicador da biomassa fitoplanctônica (JEFFREY *et al.*, 1997).

O fitoplâncton está na base das cadeias alimentares marinhas e é um bom indicador de suas condições ambientais (NEVEUX *et al.*, 1989; FIALA *et al.*, 2002). Representa a base do sistema pelágico, realizando as trocas de carbono entre o oceano e a atmosfera. Durante o processo fotossintético, estes organismos convertem os materiais inorgânicos em novos compostos orgânicos, o ponto de partida do fluxo do carbono na cadeia trófica (LALLI e PARSONS, 1995).

A absorção seletiva dos comprimentos de onda do azul e verde-azulado pelos pigmentos fotossintéticos, especialmente a clorofila-a, permite a quantificação da biomassa fitoplanctônica com base em medidas da cor do oceano derivadas de sensores satelitários. As concentrações de clorofila e a composição taxonômica das comunidades fitoplanctônicas são qualitativamente correlacionadas à circulação oceânica e aos processos físicos de mesoescala que, por sua vez, influenciam o fluxo de nutrientes essenciais a partir do reservatório das águas subsuperficiais em direção à zona eufótica (GAETA e BRANDINI, 2006).

Na porção central dos giros oceânicos, esses fluxos a partir das águas profundas são relativamente fracos, e a concentração de clorofila na camada superior da zona eufótica alcança valores médios próximos de 2 µg/L (YODER *et al.*, 1993). Em regiões de ressurgência costeira, regiões de mares temperados e boreais com forte mistura sazonal, e em divergências de giros subpolares ou feições de mesoescala com bombeamento induzido por vórtices ciclônicos, fluxos verticais de nutrientes podem gerar acúmulo transitório de clorofila em concentrações superiores a 50 µg/L (FALKOWSKI *et al.*, 2001).

Na área de estudos a clorofila-a apresentou concentração variando de 0,00 µg/L (abaixo do limite de detecção) e 3,54 µg/L, com média de 0,01 ± 0,17 µg/L. A distribuição espacial dos teores de clorofila-a na superfície (**Figura II.5.1.2-11**), acima da termoclina (**Figura II.5.1.2-12**), termoclina (**Figura II.5.1.2-13**) e abaixo da termoclina (**Figura II.5.1.2-14**) mostra que, de maneira geral, os maiores valores encontram-se abaixo da termoclina e em cotas batimétricas mais profundas.

Vale ressaltar que em 96,2% (n=759) das amostras analisadas, não ocorreu valor de clorofila-a superior ao limite de detecção (LD = 0,2 µg/L). E, dentre os pontos amostrais que apresentaram concentração acima do limite de detecção (n=30), observou-se que, em média, os maiores valores são verificados abaixo da

termoclina ($ABTC = 0,65 \pm 1,09 \mu\text{g/L}$) (Tabela II.5.1.2-1), corroborando a distribuição verificada nas figuras apresentadas anteriormente.

Em estudo realizado para a caracterização da Bacia de Santos (PETROBRAS/AS/PEG, 2002), desde a plataforma até o talude continental, foram encontradas concentrações de clorofila-a variando de $0,04 \mu\text{g/L}$ a $6,30 \mu\text{g/L}$ a 10 metros de profundidade, de $0,01 \mu\text{g/L}$ a $4,14 \mu\text{g/L}$ junto à termoclina e de $0,002 \mu\text{g/L}$ a $6,04 \mu\text{g/L}$ próximo ao fundo (profundidade máxima de 200 metros). Outro estudo também realizado na Bacia de Santos em águas profundas (PETROBRAS/HABTEC, 2003) mostrou teores de clorofila-a oscilando entre $0,00 \mu\text{g/L}$ (não detectado) e $3,13 \mu\text{g/L}$.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece para a clorofila-a valores máximos ou mínimos para água salinas classe 1.

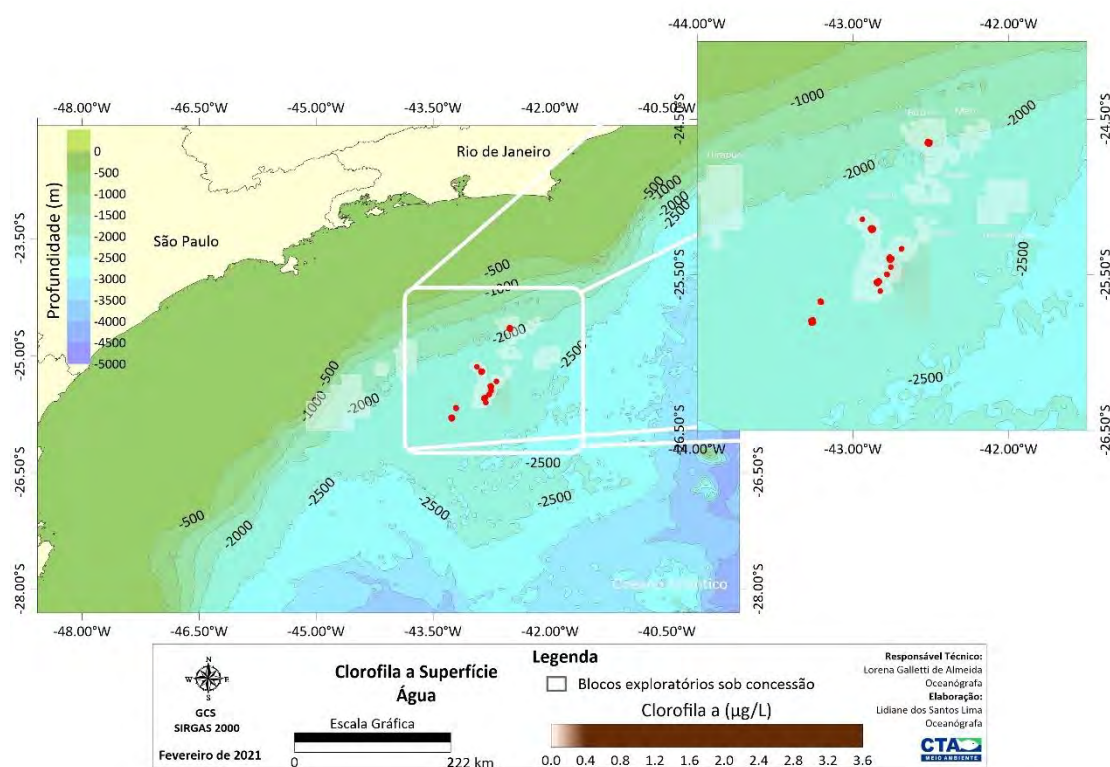


Figura II.5.1.2-11– Variação espacial de clorofila-a (mg/L) em superfície (até 5 metros), na área de estudos, Bacia de Santos.

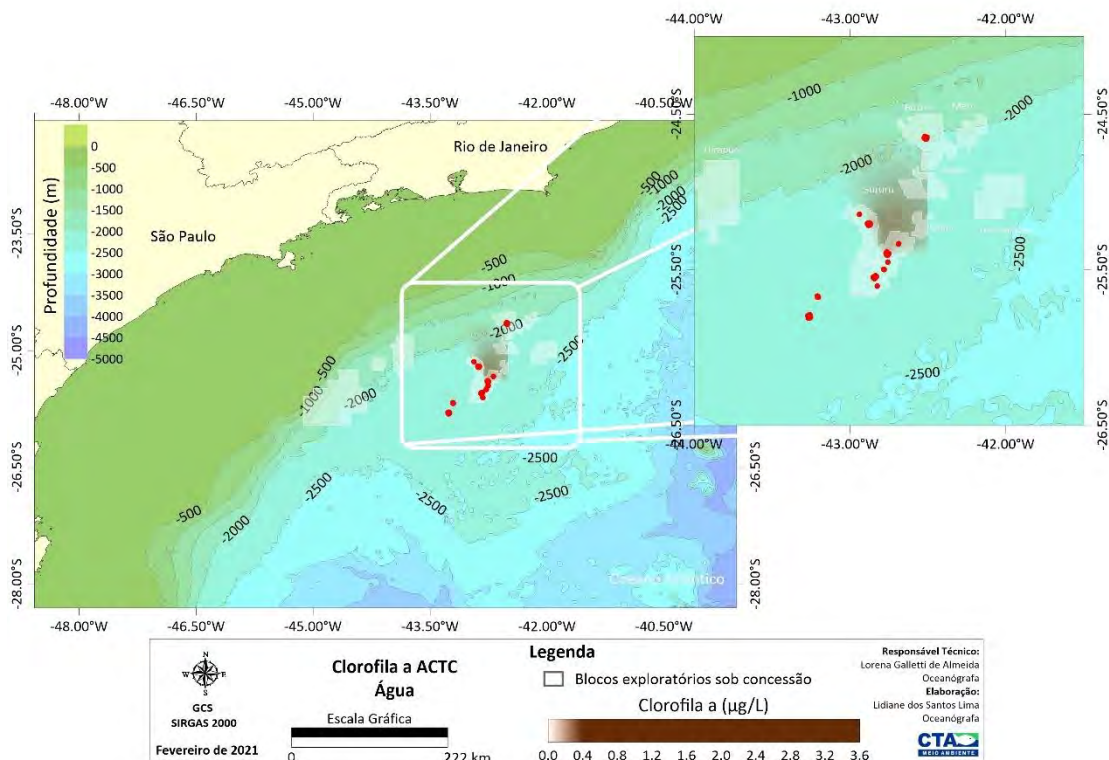


Figura II.5.1.2-12– Variação espacial de clorofila-a (mg/L) acima da termocline, na área de estudos, Bacia de Santos.

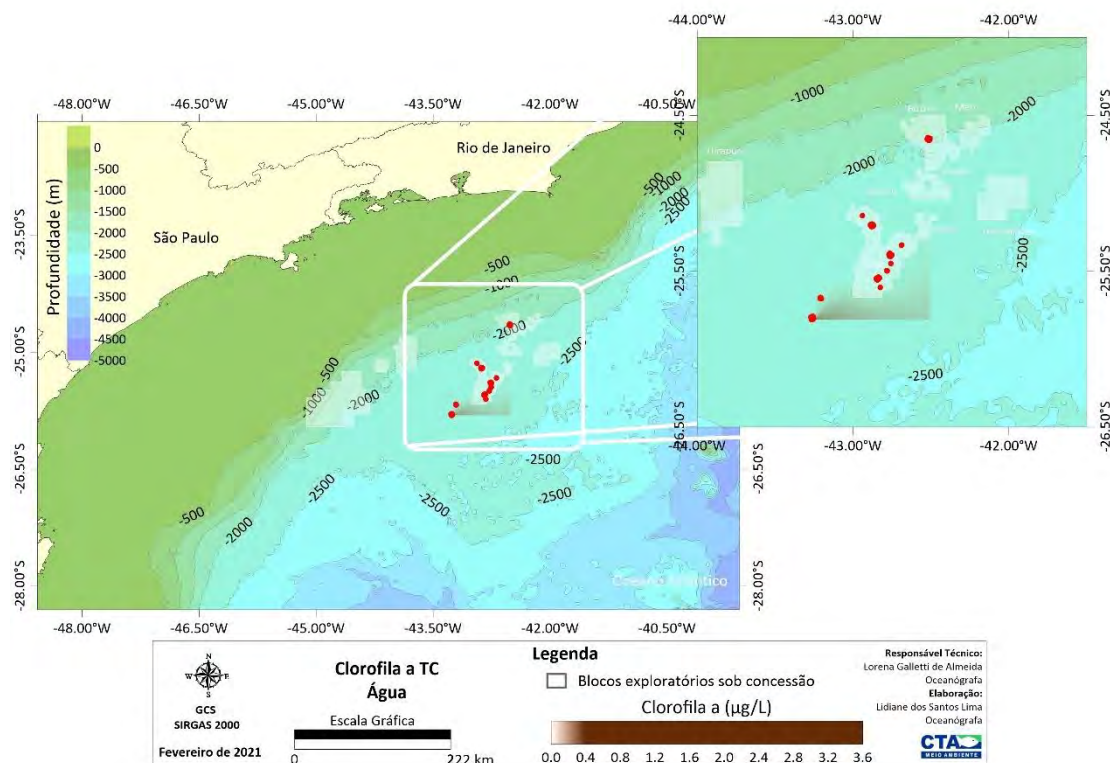


Figura II.5.1.2-13– Variação espacial de clorofila-a (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

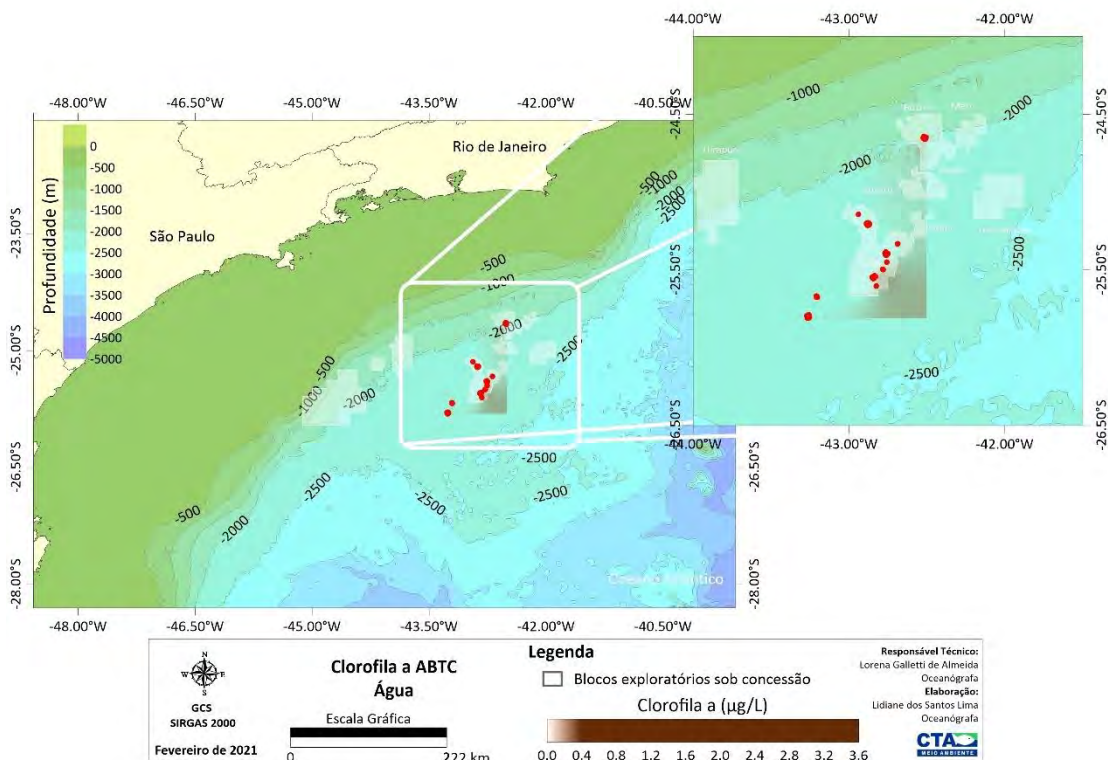


Figura II.5.1.2-14– Variação espacial de clorofila-a (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

Tabela II.5.1.2-1– Concentrações de clorofila-a (n=30) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

	Média	DP	Mínimo	Máximo
SUP (máximo 5 metros)	0,25	0,00	0,25	0,25
ACTC	0,57	0,90	0,25	2,8
TC	0,35	0,22	0,25	0,87
ABTC (máximo 200 metros)	0,65	1,09	0,25	3,54

A.4. Nutrientes: Nitrogênio Amoniacal, Nitrato, Nítrito e Fosfato

O nitrogênio e o fósforo são nutrientes necessários às funções metabólicas do fitoplâncton. Comportam-se, portanto, de forma não conservativa, na dependência direta dos processos de demanda biológica pela biomassa fitoplanctônica na zona eufótica e dos aportes devidos a processos físicos (advecção, intrusão de águas

mais ricas), biológicos (regeneração), climáticos (chuvas e ventos) e drenagem continental (AIDAR *et al.*, 1993).

Os nutrientes (N e P) se apresentam em suas formas minerais em solução na água do mar. O nitrogênio forma quatro compostos, de acordo com seu grau de oxidação: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), íon amônio (NH_4^+) e amônia (NH_3) (os dois últimos representados juntos como nitrogênio amoniacal), sendo o nitrito um composto intermediário no processo de nitrificação, um composto bastante instável e sem um padrão bem definido. Para o fósforo, utiliza-se normalmente o termo fosfato (PO_4^{3-}), que engloba todas as formas de ortofosfatos presentes em uma amostra (AMINOT e CHAUSSEPIED, 1983).

Os nutrientes e em especial o nitrogênio, no meio marinho, são fatores que limitam o crescimento da biomassa fitoplanctônica. As razões entre as concentrações molares do nitrogênio e fósforo na camada eufótica das águas marinhas e os processos determinantes do seu enriquecimento por esses elementos são capazes de induzir não somente alterações na densidade das comunidades fitoplanctônicas, como também dar subsídios para explicar a composição qualitativa dessas comunidades, a competição e a exclusão de algumas espécies (DUGDALE e GOERING, 1967; RYTHER e DUNSTAN, 1971).

Normalmente, os nutrientes em regiões oceânicas apresentam menores concentrações nas camadas superficiais, seguidos de um aumento gradativo em direção as camadas mais profundas (MOSER e GALVÃO, 1997; NIENCHESKI *et al.*, 1999). Essa dinâmica pode ser explicada pelo consumo dos nutrientes pelo fitoplâncton na zona fótica e pela presença da termoclina que impede o afloramento dos nutrientes das camadas mais profundas para as mais superficiais, funcionando como uma barreira (THURMAN e BURTON, 2001).

O nitrogênio amoniacal ou amônia é uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa. Em baixas concentrações, como é comumente encontrada, não causa nenhum dano fisiológico a seres humanos e animais. Grandes quantidades deste, entretanto, podem causar sufocamento de peixes. A concentração total de nitrogênio amoniacal é altamente importante considerando-se os aspectos tópicos do ambiente. De acordo com BRAGA e NIENCHESKI (2006), as informações sobre nitrogênio amoniacal possuem importância na caracterização do potencial trófico das massas de água.

Na área de estudos na Bacia de Santos, o nitrogênio amoniacal apresentou concentração média de $0,0066 \pm 0,0116$ mg/L, variando entre 0,0000 mg/L (abaixo do limite de detecção; n=400 de 729) e 0,0867 mg/L. A **Figura II.5.1.2-15** a **Figura II.5.1.2-18** apresentam a distribuição espacial do nitrogênio amoniacal, o **Gráfico II.5.1.2-7** mostra o perfil vertical e o **Gráfico II.5.1.2-8** o box-plot das concentrações em superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina. A partir deste conjunto de dados observa-se que a região acima da termoclina ocorrem as maiores concentrações. A maior variabilidade nos teores de nitrogênio amoniacal foi verificada nas estações de amostragem no entorno de DP-IRA-S (**Gráfico II.5.1.2-9**).

Todas as concentrações detectadas na área de estudos foram inferiores a $0,40$ mg/L, limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas salinas de classe 1 (**Gráfico II.5.1.2-9**).

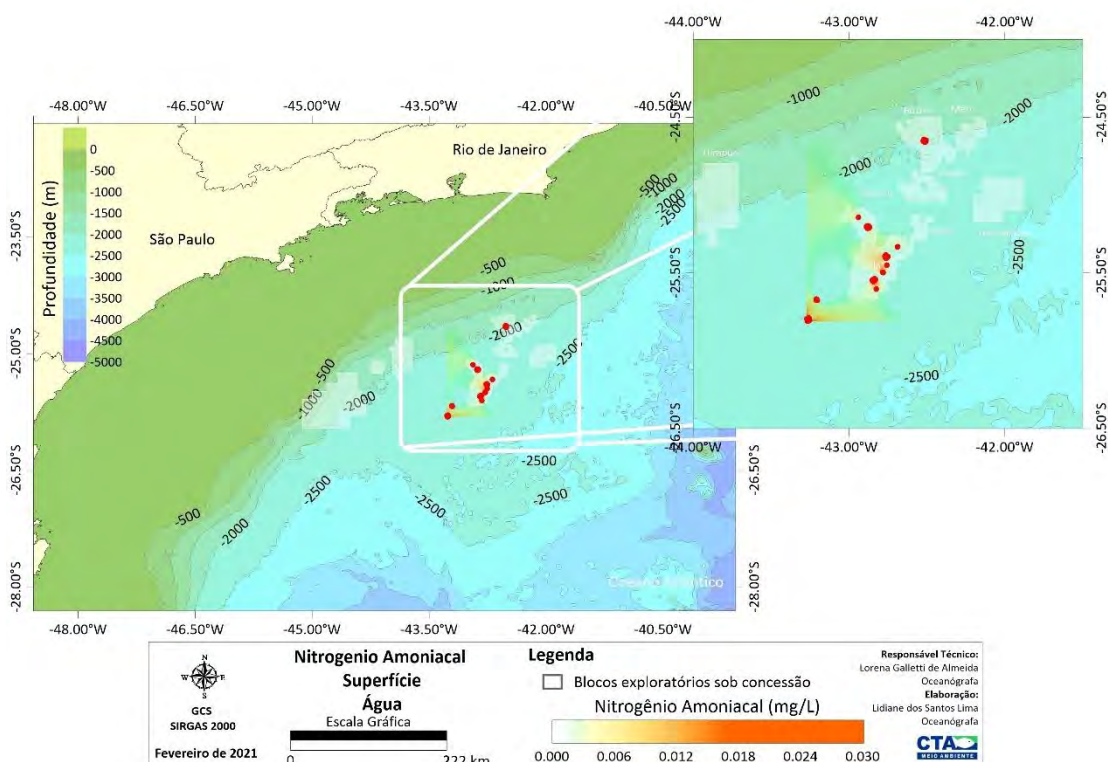


Figura II.5.1.2-15– Variação espacial de nitrogênio amoniacal (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

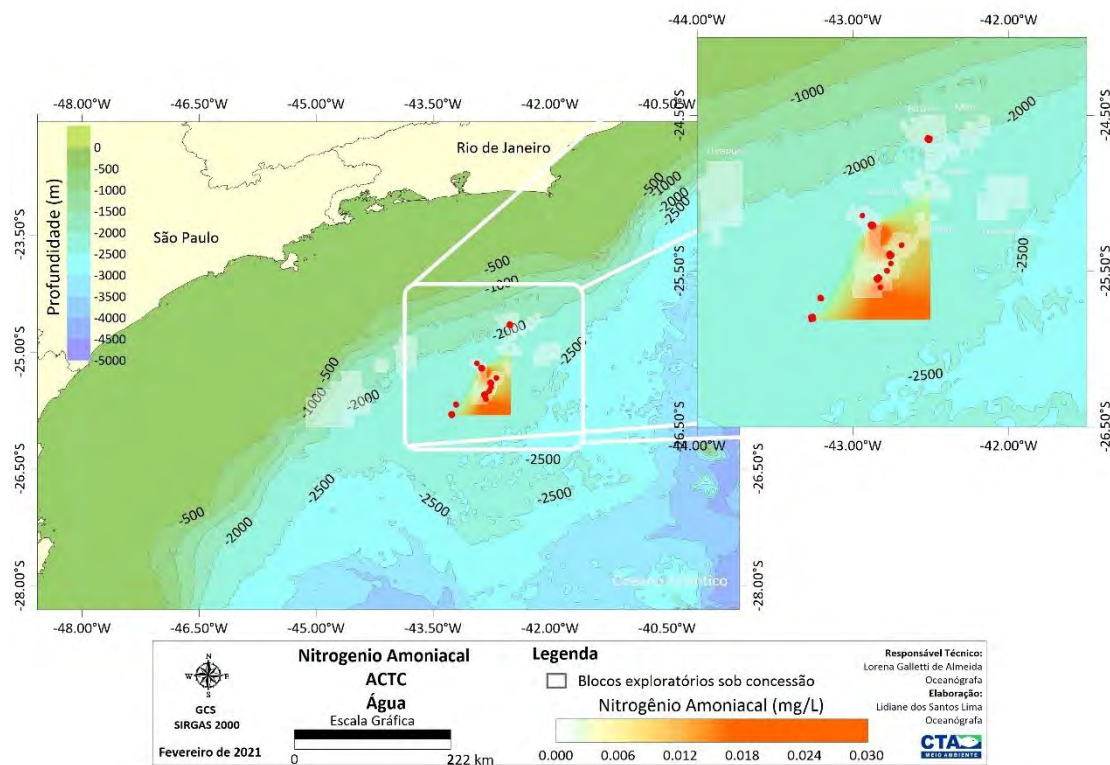


Figura II.5.1.2-16– Variação espacial de nitrogênio amoniacal (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

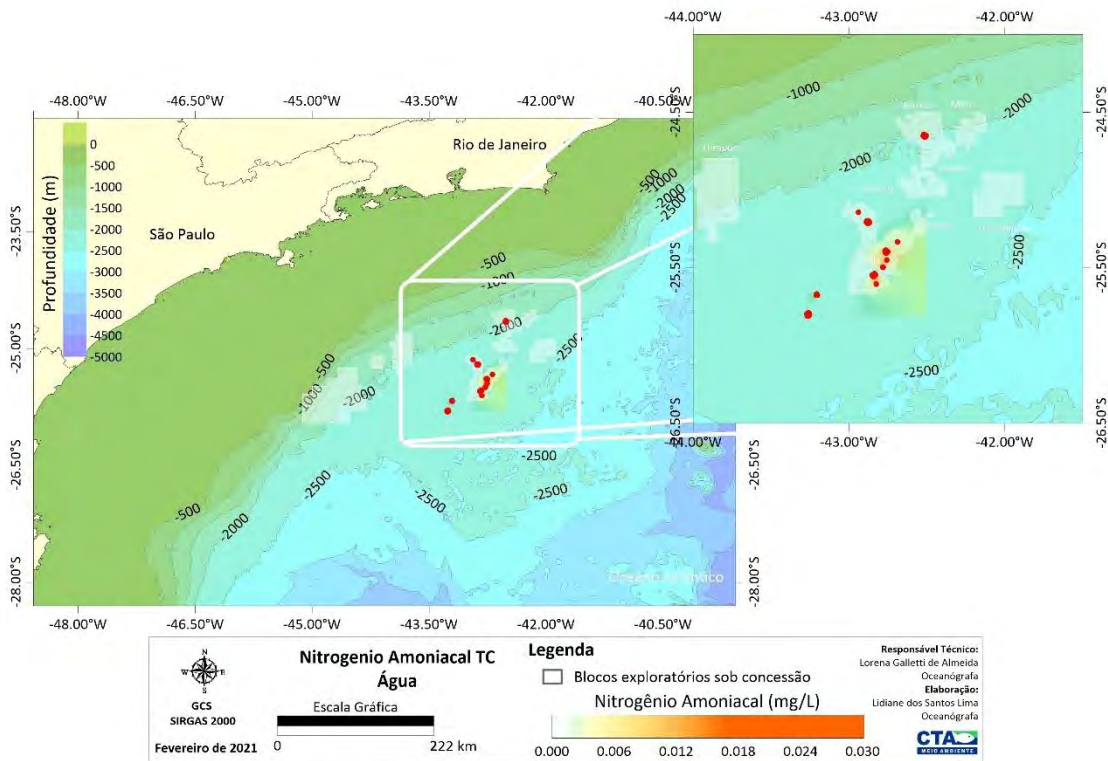


Figura II.5.1.2-17– Variação espacial de nitrogênio amoniacoal (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

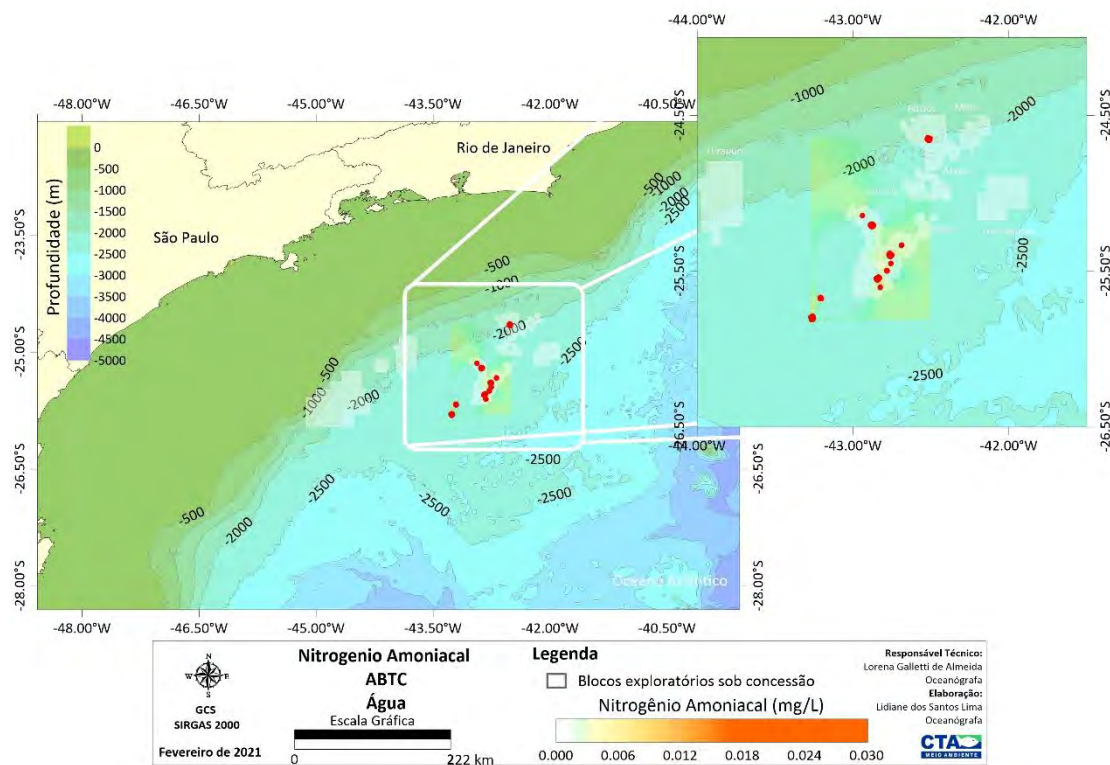


Figura II.5.1.2-18– Variação espacial de nitrogênio amoniacoal (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

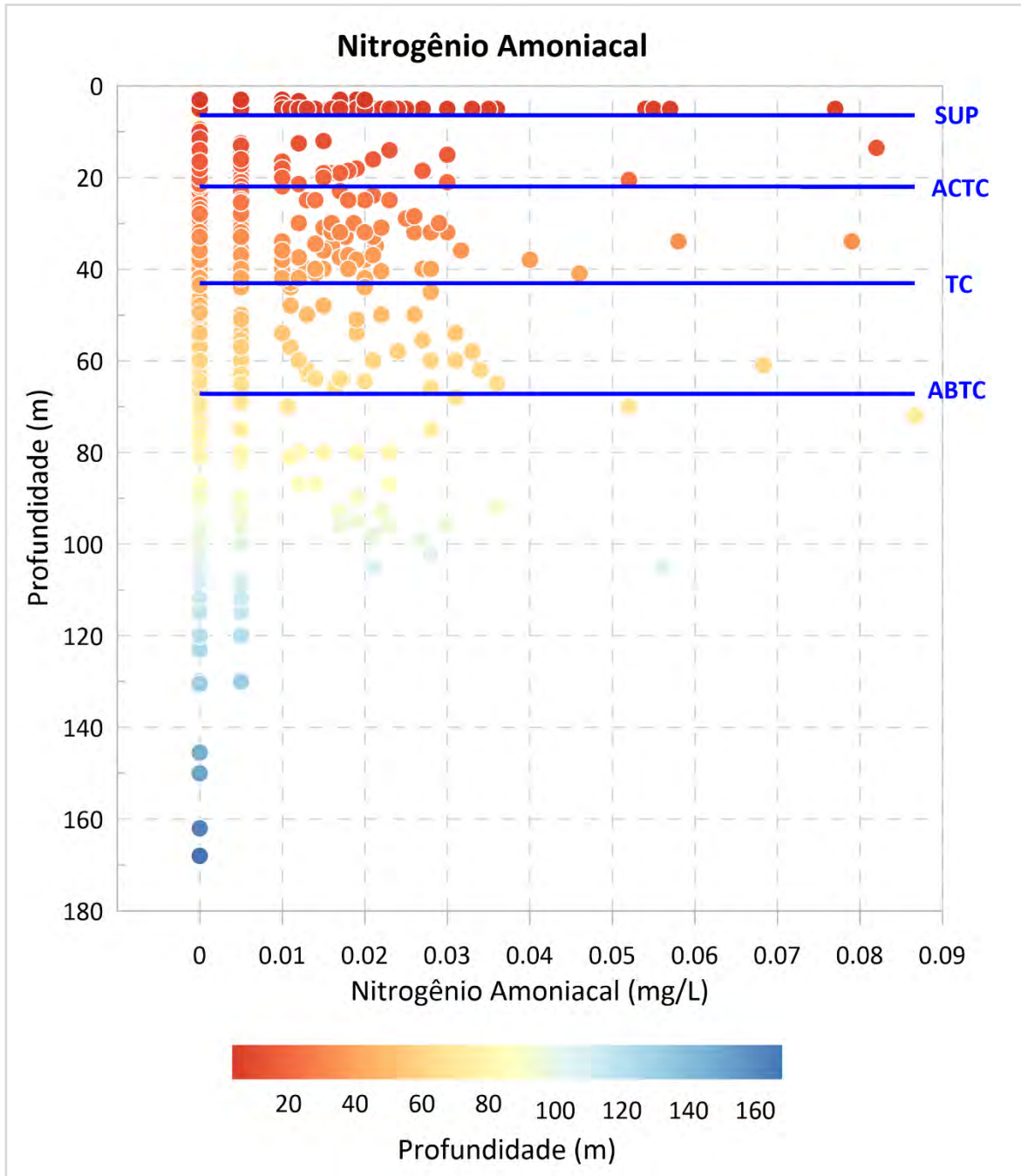


Gráfico II.5.1.2-7– Perfil vertical das concentrações de nitrogênio amoniacal (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

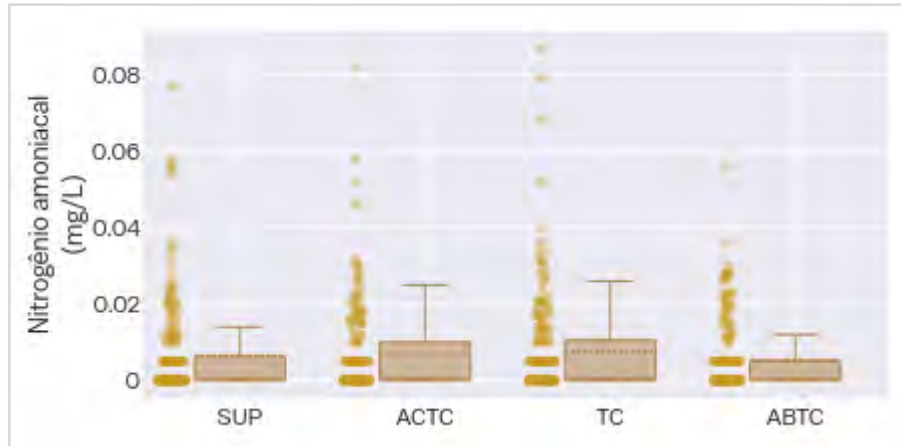


Gráfico II.5.1.2-8– Box-plot das concentrações de nitrogênio amoniacoal (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

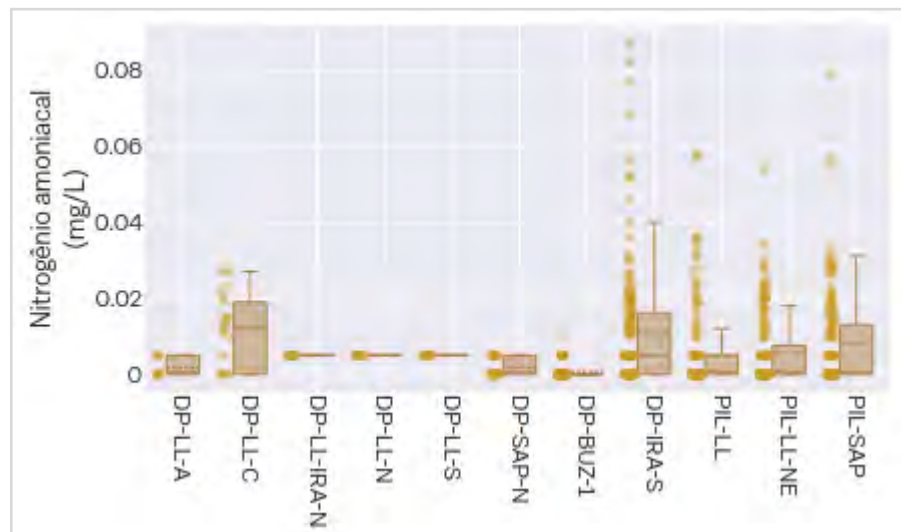


Gráfico II.5.1.2-9– Concentrações de nitrogênio amoniacoal (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

Com relação ao nitrito, a área de estudos apresentou concentração máxima de 0,2310 mg/L e mínima de 0,0000 mg/L (abaixo do limite de detecção; n=295 de 789), com média de $0,0054 \pm 0,0149$ mg/L. A **Figura II.5.1.2-19** a **Figura II.5.1.2-22** ilustram a distribuição espacial do nitrito nas diferentes camadas analisadas (superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina). O perfil vertical

ilustrado pelo **Gráfico II.5.1.2-10**, assim como as medidas de posição dadas pelos box-plots apresentados no **Gráfico II.5.1.2-11**, mostram uma reduzida variação nas concentrações de nitrito entre as camadas da coluna d'água, sendo as maiores médias observadas acima ($0,0057 \pm 0,0186$ mg/L) e abaixo da termoclina ($0,0057 \pm 0,0176$ mg/L) e as menores na termoclina ($0,0047 \pm 0,0096$ mg/L) e em superfície ($0,0053 \pm 0,0121$ mg/L).

Em toda área de estudos, apenas amostras pontuais coletadas no entorno de DP-IRA-S (n=3), PIL-LL (n=2) e PIL-SAP (n=1) (**Gráfico II.5.1.2-12**), apresentaram teores de nitrito superiores ao limite máximo de 0,07 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para água salinas de classe 1.

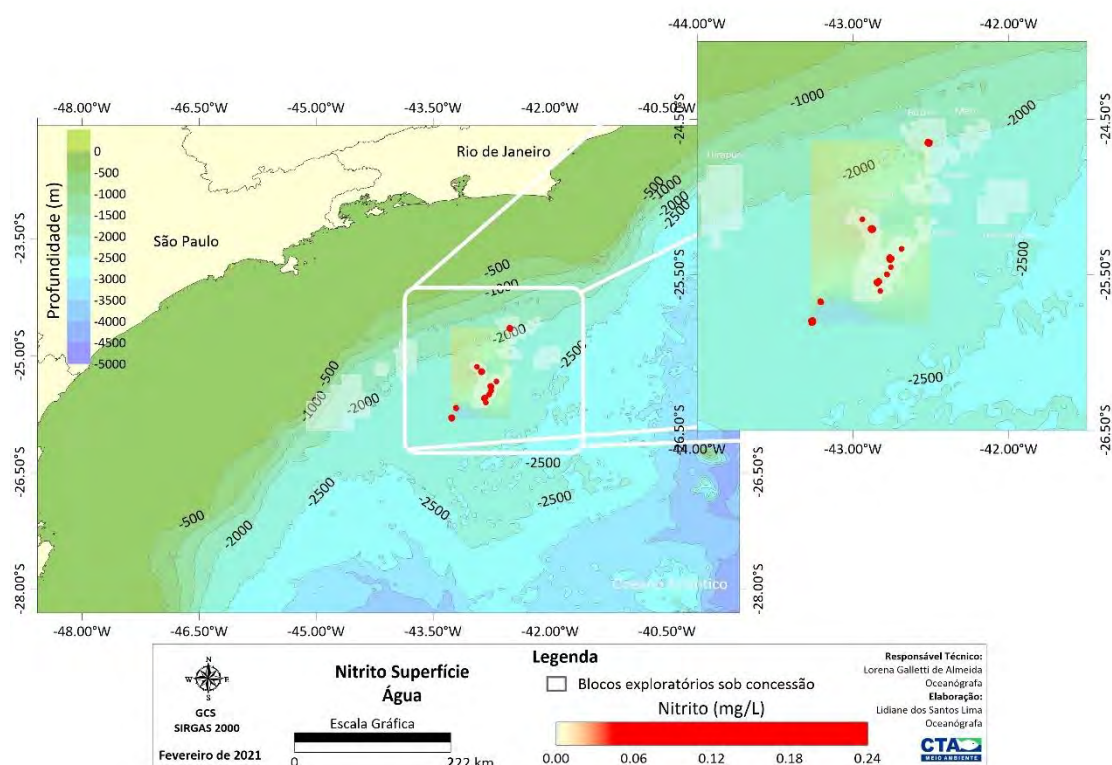


Figura II.5.1.2-19– Variação espacial de nitrito (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

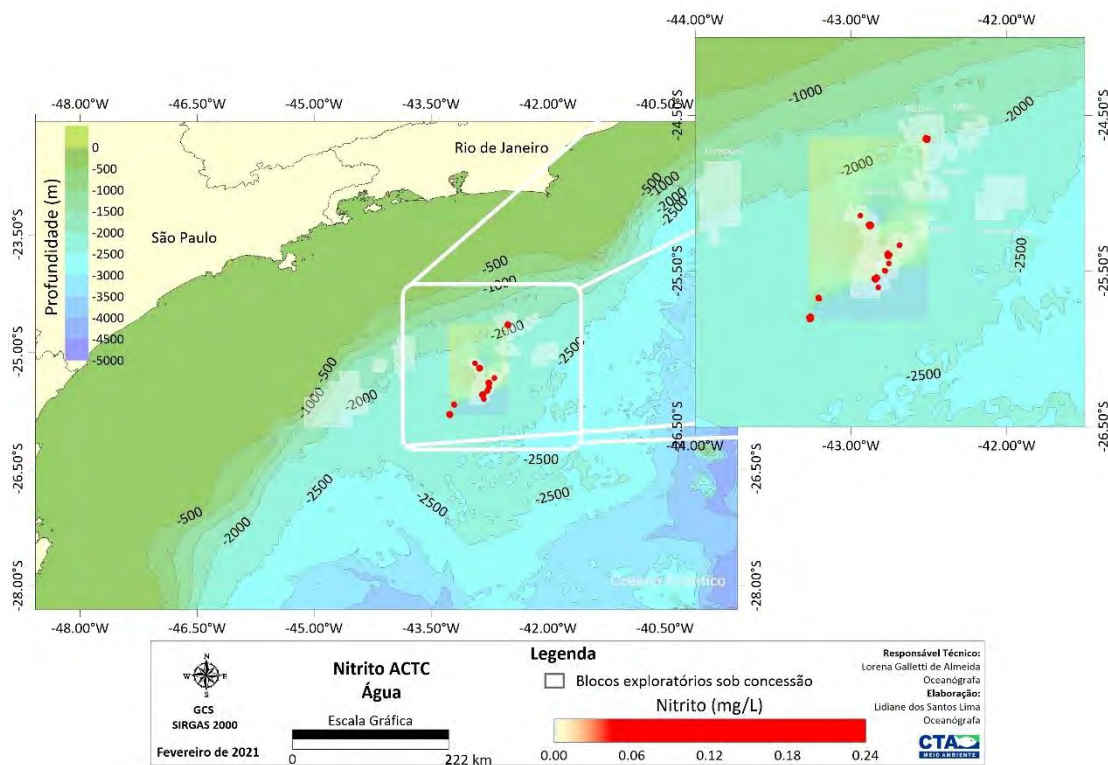


Figura II.5.1.2-20– Variação espacial de nitrito (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

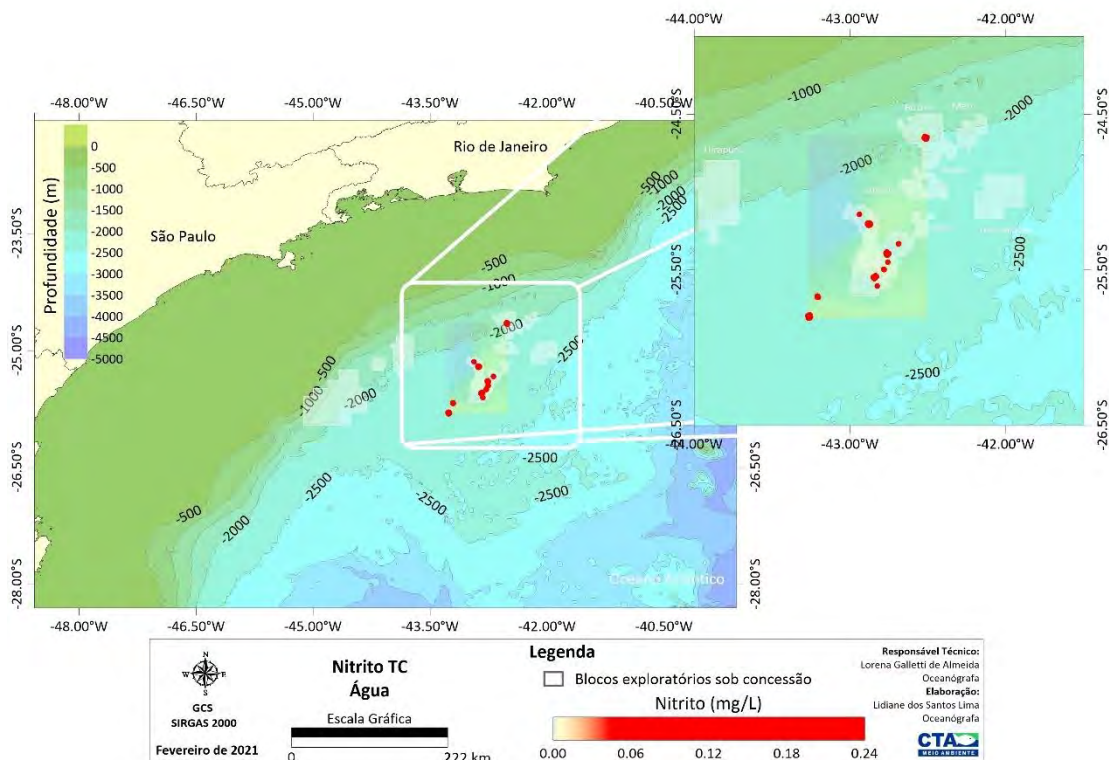


Figura II.5.1.2-21– Variação espacial de nitrito (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

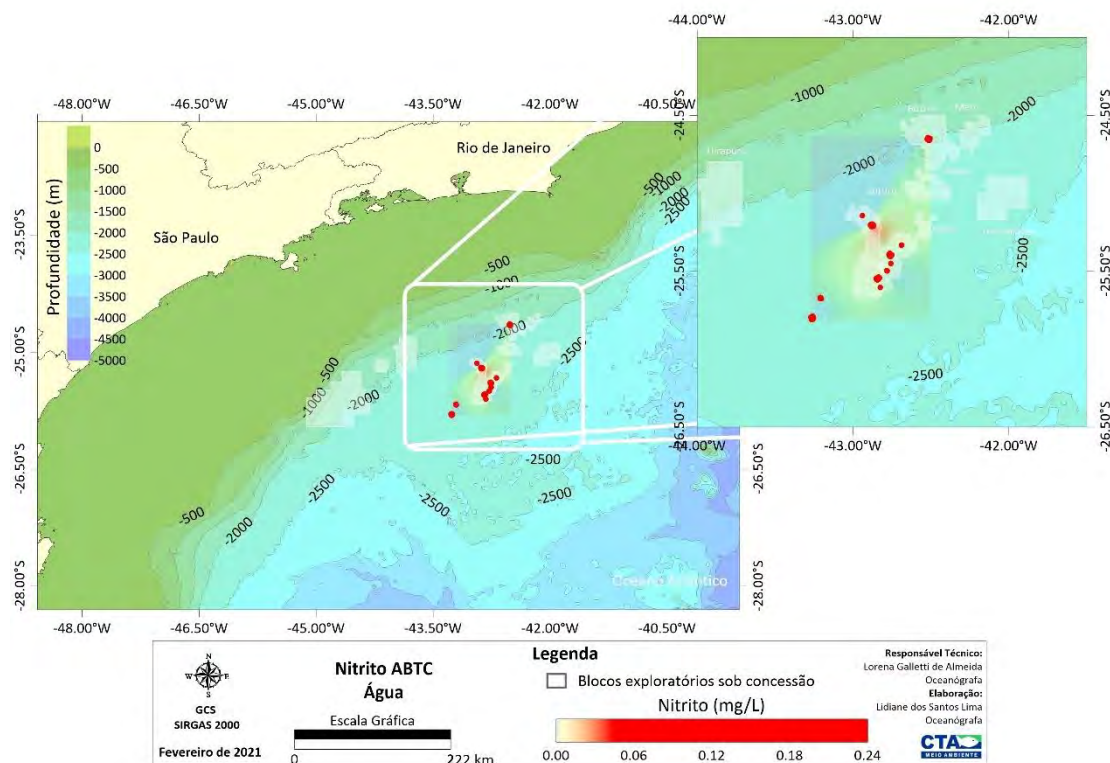


Figura II.5.1.2-22– Variação espacial de nitrito (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

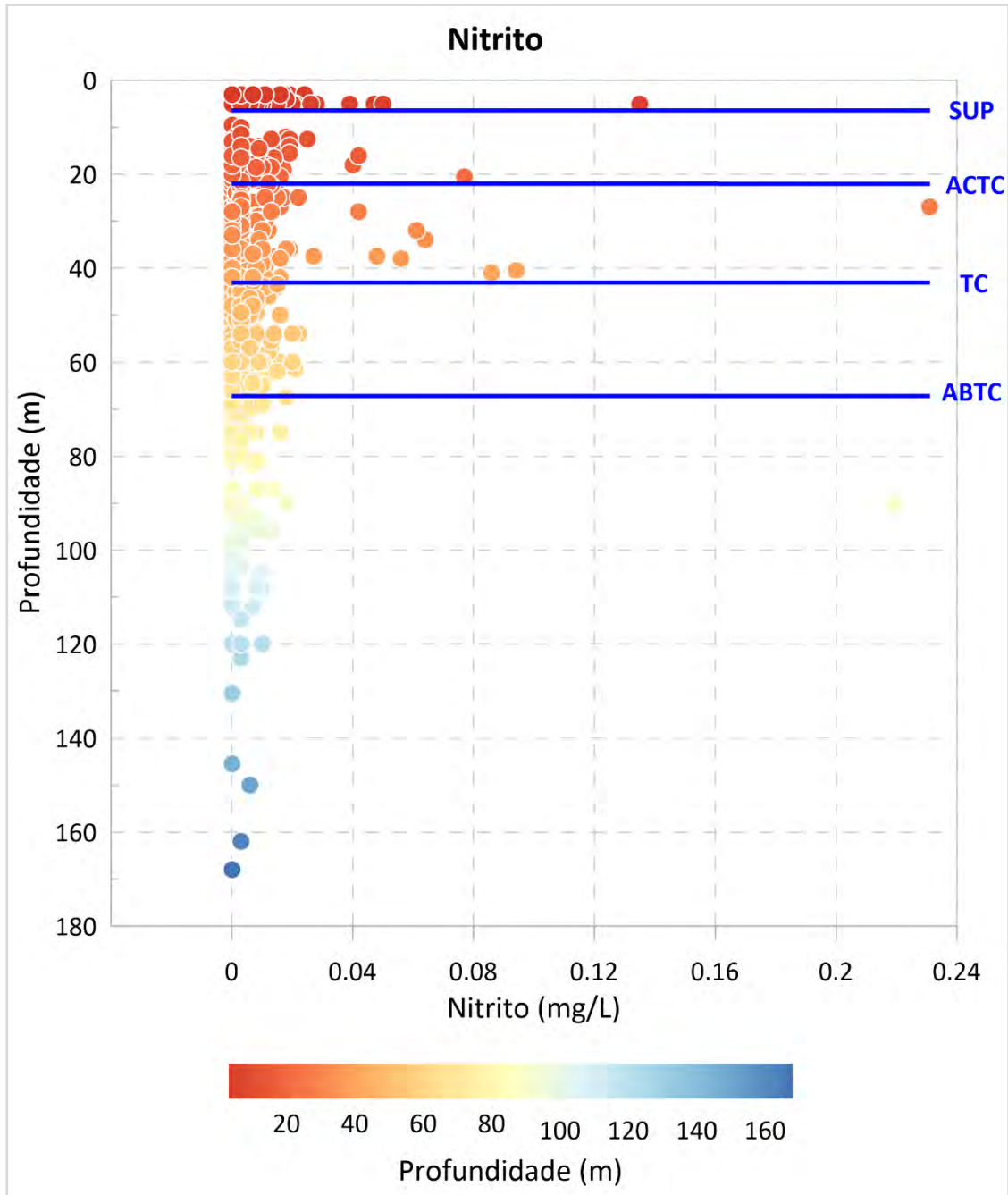


Gráfico II.5.1.2-10– Perfil vertical das concentrações de nitrito (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

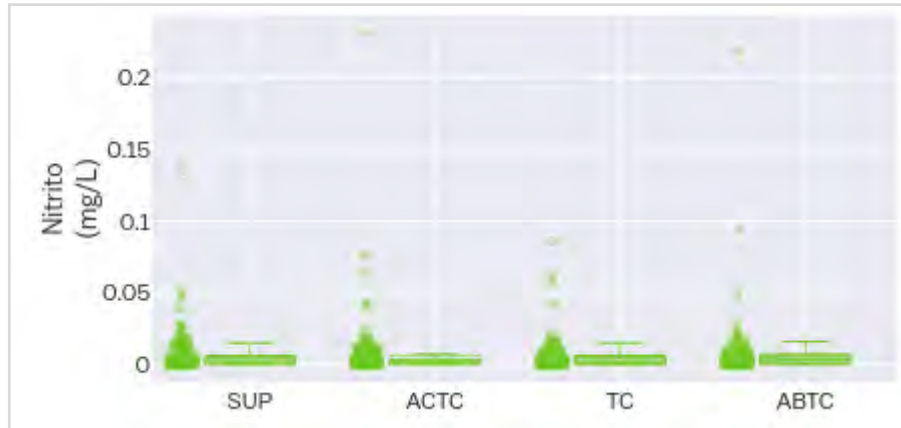


Gráfico II.5.1.2-11– Box-plot das concentrações de nitrito (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

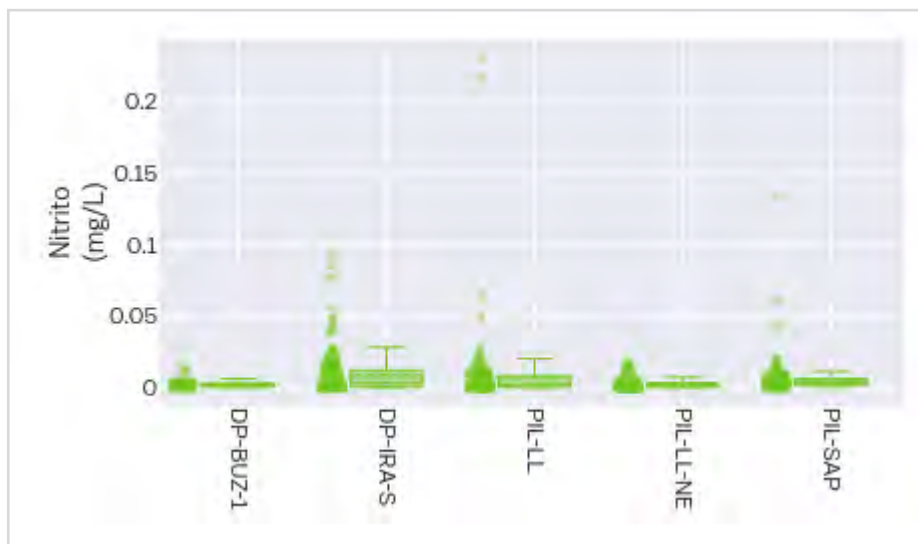


Gráfico II.5.1.2-12– Concentrações de nitrito (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

O nitrato apresentou concentração máxima de 1,7 mg/L e mínima de 0,0 mg/L (abaixo do limite de detecção; n=344 de 789), com média de $0,0757 \pm 0,1786$ mg/L na área de estudo na Bacia de Santos. Na distribuição espacial de nitrato em superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina é apresentada na **Figura II.5.1.2-23** a **Figura II.5.1.2-26**, é possível observar que a região abaixo

da termoclina ocorrem os maiores valores, com destaque para a porção mais profunda da área de estudos. O **Gráfico II.5.1.2-13** mostra o perfil vertical e o **Gráfico II.5.1.2-14** o box-plot das concentrações de nitrato, com valores oscilando entre $0,0696 \pm 0,1549$ mg/L na região da termoclina e $0,0878 \pm 0,2139$ mg/L abaixo da termoclina.

Um total de 43 amostras apresentaram concentração superior a 0,4 mg/L, limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para água salinas de classe 1 **Gráfico II.5.1.2-15**). As concentrações que excederam este limite foram verificadas, principalmente na terceira campanha de DP-IRA-S (n=23) e quarta campanha de PIL-LL-NE (n=16).

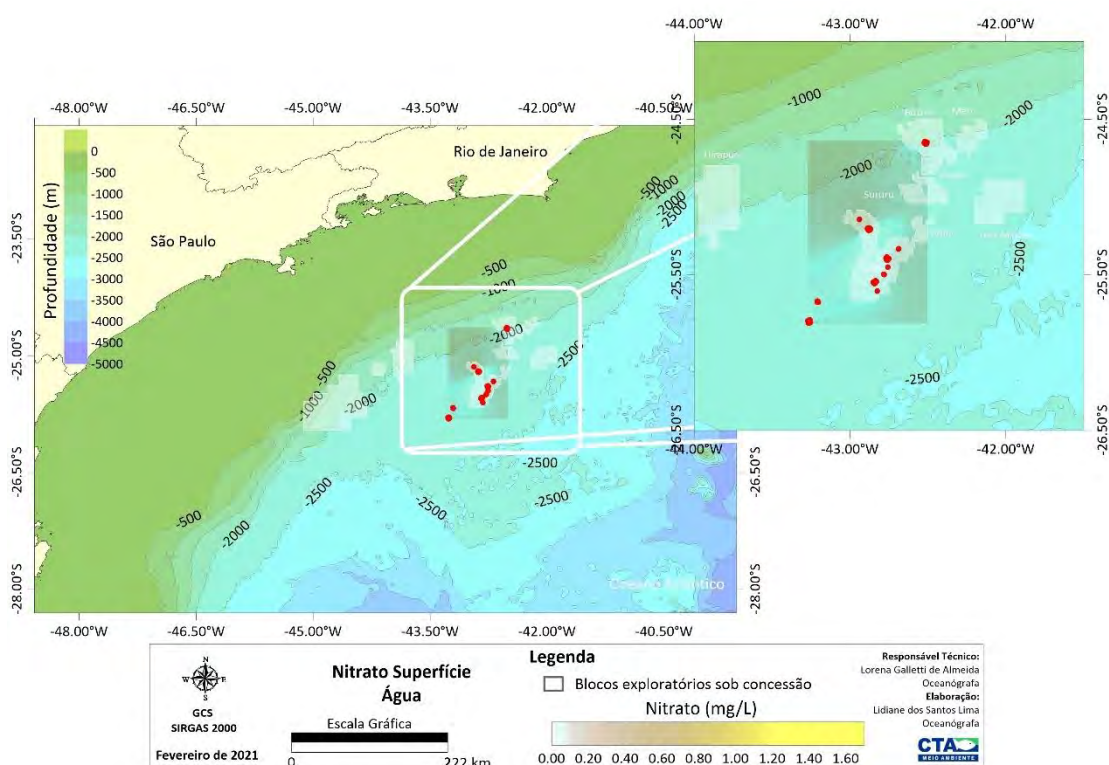


Figura II.5.1.2-23– Variação espacial de nitrato (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

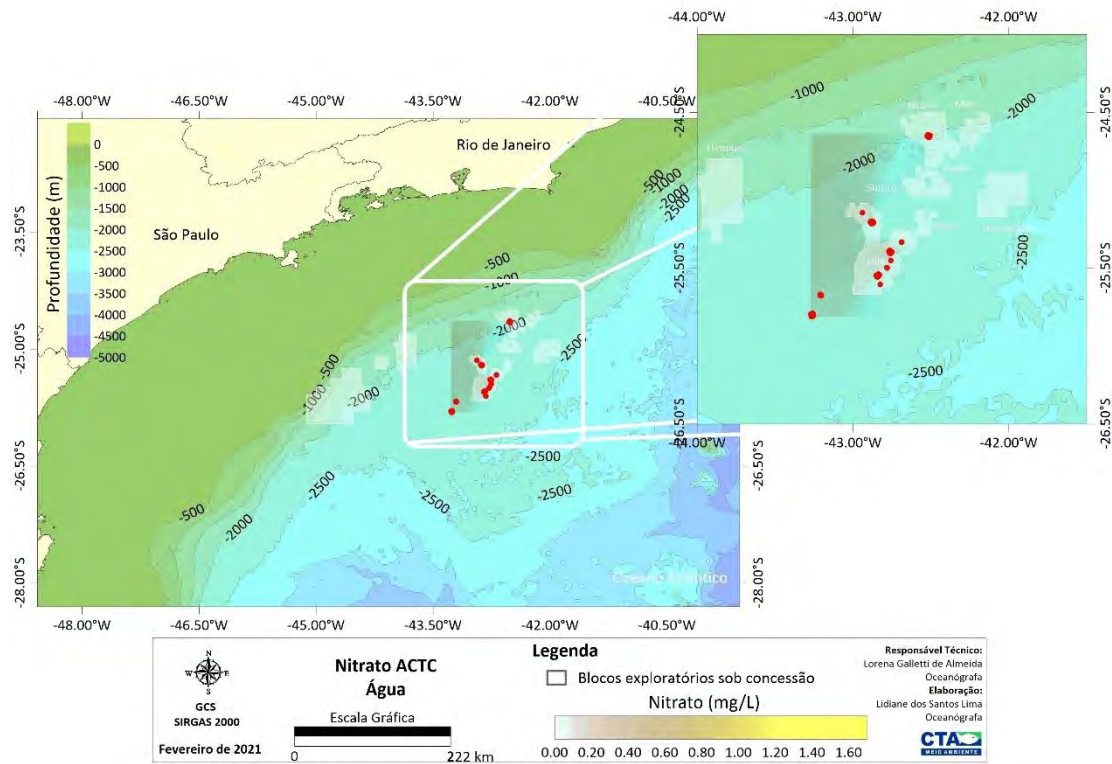


Figura II.5.1.2-24– Variação espacial de nitrato (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

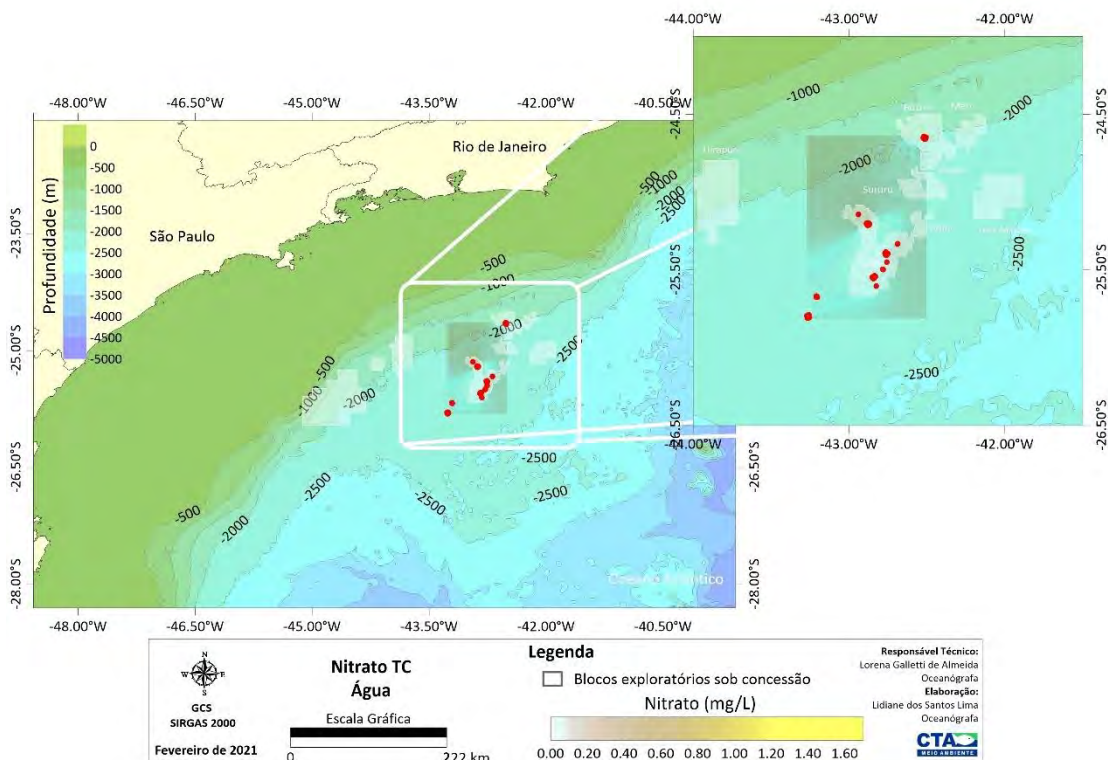


Figura II.5.1.2-25– Variação espacial de nitrato (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

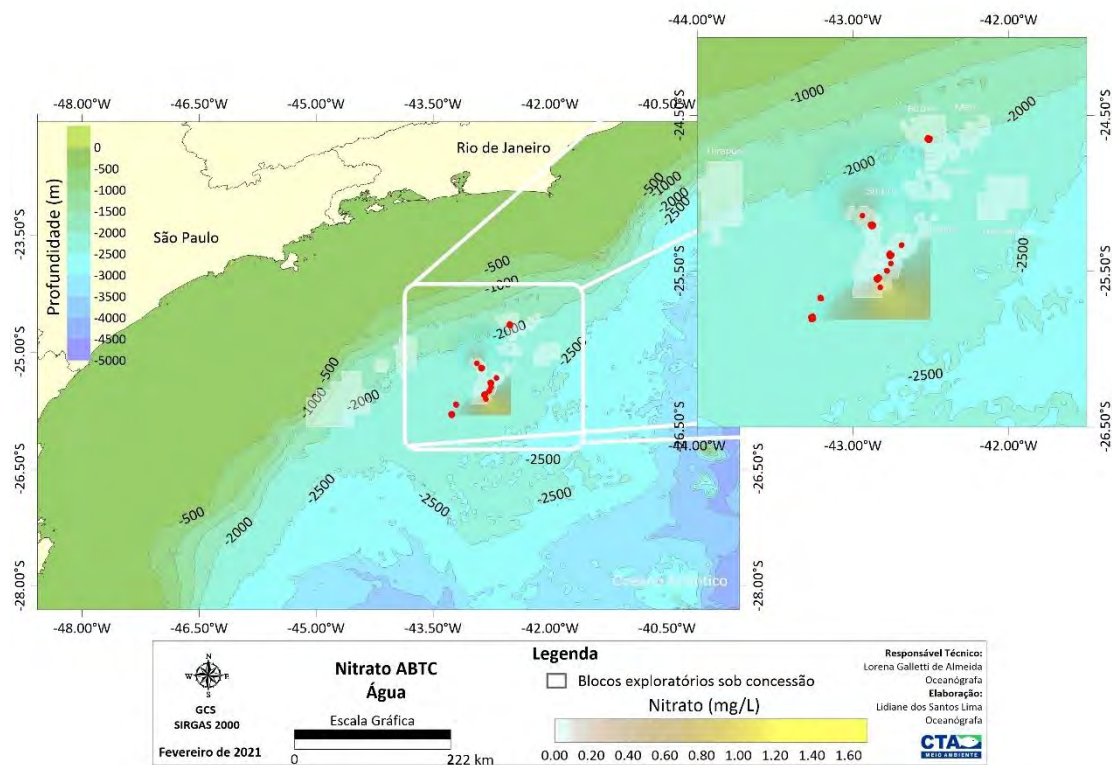


Figura II.5.1.2-26– Variação espacial de nitrato (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200°m), na área de estudos, Bacia de Santos.

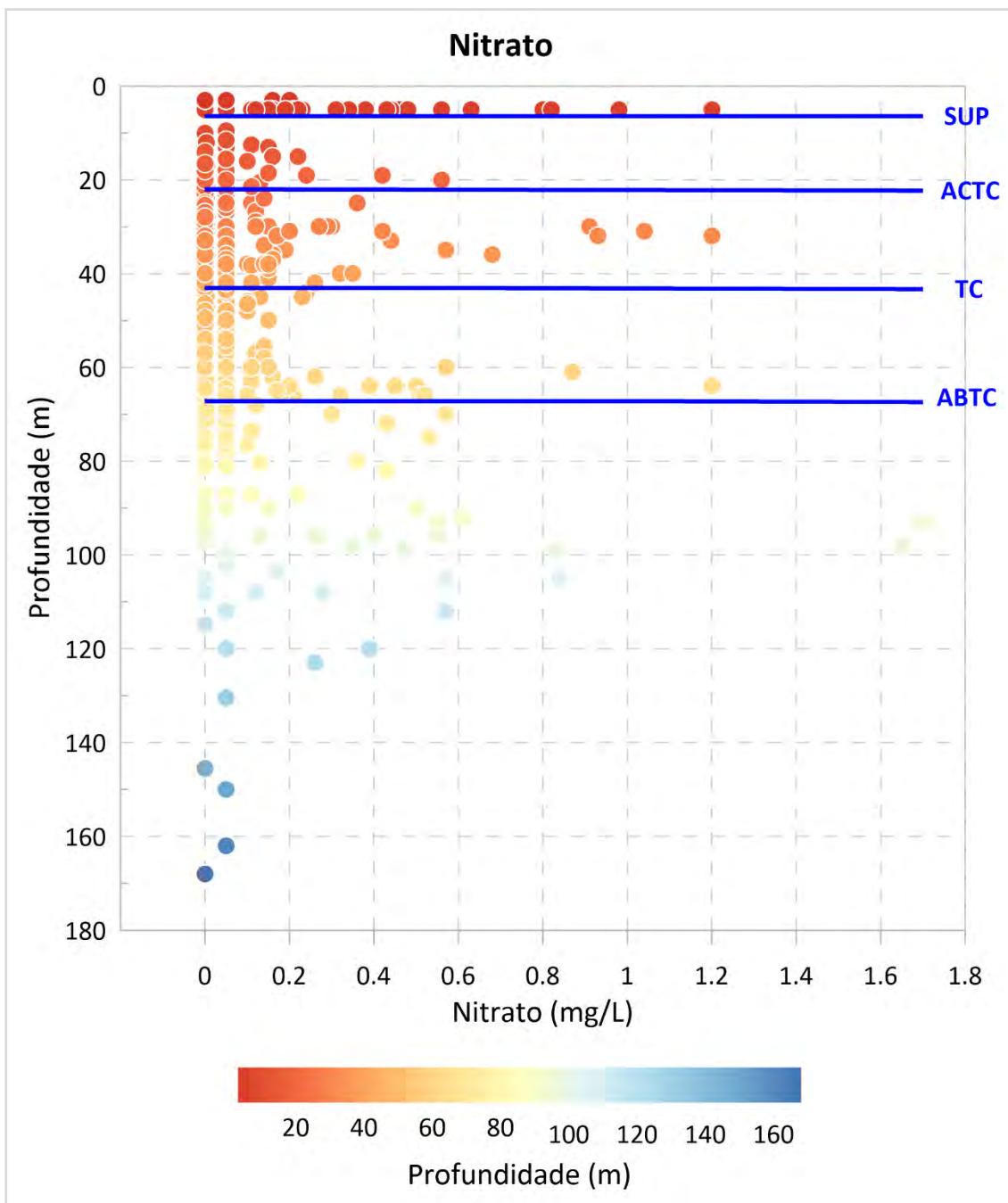


Gráfico II.5.1.2-13– Perfil vertical das concentrações de nitrato (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

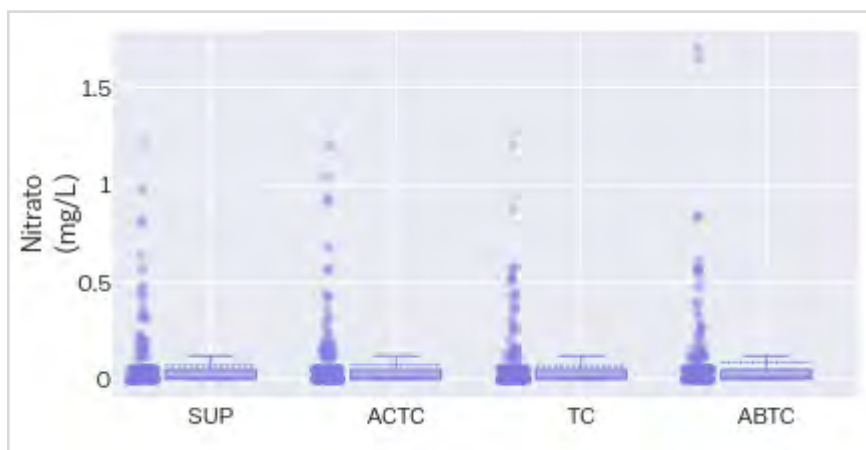


Gráfico II.5.1.2-14– Box-plot das concentrações de nitrato (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

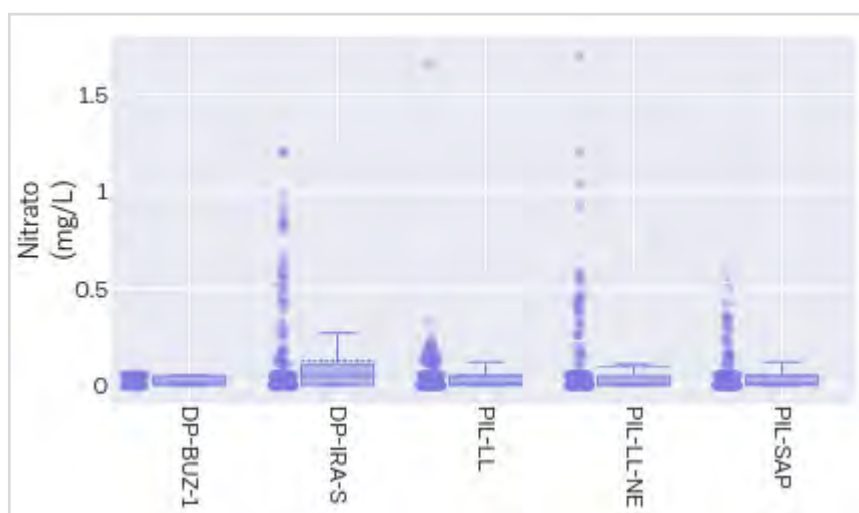


Gráfico II.5.1.2-15– Concentrações de nitrato (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

A concentração de fosfato na área de estudos apresentou média de $0,0043 \pm 0,0098$ mg/L, variando entre 0,0000 (abaixo do limite de detecção; n=576 de 789) e 0,1000 mg/L. A distribuição espacial do fosfato na superfície (**Figura II.5.1.2-27**), acima da termoclina (**Figura II.5.1.2-28**), termoclina (**Figura II.5.1.2-29**) e abaixo da termoclina (**Figura II.5.1.2-30**) indica reduzida variabilidade entre as camadas, sendo as maiores concentrações verificadas na porção mais ao sul da área de

estudos. O **Gráfico II.5.1.2-16** e o **Gráfico II.5.1.2-17** apresentam o perfil vertical e o box-plot dos teores de fosfato, nesta ordem, com valores médios ligeiramente superiores na região da termoclina ($0,0050 \pm 0,0116$ mg/L) e inferiores na camada superficial ($0,0035 \pm 0,0075$ mg/L).

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas salinas classe 1, o valor máximo para o parâmetro fosfato é de 0,062 mg/L, sendo este limite ultrapassado em apenas duas amostras, uma em PIL-LL e outra em PIL-SAP (**Gráfico II.5.1.2-18**).

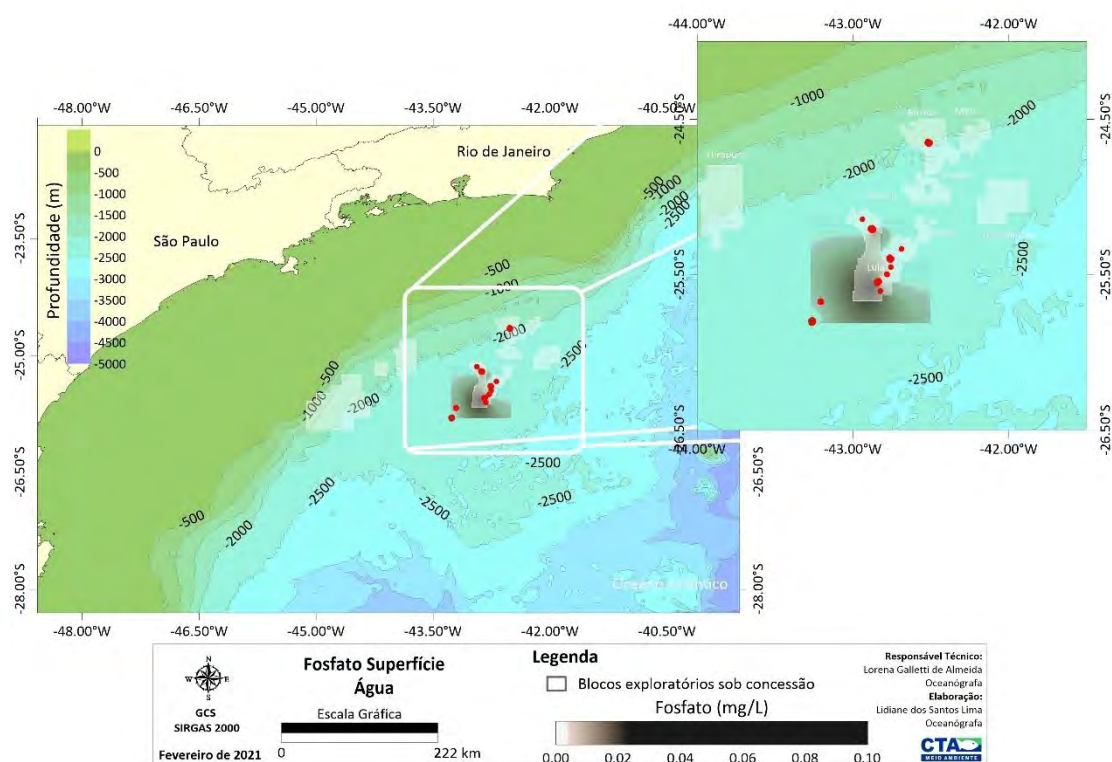


Figura II.5.1.2-27– Variação espacial de fosfato (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

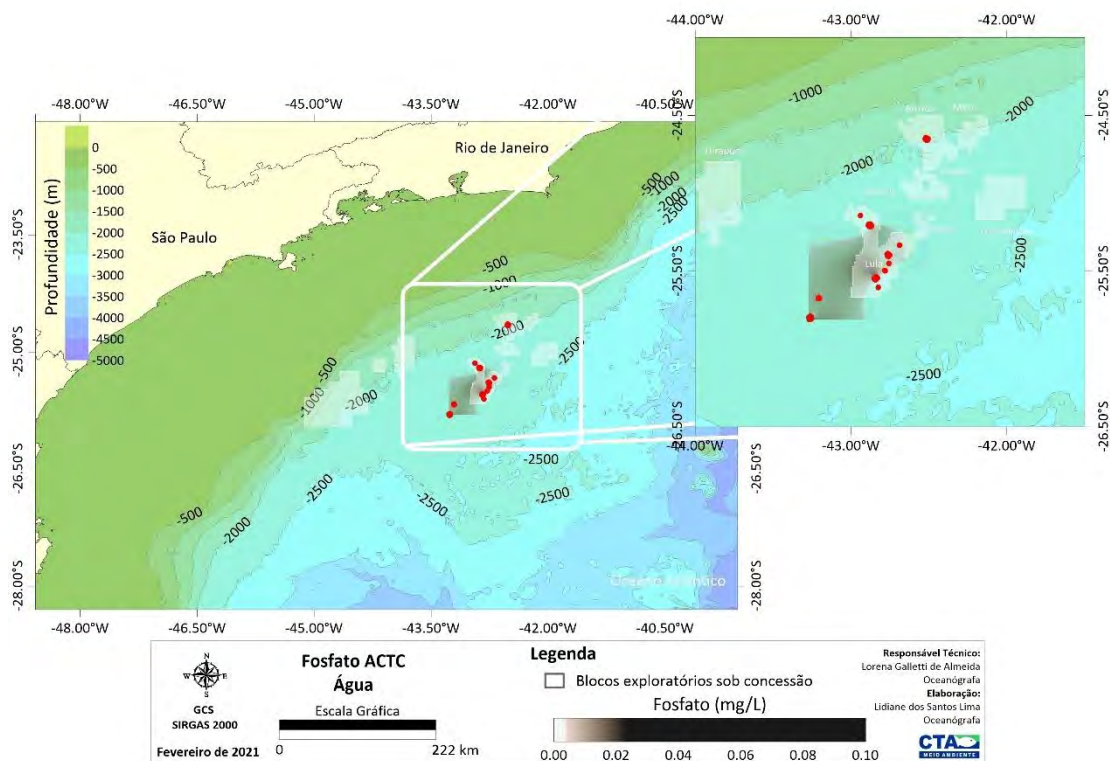


Figura II.5.1.2-28– Variação espacial de fosfato (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

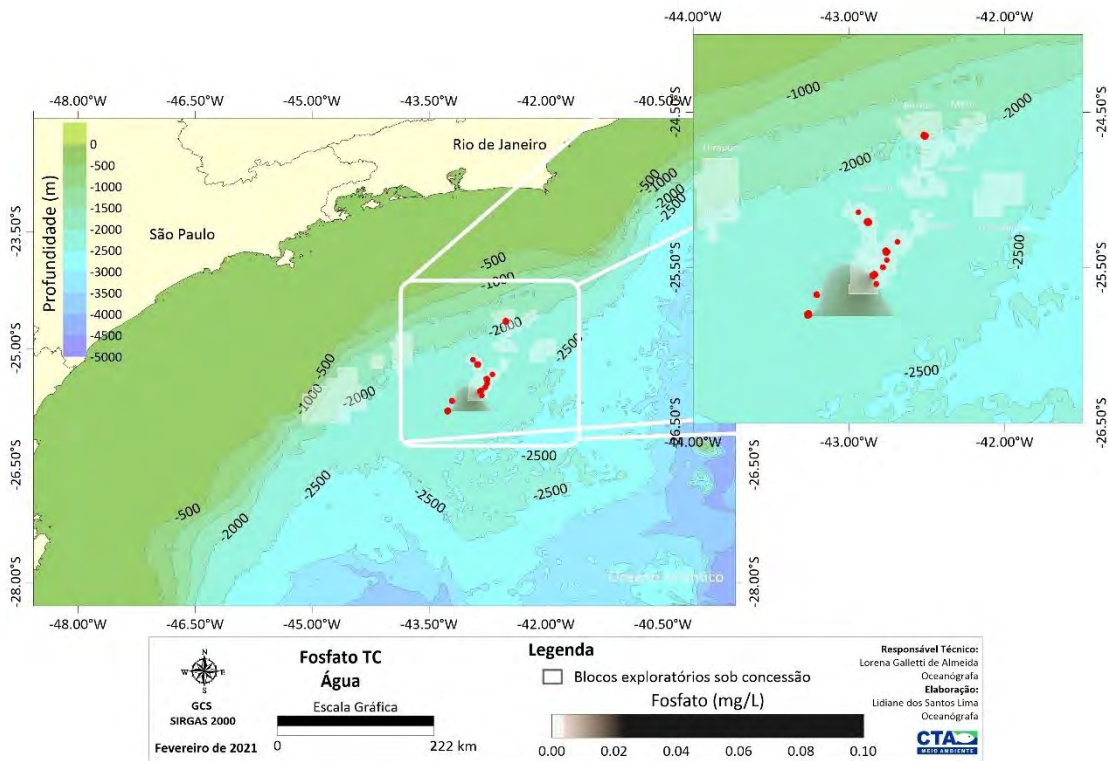


Figura II.5.1.2-29– Variação espacial de fosfato (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

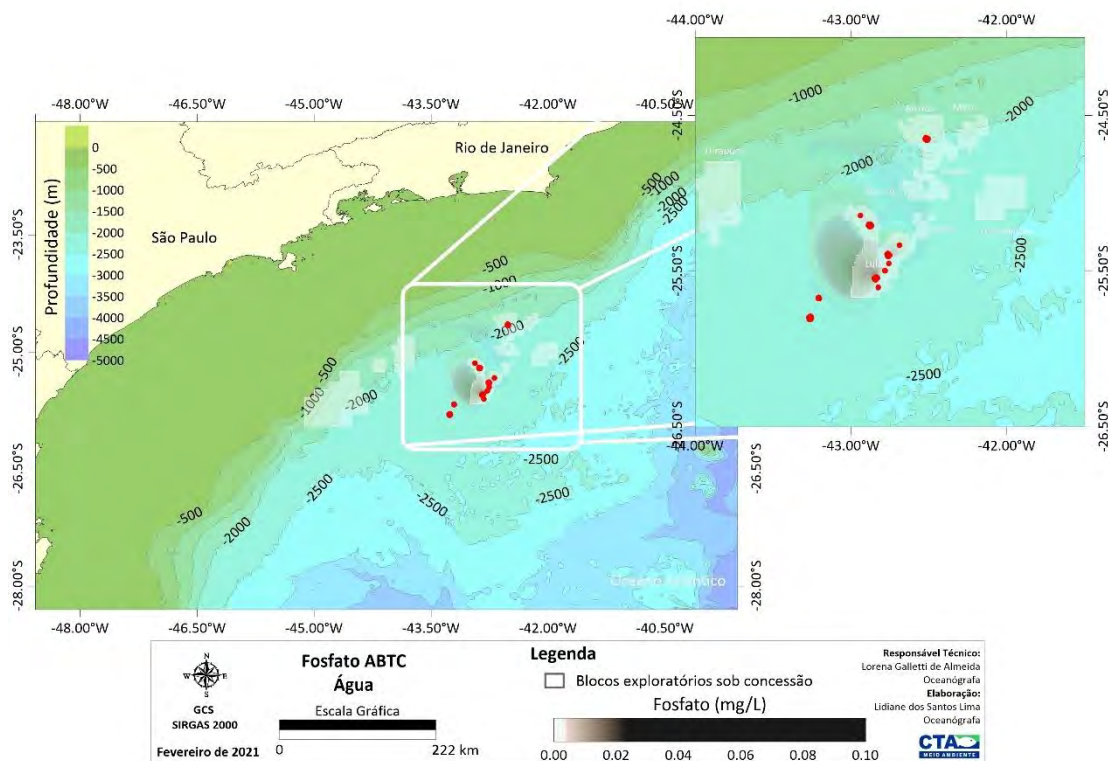


Figura II.5.1.2-30– Variação espacial de fosfato (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200°m), na área de estudos, Bacia de Santos.

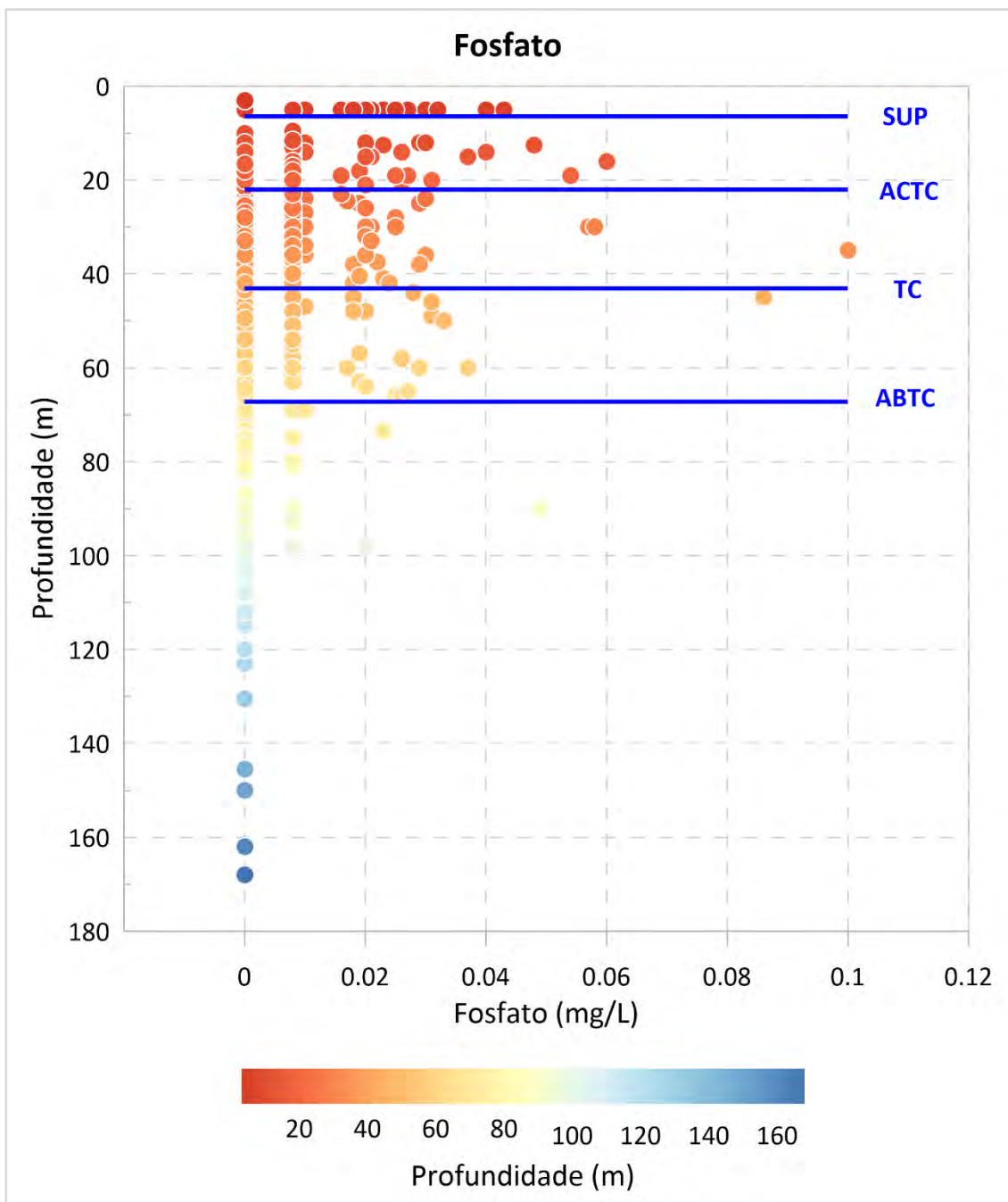


Gráfico II.5.1.2-16– Perfil vertical das concentrações de fosfato (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

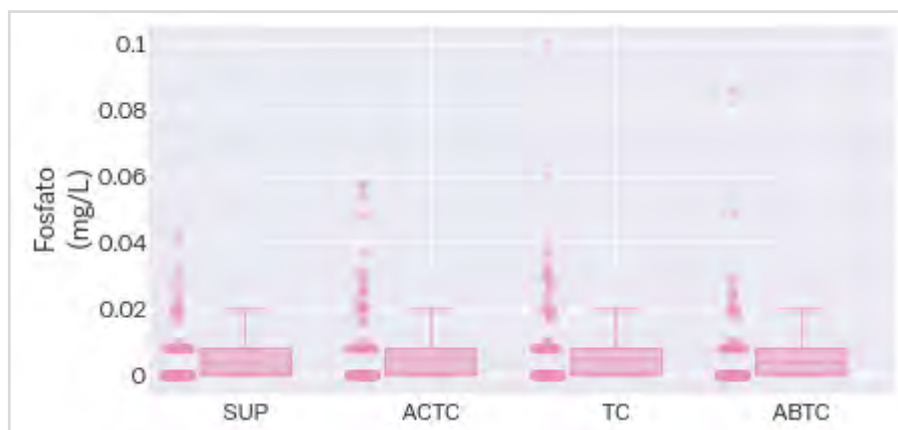


Gráfico II.5.1.2-17– Box-plot das concentrações de fosfato (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.



Gráfico II.5.1.2-18– Concentrações de fosfato (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

A.5. Carbono Orgânico Total (COT)

O principal agente responsável na produção de carbono orgânico (CO) anualmente nos oceanos, em escala global, é a produção primária fitoplanctônica, produzindo aproximadamente $2,31 \times 10^{16}$ g de C (CHESTER, 2003; MILLERO, 2002). Outro fato interessante é que cerca de 80% dessa produção ocorre em mar aberto e cerca de 20% em regiões costeiras (CHESTER, 2003). Contudo, as

margens continentais são apontadas como os principais reservatórios de CO no ambiente marinho, recebendo um aporte de aproximadamente $1,3 \times 10^{14}$ g de CO por ano, levando-se em conta nessa estimativa material tanto de origem terrestre quanto marinha (PRAHL *et al.*, 1994).

Ao longo da área de estudos, o COT apresentou concentração média de $1,02 \pm 0,45$ mg/L, com valores máximo e mínimo de 3,15 mg/L e 0,00 mg/L (abaixo do limite de detecção; n=4 de 728), respectivamente. A distribuição espacial do carbono orgânico total é apresentada na **Figura II.5.1.2-31** à **Figura II.5.1.2-34** para a superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina. A partir das referidas figuras observa-se pequena variação nos teores entre as camadas, no entanto a porção mais ao sul mostra maiores concentrações quando comparada com a porção mais ao norte. O **Gráfico II.5.1.2-19** e o **Gráfico II.5.1.2-20** ilustram o perfil vertical e o box-plot dos teores de COT, respectivamente.

Conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas salinas classe 1, o valor máximo permitido para o parâmetro COT é de 3,0 mg/L, o qual foi excedido em apenas duas amostras (DP-SAP-N e DP-BUZ-1) (**Gráfico II.5.1.2-21**).

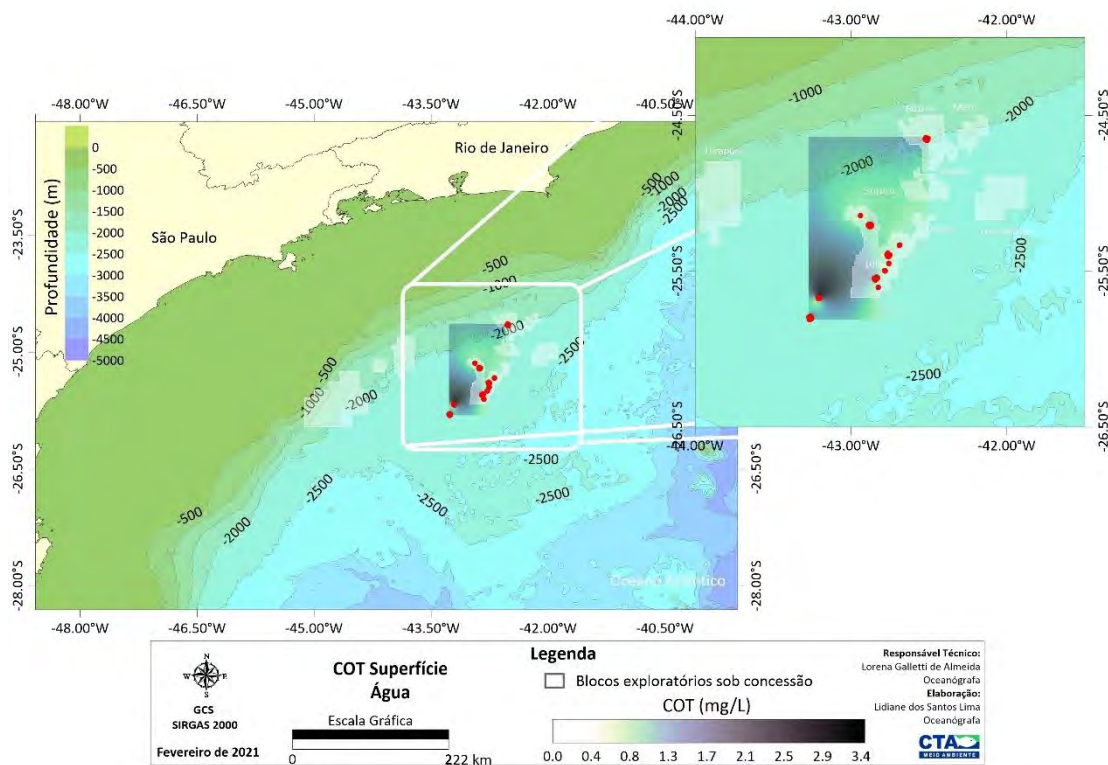


Figura II.5.1.2-31– Variação espacial de carbono orgânico total (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

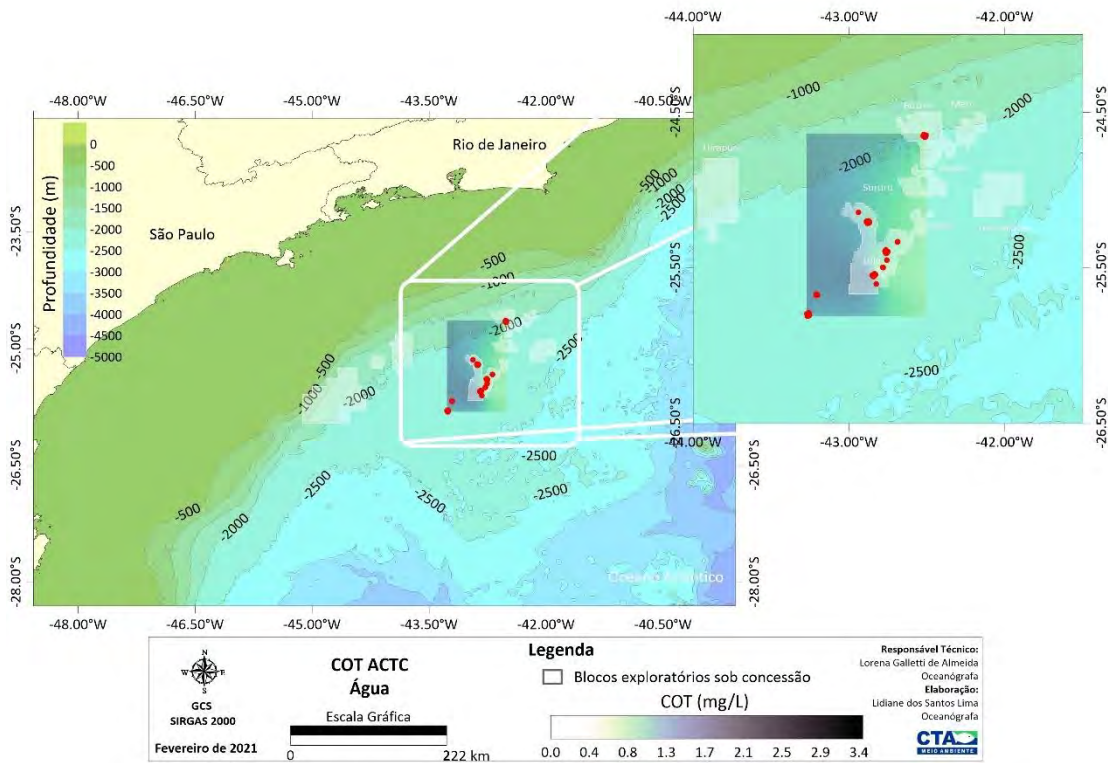


Figura II.5.1.2-32– Variação espacial de carbono orgânico total (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

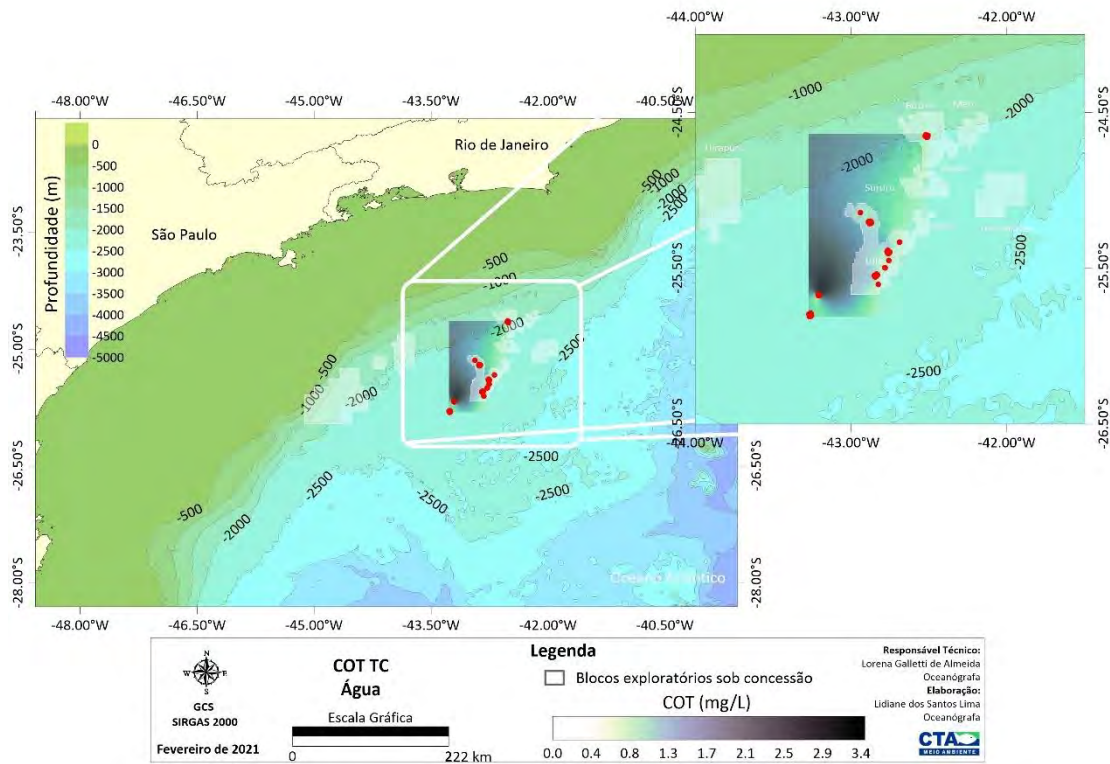


Figura II.5.1.2-33– Variação espacial de carbono orgânico total (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

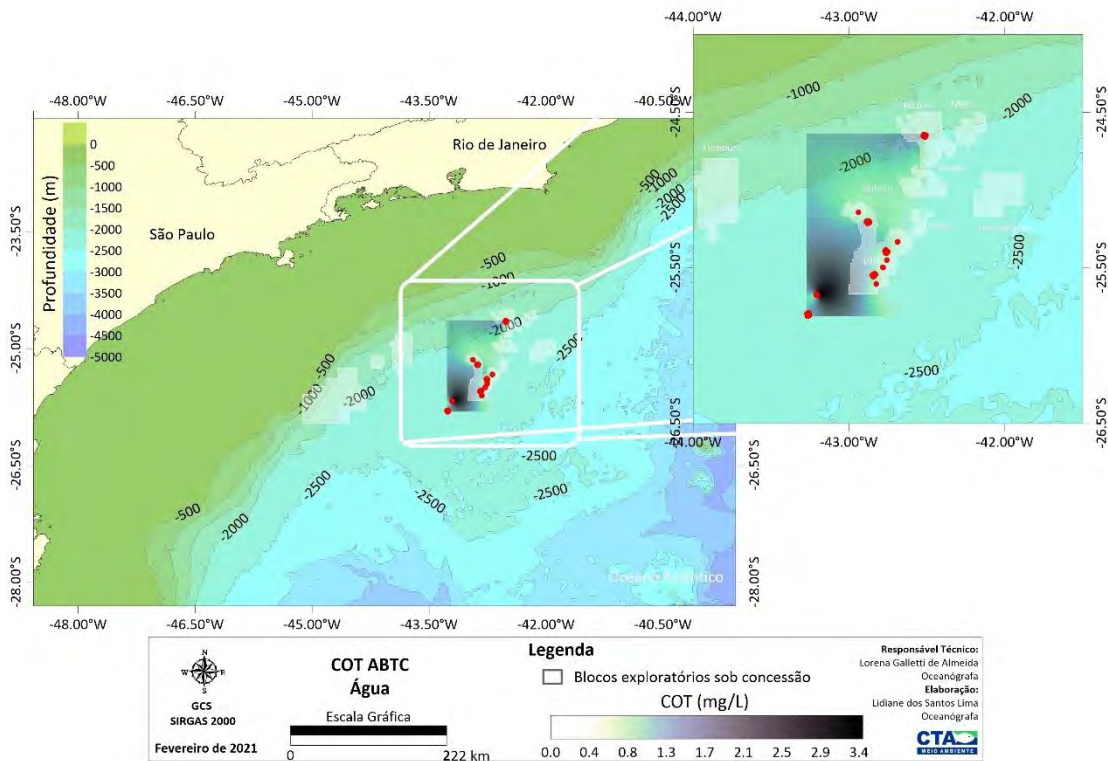


Figura II.5.1.2-34– Variação espacial de carbono orgânico total (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

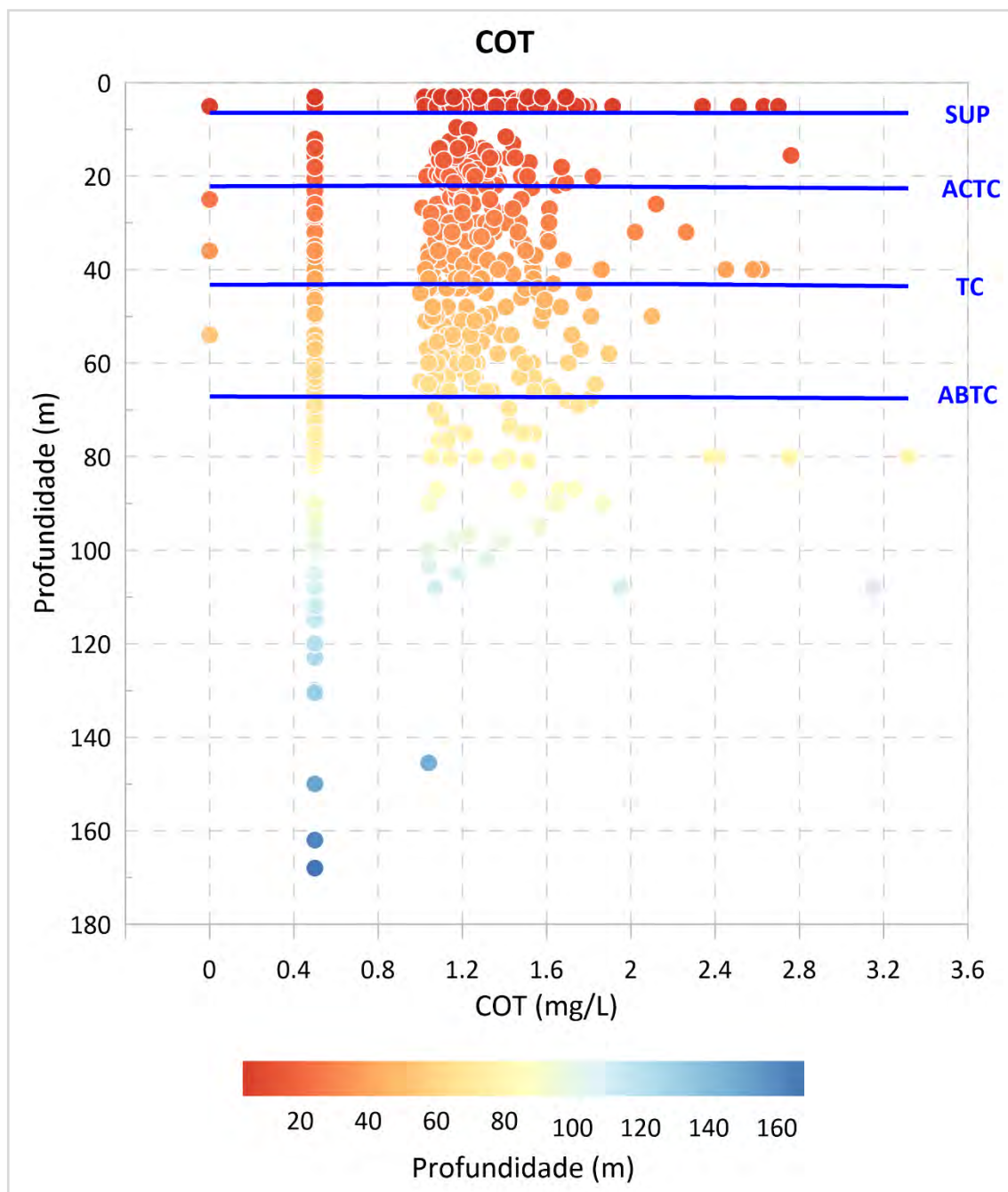


Gráfico II.5.1.2-19– Perfil vertical das concentrações de carbono orgânico total (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

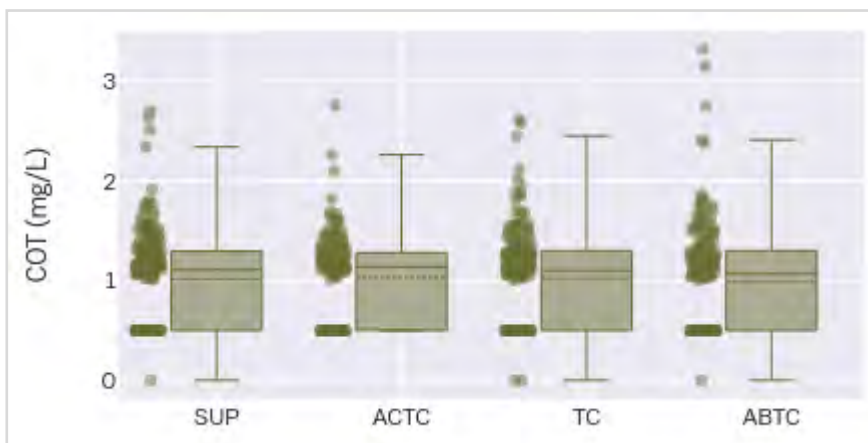


Gráfico II.5.1.2-20– *Box-plot das concentrações de carbono orgânico total (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.*

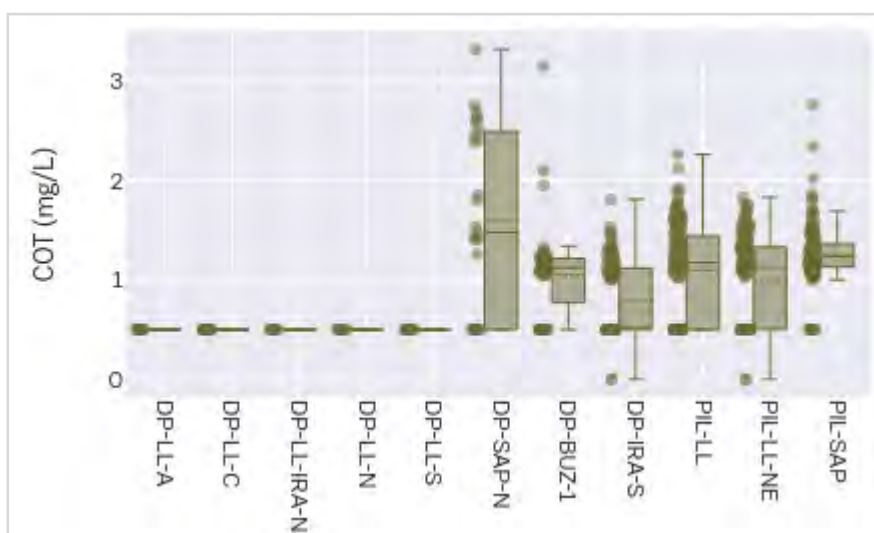


Gráfico II.5.1.2-21– *Concentrações de carbono orgânico total (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.*

A.6. Sulfetos

Os sulfetos são encontrados amplamente na natureza, provenientes dos campos de petróleo e gás natural, das águas subterrâneas, das zonas pantanosas, das jazidas de sal, de carvão, de minérios sulfetados e da emissão de vulcões, ou

seja, são originários de processos geológicos baseados em diversos mecanismos físico-químicos ou microbiológicos.

O oxigênio dissolvido na água do mar é utilizado por bactérias para oxidar a matéria orgânica transformando-a em CO₂, água e íons inorgânicos. Em águas profundas de bacias estagnadas e em áreas marinhas onde a troca de água é muito lenta ou há alta carga de matéria orgânica, todo o oxigênio é utilizado no processo de oxidação. Nesse tipo de águas anóxicas, forma-se o sulfeto, através da redução de íons sulfato por bactérias redutoras (FONSELIUS, 1983).

Os sulfetos podem originar-se também a partir de atividades industriais, através de processos de remoção química e/ou lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentação, de decações ácidas, etc. (MAINIER e VIOLA, 2005), apresentando considerável representatividade em esgotos sanitários e outros.

Em ambientes pelágicos, com alta oxigenação, não é esperada a presença de altos teores de sulfetos. A presença desses compostos nas águas onde há atividade de produção de petróleo pode indicar uma possível contaminação do ambiente por esta atividade, sendo assim, é de grande importância a sua análise em programas de monitoramento das áreas de produção e exploração petrolífera.

Na área de estudos da Bacia de Santos, as concentrações de sulfetos variaram entre 0,000 mg/L (abaixo do limite de detecção; n=471 de 793) e 0,0490 mg/L, com média de 0,0040 ± 0,0068 mg/L. A **Figura II.5.1.2-35** a **Figura II.5.1.2-38** ilustram a distribuição espacial de sulfetos na área de estudos, indicando concentrações ligeiramente superiores em superfície e ao longo das cotas batimétricas mais profundas. O perfil vertical e o box-plot das concentrações são apresentados no **Gráfico II.5.1.2-22** e **Gráfico II.5.1.2-23**, respectivamente. Em estudo realizado pela PETROBRAS/HABTEC (2003), a menor e a maior concentração de sulfetos foram de 0,00032 mg/L e 0,30 mg/L, respectivamente.

Do total de amostras analisadas (n=793), 135 apresentaram concentração de sulfetos acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas salinas de classe 1, que é de 0,002 mg/L. Somente DP-BUZ-1 não apresentou valores acima do estabelecido pela legislação (**Gráfico II.5.1.2-24**). Cabe ressaltar que o mesmo método foi empregado em todos os projetos utilizados para esta caracterização, no entanto, houve alteração de

laboratório e dos limites de quantificação (LQ = 0,01 mg/L para LQ = 0,002 mg/L) e detecção (LD = 0,002 mg/L para LD = 0,0005 mg/L) entre as campanhas de monitoramento, o que pode explicar parte das diferenças encontradas.

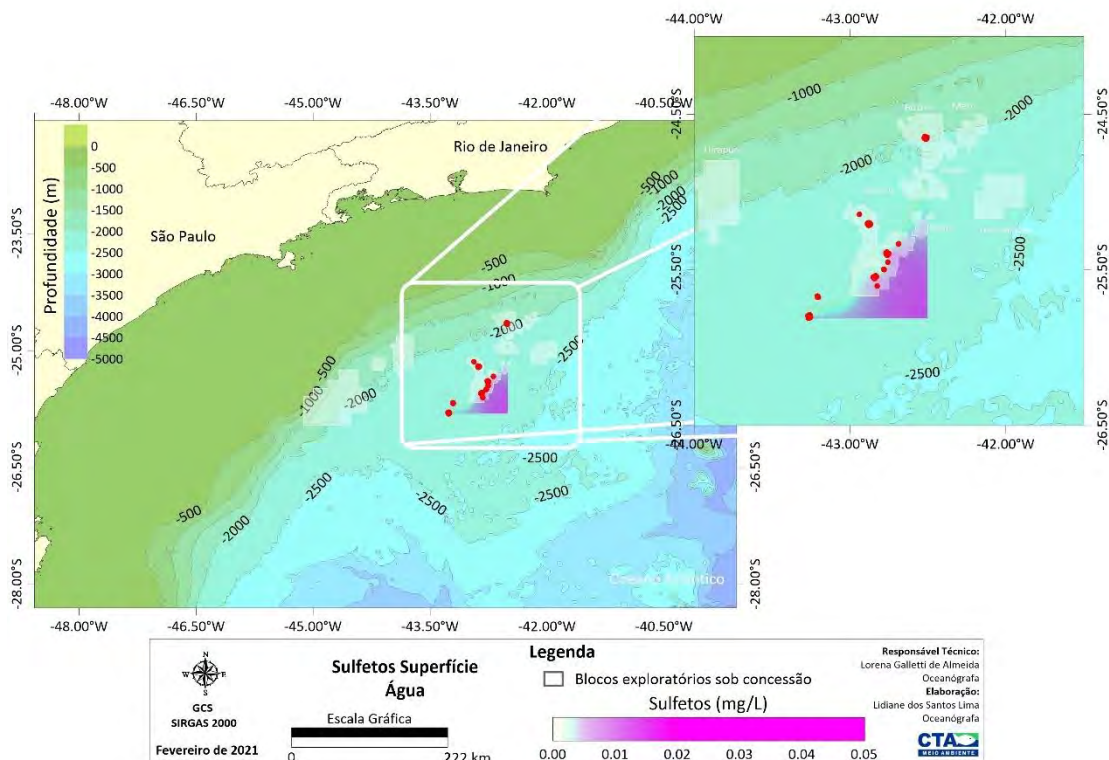


Figura II.5.1.2-35– Variação espacial de sulfetos (mg/L) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

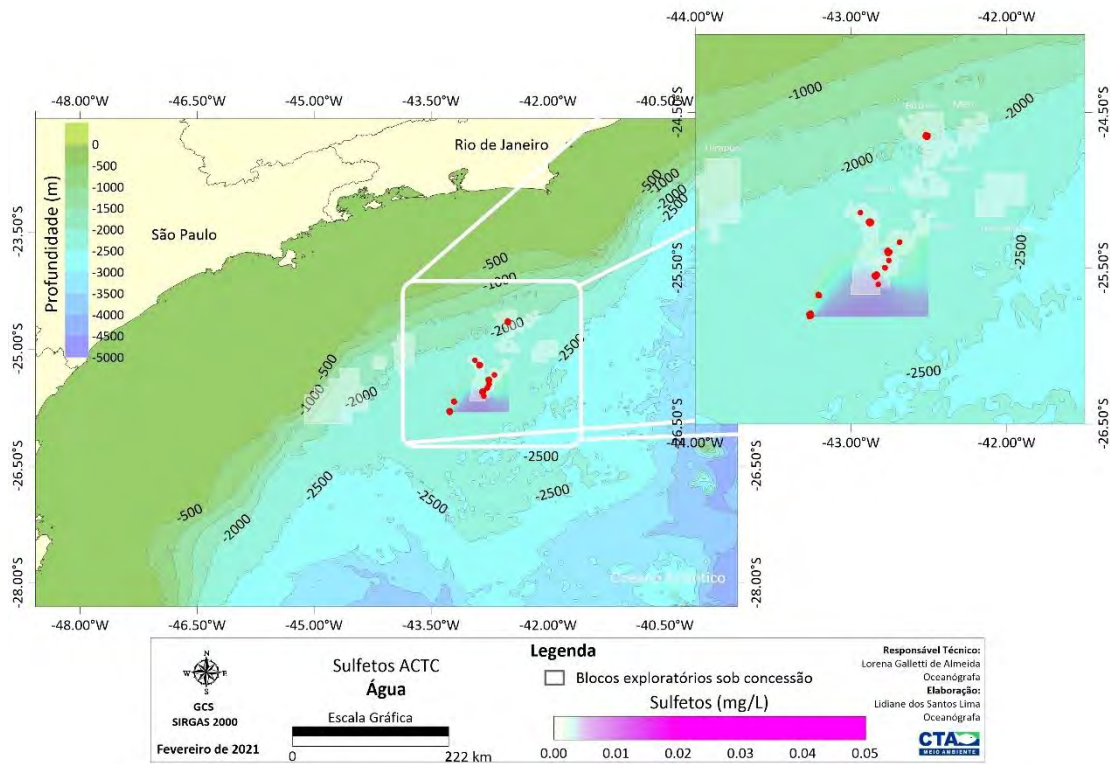


Figura II.5.1.2-36– Variação espacial de sulfetos (mg/L) acima da termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

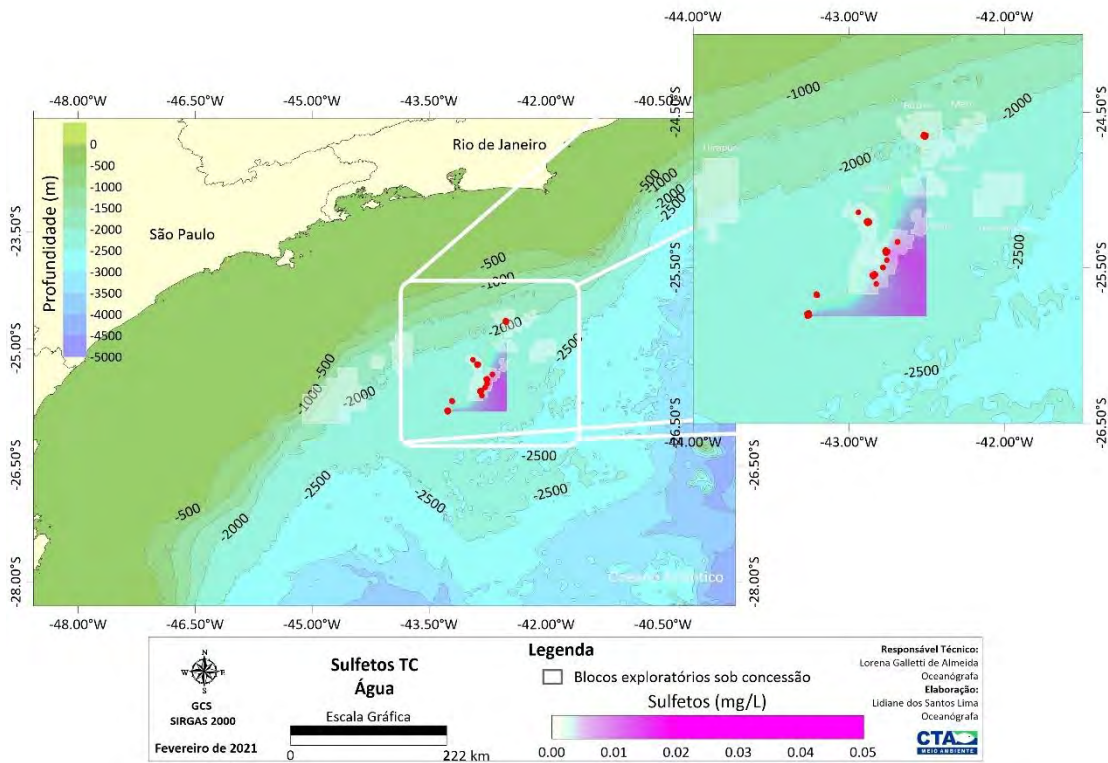


Figura II.5.1.2-37– Variação espacial de sulfetos (mg/L) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

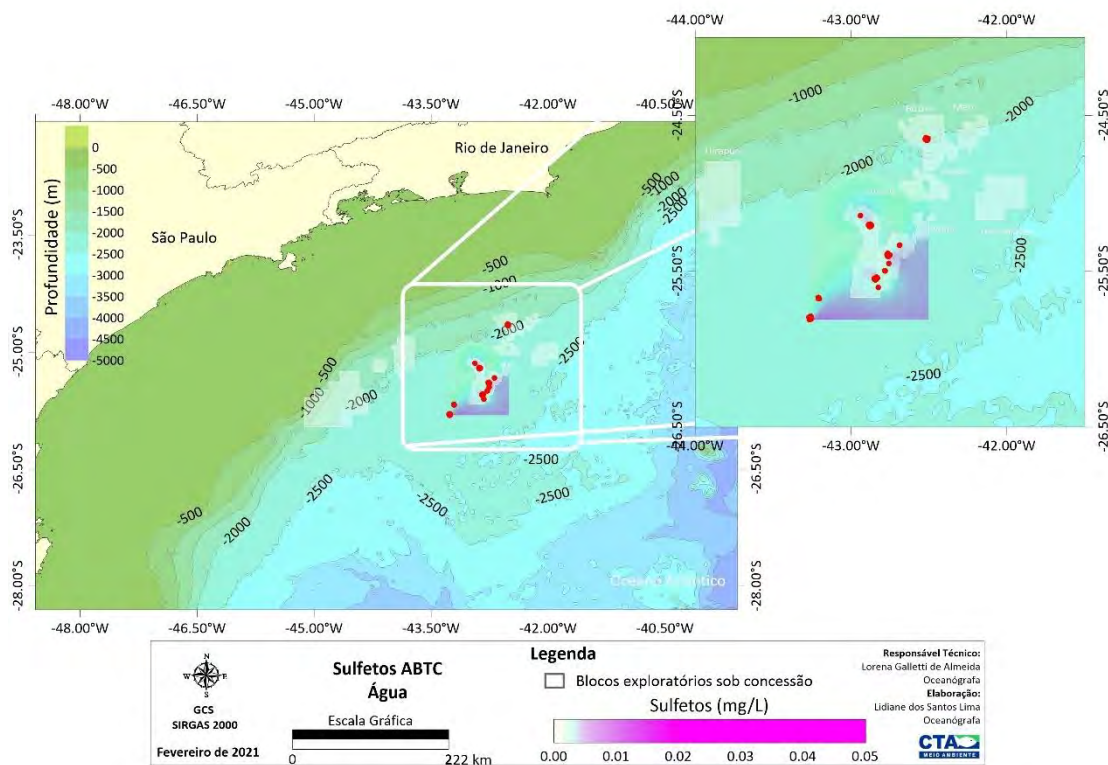


Figura II.5.1.2-38– Variação espacial de sulfetos (mg/L) abaixo da termoclina (máximo 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

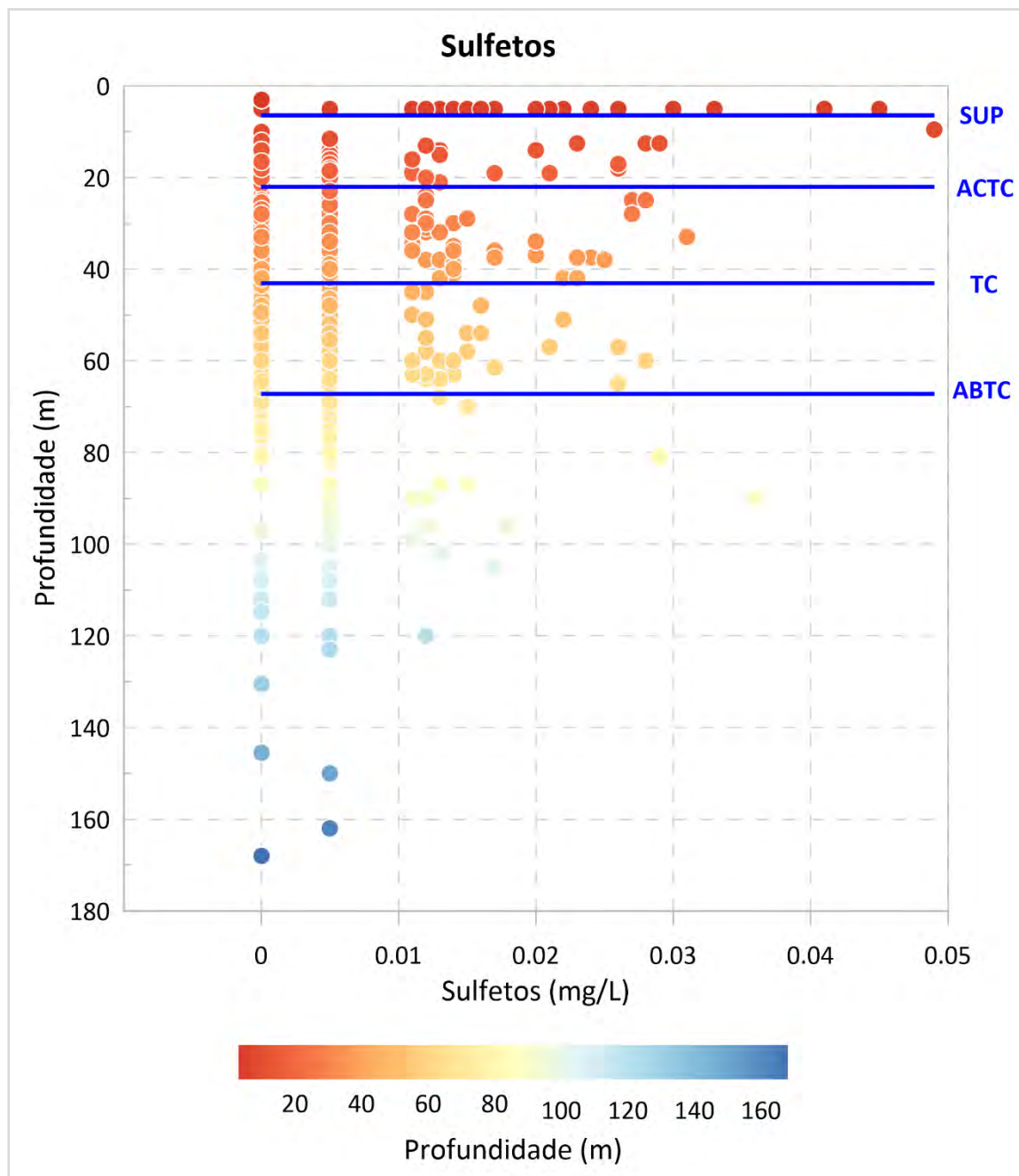


Gráfico II.5.1.2-22– Perfil vertical das concentrações de sulfetos (mg/L) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

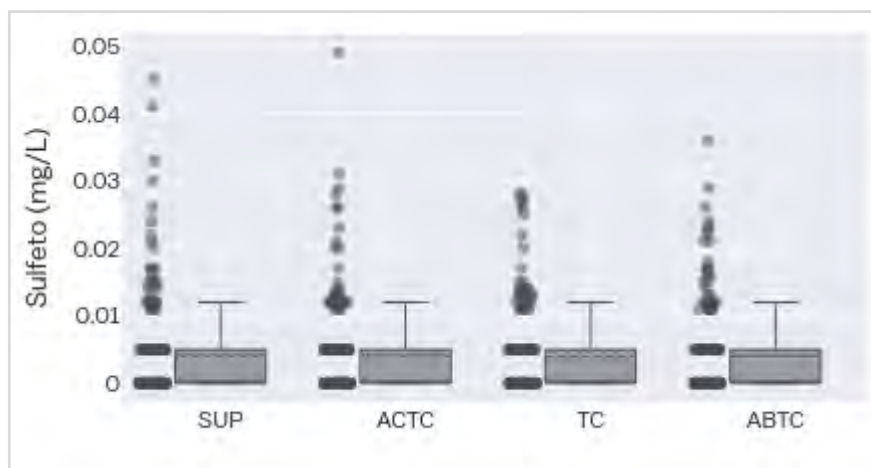


Gráfico II.5.1.2-23– Box-plot das concentrações de sulfetos (mg/L) observadas na área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

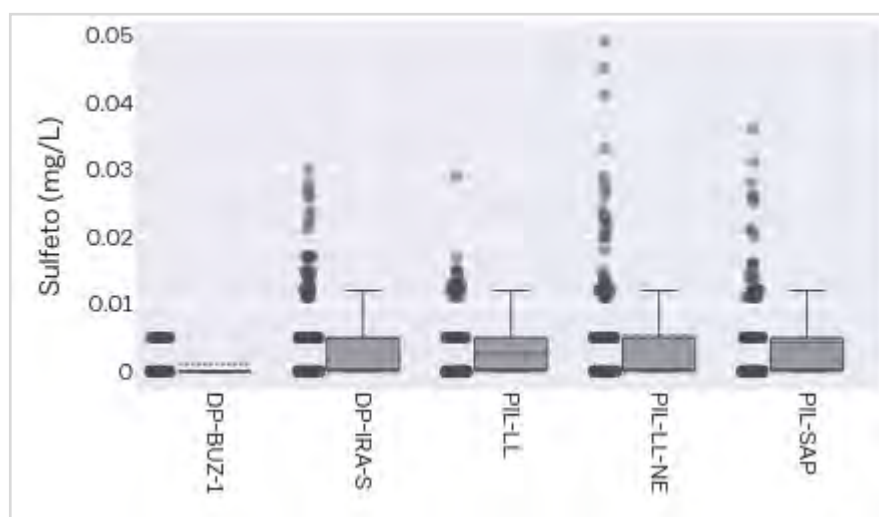


Gráfico II.5.1.2-24– Concentrações de sulfetos (mg/L) observadas nos projetos de monitoramento ambiental selecionados para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

A.7. Fenóis

Os fenóis e seus derivados aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes industriais. São compostos pouco solúveis ou insolúveis em

água, ligeiramente ácidos, obtidos principalmente através de extração de óleos. Os fenóis são tóxicos ao homem, aos organismos aquáticos, e aos microrganismos que tomam parte dos sistemas de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Segundo informações da CETESB (2008), indústrias de processamento de borracha, colas, adesivos, resinas impregnantes, componentes elétricos (plásticos) e siderúrgicas, entre outras, são responsáveis pela presença de fenóis nas águas naturais.

Em toda a área de estudos na Bacia de Santos não foram detectadas concentrações de fenóis (**Tabela II.5.1.2-2**). Em estudo de caracterização realizado por PETROBRAS/AS/PEG (2002), com estações de coleta desde a plataforma continental até o talude, os valores de concentração de fenóis variaram até $0,47^{\circ}\mu\text{g/L}$, com média de $0,03 \pm 0,07 \mu\text{g/L}$.

Para as águas salinas de classe 1, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece como limite máximo o valor de $60 \mu\text{g/L}$. Uma vez que o maior limite de detecção do método utilizado nas análises foi de $0,04 \mu\text{g/L}$, conclui-se que as águas da área de estudos estão dentro dos padrões estabelecidos.

Tabela II.5.1.2-2– Número de amostras analisadas para determinação da concentração de fenóis, por projeto de monitoramento selecionado para caracterização da área de estudos, Bacia de Santos. *abaixo do limite de detecção.

	DP-BUZ-1	DP-IRA-S	DP-LL-A	DP-LL-C	DP-LL-IRA-N	DP-LL-N	DP-LL-S	DP-SAP-N	PIL-LL	PIL-LL-NE	PIL-SAP	Total Geral
Fenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
2-metilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
3-metilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
4-metilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
2-clorofenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
2,4-dimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
2-nitrofenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	177	180	180	870
2,5-dimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657
3,5-dimetilfenol*	72	144	9	18	9	9	9	27	108	108	108	621
2,4-diclorofenol*	72	144	9	18	9	9	9	27	177	180	180	834
2,3-dimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657
3,4-dimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	180	144	765
2,6-dimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657

Tabela II.5.1.2-2 (Continuação)– Número de amostras analisadas para determinação da concentração de fenóis, por projeto de monitoramento selecionado para caracterização da área de estudos, Bacia de Santos. *abaixo do limite de detecção.

	DP-BUZ-1	DP-IRA-S	DP-LL-A	DP-LL-C	DP-LL-IRA-N	DP-LL-N	DP-LL-S	DP-SAP-N	PIL-LL	PIL-LL-NE	PIL-SAP	Total Geral
2,4,6-trimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657
2,3,6-trimetilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657
2-etilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	108	108	108	657
4-etilfenol*	72	180	9	18	9	9	9	27	141	144	144	762
2-isopropilfenol*	72	72	9	18	9	9	9	27	108	108	108	549
2,3,5-trimetilfenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	108	108	108	585
4-cloro-3-metilfenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
3,4,5-trimetilfenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	108	108	108	585
2,6-diclorofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
2,4,6-triclorofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
4-nitrofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
2,4,5-triclorofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
2,3,4,6-tetraclorofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798
Tribromofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	108	108	108	585
Pentaclorofenol*	72	108	9	18	9	9	9	27	177	180	180	798

A.8. Hidrocarbonetos

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos formados por átomos de carbono e hidrogênio, além de pequenas quantidades de enxofre, nitrogênio e oxigênio em proporções variáveis. Os hidrocarbonetos de petróleo podem ser agrupados em quatro classes principais, baseadas na composição molecular: aromáticos, n-alcenos, n-alcenos e cicloalcenos (KOLESNIKOVAS *et al.*, 2009).

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's) são uma classe de compostos orgânicos, semi-voláteis, formados por anéis benzênicos ligados de forma linear, angular ou agrupados, contendo na sua estrutura somente carbono e hidrogênio. Estão presentes em praticamente todos os tipos de petróleo, embora em pequenas quantidades na maioria deles. São os que apresentam maior toxicidade e biodegradação lenta e estão associados a efeitos crônicos e

carcinogênicos. Dos HPA's, 16 são indicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos como sendo poluentes prioritários, devida sua toxicidade, persistência e predominância no meio ambiente. São eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno, naftaleno e pireno (CETESB, 2008).

A presença de HPA's no ambiente oceânico é uma característica natural do mesmo. Os hidrocarbonetos podem também ser introduzidos no ambiente a partir de outras fontes como: motores de exaustão a gasolina e a diesel, o alcatrão da fumaça do cigarro, superfície dos alimentos chamuscados ou queimados, fumaça de queima de carvão ou madeira, além de outros processos de combustão parcial em que o carbono ou combustível não são convertidos em CO (óxido de carbono) ou CO₂ (dióxido de carbono) (BAIRD, 2002).

As atividades de exploração e produção de petróleo nos oceanos também podem ocasionar o aumento da liberação de hidrocarbonetos para os oceanos, sendo, por isso, utilizado como um dos parâmetros de monitoramento ambiental da produção de petróleo. A produção de petróleo no mar contribui com apenas cerca de 3% do total de hidrocarbonetos antrópicos lançados em ambiente aquático por ano (FINGAS, 2001), representados principalmente pelo lançamento de água produzida. Por outro lado, a ocorrência de acidentes, como a explosão da plataforma *Deep Water Horizon* em 2010 ou da plataforma Ixtoc I em 1979 (que representa o segundo maior volume de óleo lançado por um acidente), representa fontes de contaminação aguda e pode causar danos ambientais significativos (WAGENER *et al.*, 2017).

Na área de estudos do presente diagnóstico ambiental, a concentração máxima de HPA observada foi de 0,3435 µg/L, com média de 0,01 ± 0,0409 µg/L. Não foram detectadas concentrações de acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, benzo(a)antraceno, criseno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(a,h)antraceno, benzo(g,h,i)perileno nas amostras de água analisadas no âmbito dos projetos de monitoramento. Para os demais compostos, naftaleno, acenaftileno, fluoranteno, pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(b)fluoranteno e benzo(a)pireno, pelo menos

uma amostra de água analisada apresentou concentração acima do limite de detecção.

A **Tabela II.5.1.2-3** que apresenta as medidas de posição e variação, considerando apenas o conjunto de amostras com concentração detectada na área de estudos, mostrou que o naftaleno foi o composto com maior número de detecções e também o que atingiu a maior concentração média, com $0,1549 \pm 0,0329$ $\mu\text{g/L}$. A **Figura II.5.1.2-39** à **Figura II.5.1.2-42** ilustram a distribuição espacial de HPA total em superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina e o **Gráfico II.5.1.2-25** apresenta o perfil vertical da concentração de HPA total. É possível observar que as maiores concentrações ocorrem nas camadas acima da termoclina e termoclina, e na região mais rasa da área de estudos.

Tabela II.5.1.2-3– Concentrações ($\mu\text{g/L}$) dos compostos de HPA detectados na água da área de estudos, Bacia de Santos. SUP=superfície, ACTC=acima da termoclina, TC=termoclina, ABTC=abaixo da termoclina.

		SUP	ACTC	TC	ABTC	Geral
Naftaleno (n=52)	Média	0,1554	0,1424	0,1537	0,1683	0,1549
	DP	0,0296	0,0398	0,0322	0,0279	0,0329
	Máximo	0,2050	0,2040	0,2140	0,2120	0,2140
	Mínimo	0,1000	0,1000	0,1000	0,1200	0,1000
Acenaftileno (n=13)	Média	0,0364	0,0050	0,0243	0,0510	0,0336
	DP	0,0204	-	0,0147	0,0118	0,0198
	Máximo	0,0580	-	0,0420	0,0610	0,0610
	Mínimo	0,0080	-	0,0060	0,0380	0,0050
Fluoranteno (n=4)	Média	0,0038	-	0,0053	0,0080	0,0052
	DP	0,0018	-	0,0039	-	0,0028
	Máximo	0,0050	-	0,0080	-	0,0080
	Mínimo	0,0025	-	0,0025	-	0,0025
Pireno (n=2)	Média	0,0025	-	-	0,0025	0,0025
	DP	-	-	-	-	0,0000
	Máximo	-	-	-	-	0,0025
	Mínimo	-	-	-	-	0,0025
Benzo(k)fluoranteno (n=3)	Média	0,0025	-	0,0230	0,0490	0,0248
	DP	-	-	-	-	0,0233
	Máximo	-	-	-	-	0,0490
	Mínimo	-	-	-	-	0,0025
Benzo(a)pireno (n=1)	Média	0,0025	-	-	-	0,0025
	DP	-	-	-	-	-
	Máximo	-	-	-	-	-
	Mínimo	-	-	-	-	-

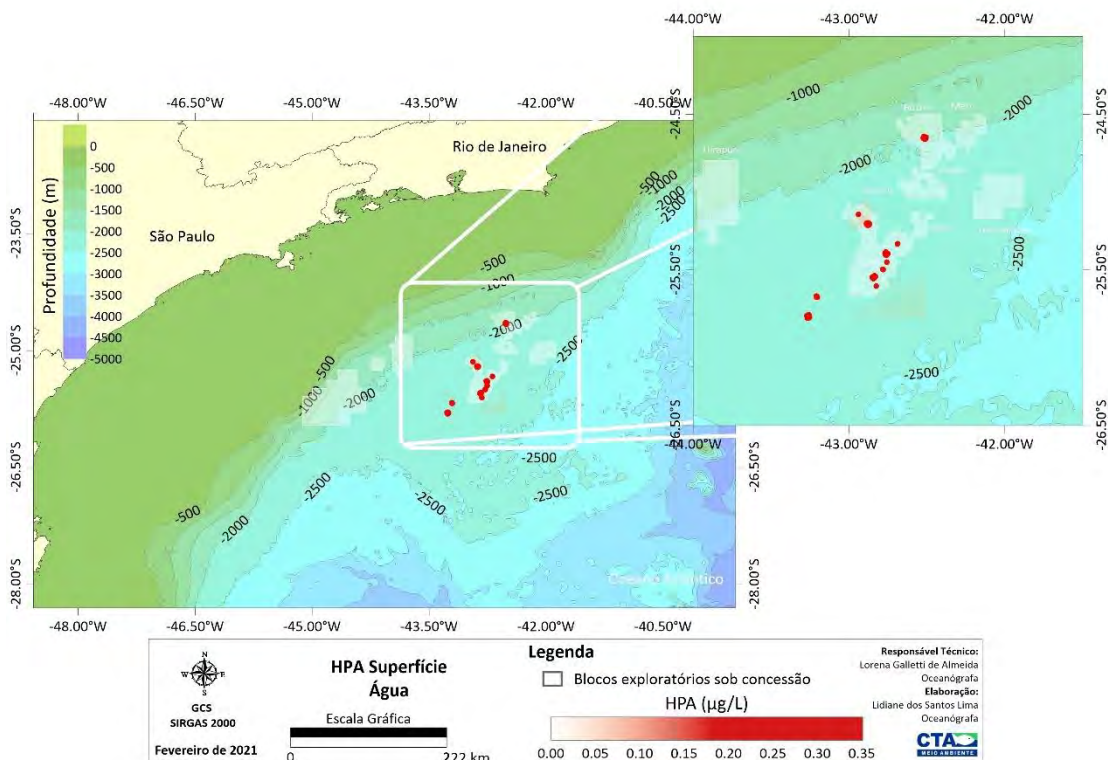


Figura II.5.1.2-39– Variação espacial de HPA total ($\mu\text{g/L}$) em superfície (até 5 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

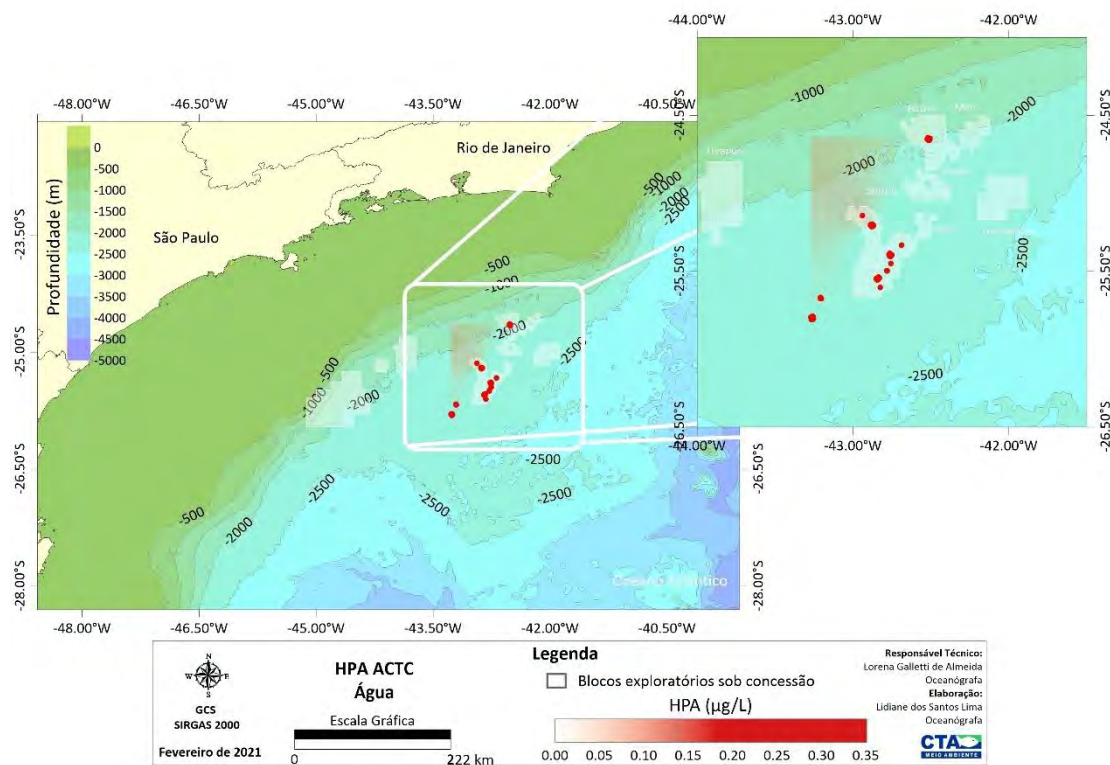


Figura II.5.1.2-40– Variação espacial de HPA total ($\mu\text{g/L}$) acima da termocline, na área de estudos, Bacia de Santos.

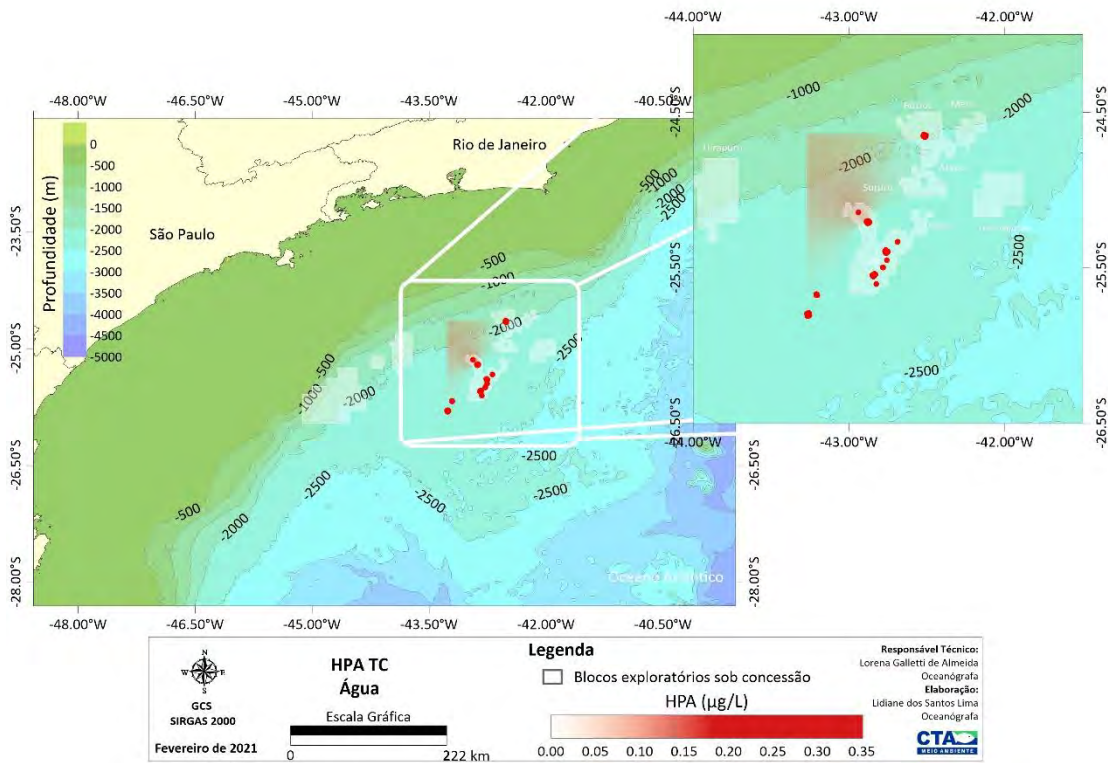


Figura II.5.1.2-41– Variação espacial de HPA total ($\mu\text{g/L}$) na termoclina, na área de estudos, Bacia de Santos.

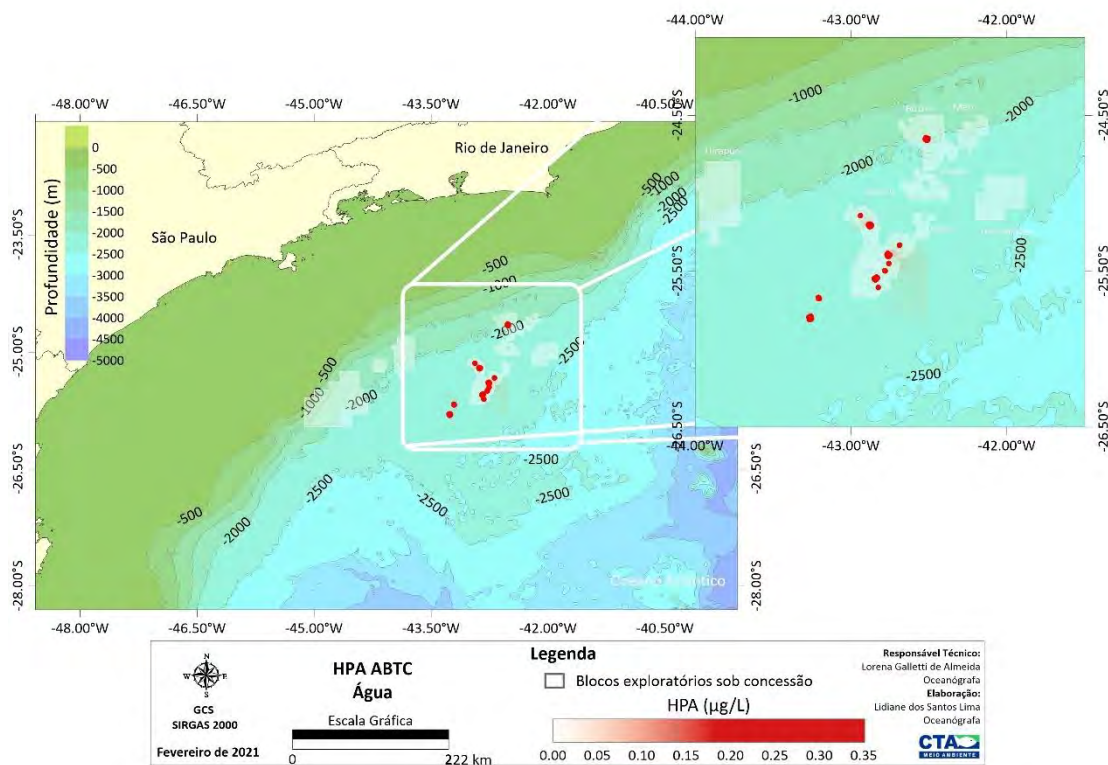


Figura II.5.1.2-42– Variação espacial de HPA total (µg/L) abaixo da termoclina (máximo de 200 m), na área de estudos, Bacia de Santos.

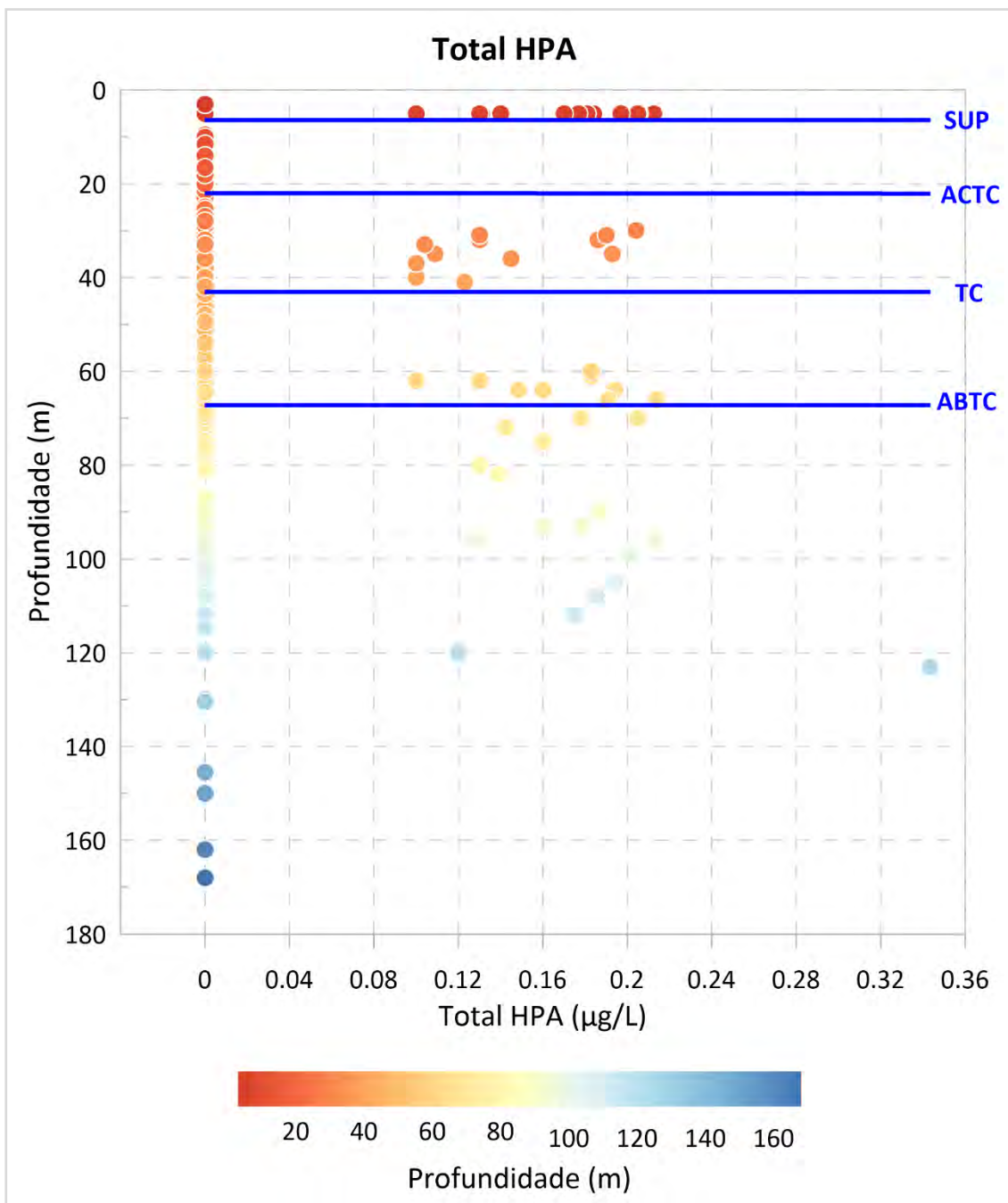


Gráfico II.5.1.2-25– Perfil vertical das concentrações de HPA total ($\mu\text{g/L}$) na área de estudos, Bacia de Santos. SUP: superfície, ACTC: acima da termoclina, TC: termoclina, ABTC: abaixo da termoclina.

Em estudo de caracterização anteriormente realizado na Bacia de Santos por PETROBRAS/AS/PEG (2002), que analisou amostras em superfície, meia-água e fundo (máximo 200 m), a concentração máxima observada foi de 21,3 µg/L (obtida em superfície), com média de 0,44 µg/L. No trabalho de PETROBRAS/HABTEC (2003) não foi detectada concentração de HPA em todas as estações e profundidades (0 até um máximo de 2.425 metros) analisadas na Bacia de Santos.

O **Quadro II.5.1.2-6** apresenta concentrações de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em várias regiões do mundo, incluindo o Brasil. A comparação das concentrações de HPAs obtidas pelos projetos de monitoramento na Bacia de Santos utilizados neste diagnóstico com os demais estudos já realizados é de significado limitado, em virtude das diferenças metodológicas. Mas, em função dos dados escassos existentes, optou-se em apresentá-los.

Quadro II.5.1.2-6– Concentração de HPAs em diversas regiões do mundo.

Local	HPA (µg L ⁻¹)	Nº de compostos analisados	Referência
Plataforma Continental de SP	0,46-14,34	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência óleo Carmópolis)	BÍCEGO, 1988
Leste do Mar Mediterrâneo	0,03-0,64	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência criseno)	EHRHARDT e PETRICK, 1989
Ilha Grande, RJ	< 0,4-2,2	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência criseno)	MELGES-FIGUEIREDO <i>et al.</i> , 1992
Costa da Turquia	0,009-1,92	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência criseno)	BALCI, 1993
Cabiúnas, RJ	< 0,01-3,40	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência criseno)	BIO-RIO, 1993
Santa Lúcia, Caribe	0,1-3,4	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência criseno)	CORBIN, 1993
Oeste do Mar Mediterrâneo	0,00178	-	DACHS <i>et al.</i> , 1997
Arraial do Cabo, RJ	1,37-4,39	Total de HPA pelo método UV fluorescência (referência óleo Carmópolis)	IEAPM, 1997
Atlântico Norte	0,00002	-	SCHULZ-BULL <i>et al.</i> , 1998
Mar Negro	0,00005-0,0008	-	MALDONADO <i>et al.</i> , 1999
Mar Báltico	0,0166	15 HPA (16 HPAs EPA, excluindo naftaleno)	WITT <i>et al.</i> , 2002
Golfo do México	0,00007-0,085	15 HPAs (16 HPAs EPA, excluindo naftaleno)	MITRA e BIANCHI, 2003
Bacia de Campos: Projeto Oceano Profundo II (norte)	0,00550	Total HPA: 16 HPAs EPA + alquilados por CG/EM	WAGENER <i>et al.</i> , 2005a

Continua

Quadro II.5.1.2-6 (Continuação)– Concentração de HPAs em diversas regiões do mundo.

Local	HPA ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Nº de compostos analisados	Referência
Bacia Ceará	< 0,001-0,036	Total HPA: 16 HPAs EPA + alquilados por CG/EM	WAGENER <i>et al.</i> , 2005b
Bacia Potiguar	0,004	16 HPAs EPA	WAGENER <i>et al.</i> , 2006
Mar Ross (Antártica)	0,00121-0,00396	somatório de 13 HPA (16 HPAs EPA, excluindo naftaleno, acenafteno e acenaftileno).	CINCINELLI <i>et al.</i> , 2008
Bacia de Campos (Plataforma Continental)	0,00064-0,0069	16 HPAs EPA	WAGENER <i>et al.</i> , 2017
Bacia de Campos (Talude)	0,00037-0,0063	16 HPAs EPA	WAGENER <i>et al.</i> , 2017

Com relação aos Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP), não foram verificadas concentrações acima do limite de detecção na área de estudos, exceto em uma amostra coletada durante a terceira campanha de monitoramento de DP-IRA-S, na camada acima da termoclina, com concentração de 1,1 $\mu\text{g/L}$. Importante mencionar que o limite de detecção utilizado nesta e nas demais campanhas dos diferentes projetos de monitoramento foi de 0,2 $\mu\text{g/L}$ (LQ = 1,0 $\mu\text{g/L}$), exceto na segunda campanha de DP-IRA-S, sétima de PIL-LL, terceira de PIL-LL-NE e terceira de PIL-SAP cujo limite de detecção foi de 0,03 $\mu\text{g/L}$ (LQ = 0,10 $\mu\text{g/L}$). O estudo de caracterização ambiental realizado na Bacia de Santos por PETROBRAS/AS/PEG (2002) mostrou que os teores de HTP são baixos, com valor máximo de 2706,0 $\mu\text{g/L}$ e média de 64,0 $\mu\text{g/L}$.

B. Qualidade dos Sedimentos

B.1. Granulometria e Teor de Carbonatos

As variações dos sedimentos que compõem o fundo marinho são produto de processos geológicos, físicos, químicos e biológicos. Estas variações ocorrem de forma espacial e temporal, em escalas distintas. Dados de composição e características dos sedimentos são as bases para o reconhecimento da sua estrutura, dinâmica e processos existentes no ambiente (BARROS *et al.*, 2007). A

composição granulométrica pode influenciar, por exemplo, sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, constituindo um fator responsável pela estrutura e distribuição da comunidade em ecossistemas aquáticos (GONÇALVES *et al.*, 1998).

A partir da análise das amostras de sedimento provenientes dos projetos de monitoramento selecionados para esta caracterização, observou-se que o silte, a argila, a areia e o cascalho estiveram presentes em 65,5%, 27,9%, 2,4% e 0,1% das amostras (n=873), respectivamente. A distribuição percentual média dos grãos no sedimento é apresentada no **Gráfico II.5.1.2-26**, evidenciando a predominância de sedimentos de granulometria mais fina na área de estudos. Destaca-se que as amostras com maiores percentuais de grãos mais grossos foram obtidas nas estações de coleta do Gasoduto Cabiúnas – CAB, localizada mais ao norte da área de estudos (**Gráfico II.5.1.2-27**).

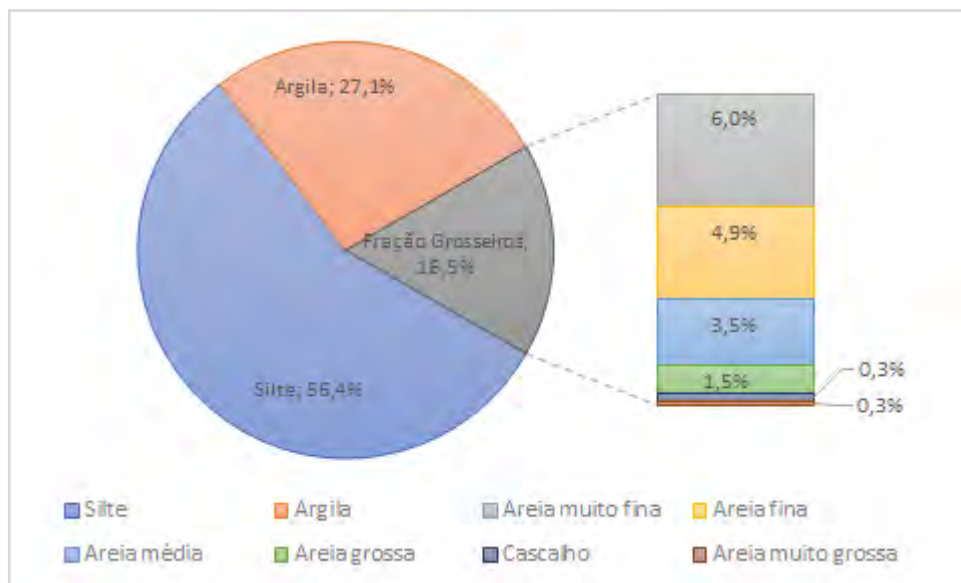


Gráfico II.5.1.2-26– Distribuição percentual média das frações granulométricas no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos.

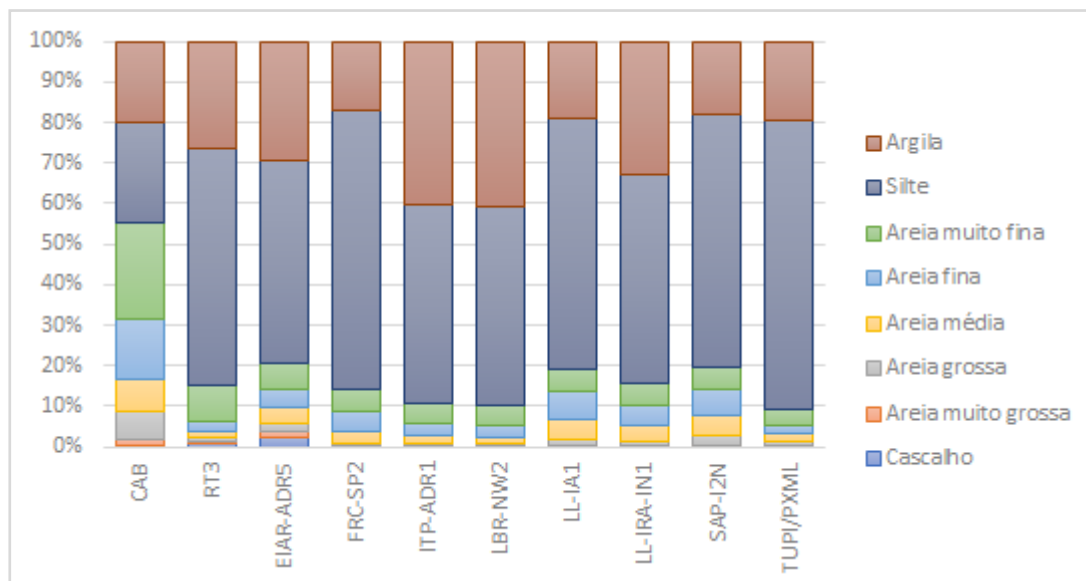


Gráfico II.5.1.2-27– Distribuição percentual média das frações granulométricas no sedimento por projeto de monitoramento selecionado para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

Na **Tabela II.5.1.2-4** é possível verificar que a maior parte das amostras foi classificada, de acordo com a classificação textural de Folk (FOLK e WARD, 1957), como silte arenoso (33,8%), lama arenosa (22,3%) e lama arenosa com cascalho esparso (15,5%). Já a classificação por diâmetro médio (**Tabela II.5.1.2-4**), indicou que as amostras se enquadram, principalmente, nas categorias silte fino (45,5%), silte médio (28,1%) e silte muito fino (15,2%). O grau de seleção, dado pela predominância de uma ou mais classes granulométricas, mostrou que os sedimentos da área de estudos variam entre pobremente selecionado (50,2%) e muito pobremente selecionado (46,6%) (**Tabela II.5.1.2-4**), característica comum em ambientes de pouca energia, tais como regiões oceânicas, com maior participação de frações mais finas, sugerindo inexistência de um mecanismo de transporte eficiente, resultando numa tendência deposicional dos grãos. Quanto à assimetria da distribuição granulométrica (**Tabela II.5.1.2-4**), a qual indica a tendência da amostra em apresentar material mais grosso ou mais fino que a média, mais de 50% das amostras foram classificadas com assimetria muito negativa, demonstrando que a maioria das estações apresenta maior contribuição de material fino com relação à média. Em relação à curtose, grande parte das amostras foi classificada como platicúrtica (59,3%) (**Tabela II.5.1.2-4**) que, de acordo com MACHADO (2010), indicam ambientes com predomínio de deposição

e uma preferência de frequência de classes de grãos, que no caso dos dados foram de grãos de menor tamanho, como silte e argila.

Tabela II.5.1.2-4 – Classificação textural de Folk e principais classificações das curvas granulométricas das amostras de sedimento na área de estudos, Bacia de Santos.

Classificação Textural de Folk	% Amostras	Classificação pela Média	% Amostras	Grau de Seleção	% Amostras	Assimetria	% Amostras	Curtose	% Amostras
A' - argila	1,7%	Areia fina	1,7%	Bem selecionado	0,2%	Aproximadamente e simétrica	10,2%	Extremamente leptocúrtica	2,4%
A (c) - areia com cascalho esparso	1,7%	Areia grossa	0,3%	Moderadamente selecionado	2,7%	Assimetria muito negativa	56,7%	Leptocúrtica	8,4%
A'a - argila arenosa	0,7%	Areia muito fina	0,1%	Muito bem selecionado	0,2%	Assimetria muito positiva	7,2%	Mesocúrtica	19,5%
AI (c) - areia lamosa com cascalho esparso	0,1%	Areia muito fina	0,1%	Muito pobremente selecionado	46,6%	Assimetria negativa	21,2%	Muito leptocúrtica	6,3%
Ca - cascalho arenoso	0,6%	Areia muito grossa	0,2%	Pobremente selecionado	50,2%	Assimetria positiva	4,7%	Muito platicúrtica	4,1%
L - lama	7,9%	Argila grossa	0,2%					Platicúrtica	59,3%
L (c)- lama com cascalho esparso	7,8%	Silte	8,1%						
La - lama arenosa	22,3%	Silte fino	45,5%						
La (c) - lama arenosa	15,5%	Silte grosso	0,3%						
Lac - Lama arenosa com cascalho	0,5%	Silte médio	28,1%						
Lc - lama cascalhenta	0,1%	Silte muito fino	15,2%						
S - silte	7,3%								
Sa - silte arenoso	33,8%								

De maneira geral, a fração mais grossa está associada à redução da batimetria na porção mais ao norte da área de interesse, e predominância das frações mais finas (silte e argila) em toda a região, conforme pode ser observado na **Figura II.5.1.2-43** a **Figura II.5.1.2-50** e no **Gráfico II.5.1.2-28**. Apesar do menor número de amostras analisadas nas profundidades abaixo de 2000 metros, os resultados obtidos estão em consonância com estudos pré-existentes na região como MAHIQUES e FURTADO (1989), FURTADO e MAHIQUES (1990), PETROBRAS/AS/PEG (2002) e PETROBRAS/HABTEC (2003).

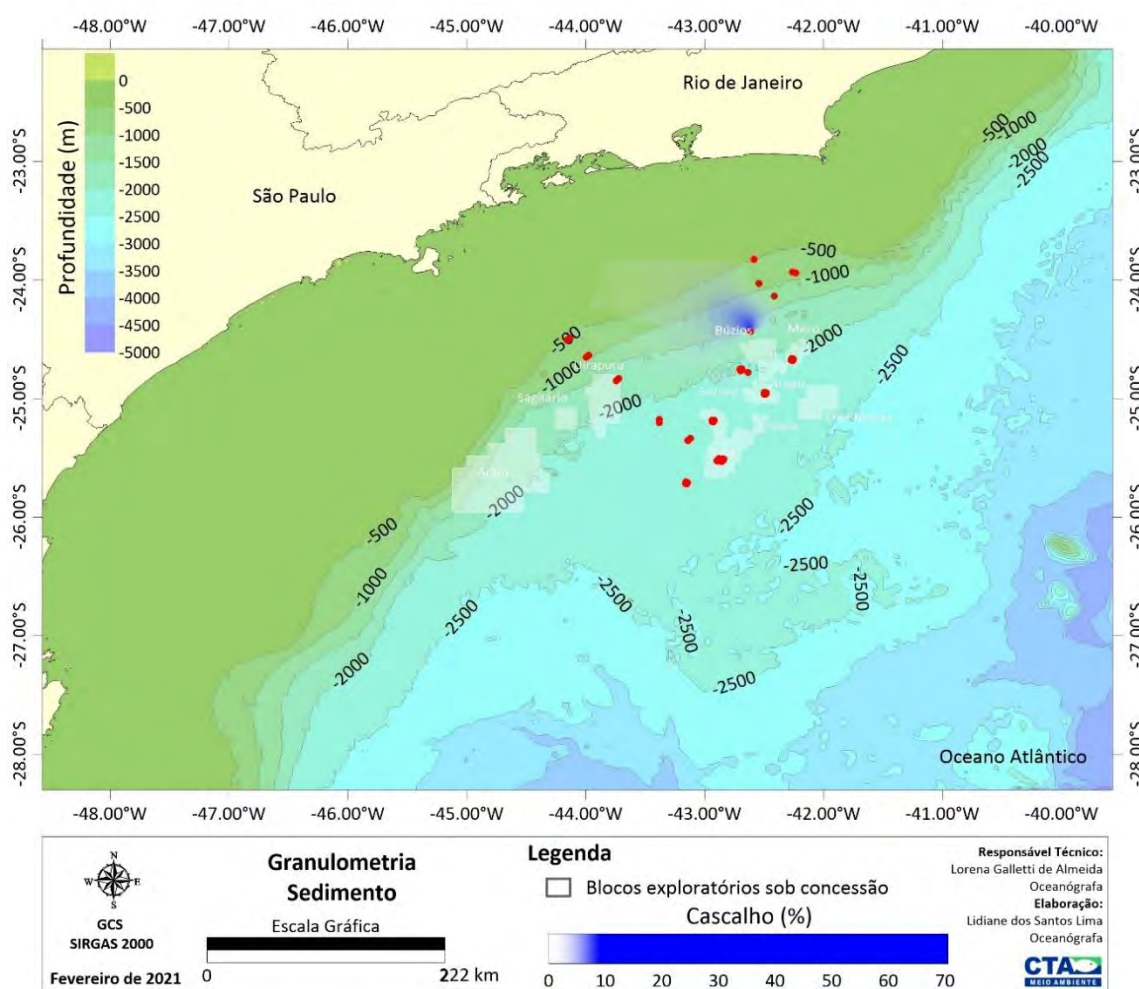


Figura II.5.1.2-43– Distribuição espacial da fração granulométrica cascalho na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

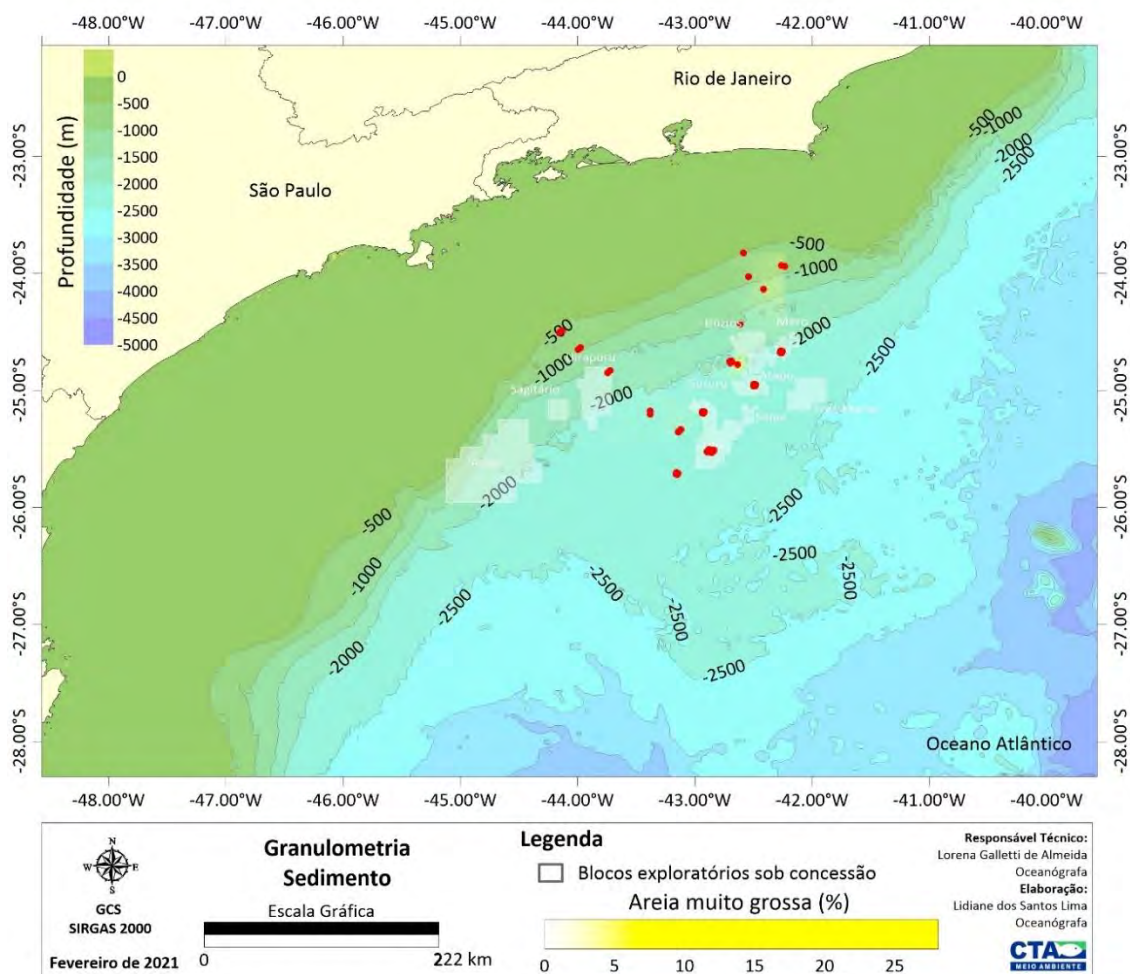


Figura II.5.1.2-44– Distribuição espacial da fração granulométrica areia muito grossa na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

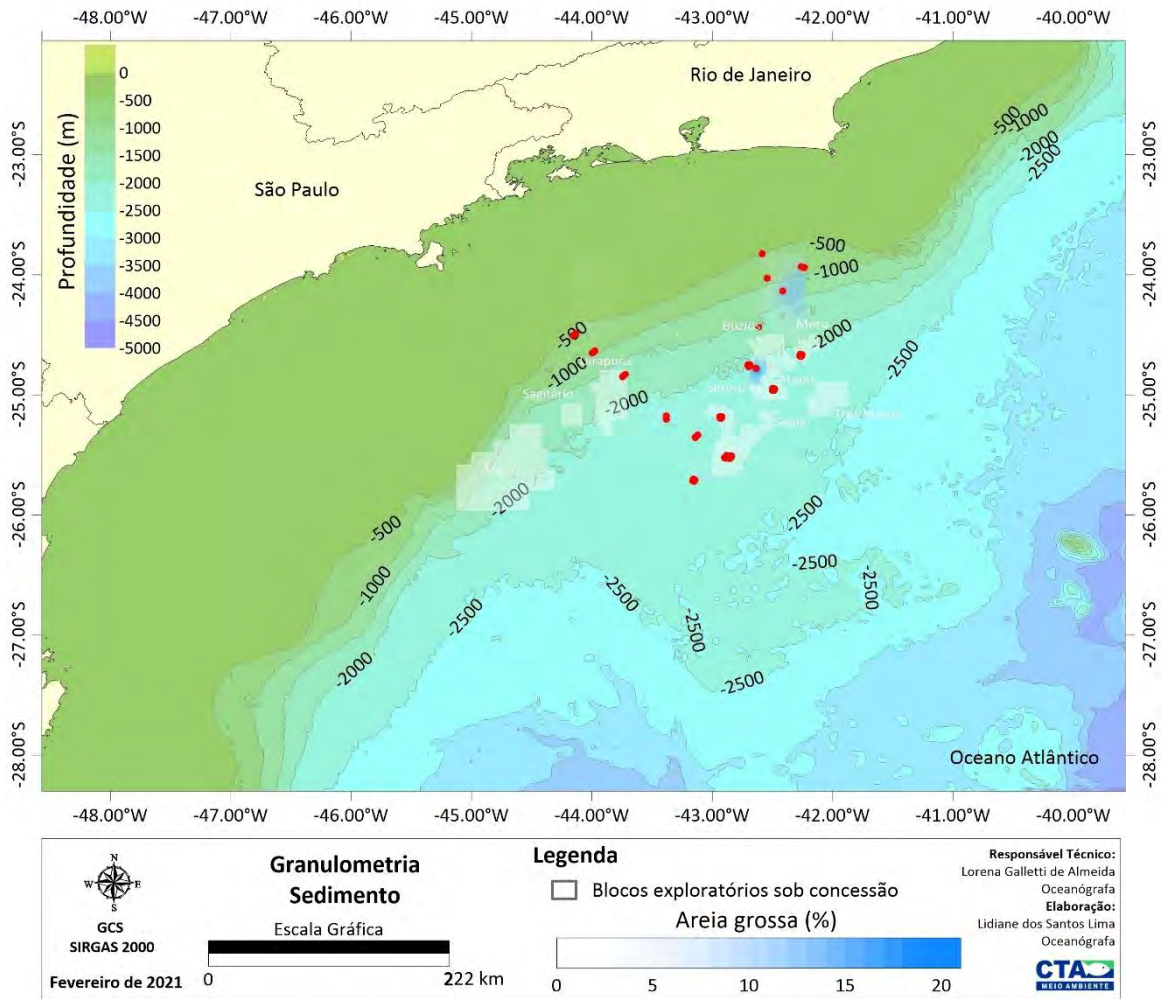


Figura II.5.1.2-45– Distribuição espacial da fração granulométrica areia grossa na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

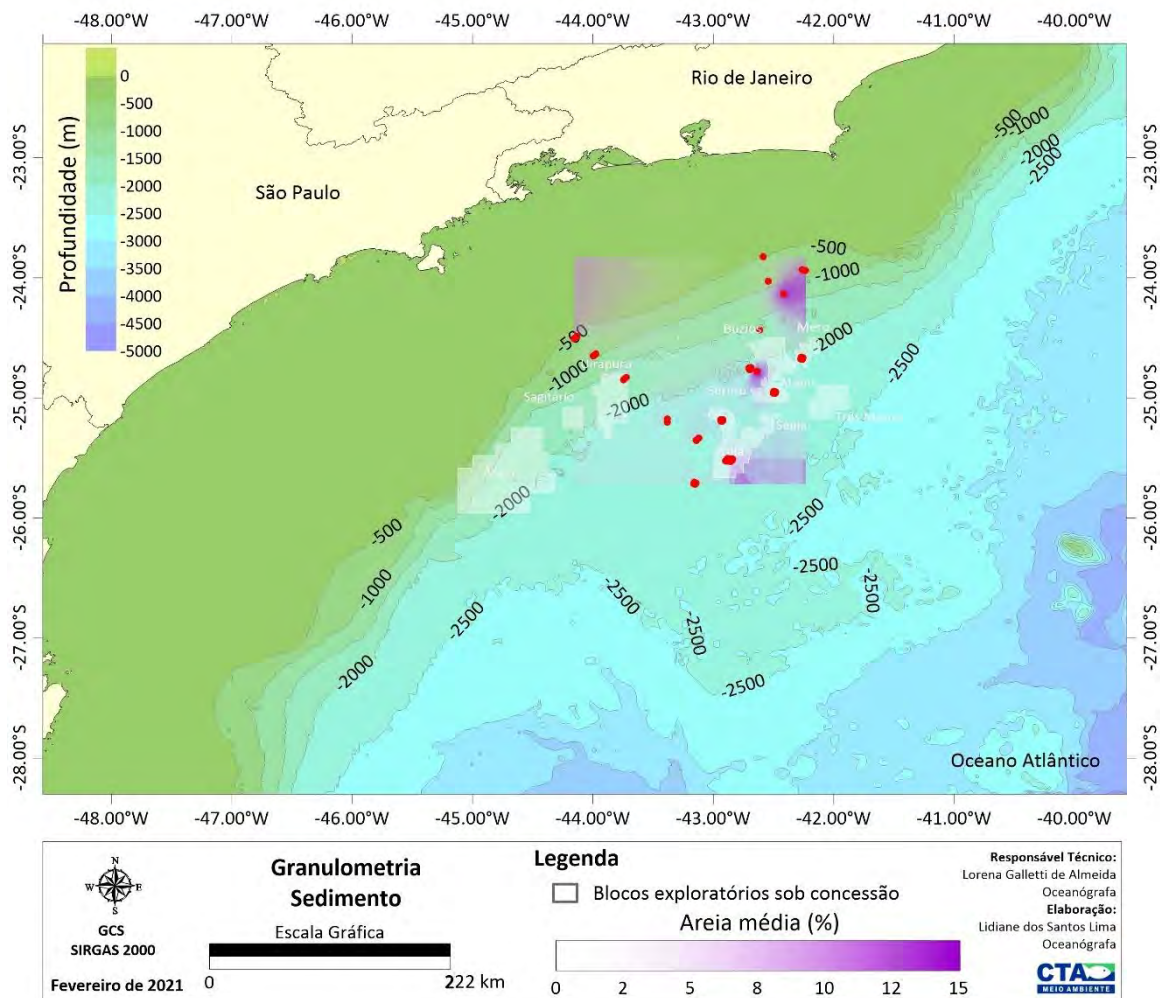


Figura II.5.1.2-46– Distribuição espacial da fração granulométrica areia média na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

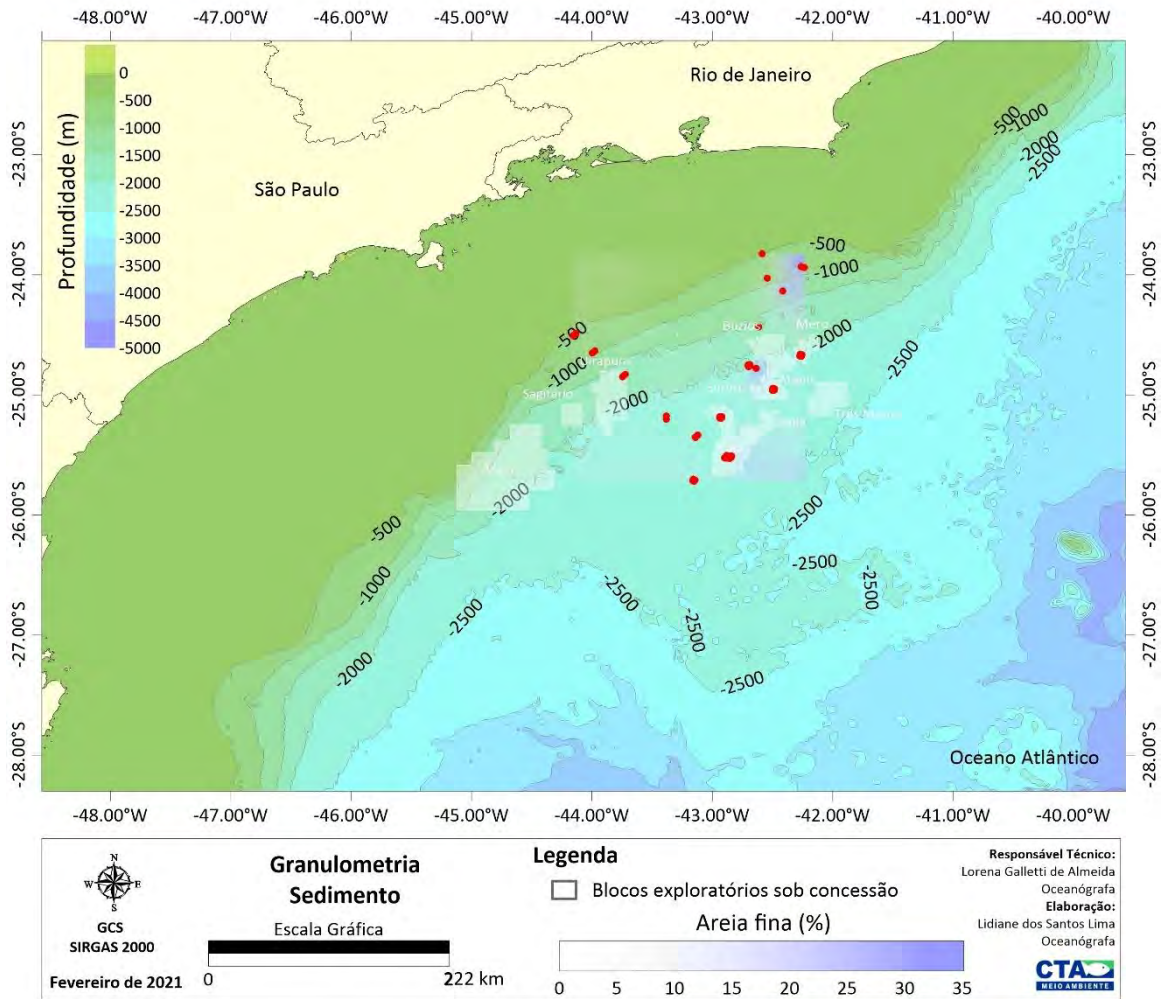


Figura II.5.1.2-47– Distribuição espacial da fração granulométrica areia fina na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

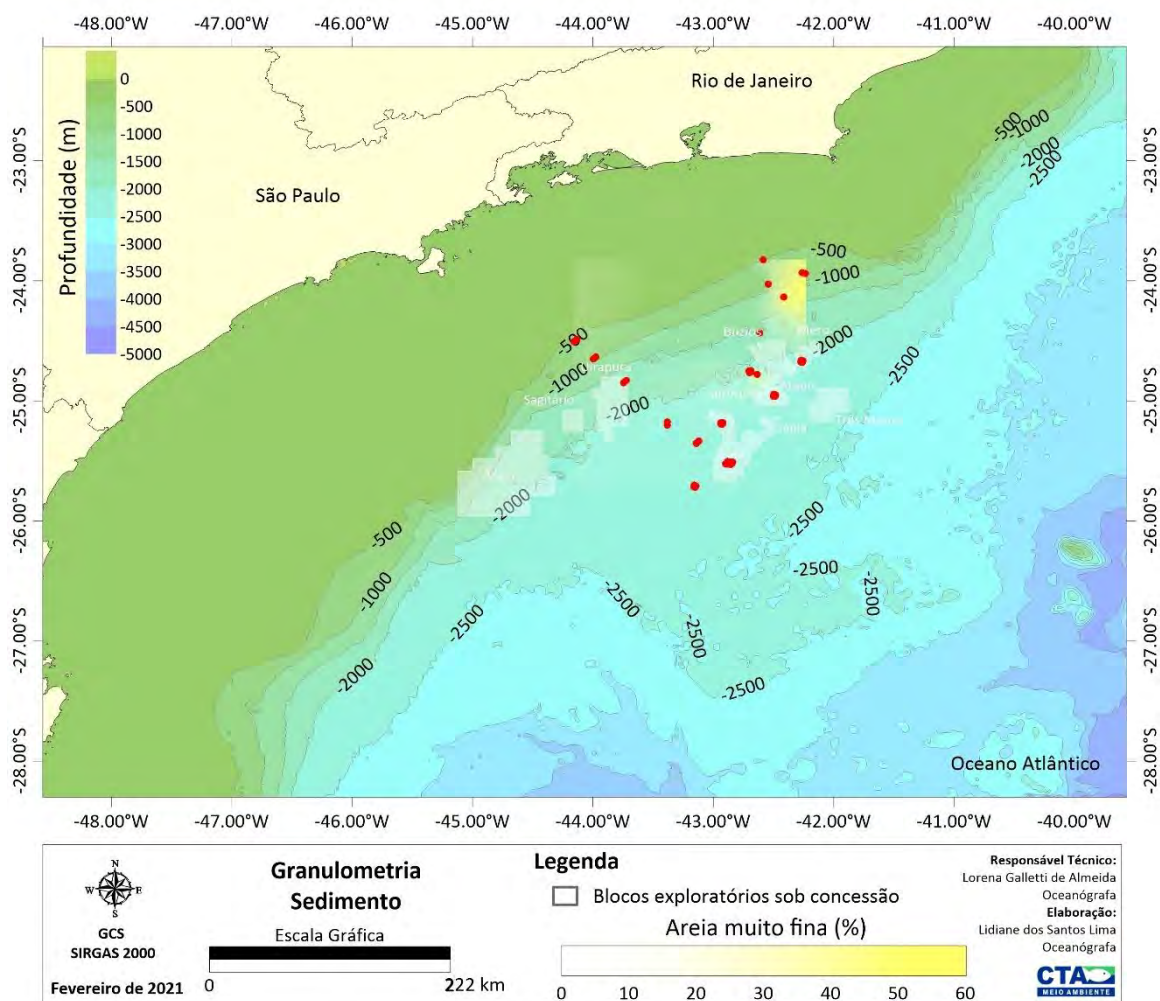


Figura II.5.1.2-48– Distribuição espacial da fração granulométrica areia muito fina na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

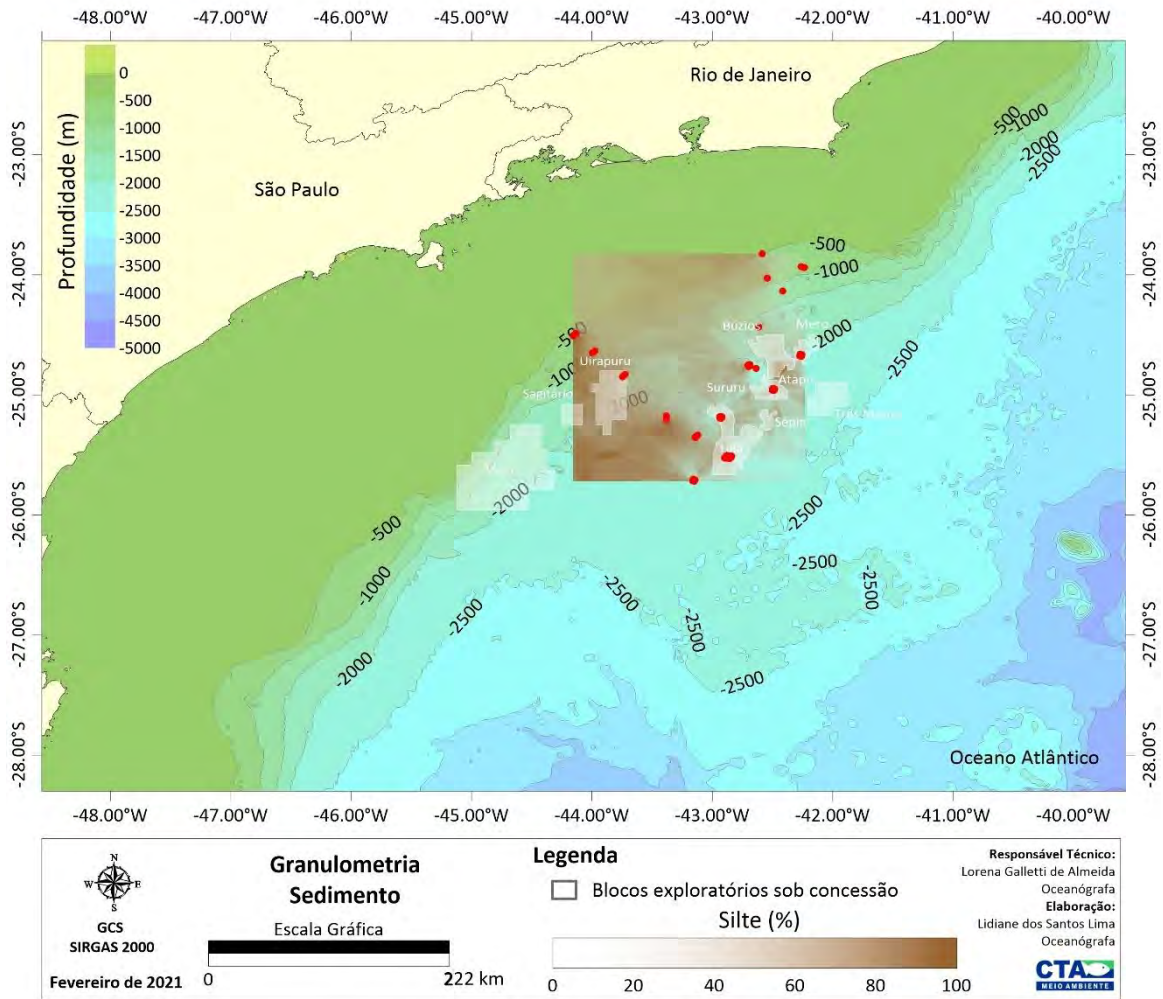


Figura II.5.1.2-49– Distribuição espacial da fração granulométrica silte na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

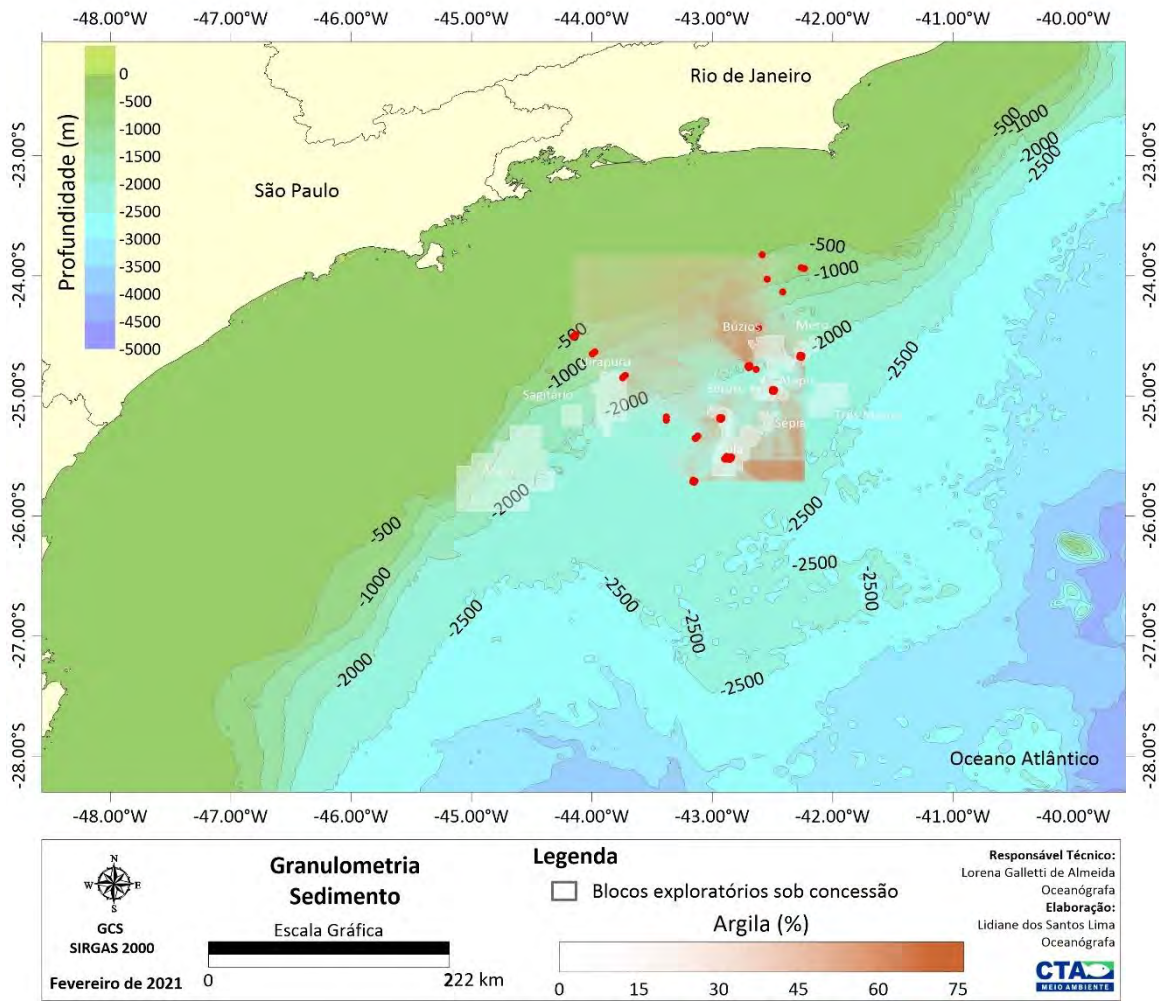


Figura II.5.1.2-50– Distribuição espacial da fração granulométrica argila na área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

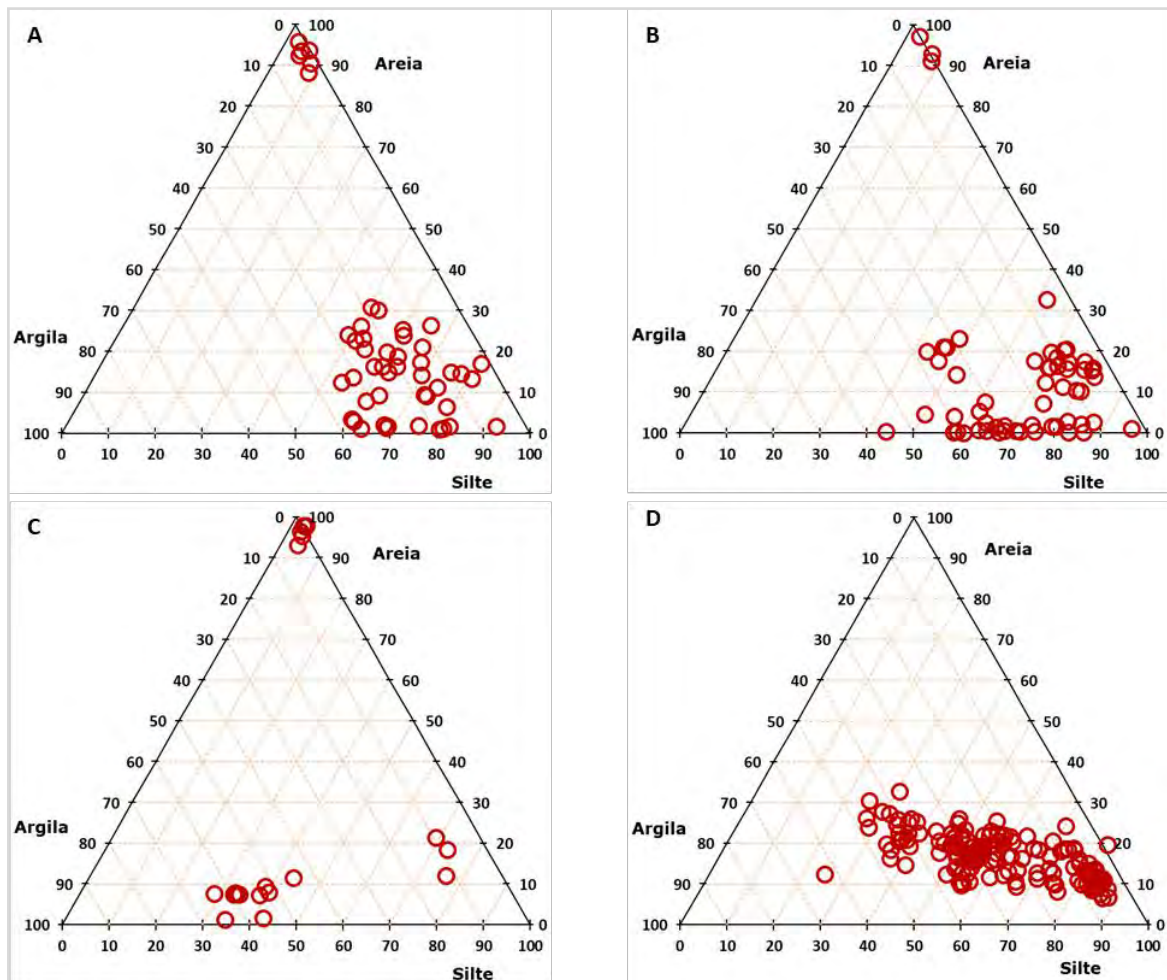


Gráfico II.5.1.2-28– Distribuição percentual das frações silte, argila e areia no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos, nas profundidades de (A) 500 a 1000 metros (n=48), (B) 1000 a 1500 metros (n=57), (C) 1500 a 2000 metros (n=21) e 2000 a 2500 metros (n=747).

Considerando a distribuição sazonal da granulometria (**Gráfico II.5.1.2-29**), observa-se que as principais oscilações estão relacionadas aos percentuais de argila, influenciando diretamente no aumento ou diminuição dos percentuais de silte. No inverno e verão são verificadas, respectivamente, as maiores e as menores contribuições desta fração granulométrica no sedimento da área de estudos. É provável que tais alterações estejam associadas às mudanças sazonais da hidrodinâmica local, do que com as atividades de perfuração na área.

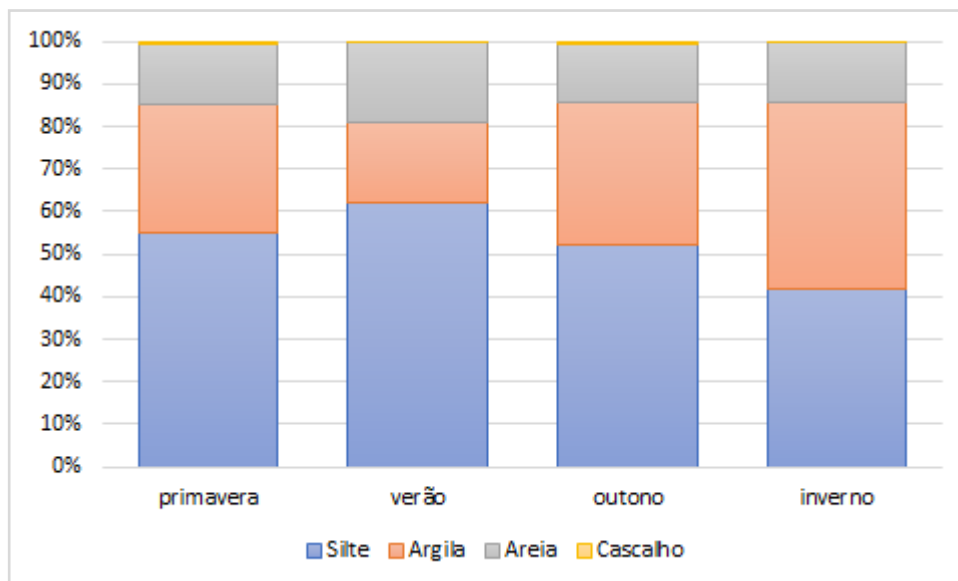


Gráfico II.5.1.2-29– Distribuição percentual média das frações granulométricas no sedimento por estação do ano na área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; n=300), verão (janeiro a março; n=375); outono (abril a junho; n=117), inverno (julho a setembro; n=81).

De acordo com KENNICUTT *et al.* (1996), o principal efeito observado pela instalação de plataformas sobre a granulometria da região é o aumento dos teores de areia, provocado principalmente pela deposição de resíduos da atividade de perfuração (*cuttings*). O aumento dos teores de areia em campanhas realizadas após a atividade de perfuração também foi observado no projeto MAPEM (TOLDO e AYUP-ZOUAIN, 2004), no entanto, este aumento verificado foi atribuído a correntes de fundo ou fluxos gravitacionais que ocasionaram a lavagem do material mais fino nos sedimentos ou ingresso de sedimentos mais arenosos provenientes da plataforma/talude continental, não sendo verificadas alterações significativas nos teores de silte e argila.

Os resultados obtidos nos projetos de monitoramento da atividade de perfuração (PMAEper) na Bacia de Santos utilizados neste documento (EIAR-ADR5, FRC-SP2, ITP-ADR1, LBR-NW2, LL-IA1, LL-IRA-IN1 E SAP-I2N), assim como os resultados observados em monitoramento da mesma natureza realizado na Bacia de Campos (PETROBRAS/BIOENSAIOS, 2014), não mostraram um padrão similar ao observado na literatura, uma vez que não houve incremento

significativo nos teores de areia entre as campanhas. O **Gráfico II.5.1.2-30** mostra grande variabilidade de resultados, não sendo possível identificar uma relação direta entre a atividade de perfuração e as variações granulométricas no sedimento.

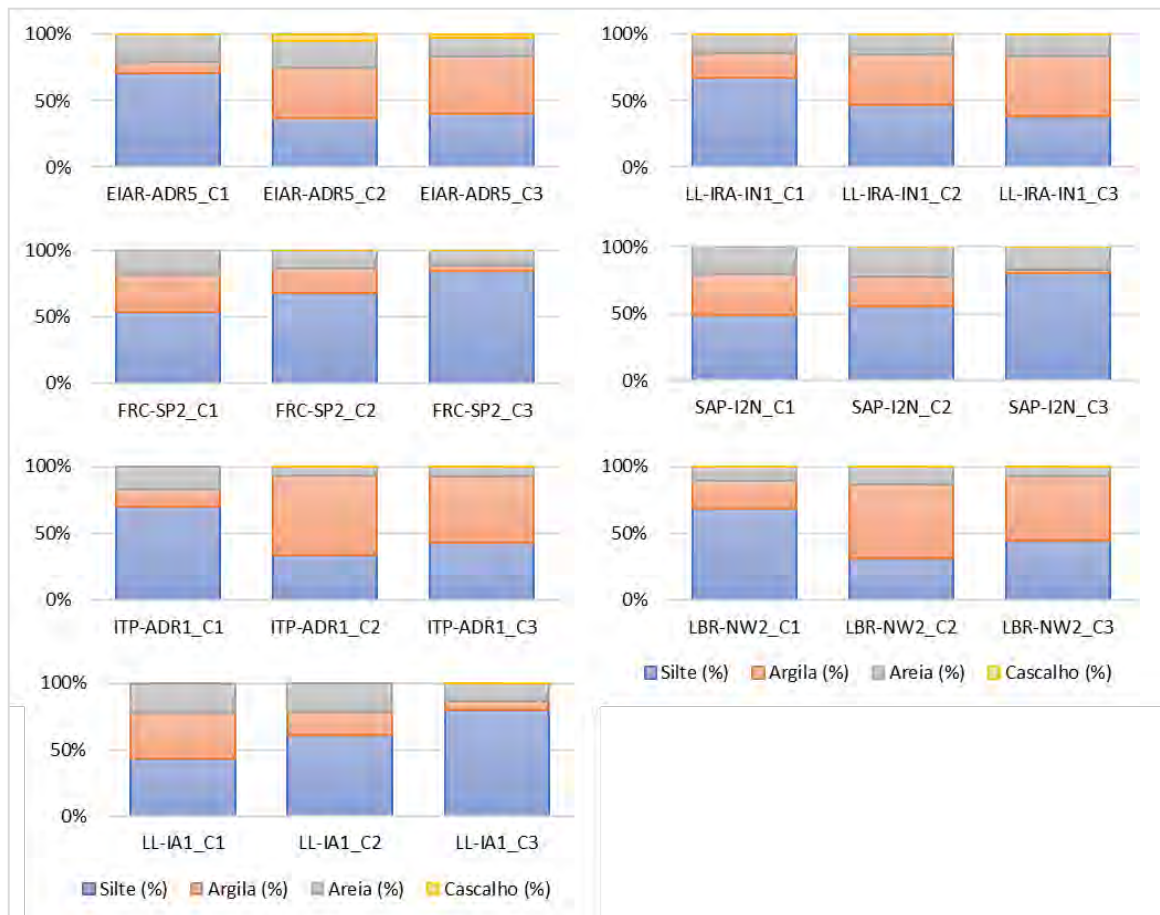


Gráfico II.5.1.2-30– Distribuição percentual média das frações granulométricas no sedimento por campanha de monitoramento do PMAEper, na área de estudo, Bacia de Santos. C1=campanha pré-perfuração, C2=campanha pós-perfuração (1º retorno), C3=campanha pós-perfuração (2º retorno).

O teor de carbonato nos sedimentos deve-se, essencialmente, aos fragmentos de exo e endoesqueletos de organismos marinhos. Em ambientes pelágicos, a maior parte dessas partículas biogênicas se originam de organismos planctônicos, enquanto nas plataformas continentais, a acumulação do carbonato de cálcio é principalmente processada por organismos bentônicos, como moluscos, foraminíferos, briozoários e corais (DIAS, 2004).

As concentrações de carbonato nas amostras de sedimento coletadas através dos projetos de monitoramento na área de estudos apresentaram grande variação com valores mínimo e máximo de 6,7% e 73,8%, respectivamente, e média de $38,7 \pm 19,4\%$. O carbonato esteve presente em todas as amostras analisadas. Na caracterização realizada por PETROBRAS/AS/PEG (2002), com pontos de amostragem desde a plataforma continental até o talude, os teores de carbonato também apresentaram grande variação (0,08% até 96,8%). O estudo realizado na região ultra profunda da Bacia de Santos (PETROBRAS/HABTEC, 2003) indicou que o teor de carbonatos no sedimento variou entre 56,6% a 61,7%. De acordo com SANTOS (1993), as concentrações de carbonato são altamente variáveis e altos teores são comuns em algumas regiões oceânicas e podem ser resultantes da abundância de algumas espécies de organismos como foraminíferos e fragmentos de conchas que se depositam como carbonato de cálcio. Também é importante considerar que os métodos analíticos empregados nas campanhas de monitoramento foram distintos, conforme apresentado no **Quadro II.5.1.2-5**, o que pode ter contribuído em parte para a variação encontrada.

A **Figura II.5.1.2-51** que apresenta a distribuição espacial das concentrações de carbonato e o **Gráfico II.5.1.2-31** que mostra a concentração *versus* intervalo de profundidade de amostragem nos projetos de monitoramento, indicam que os teores de carbonato na área de estudos tendem a aumentar com a profundidade, apesar da alta variabilidade, com as maiores médias obtidas nas campanhas situadas em cota batimétrica acima de 2000 metros (FRC-SP2 a ITP-ADR1) (**Gráfico II.5.1.2-32**).

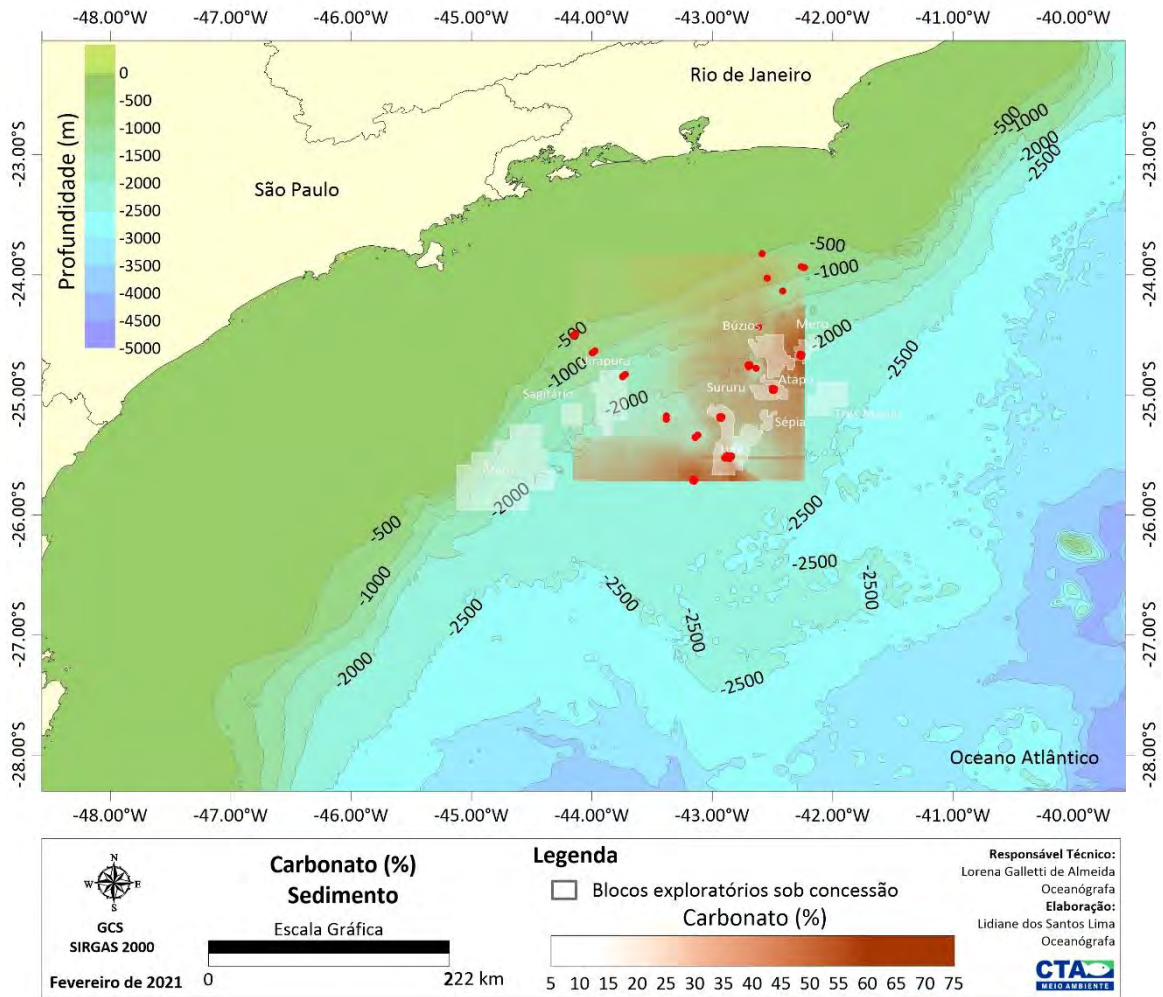


Figura II.5.1.2-51– Distribuição espacial da concentração de carbonato (%) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

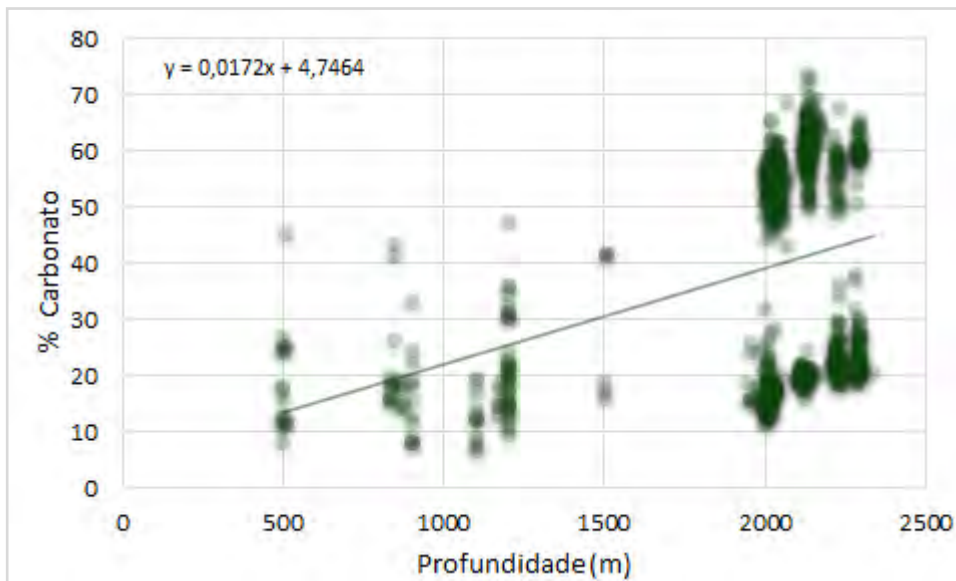


Gráfico II.5.1.2-31– Teor de carbonato (%) por profundidade (m) nas amostras coletadas (n=873) na área de estudos, Bacia de Santos.

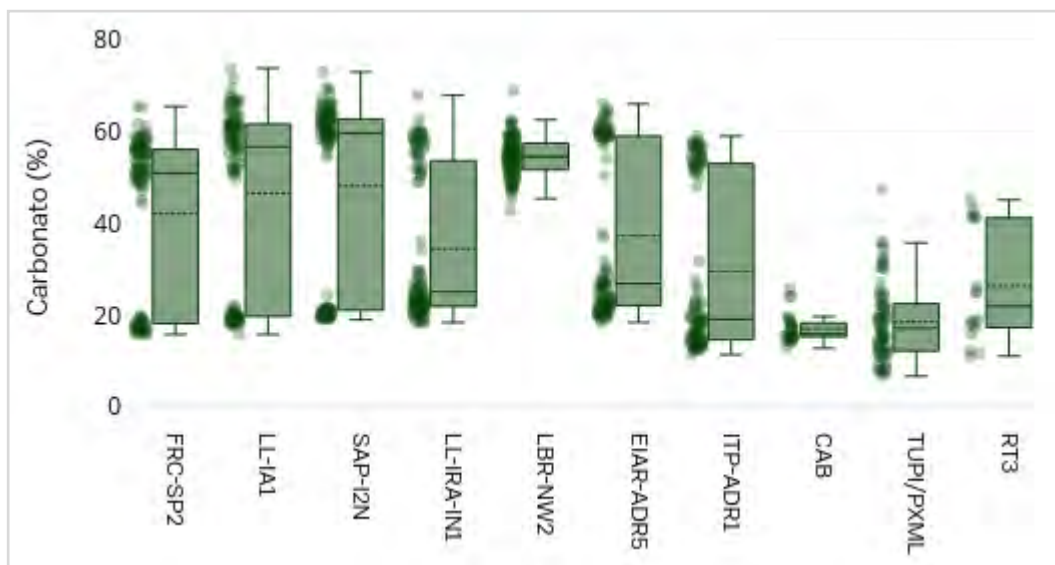


Gráfico II.5.1.2-32– Box-plot do teor de carbonato (%) por projeto de monitoramento selecionado para a caracterização da área de estudos, Bacia de Santos.

De acordo com os percentuais de carbonatos presentes nos sedimentos marinhos, LARSONNEUR (1977), criou uma classificação que determinou o tipo de sedimento, sendo divididos em quatro classes distintas: litoclásticos (até 30% de carbonatos), litobioclásticos (30 a 50%), biolitoclásticos (50 a 70%) e

bioclásticos (mais de 70%). Considerando esta classificação, os sedimentos da área de estudos foram classificados, principalmente, como biolitoclásticos (45,7%) e litobioclásticos (42,2%), sendo que os sedimento biolitoclásticos ocorreram somente em profundidades acima de 1500 metros, enquanto os litobioclásticos de 500 a 2500 metros.

A distribuição sazonal do percentual médio de carbonato no sedimento da área de estudos (**Gráfico II.5.1.2-33**) mostrou uma variação ao longo das estações do ano, sendo os maiores teores verificados na primavera com $46,5 \pm 16,6\%$ e no inverno com $38,8 \pm 15,6\%$, e os menores no outono ($29,9 \pm 17,0\%$) e no verão ($35,1 \pm 20,5\%$).

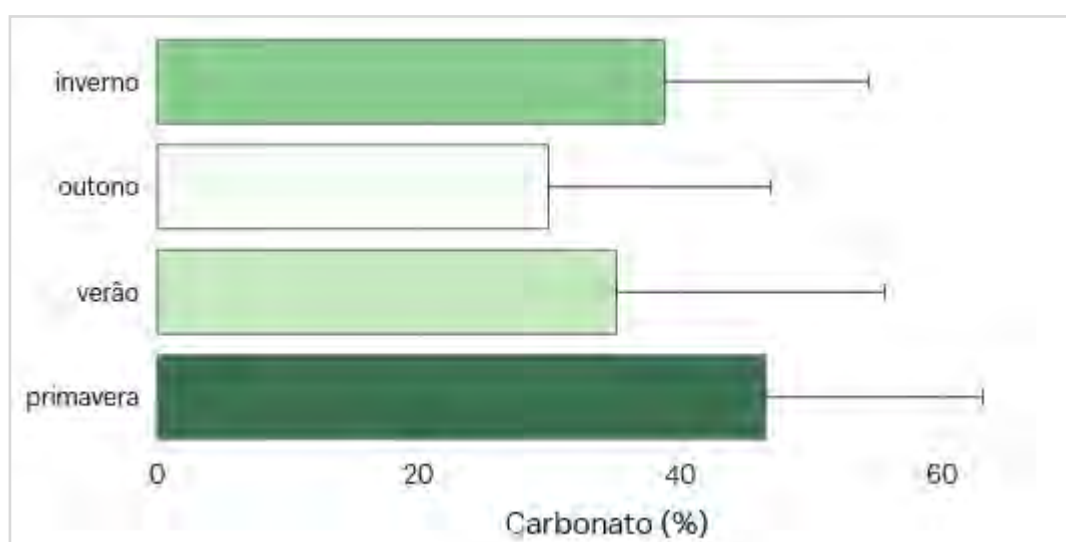


Gráfico II.5.1.2-33– Teor de carbonato (%) por estação do ano nas amostras coletadas na área de estudos, Bacia de Santos. As barras representam o desvio padrão. Primavera: outubro a dezembro; $n=300$, verão: janeiro a março; $n=374$, outono: abril a junho; $n=117$, inverno: julho a setembro; $n=81$.

B.2. Matéria Orgânica Total (MOT), Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT) e Fósforo Total (FT)

A composição da matéria orgânica nos sedimentos marinhos é determinada em grande parte pela produtividade biológica, o teor de oxigênio no fundo marinho e a extensão da diagênese do sedimento. O principal parâmetro utilizado para

investigar a geoquímica do sedimento é o carbono orgânico total, que está diretamente relacionado à quantidade de matéria orgânica presente. Esses parâmetros refletem o ambiente de deposição do sedimento, pois o grau de preservação da matéria orgânica é determinado pela relação entre fatores físicos, químicos e biológicos. Fatores como disponibilidade de matéria orgânica terrígena e marinha, oxidação do ambiente de deposição e taxas de sedimentação são os principais responsáveis pela quantidade de carbono orgânico que é incorporada nos sedimentos. Por outro lado, esses fatores não determinam completamente o conteúdo de carbono orgânico do sedimento, devido às modificações diagenéticas e à degradação da matéria orgânica (MEYERS *et al.*, 1982).

Os mesmos elementos que constituem a matéria orgânica são importantes componentes dos oceanos, da atmosfera e das rochas. São eles: carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio, enxofre e fósforo (SUMMONS, 1993). Além disso, elementos como o nitrogênio e o ferro são considerados limitantes da produção primária dos ecossistemas marinhos.

Desta forma, os mecanismos fisiológicos dos organismos vivos, combinados com processos físicos, químicos e geológicos naturais são responsáveis pela constante redistribuição desses elementos entre os reservatórios bióticos e abióticos do sistema geosfera-biosfera da Terra (MACKENZIE *et al.*, 1993).

Considerando a área de estudos na Bacia de Santos, a análise das amostras de sedimento coletadas pelos projetos de monitoramento mostrou que a concentração média de carbono orgânico total (COT) foi de $0,68 \pm 0,41\%$, com máximo de 3,45% e mínimo de 0,00% (abaixo do limite de detecção). A variação no teor médio de COT foi pequeno ao longo da área de interesse (**Figura II.5.1.2-52**), oscilando entre $0,50 \pm 0,36\%$ entre 500 e 1000 metros e $0,70 \pm 0,42\%$ entre 2000 e 2500 metros (**Gráfico II.5.1.2-34**), sendo neste último intervalo de profundidade observados os valores extremos de COT através do projeto SAP-I2N (**Gráfico II.5.1.2-35**).

Os sedimentos mais finos são mais susceptíveis de possuírem concentrações maiores em COT que os sedimentos mais grosseiros. Isto é explicado pela menor porosidade dos sedimentos finos, o que equivale a uma menor exposição da matéria orgânica ao oxigênio livre para a oxidação. Outro fator responsável por esta diferença de concentração em COT nos sedimentos em relação às diferenças

texturais está relacionado com a hidrodinâmica e a maior taxa de deposição dos ambientes mais calmos, possibilitando uma acumulação, às vezes, um tanto mais rápida que a oxidação.

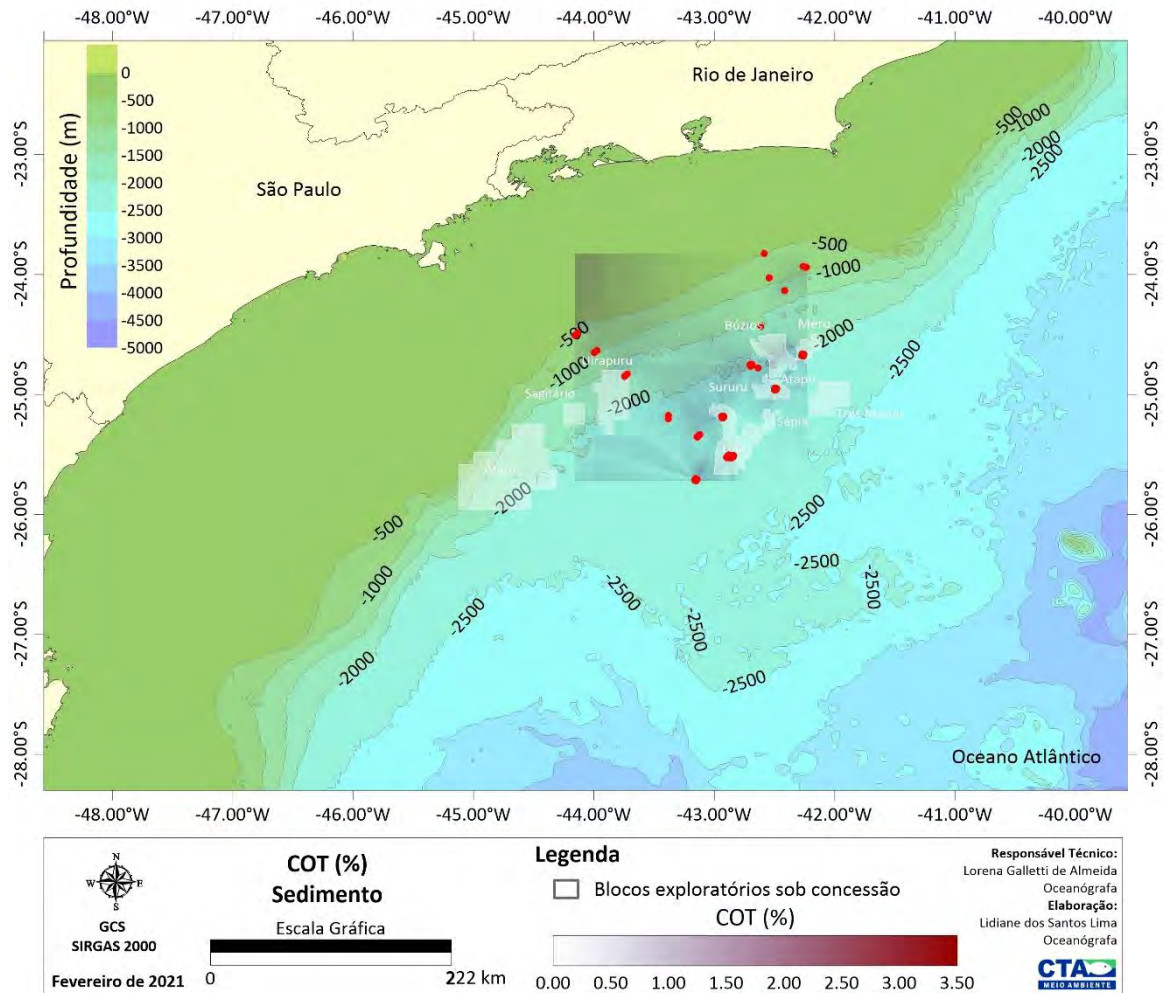


Figura II.5.1.2-52– Distribuição espacial da concentração de carbono orgânico total (COT) (%) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

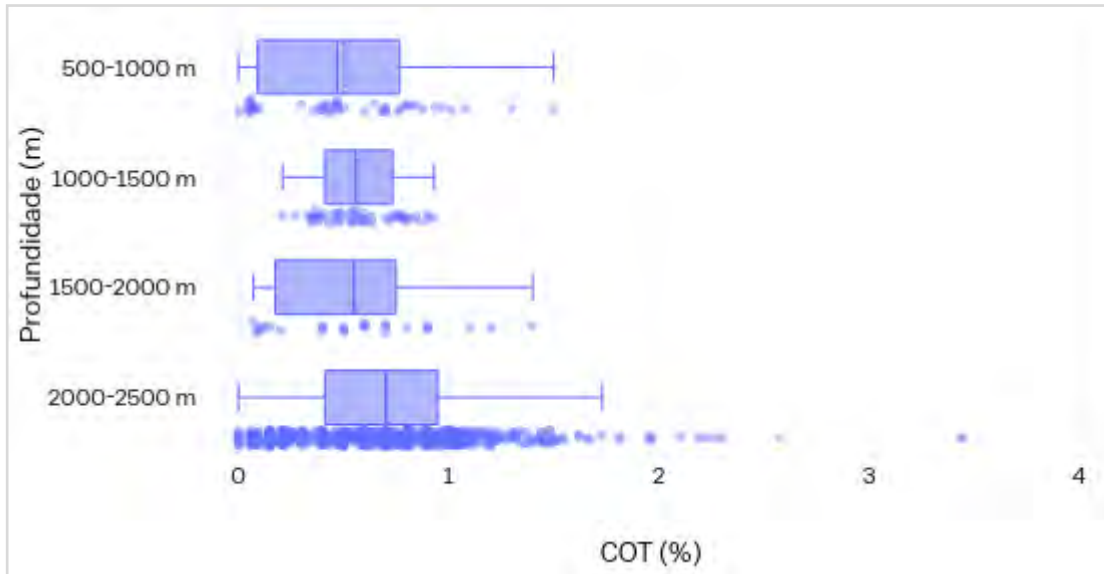


Gráfico II.5.1.2-34– Box-plot da concentração de carbono orgânico total (COT) (%), por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

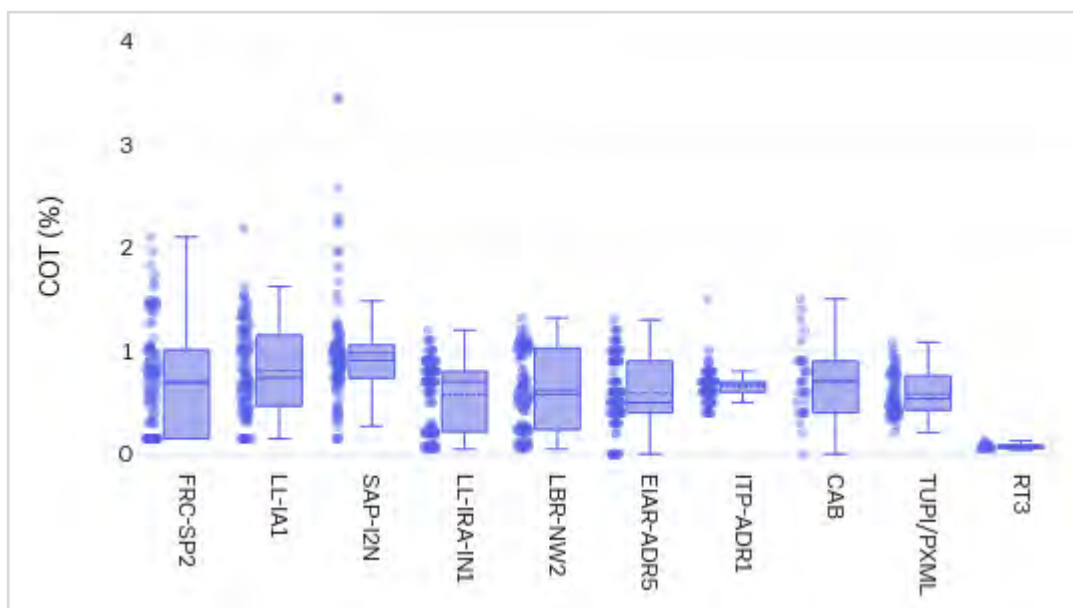


Gráfico II.5.1.2-35– Box-plot da concentração de carbono orgânico total (COT) (%), por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. FRC-SP2 (n=108), LL-IA1 (n=108), SAP-I2N (n=108), LL-IRA-IN1 (n=108), LBR-NW2 (n=108), EIAR-ADR5 (n=105), ITP-ADR1 (n=108), CAB (n=30), TUP/PMXL (n=72), RT3 (n=18).

A concentração de matéria orgânica total (MOT) no sedimento da área de estudos foi em média de $6,46 \pm 6,08\%$. O menor teor de MOT verificado foi de 0,15% e o maior de 29,80%. A distribuição espacial de MOT na área de estudos pode ser visualizada na **Figura II.5.1.2-53**. A partir do **Gráfico II.5.1.2-36** é possível observar que em profundidades acima de 1500 metros os percentuais são maiores, porém também apresentam grande variação, a qual pode ser atribuída, principalmente aos resultados dos projetos de monitoramento realizados em LL-IRA-IN1, EIAR-ADR5 e ITP-ADR1 (**Gráfico II.5.1.2-37**). Parte desta variação pode ser explicada pelos diferentes métodos e laboratórios de análise empregados para a quantificação da matéria orgânica. Além disso, sedimentos de granulometria fina são usualmente mais ricos em matéria orgânica do que os de granulometria grossa, como resultado de sua decomposição mais lenta nas argilas.

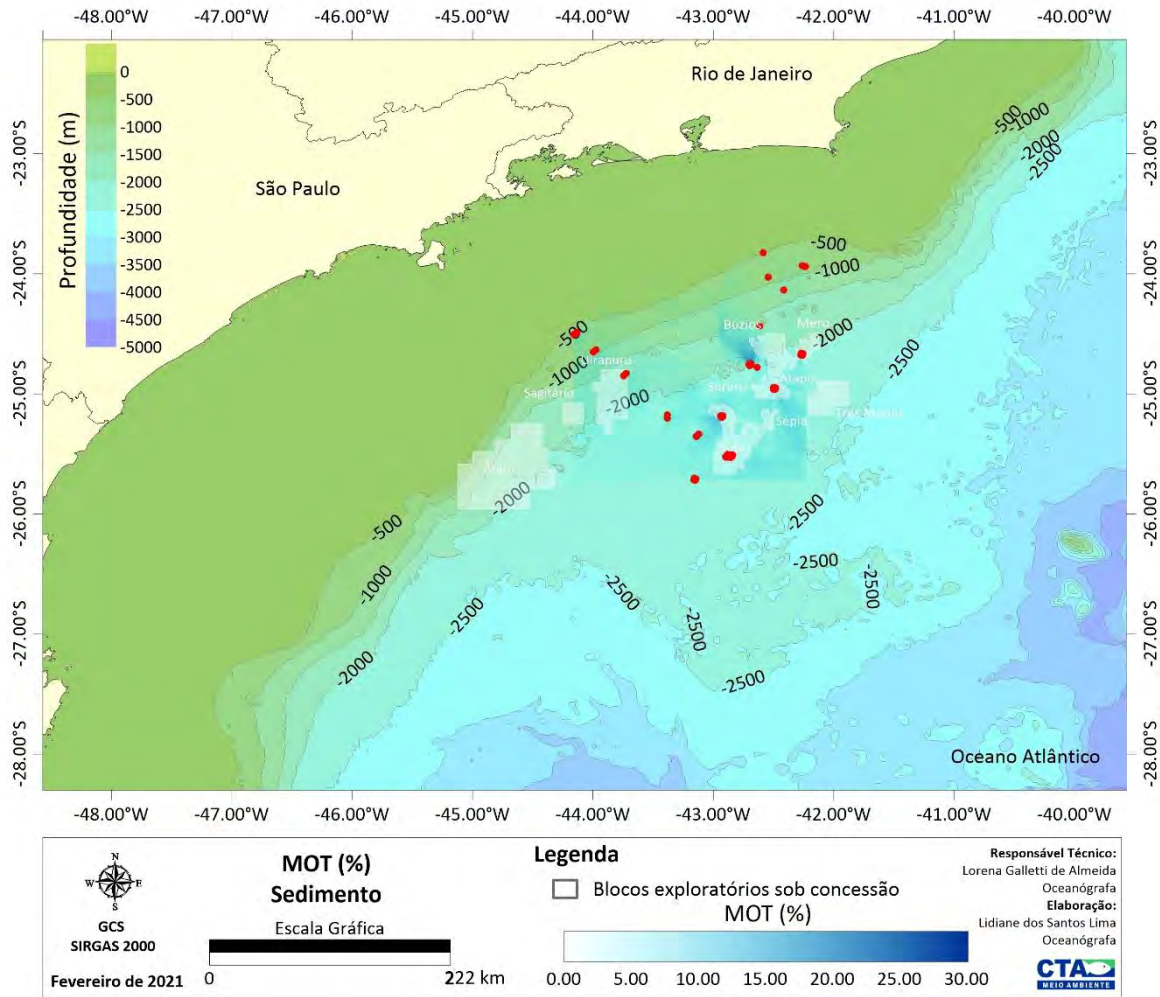


Figura II.5.1.2-53– Distribuição espacial da concentração de matéria orgânica total (MOT) (%) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

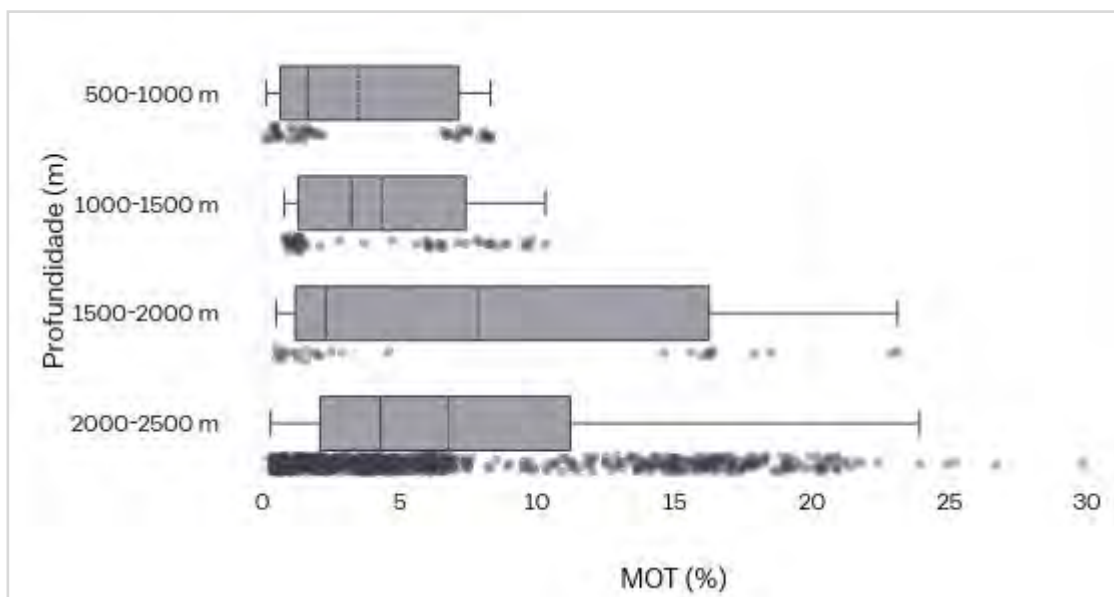


Gráfico II.5.1.2-36– Box-plot da concentração de matéria orgânica total (MOT) (%), por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

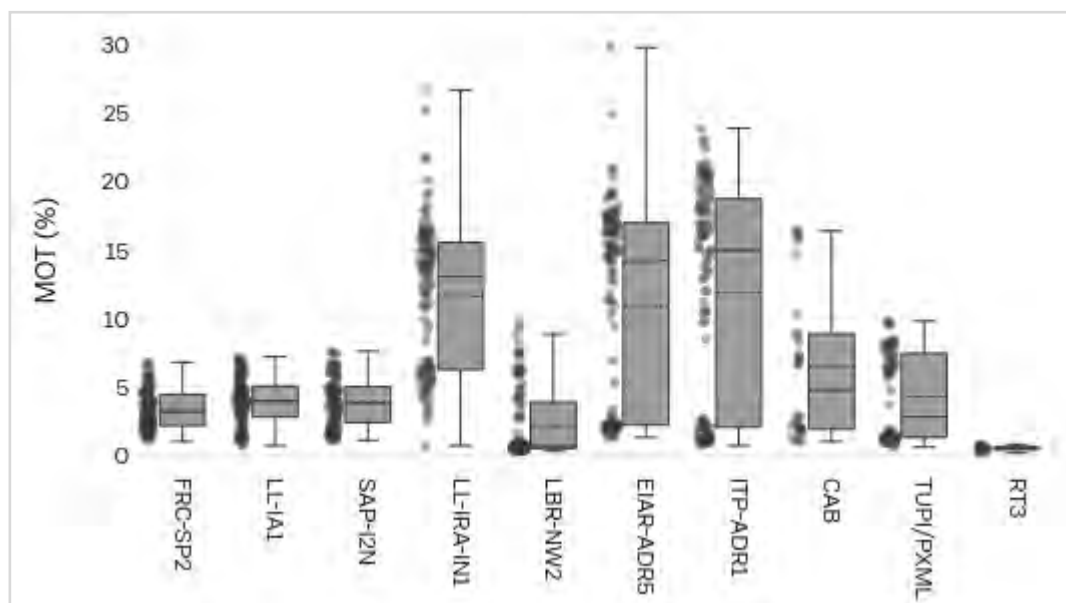


Gráfico II.5.1.2-37– Box-plot da concentração de matéria orgânica total (MOT) (%), por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. FRC-SP2 (n=108), LL-IA1 (n=108), SAP-I2N (n=108), LL-IRA-IN1 (n=108), LBR-NW2 (n=108), EIAR-ADR5 (n=105), ITP-ADR1 (n=108), CAB (n=30), TUPI/PMXL (n=72), RT3 (n=18).

Com relação ao nitrogênio e fósforo total, o sedimento da área de estudos apresentou concentração média de $799,6 \pm 735,0$ mg/kg e $332,7 \pm 251,9$ mg/kg, respectivamente. O nitrogênio alcançou um máximo de 6408,9 mg/kg e um mínimo de 54,5 mg/kg. A distribuição espacial evidencia homogeneidade, com exceção da porção mais ao sul que apresentou maior concentração (**Figura II.5.1.2-54**), influenciada pelos valores verificados nas estações mais rasas de TUPI-PMXL (**Gráfico II.5.1.2-38; Gráfico II.5.1.2-39**), localizado nesta parte da área de estudos. Já o fósforo apresentou concentração máxima e mínima de 1293,7 mg/kg e 0,0 mg/kg (abaixo do limite de detecção), nesta ordem. A **Figura II.5.1.2-55** indica maior concentração de fósforo total ao sul da área de interesse, porém com significativa variabilidade ao longo das profundidades (**Gráfico II.5.1.2-40**), reflexo dos resultados encontrados na maior parte dos projetos de monitoramento (**Gráfico II.5.1.2-41**).

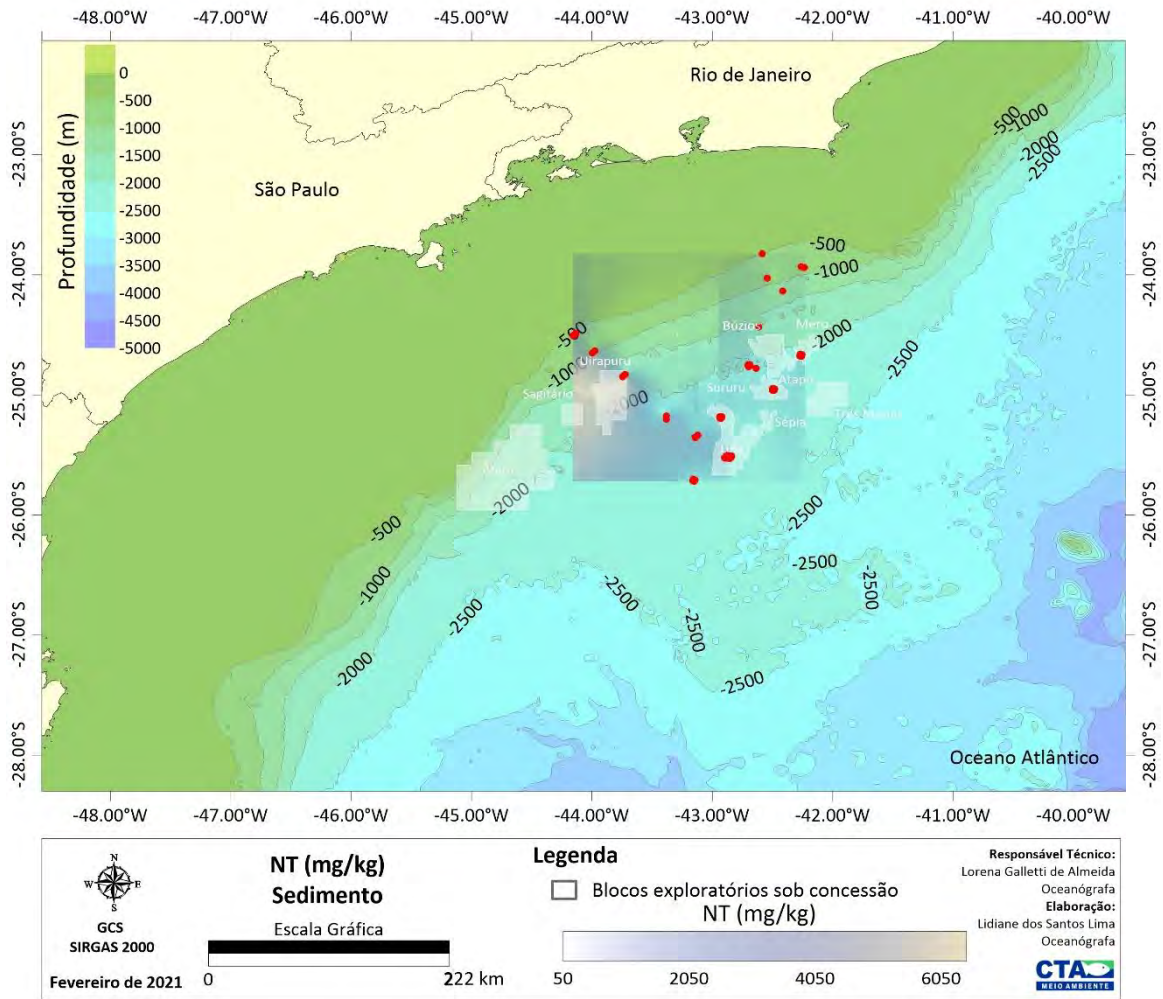


Figura II.5.1.2-54– Distribuição espacial da concentração de nitrogênio total (NT) (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

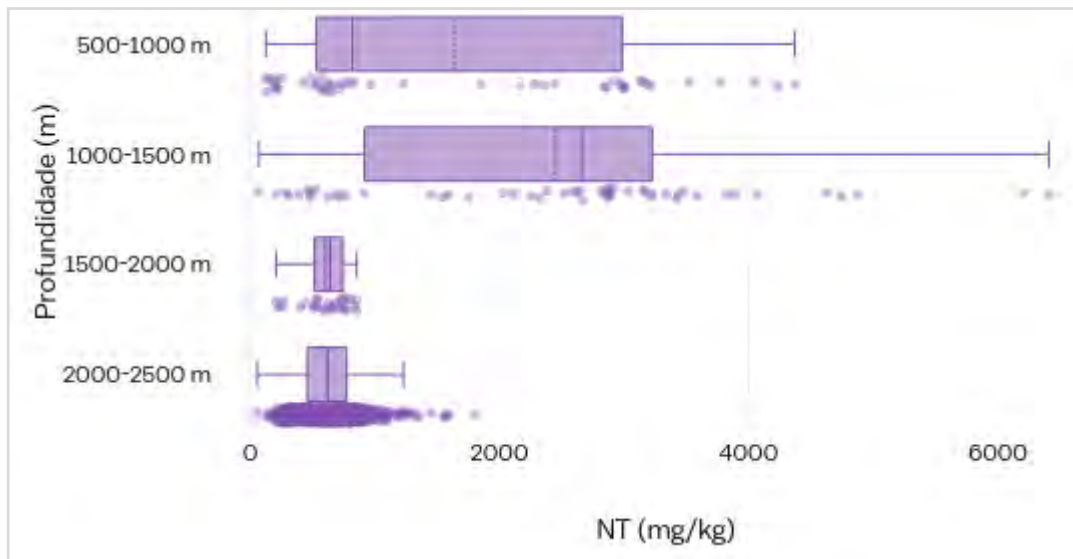


Gráfico II.5.1.2-38– Box-plot da concentração de nitrogênio total (NT) (mg/kg), por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

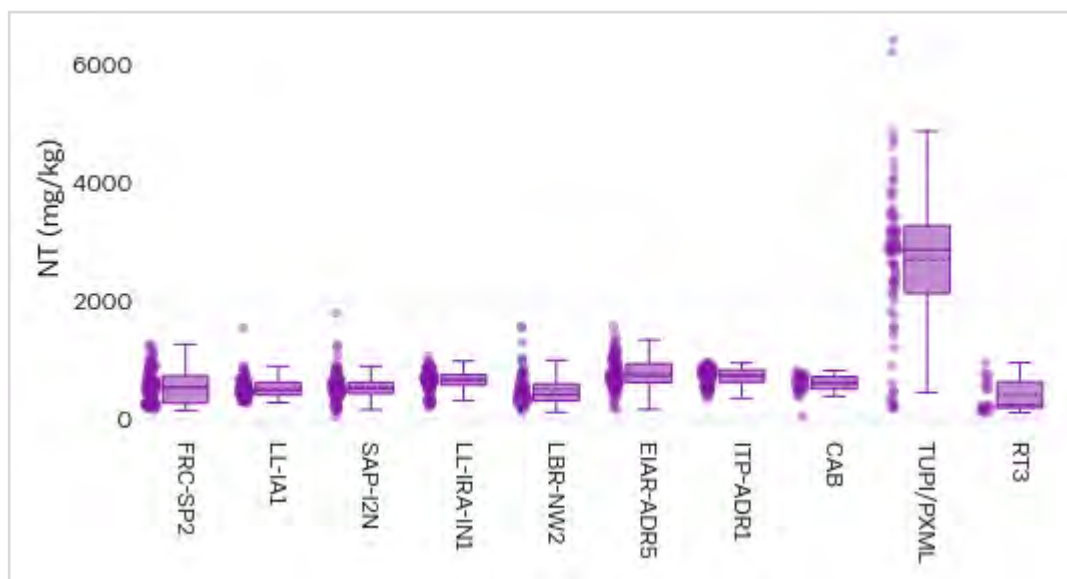


Gráfico II.5.1.2-39– Box-plot da concentração de nitrogênio total (NT) (mg/kg), por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. FRC-SP2 (n=108), LL-IA1 (n=108), SAP-I2N (n=108), LL-IRA-IN1 (n=108), LBR-NW2 (n=72), EIAR-ADR5 (n=105), ITP-ADR1 (n=108), CAB (n=30), TUPI/PMXL (n=72), RT3 (n=18).

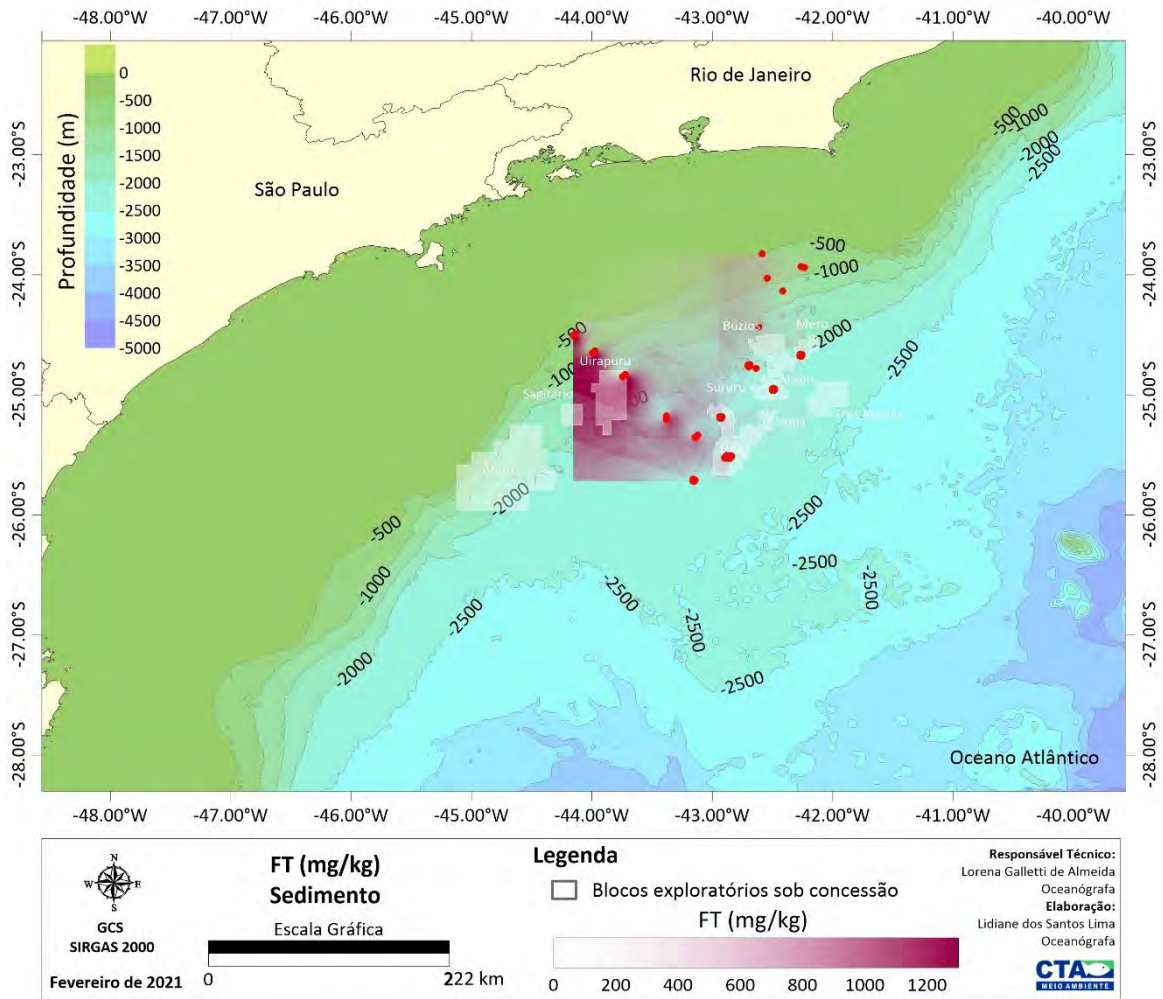


Figura II.5.1.2-55– Distribuição espacial da concentração de fósforo total (FT) (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

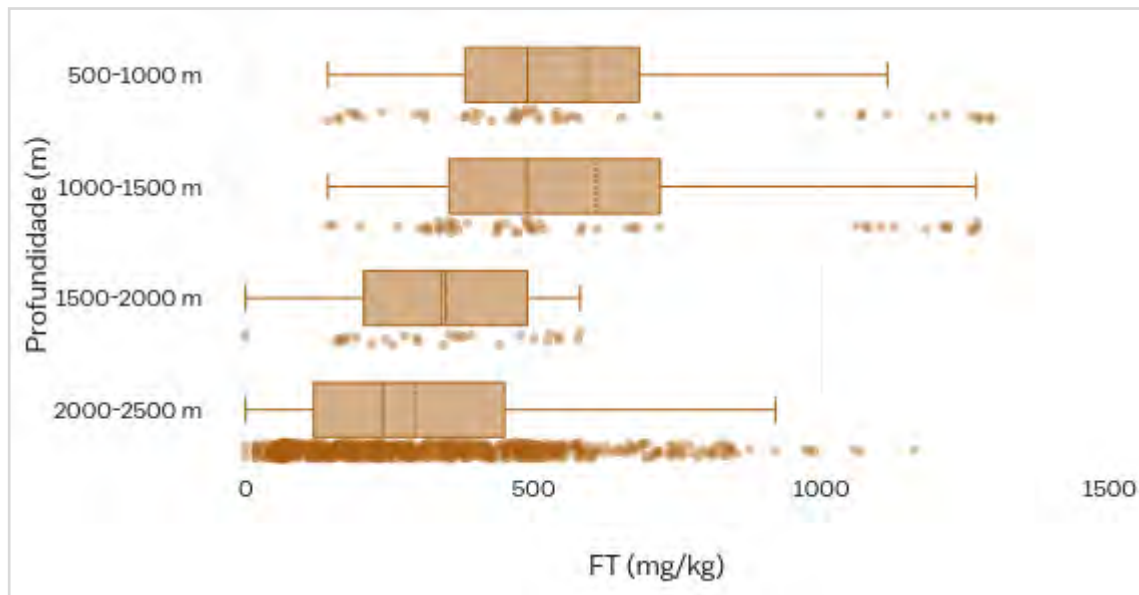


Gráfico II.5.1.2-40– Box-plot da concentração de fósforo total (FT) (mg/kg), por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

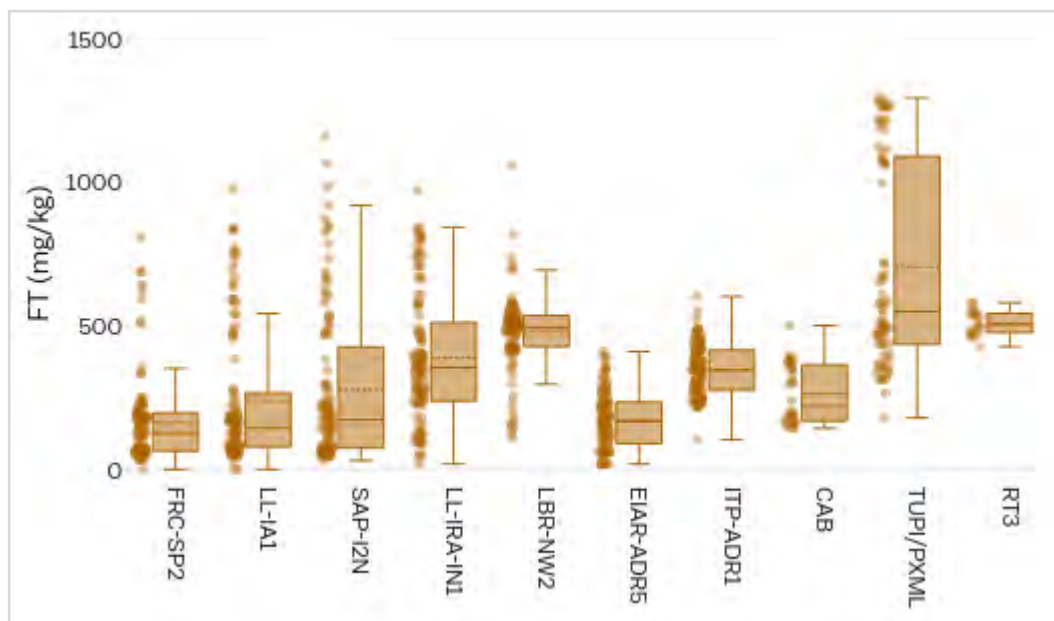


Gráfico II.5.1.2-41– Box-plot da concentração de fósforo total (FT) (mg/kg), por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. FRC-SP2 (n=108), LL-IA1 (n=108), SAP-I2N (n=108), LL-IRA-IN1 (n=108), LBR-NW2 (n=108), EIAR-ADR5 (n=105), ITP-ADR1 (n=108), CAB (n=30), TUP/PMXL (n=72), RT3 (n=18).

O **Gráfico II.5.1.2-42** que ilustra a distribuição sazonal das concentrações de carbono orgânico total, matéria orgânica total, nitrogênio total e fósforo total mostrou que os teores médios de COT e NT apresentam uma distribuição mais homogênea ao longo das estações do ano, enquanto as concentrações de MOT e FT exibem maior variabilidade. As concentrações médias oscilaram entre $0,85 \pm 0,54\%$ (primavera) e $0,55 \pm 0,18\%$ (outono) para o carbono orgânico total, $11,93 \pm 8,84\%$ (outono) e $4,37 \pm 4,46\%$ (verão) para a matéria orgânica total, $937,77 \pm 1044,66$ mg/kg (verão) e $607,40 \pm 248,00$ mg/kg (inverno) para o nitrogênio total, e $431,60 \pm 231,62$ mg/kg (primavera) e $253,68 \pm 279,85$ mg/kg (verão) para o fósforo total.

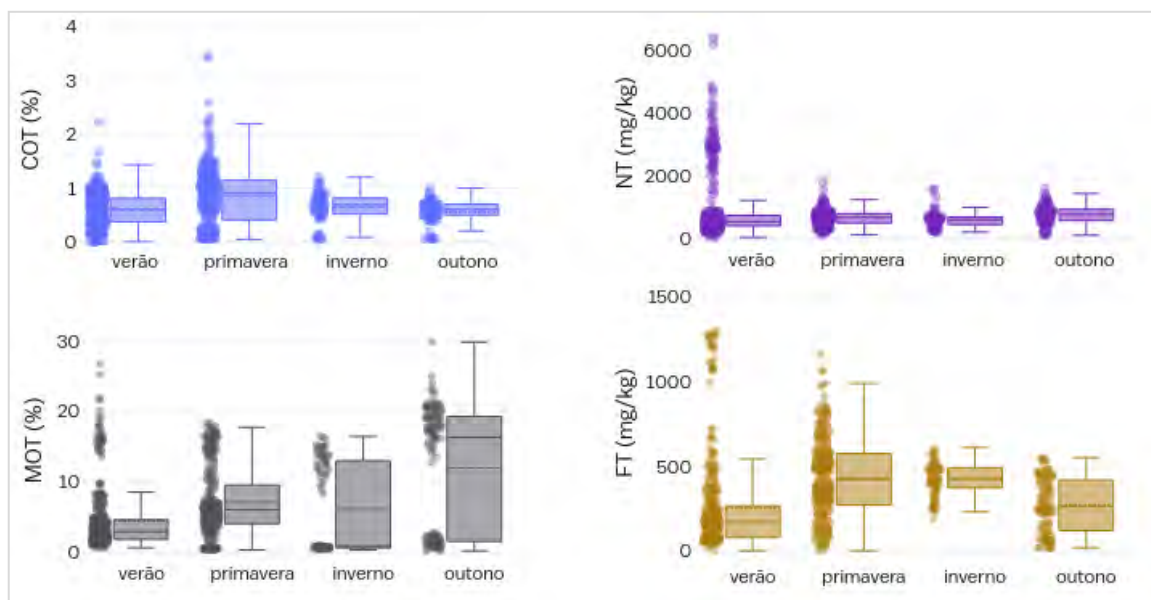


Gráfico II.5.1.2-42– Box-plot da concentração de carbono orgânico total (COT) (%), matéria orgânica total (MOT) (%), nitrogênio total (NT) (mg/kg) e fósforo total (FT) (mg/kg) por estação do ano na área de estudos, Bacia de Santos. Inverno (n=81), outono (n=117), primavera (n=300), verão (n=375).

B.3. Metais

A intervenção humana pode ser considerada como a maior responsável pelo aumento da magnitude e frequência da disposição dos metais no ambiente, uma vez que a sua utilização e geração como subproduto nas atividades industriais ocorre em escala exponencial, gerando diversos impactos em níveis local e global, levando a um estresse contínuo na natureza e, conseqüentemente, a efeitos agudos ou crônicos à saúde dos ecossistemas e do homem (BRAYNER, 1998).

A descarga de metais em ambientes aquáticos pode promover alterações significativas nos comportamentos físicos, químicos e biológicos, tanto do corpo receptor (VEGA *et al.*, 1998) como do próprio metal (VELASQUEZ *et al.*, 2002; WITTERS, 1998), evidenciando que tanto as águas receptoras podem influenciar o comportamento e a toxicidade dos metais, quanto estes podem causar em efeitos e respostas biológicas. Dependendo das condições ambientais, o metal pode variar a densidade, a diversidade, a estrutura da comunidade e a composição das espécies de populações existentes no ambiente aquático. O grau de variação dependerá amplamente da concentração de metais na água e no sedimento. As mudanças nas características do meio aquático pelo aporte de espécies metálicas antropogênicas podem provocar efeitos deletérios à biota aquática. Considerando as interdependências entre os organismos aquáticos, estas modificações sempre proporcionam desequilíbrios ecológicos (HUDSON, 1998).

Os metais diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem se acumular nos compartimentos do ambiente onde manifestam sua toxicidade (BARD, 2002).

Metal pesado é o nome designado ao grupo de elementos que ocorrem em sistemas naturais em pequenas concentrações e apresentam densidade igual ou acima de 5 g/cm³ (ADRIANO, 1986; POVINELLI, 1987). Os metais pesados constituem contaminantes químicos nas águas, pois em pequenas concentrações já acarretam em efeitos adversos à saúde (CETESB, 2006). Dentre os metais selecionados para esta caracterização, o chumbo, o cádmio e o mercúrio, são considerados metais pesados. Além disso, o cromo, o zinco, o ferro, o manganês e o níquel, que são considerados elementos essenciais no ambiente marinho, podem apresentar toxicidade, dependendo de suas concentrações.

A análise das concentrações de metais é de grande importância, devido ao seu aspecto toxicológico e em função da sua cumulatividade na cadeia alimentar. Um dos metais abundantes no ambiente é o cobre, daí a preocupação em sua quantificação. Apesar de alguns deles serem essenciais aos seres vivos, como magnésio, ferro, zinco, manganês, cobre, cobalto, molibdênio, e boro, em altas concentrações, geralmente, são tóxicos (SKURIHIN, 1989). Outros metais como mercúrio, chumbo, cádmio, cromo e níquel não tem função biológica conhecida e comumente apresentam toxicidade aos organismos (GREENPEACE, 2006). A toxicidade depende de vários fatores que influenciam a disponibilidade da substância aos organismos, incluindo a fonte, a taxa de emissão, a concentração, o transporte, a fase de desenvolvimento e os processos bioquímicos de cada organismo (ALVES, 1999).

Em locais destinados a produção de petróleo, a análise de metais é imprescindível para a caracterização ambiental, visto que estes elementos são encontrados como constituintes da maioria dos fluidos de perfuração utilizados (PATIN, 1999). Tais substâncias são comumente descartadas no ambiente marinho como fluido aderido aos cascalhos residuais, alcançando os sedimentos devido à deposição dessas partículas ao longo da coluna d'água (PATIN, 1999).

Dentre os metais analisados (bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, níquel, vanádio e zinco), o ferro e o bário apresentaram as mais elevadas concentrações médias no sedimento, e as menores concentrações foram apresentadas pelos metais mercúrio e cádmio. A sequência de concentrações médias obtidas na área de estudos foi $Fe > Ba > Mn > V > Zn > Cr > Cu > Pb > Ni > Cd > Hg$.

A concentração média de ferro na área de estudos foi de $12934,9 \pm 6879,7$ mg/kg, com máximo de 548 mg/kg e mínimo de 46357,6 mg/kg. Os teores de ferro se mantiveram altos em todas as profundidades, sendo superiores entre 500 e 1500 metros (**Gráfico II.5.1.2-43**) e na porção mais ao sul da área de estudos (**Figura II.5.1.2-56**), onde estão localizadas as estações do gasoduto TUPI-PMXL, que apresentaram a maior média (**Gráfico II.5.1.2-44**). A caracterização da Bacia de Santos (PETROBRAS/AS/PEG, 2002) também mostrou elevadas concentrações de ferro em toda bacia ($16427,0 \pm 25902,7$ mg/kg), evidenciando que a presença de ferro nos sedimentos está relacionada,

principalmente aos tipos de rochas e à quantidade de carbonatos e argilas presentes nestes sedimentos.

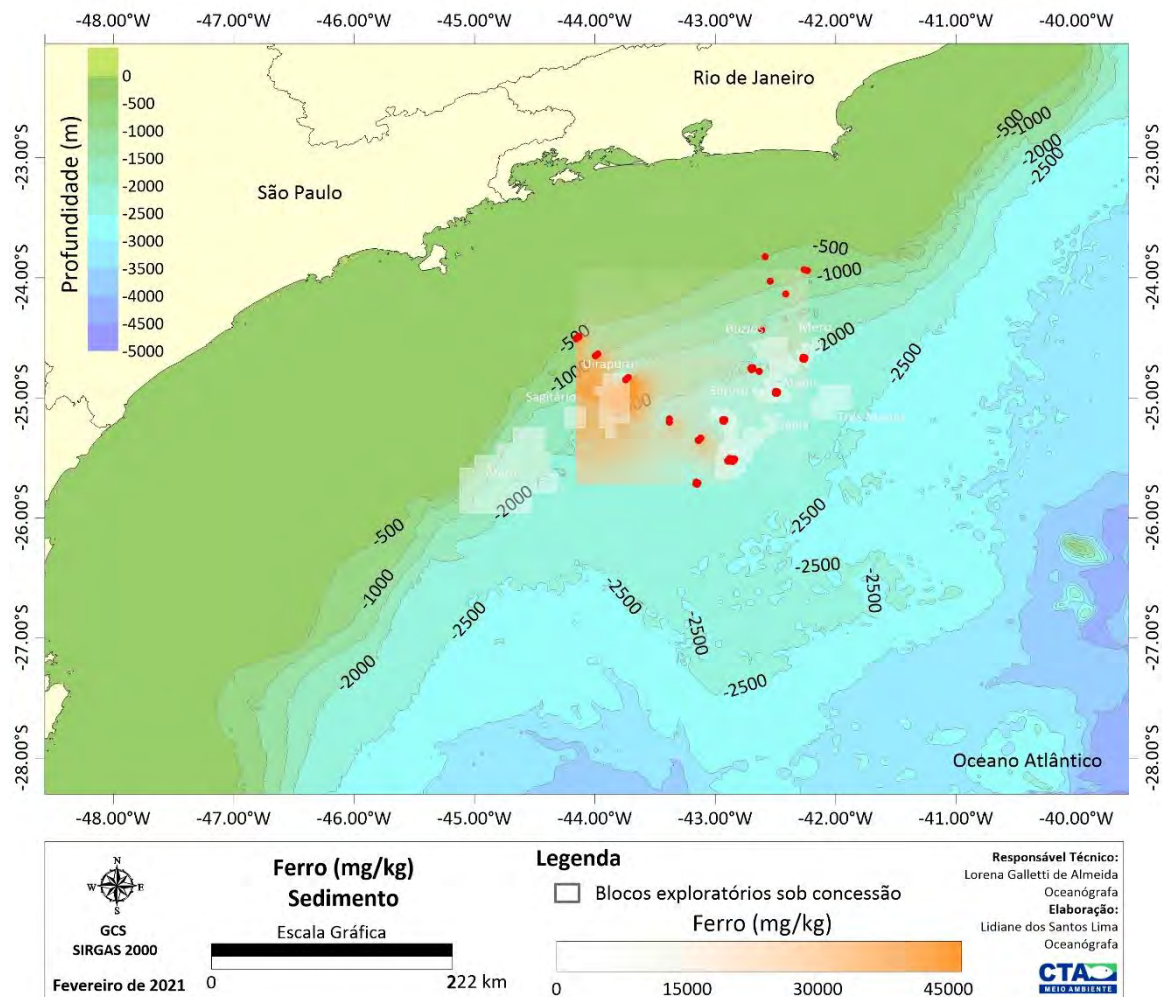


Figura II.5.1.2-56– Distribuição espacial da concentração de ferro (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

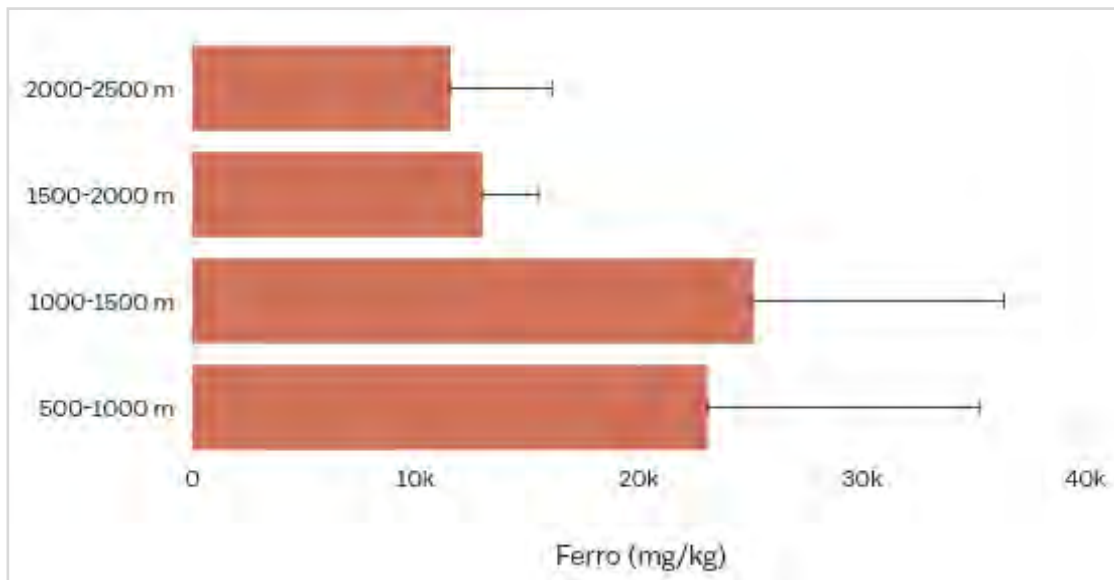


Gráfico II.5.1.2-43– Concentrações médias (mg/kg) de ferro, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

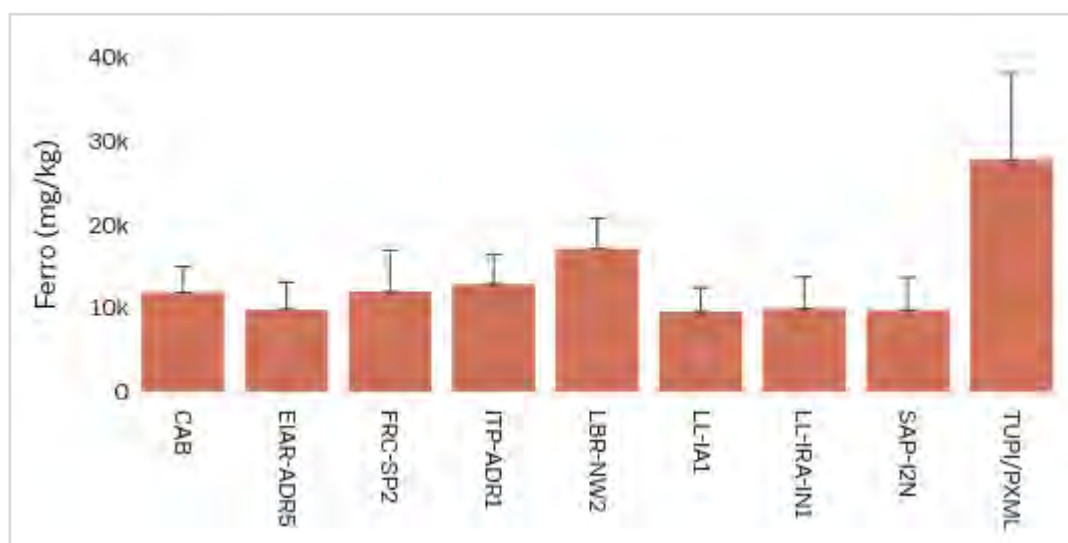


Gráfico II.5.1.2-44– Concentrações médias (mg/kg) de ferro, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

As concentrações de bário apresentaram grande variação ao longo da área de estudos com mínimo de 2,7 mg/kg e máximo de 20734,41 mg/kg. A concentração média foi de 423,0 mg/kg com desvio padrão de 1287,8 mg/kg. A **Figura II.5.1.2-57** apresenta a distribuição espacial das concentrações de bário na área de interesse. Os teores de bário mais elevados foram encontrados nas profundidades entre 2000 e 2500 metros (**Gráfico II.5.1.2-45**), onde concentram-se a maior parte das estações de coleta utilizadas nesta caracterização, com destaque para os valores encontrados em LL-IRA-IN1 (**Gráfico II.5.1.2-46**).

Ao comparar os valores obtidos a partir dos projetos de monitoramento utilizados para este diagnóstico com levantamentos anteriores realizados na região Bacia de Santos, como PETROBRAS/HABTEC (2003) e PETROBRAS/AS/PEG (2002) que registraram teores médios de 124 ± 18 mg/kg e $88,7 \pm 59,1$ mg/kg, respectivamente, observa-se um incremento nas concentrações de bário no sedimento.

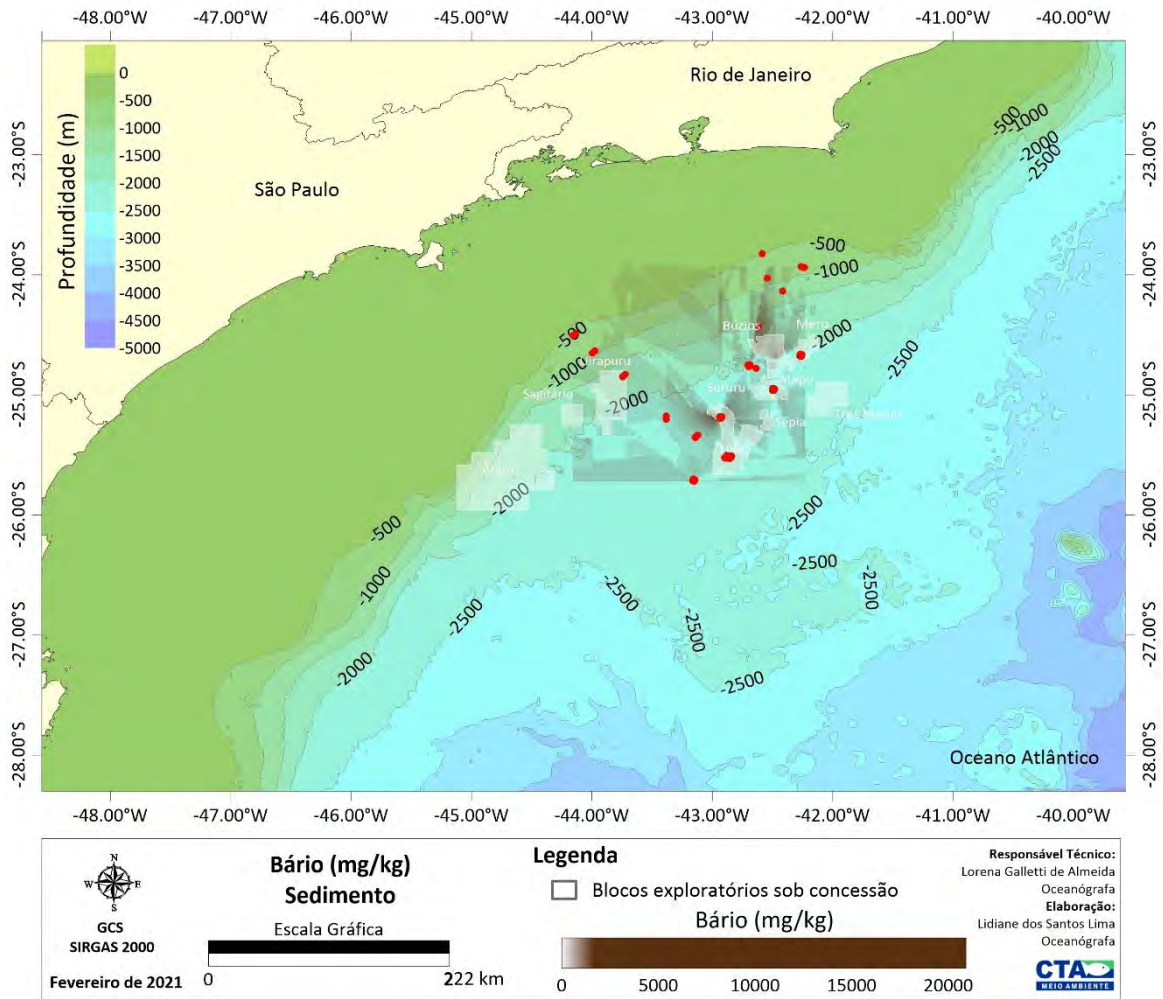


Figura II.5.1.2-57– Distribuição espacial da concentração de bário (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

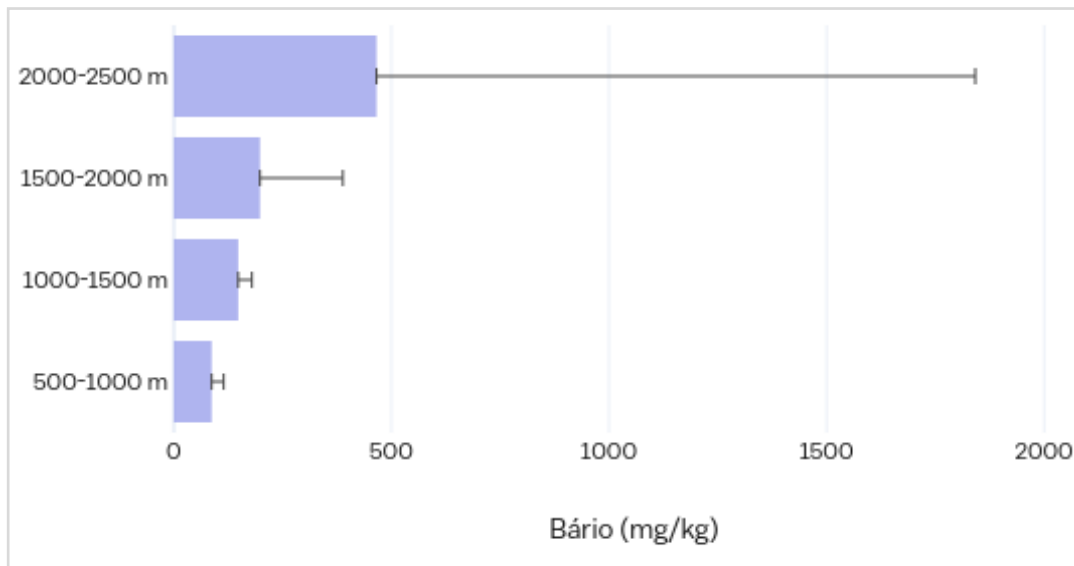


Gráfico II.5.1.2-45– Concentrações médias (mg/kg) de bário, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

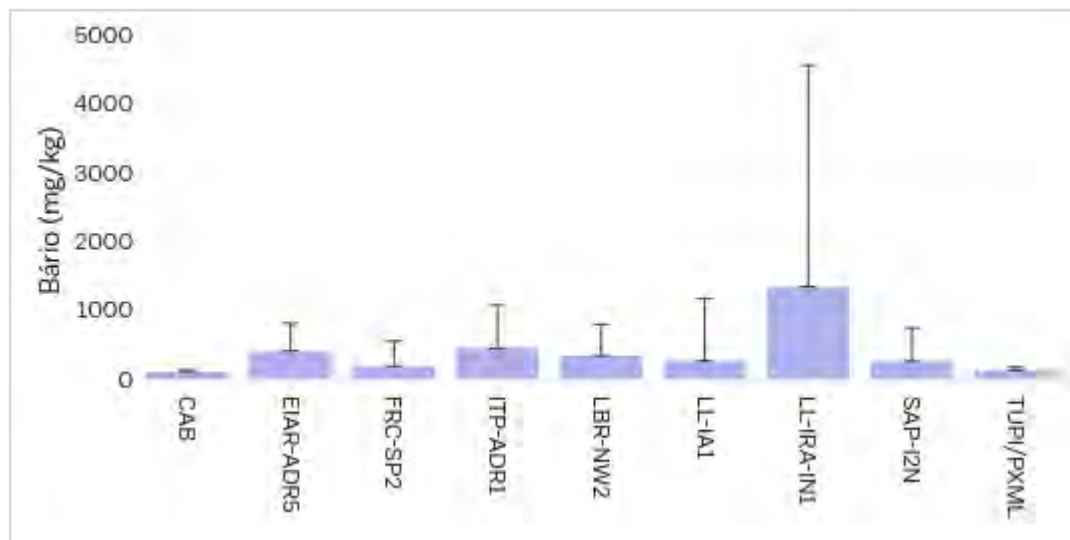


Gráfico II.5.1.2-46– Concentrações médias (mg/kg) de bário, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

O enriquecimento ou depleção de metais no sedimento pode ser avaliado a partir do cálculo do fator de enriquecimento (FE), que é um índice utilizado como ferramenta para avaliar a extensão da poluição por metais (WOITKE *et al.*, 2003; SELVARAJ *et al.*, 2004). Valores de FE inferiores a 1 indicam que não houve

enriquecimento, enquanto que valores entre 1 e 3 indicam que houve um enriquecimento pequeno. Já valores entre 3 e 5 indicam que houve enriquecimento moderado e valores entre 5 e 10 que houve enriquecimento de moderado a severo. Valores entre 10 e 25 indicam enriquecimento severo, entre 25 e 50, enriquecimento muito severo e acima de 50, enriquecimento extremamente severo (TAYLOR, 1964 *apud* APRILE e BOUVY, 2008).

Os resultados obtidos nos relatórios dos projetos de monitoramento da atividade de perfuração – EIAR-ADR5 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018), FRC-SP2 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016), ITP-ADR1 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018), LBR-NW2 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018), LL-IRA-IN1 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018), LL-IA1 (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016) e SAP-I2N (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016), referentes à terceira campanha (2ª revisita) (**Figura II.5.1.2-58**), mostraram que o bário apresentou na área de interesse fator de enriquecimento oscilando entre <1 (sem enriquecimento) e 5 (enriquecimento moderado) em 65,5% das estações de coleta. Nas demais estações, foram verificados indícios de enriquecimento, porém sem a identificação de um padrão espacial de distribuição.

A análise destes resultados deve considerar outras fontes de variação importantes, tais como mudanças de laboratório, métodos e limites analíticos, variações granulométricas entre as campanhas com aumento dos teores de argila, além da possibilidade de contaminação por fluidos de perfuração e cascalhos. Também é importante considerar que em EIAR-ADR5 foi realizada a coleta de uma amostra extra com a retirada das carapaças, objetivando analisar as concentrações de metais na superfície da camada de sedimento. Tais análises mostraram uma redução no teor dos metais, incluindo o bário (43,51 mg/kg).

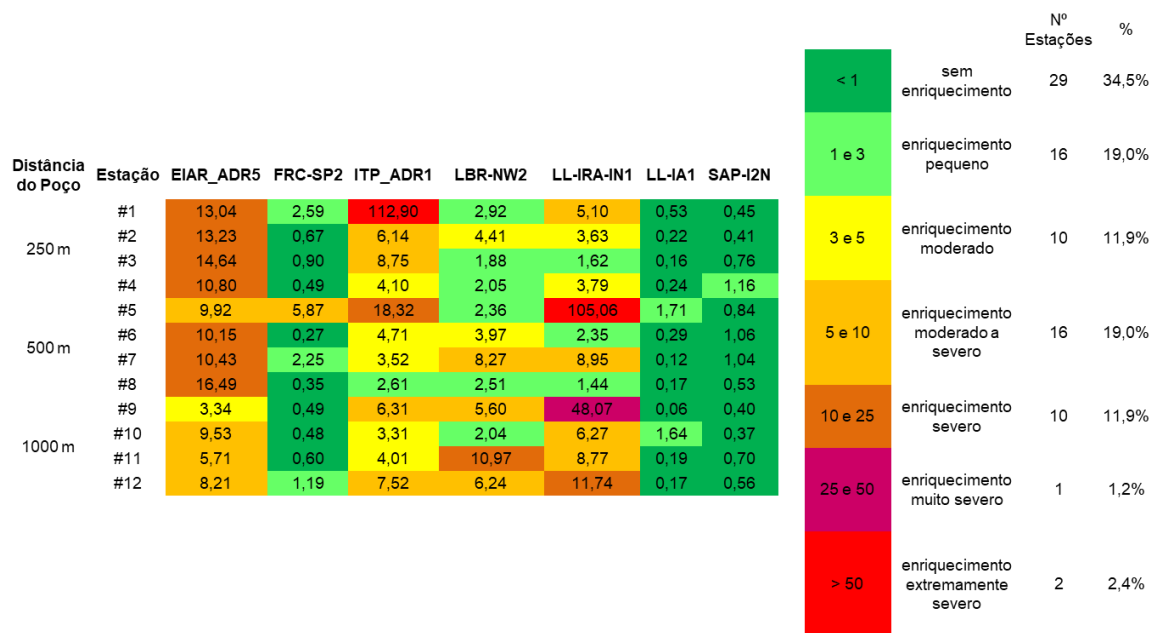


Figura II.5.1.2-58– Valores do Fator de Enriquecimento (FE) para o Bário (Ba) por estação de coleta e projeto, obtidos na terceira campanha de monitoramento (2ª revisita). Os valores de referência foram aqueles encontrados na primeira campanha de monitoramento dos poços analisados (fase de pré-perfuração). Extraído de PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (EIAR-ADR5); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (FRC-SP2); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (ITP-ADR1); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (LBR-NW2); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (LL-IRA-IN1); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (LL-IA1) e PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (SAP-I2N). O alumínio (Al) foi utilizado como elemento de referência.

O manganês foi o terceiro metal com maior concentração no sedimento da área de estudos, apresentando média de 401,5 ± 189,4 mg/kg e valores máximo e mínimo de 1800,6 mg/kg e 4,0 mg/kg, respectivamente. Ao longo da área de estudos (**Figura II.5.1.2-59**), o manganês concentra-se na porção mais ao sul. Nos intervalos de profundidade analisados, o maior teor médio de manganês foi observado entre 1000 e 1500 metros com 702,2 mg/kg e o menor entre 2000 e 2500 metros com 366,5 mg/kg, conforme indicado no **Gráfico II.5.1.2-47**. Entre as estações dos diferentes projetos de monitoramento, TUPI-PMXL apresentou a maior concentração média com 754,6 mg/kg (**Gráfico II.5.1.2-48**). Assim como o ferro, o manganês é um elemento muito associado ao tipo de sedimento presente na região e sua variação está fortemente relacionada com a granulometria da área.

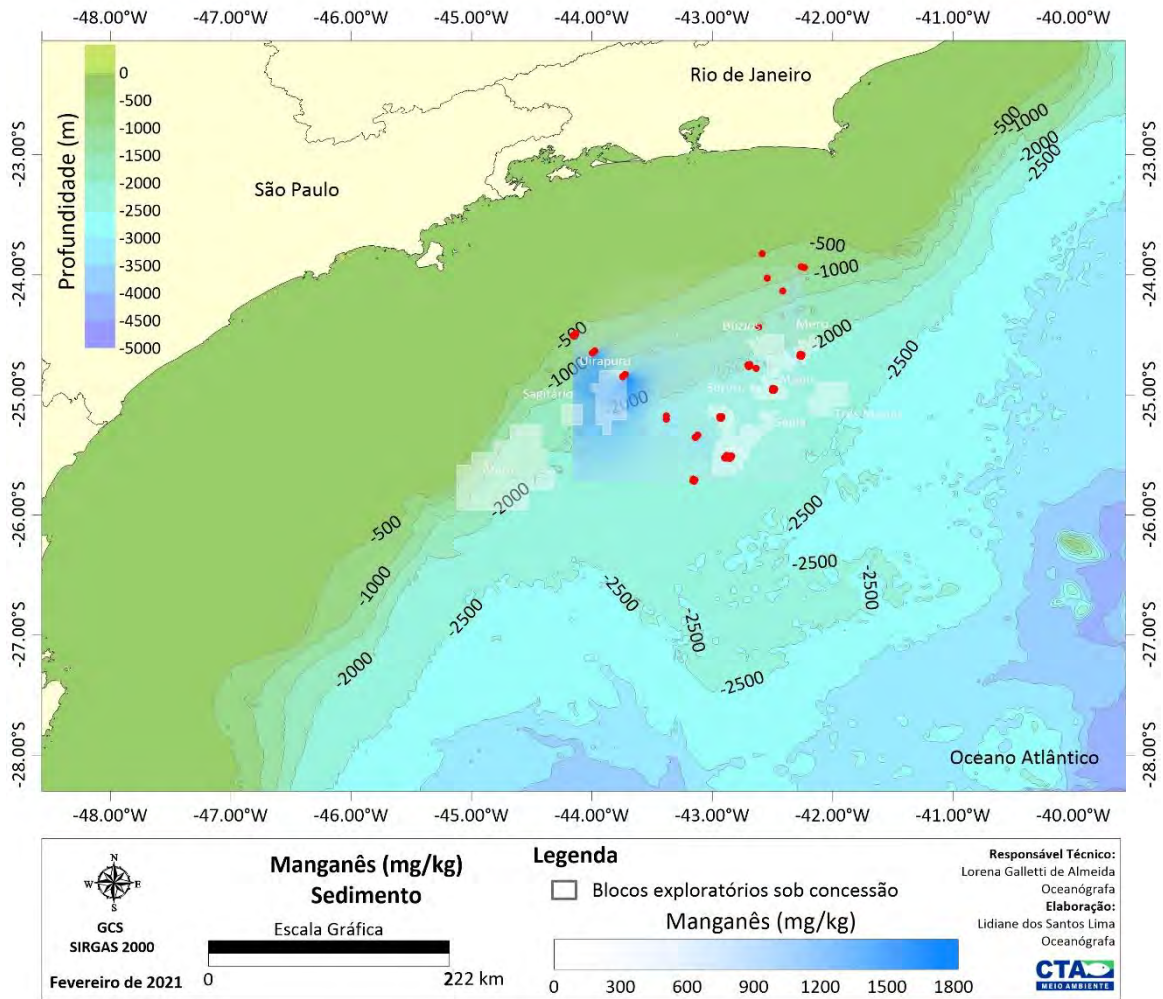


Figura II.5.1.2-59– Distribuição espacial da concentração de manganês (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

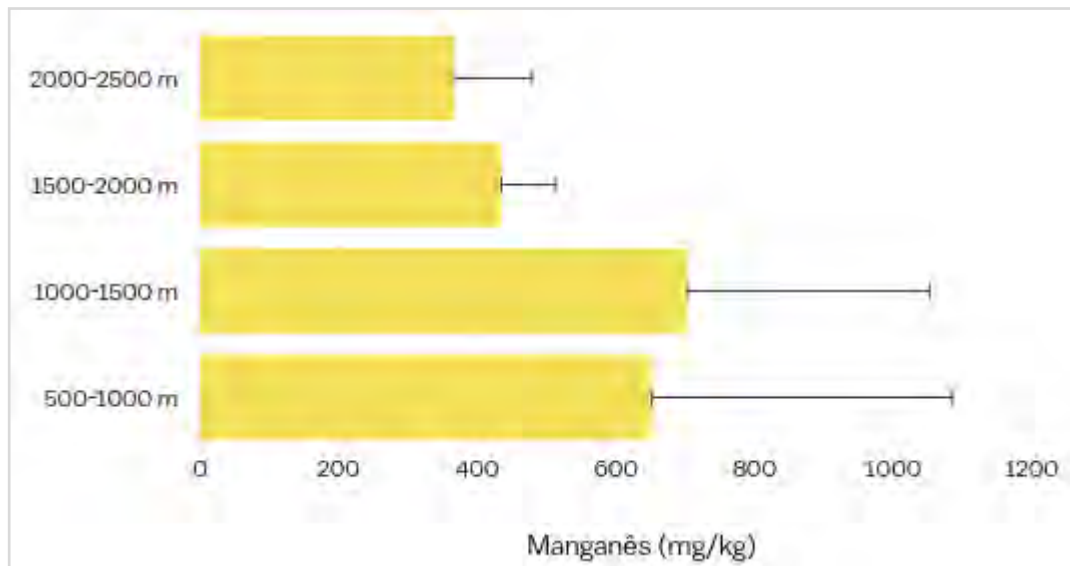


Gráfico II.5.1.2-47– Concentrações médias (mg/kg) de manganês, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

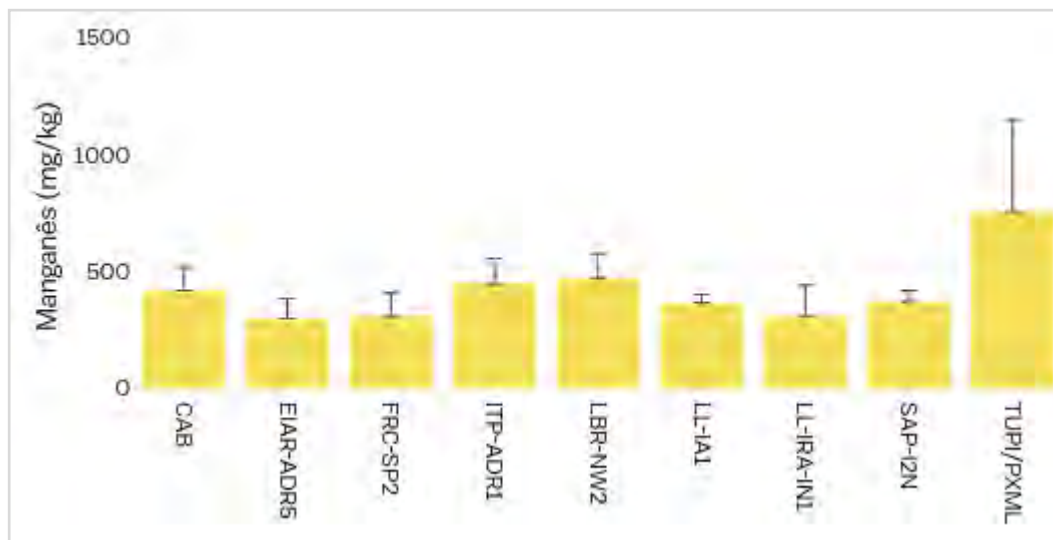


Gráfico II.5.1.2-48– Concentrações médias (mg/kg) de manganês, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

O vanádio apresentou uma concentração média no sedimento de $61,0 \pm 195,7$ mg/kg, com mínimo de 0,0009 mg/kg e máximo de 2174,4 mg/kg. De maneira geral, os teores de vanádio distribuíram-se de maneira homogênea na área de estudos (**Figura II.5.1.2-60**), com maiores concentrações verificadas mais ao sul

e em profundidades acima de 2000 metros (**Gráfico II.5.1.2-49**), principalmente no entorno de EIAR-ADR5 (**Gráfico II.5.1.2-50**), que em sua terceira campanha de monitoramento (pós-perfuração) apresentou média de $797,1 \pm 591,7$ mg/kg.

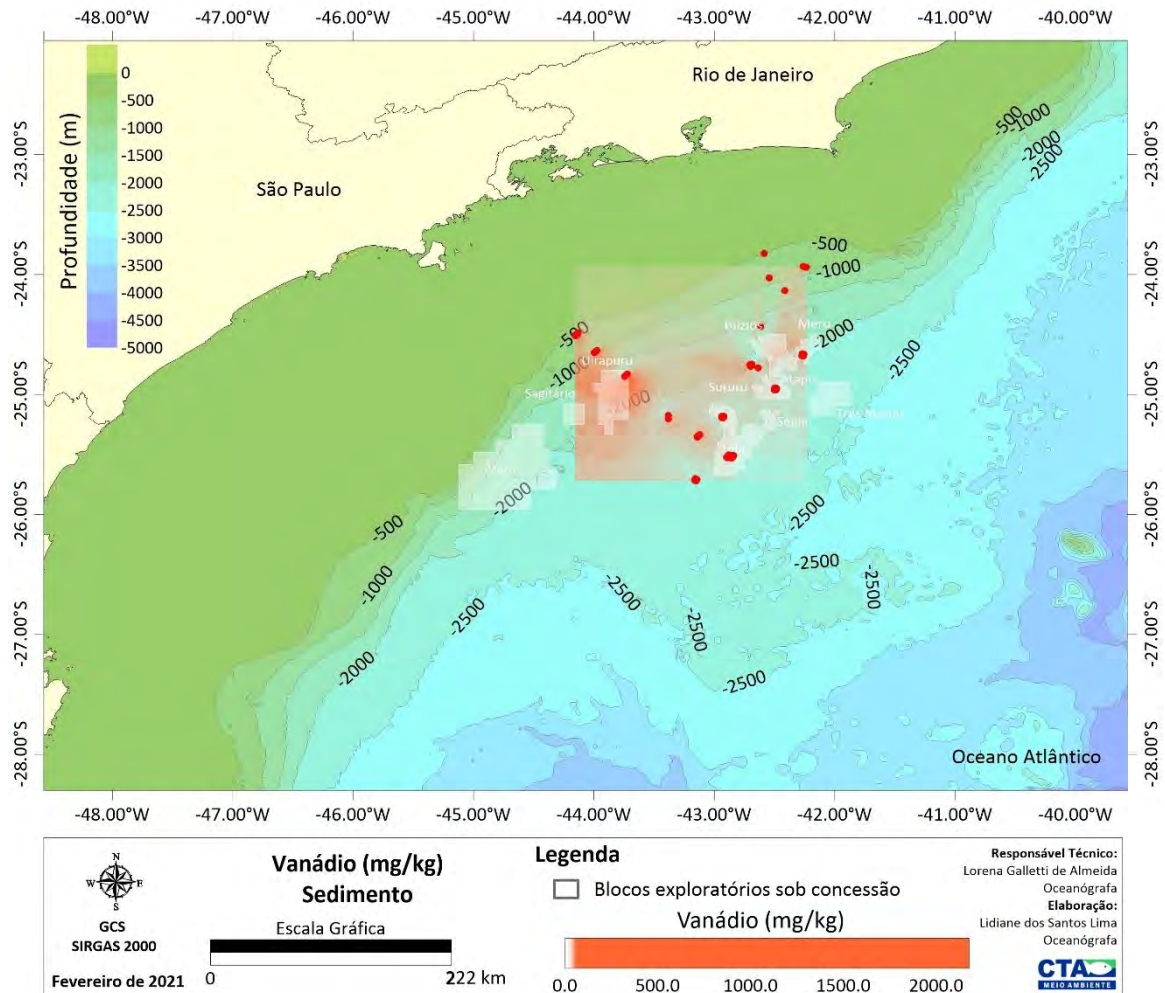


Figura II.5.1.2-60– Distribuição espacial da concentração de vanádio (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

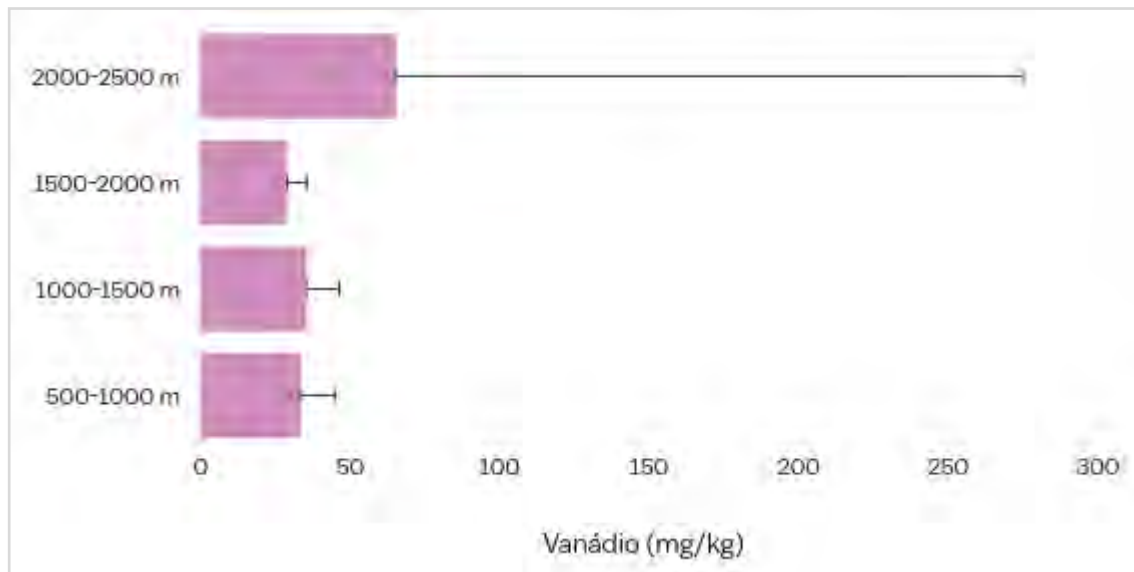


Gráfico II.5.1.2-49– Concentrações médias (mg/kg) de vanádio, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

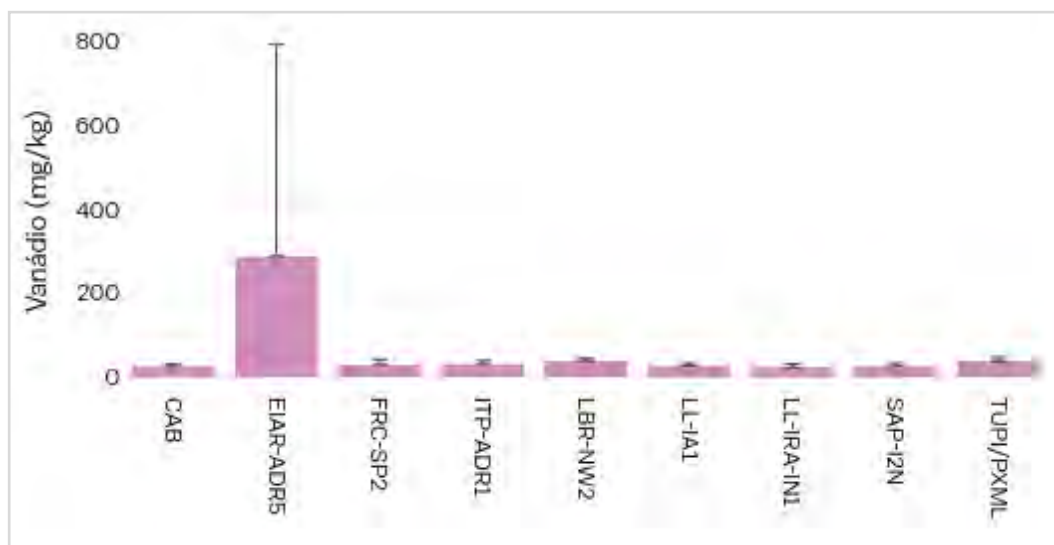


Gráfico II.5.1.2-50– Concentrações médias (mg/kg) de vanádio, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

Quanto ao zinco, a concentração média no sedimento foi de $33,3 \pm 21,2^{\circ}\text{mg/kg}$, sendo o maior teor registrado de 219,4 mg/kg e o menor de 0,2 mg/kg. As maiores concentrações ocorrem ao sul da área de estudos (**Figura II.5.1.2-61**) com pouca variação média entre as profundidades (**Gráfico II.5.1.2-51**). Destacam-se os teores verificados em LL-IRA-IN1 (**Gráfico II.5.1.2-52**) que em sua segunda campanha de monitoramento registrou, em algumas estações, as maiores concentrações de zinco na área de estudos (105,6 mg/kg, 121,3 mg/kg, 134,8 mg/kg, 139,5 mg/kg, 158,6 mg/kg, 175,9 mg/kg, 182,7 mg/kg, 212,8 mg/kg e 219,5 mg/kg).

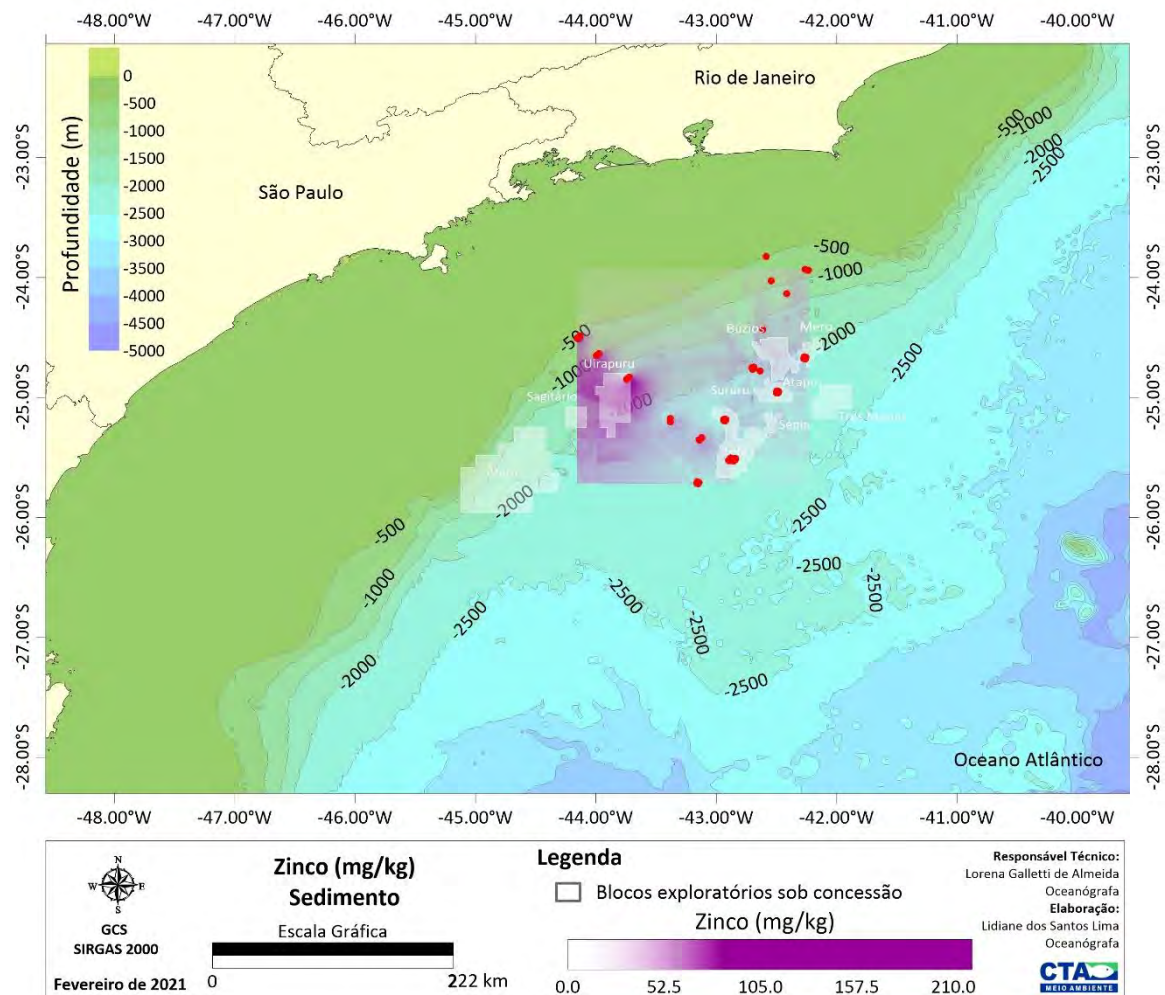


Figura II.5.1.2-61– Distribuição espacial da concentração de zinco (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

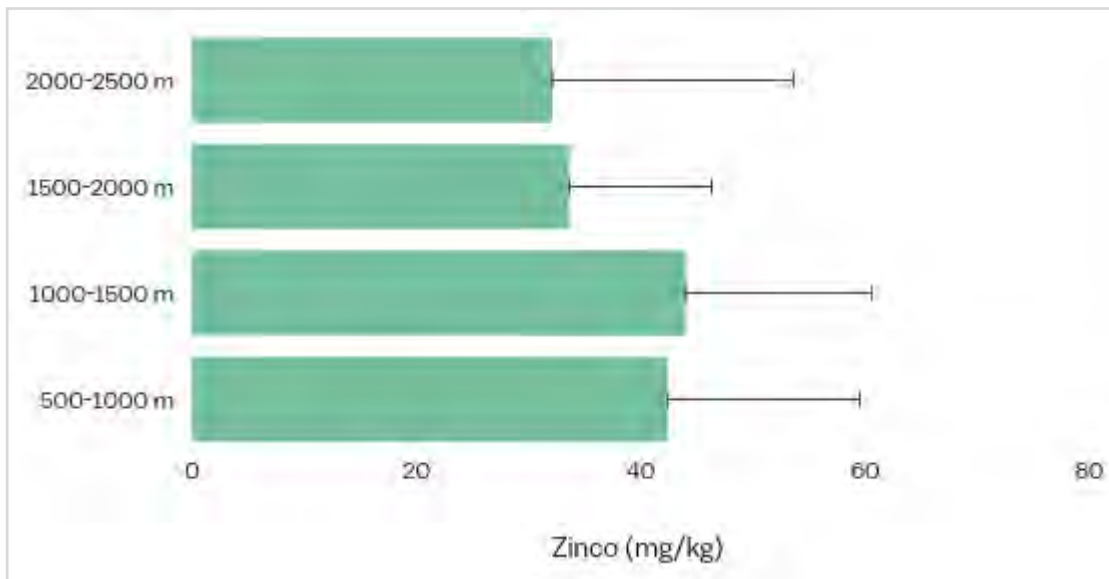


Gráfico II.5.1.2-51– Concentrações médias (mg/kg) de zinco, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

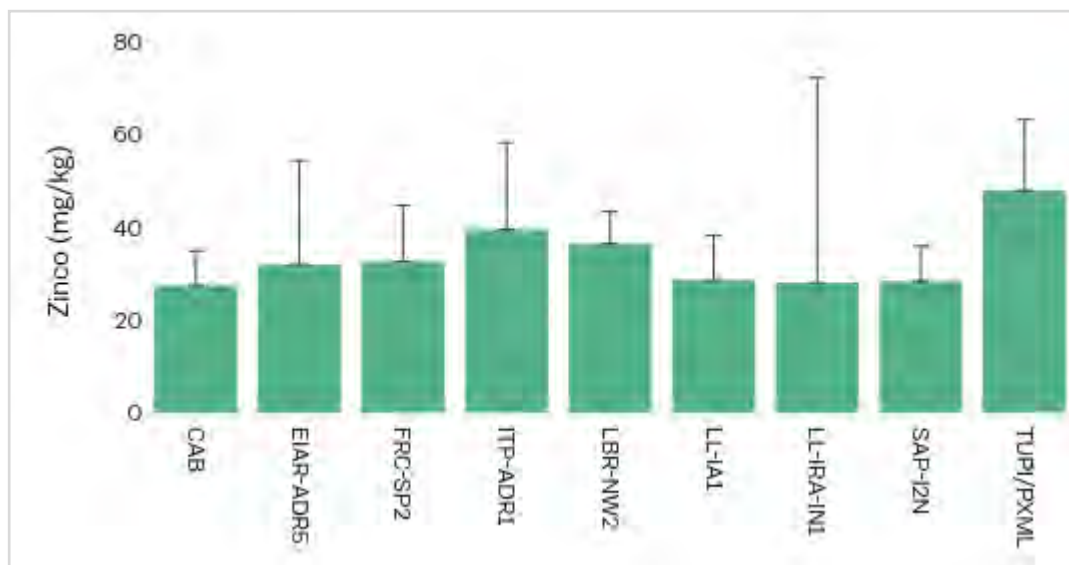


Gráfico II.5.1.2-52– Concentrações médias (mg/kg) de zinco, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

Apesar das concentrações observadas em LL-IRA-IN1 em sua segunda campanha, o fator de enriquecimento extraído dos relatórios da terceira campanha (2ª revisita) dos projetos de monitoramento das atividades de perfuração

(PMAEper), mostrou que houve um enriquecimento moderado a severo em apenas cinco estações de coleta (**Figura II.5.1.2-62**), sem qualquer padrão de distribuição espacial. Ainda, as concentrações médias em todas as campanhas de LL-IRA-IN1 ficaram abaixo do estabelecido pelo TEL e PEL americano e canadense (ver **Quadro II.5.1.2-7**), refletindo em um índice de qualidade do sedimento por área, calculado a partir dos valores de TEL e PEL, que não indicou contaminação do sedimento (SeQI=87,00, 3ª campanha) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018).

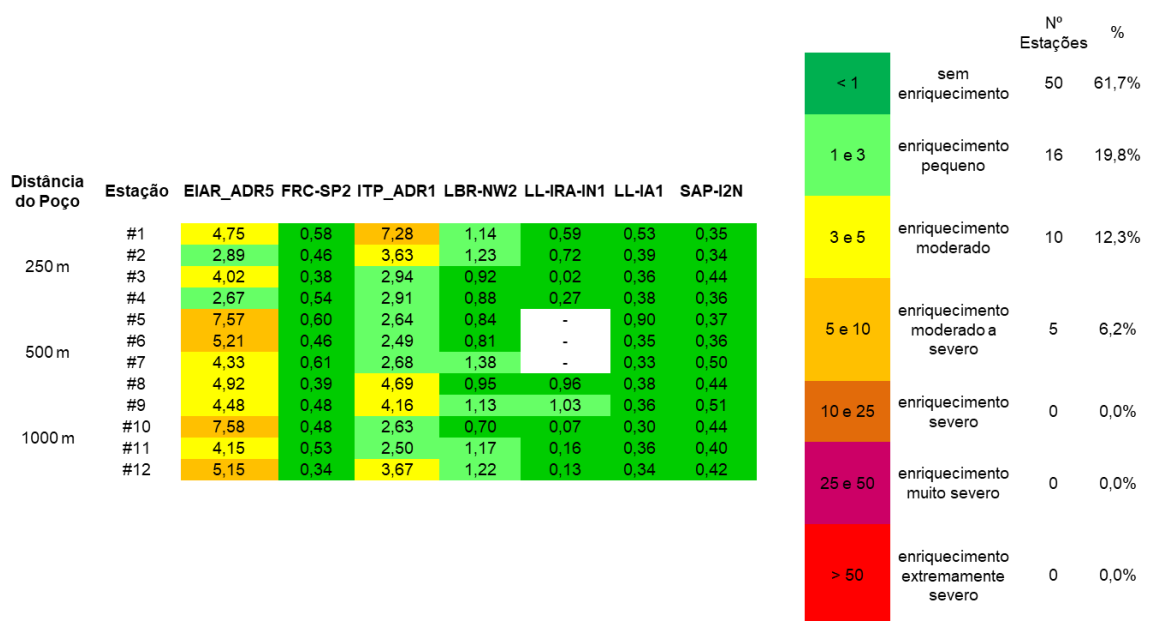


Figura II.5.1.2-62– Valores do Fator de Enriquecimento (FE) para o Zinco (Zn) por estação de coleta e projeto, obtidos na terceira campanha de monitoramento (2ª revisita). Os valores de referência foram aqueles encontrados na primeira campanha de monitoramento dos poços analisados (fase de pré-perfuração). Extraído de PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (EIAR-ADR5); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (FRC-SP2); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (ITP-ADR1); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (LBR-NW2); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018 (LL-IRA-IN1); PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (LL-IA1) e PETROBRAS/BOURSCHEID, 2016 (SAP-I2N). O alumínio (Al) foi utilizado como elemento de referência.

A concentração média de cromo no sedimento na área de estudos foi de 18,1 ± 9,5 mg/kg. O teor máximo verificado foi de 98,1 mg/kg, enquanto o mínimo foi de 0,0031 mg/kg. A distribuição espacial do cromo, ilustrada na **Figura II.5.1.2-63**, mostra que o sul da área de interesse apresenta maiores concentrações em relação ao norte, com pequena variação nos teores médios entre as profundidades (de 17,3 mg/kg a 24,8 mg/kg) (**Gráfico II.5.1.2-53**). Entre 2000 e 2500 metros observa-se uma menor uniformidade nos valores encontrados com destaque para as estações de LL-IRA-IN1 (**Gráfico II.5.1.2-54**).

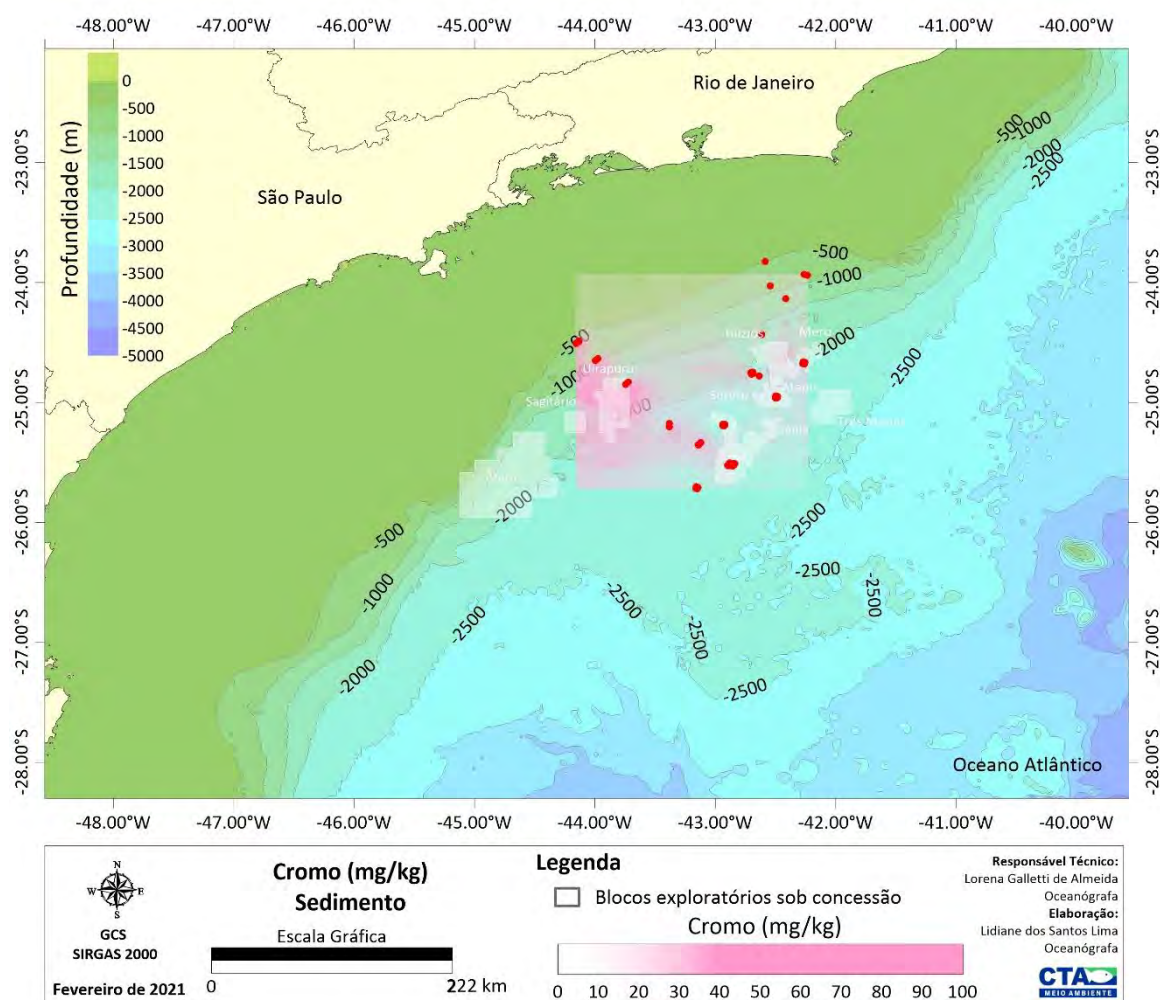


Figura II.5.1.2-63– Distribuição espacial da concentração de cromo (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

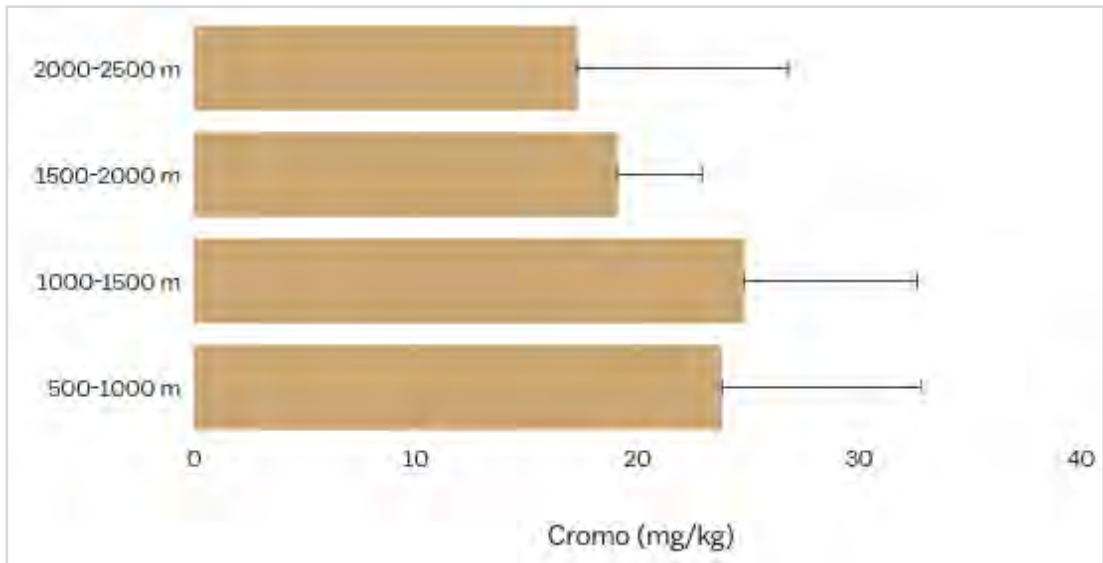


Gráfico II.5.1.2-53– Concentrações médias (mg/kg) de cromo, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

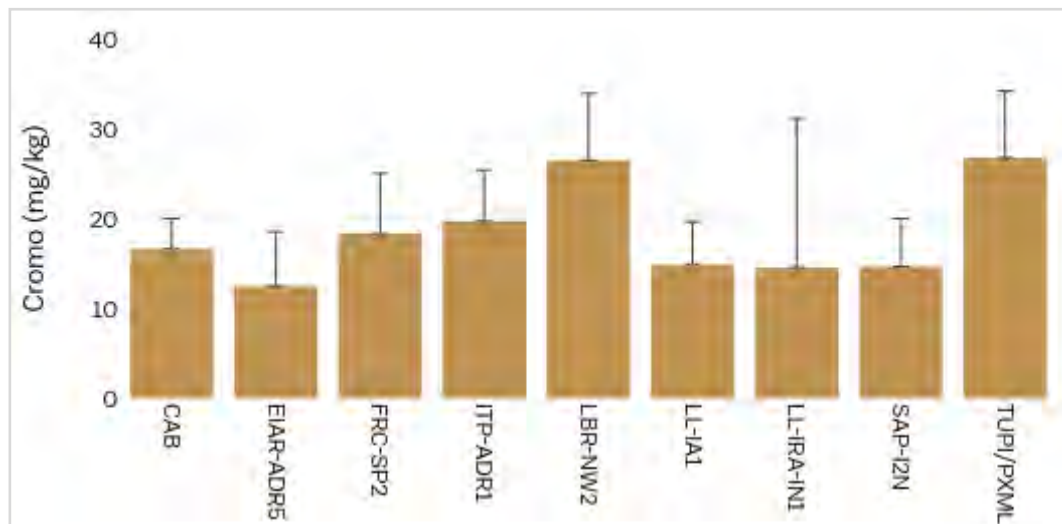


Gráfico II.5.1.2-54– Concentrações médias (mg/kg) de cromo, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

Os teores de cobre no sedimento da área de estudos variaram entre 0,027 mg/kg e 54,2 mg/kg, sendo verificada uma concentração média de 14,5 ± 7,4 mg/kg. A parte central e sul da região de interesse apresenta concentrações superiores de cobre com relação à parte norte (**Figura II.5.1.2-64**), com maiores

valores médios verificados entre 1000 e 1500 metros (**Gráfico II.5.1.2-55**), destacando-se as estações de coleta no entorno de TUPI-PMXL (**Gráfico II.5.1.2-56**).

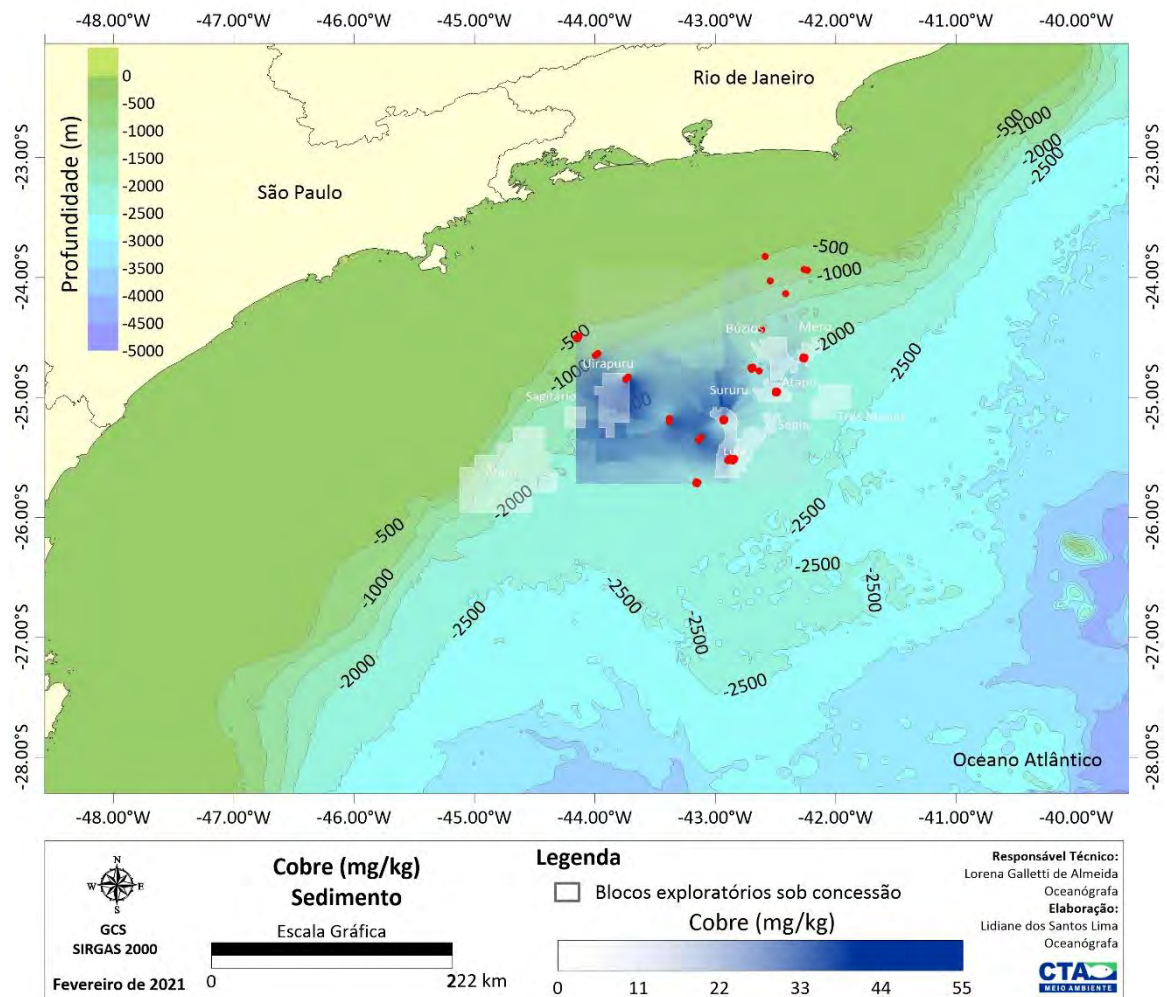


Figura II.5.1.2-64– Distribuição espacial da concentração de cobre (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

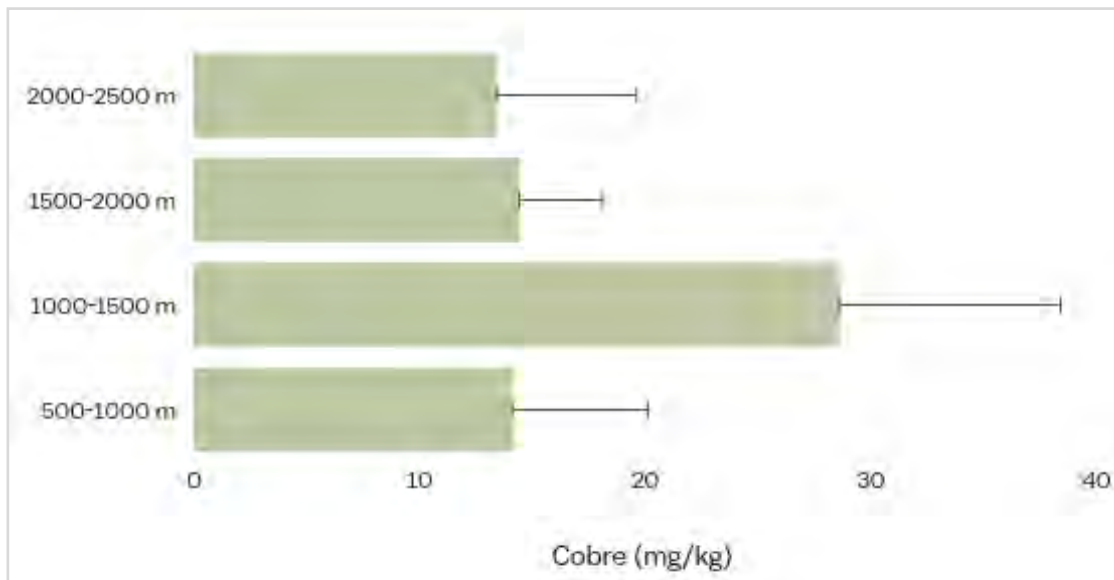


Gráfico II.5.1.2-55– Concentrações médias (mg/kg) de cobre, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

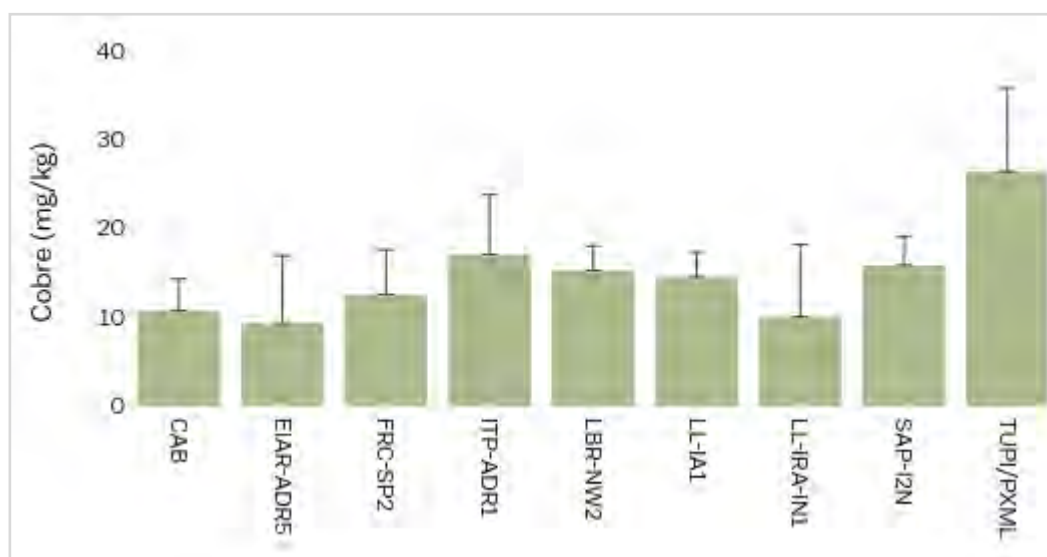


Gráfico II.5.1.2-56– Concentrações médias (mg/kg) de cobre, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

O chumbo apresentou uma concentração média no sedimento de $11,6 \pm 59,6$ mg/kg, com mínimo de 0,0 mg/kg (abaixo do limite de detecção) e máximo de 1063,4 mg/kg. A distribuição espacial dos teores de chumbo é ilustrada na

Figura II.5.1.2-65. Assim como para o vanádio, não foram verificadas grandes oscilações nos teores de chumbo entre as diferentes profundidades analisadas (**Gráfico II.5.1.2-57**), exceto entre 2000 e 2500 metros, em decorrência das elevadas concentrações encontradas em EIAR-ADR5 (**Gráfico II.5.1.2-58**), que terceira campanha de monitoramento (pós-perfuração) apresentou média de $177,4 \pm 237,6$ mg/kg. Importante considerar que tais concentrações não apresentaram padrão de distribuição e, ainda, em virtude das características do sedimento no local, coletou-se uma amostra extra e retirou-se as carapaças com intuito de investigar as concentrações de metais na superfície da camada sedimentar. Os resultados mostraram que os teores de metal foram menores, inclusive de chumbo (4,34 mg/kg) (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018).

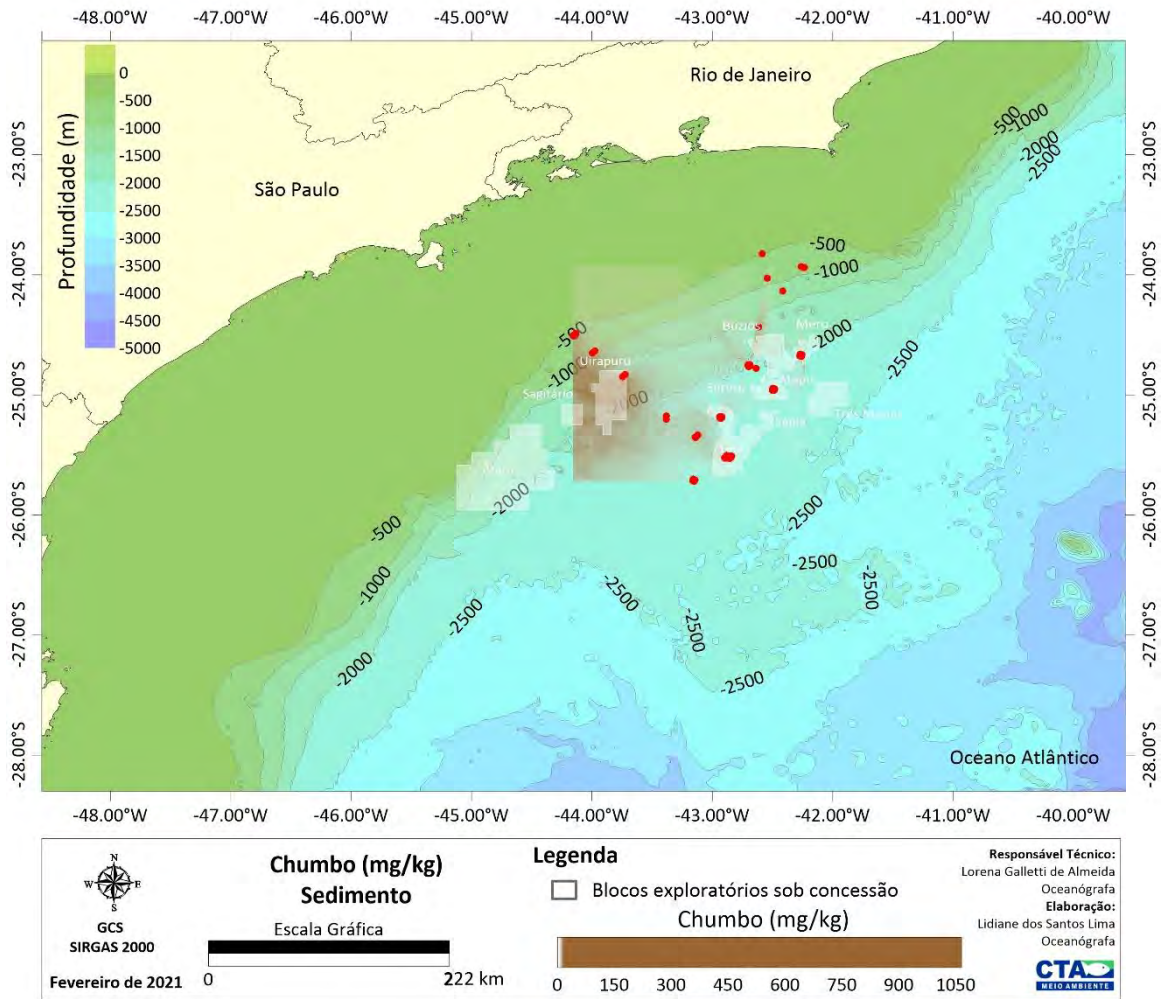


Figura II.5.1.2-65– Distribuição espacial da concentração de chumbo (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

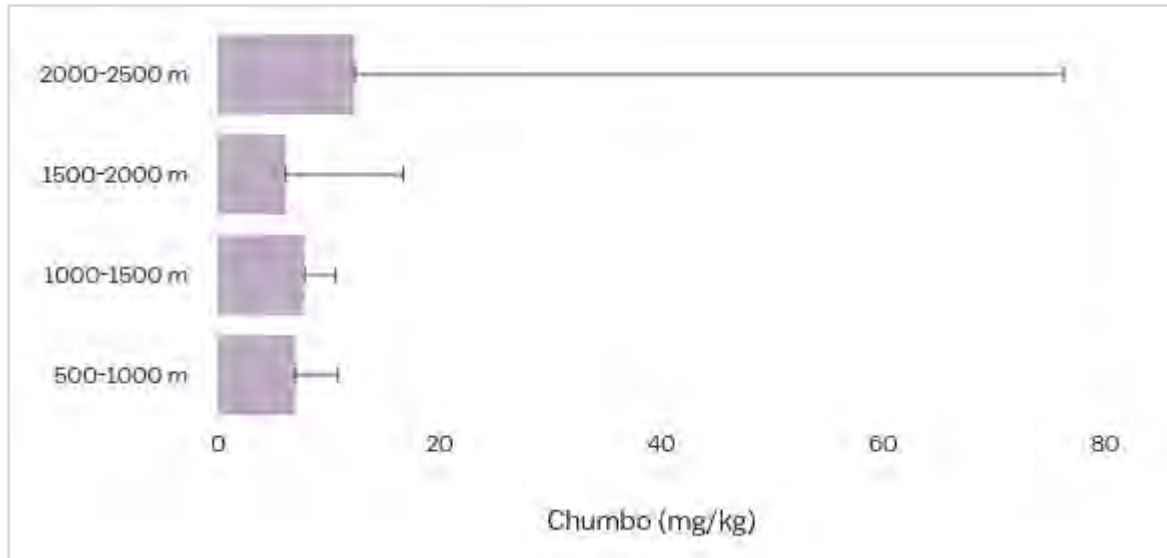


Gráfico II.5.1.2-57– Concentrações médias (mg/kg) de chumbo, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

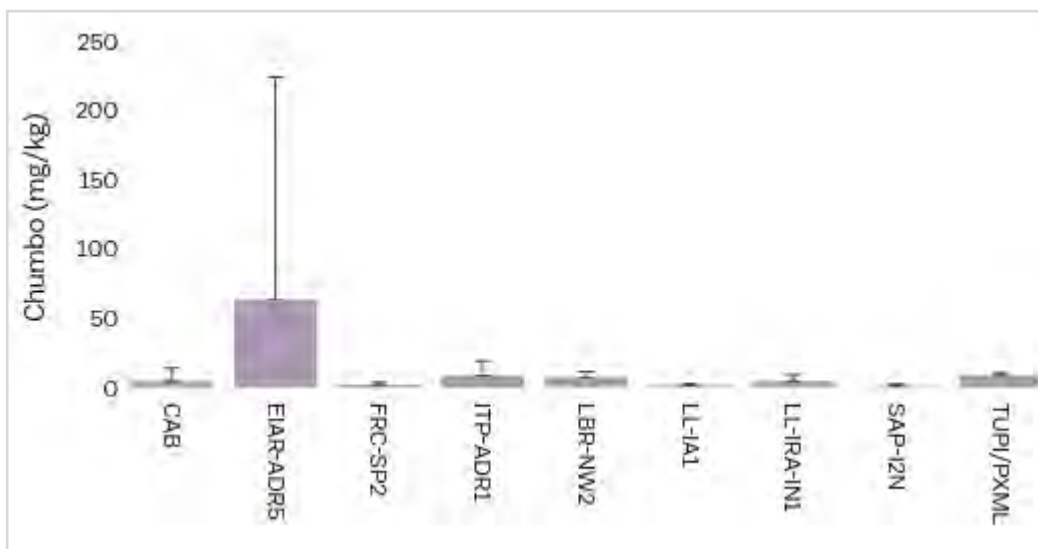


Gráfico II.5.1.2-58– Concentrações médias (mg/kg) de chumbo, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

A concentração média de níquel no sedimento foi de $11,5 \pm 7,8$ mg/kg, sendo o maior e menor teor verificado de 66,9 mg/kg e 0,1 mg/kg, respectivamente. Do mesmo modo que o zinco, as maiores concentrações de níquel ocorrem ao sul da área de estudos (**Figura II.5.1.2-66**) com pouca variação média entre as

profundidades (**Gráfico II.5.1.2-59**), porém ressaltam-se os teores verificados em LL-IRA-IN1 (**Gráfico II.5.1.2-60**) que registrou na segunda campanha a maior média, alcançando $39,3 \pm 11,8$ mg/kg. A distribuição espacial das concentrações de níquel em LL-IRA-IN1 na referida campanha não permitiram a definição de um padrão espacial evidente que pudesse ser relacionado às atividades de perfuração, sendo corroborada pela ausência de diferenças estatísticas entre os dados (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018). O índice de qualidade do sedimento por área também não indicou contaminação do sedimento ($SeQI_{\text{área}} = 90,00$), e entre os pontos amostrais este índice variou entre 88,00 na estação LL-IRA 5 e 100,00 nas demais estações. Esse índice é calculado a partir dos valores de TEL e PEL da tabela canadense (PETROBRAS/BOURSCHEID, 2018).

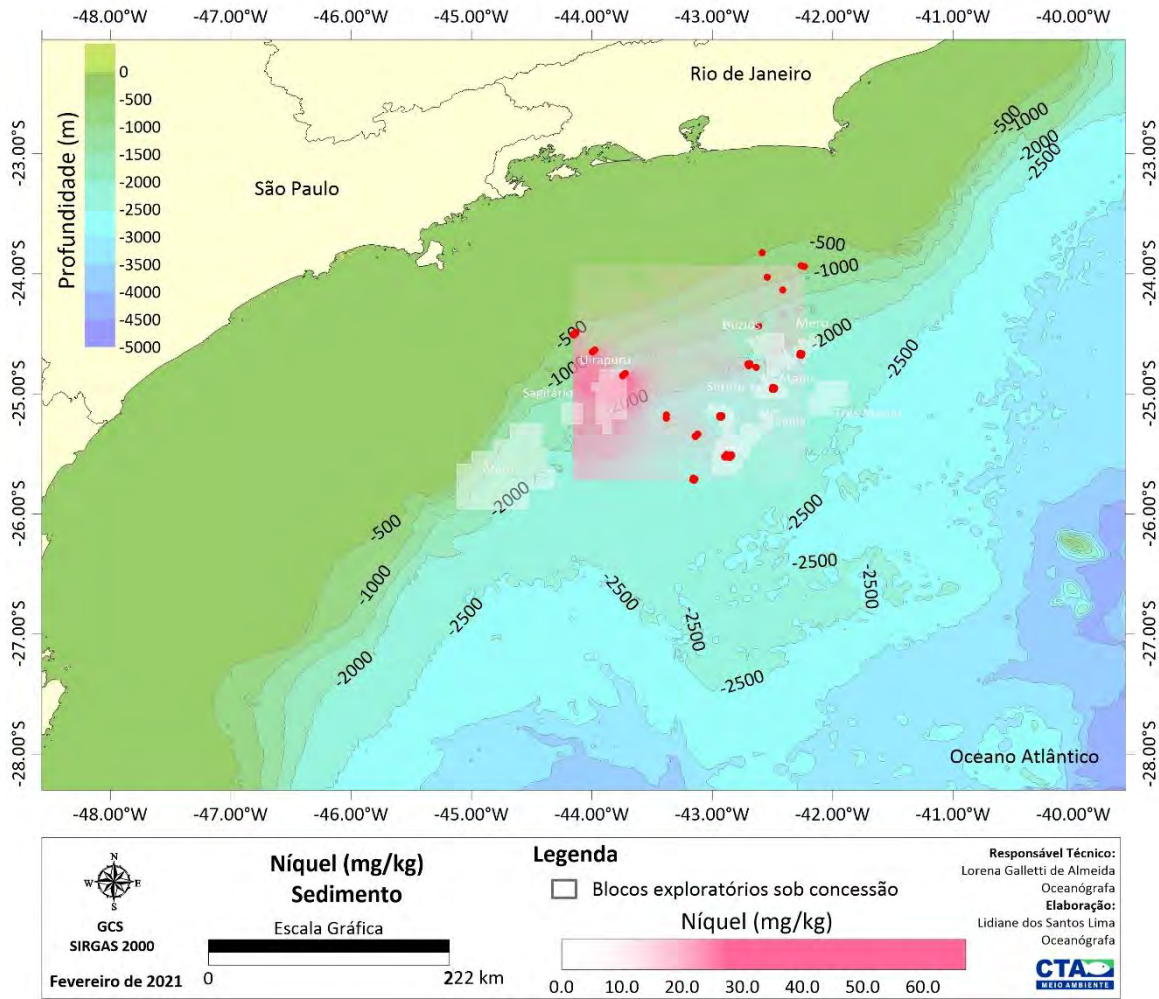


Figura II.5.1.2-66– Distribuição espacial da concentração de níquel (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

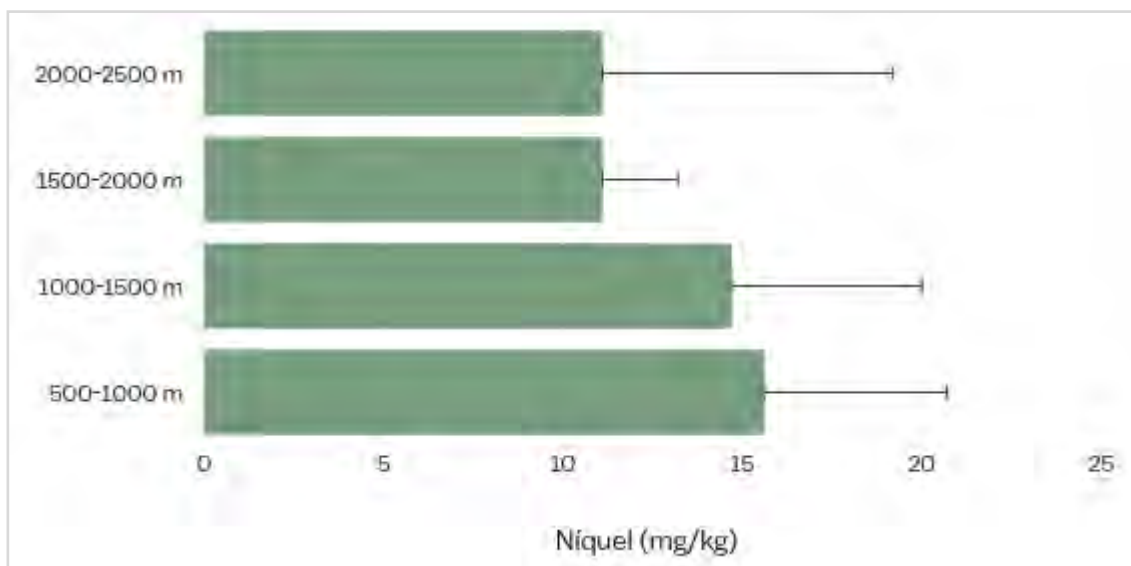


Gráfico II.5.1.2-59– Concentrações médias (mg/kg) de níquel, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

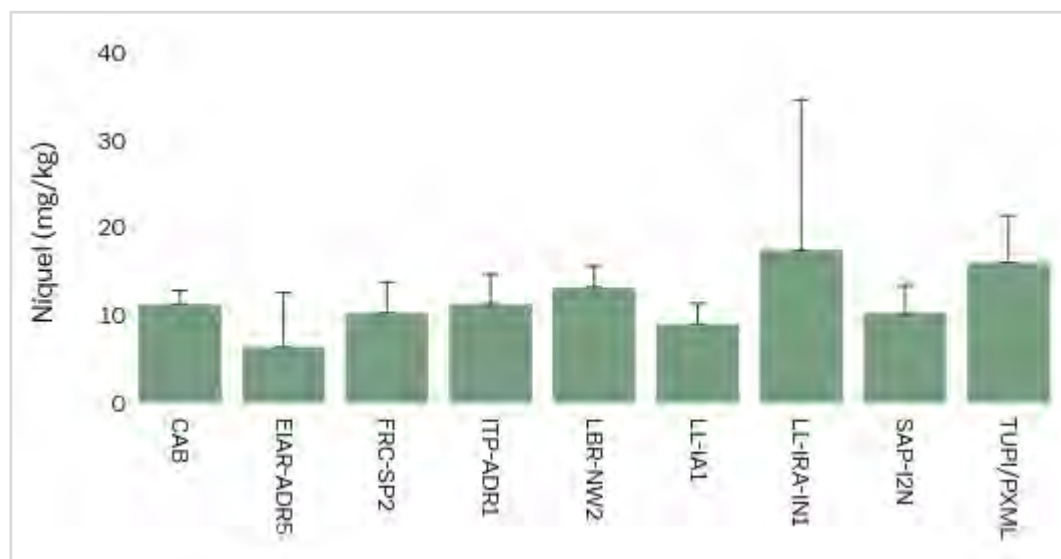


Gráfico II.5.1.2-60– Concentrações médias (mg/kg) de níquel, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

O cádmio apresentou concentração média de $0,54 \pm 3,18$ mg/kg, alcançando um máximo de 33,2 mg/kg e um mínimo de 0,0 mg/kg (abaixo do limite de detecção). A **Figura II.5.1.2-67** apresenta a distribuição espacial deste metal na área de estudos. Os teores de cádmio mostraram pequenas variações no

sedimento ao longo das profundidades na área de estudos. No entanto, observa-se que assim como para o vanádio e o chumbo, em profundidades entre 2000 e 2500 metros (**Gráfico II.5.1.2-61**) a concentração média é mais elevada, em função das maiores concentrações obtidas em EIAR-ADR5 (**Gráfico II.5.1.2-62**), com destaque para a terceira campanha de monitoramento que atingiu uma média de $11,8 \pm 10,4$ mg/kg. Importante considerar que tais concentrações não apresentaram padrão de distribuição espacial e, ainda, em virtude das características do sedimento no local, coletou-se uma amostra extra e retirou-se as carapaças com intuito de investigar as concentrações de metais na superfície da camada sedimentar. Os resultados mostraram que os teores de metal foram menores, inclusive de cádmio ($<0,0010$ mg/kg), demonstrando que a presença das carapaças pode ter influenciado na análise de metais (PETROBRAS/BOURSCHIED, 2018).

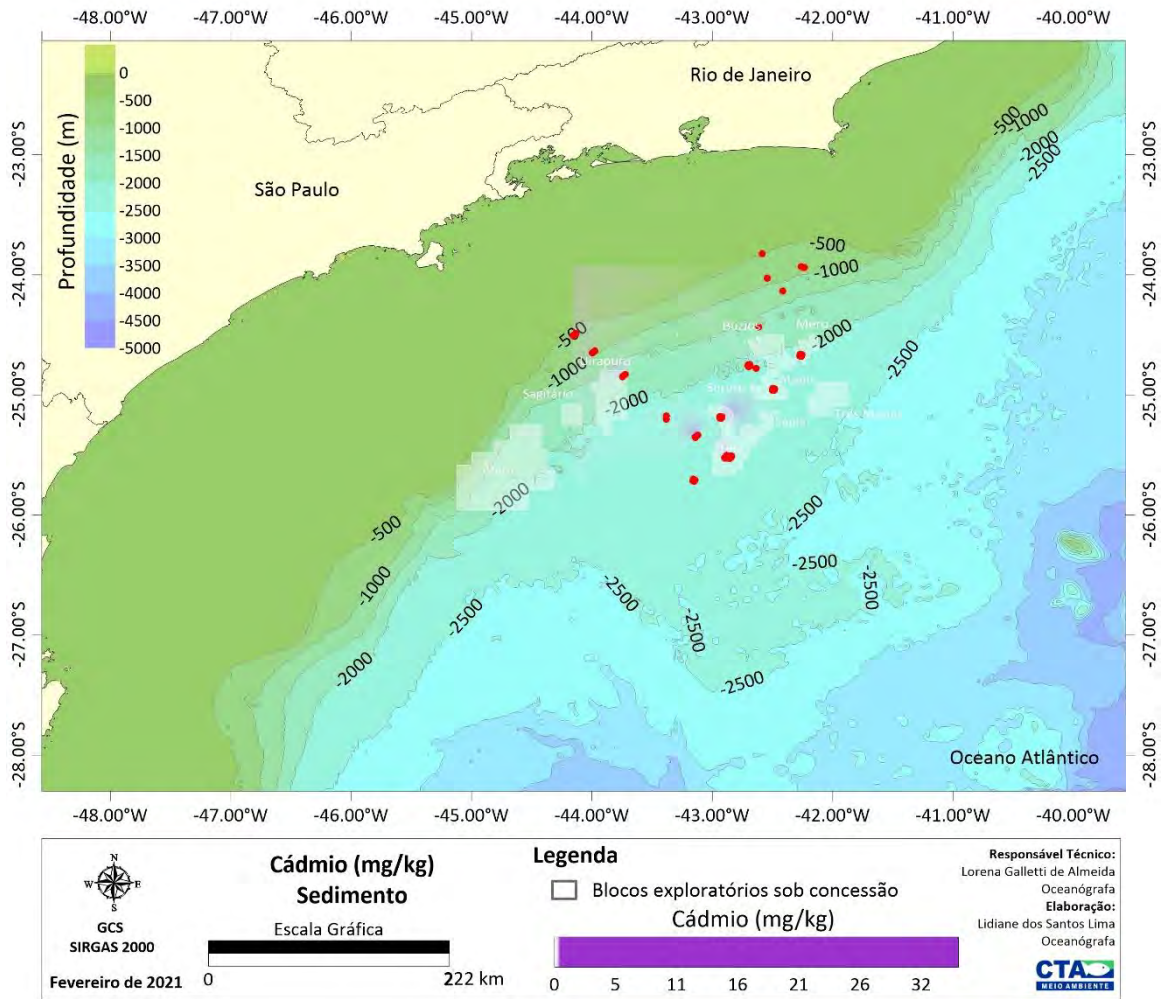


Figura II.5.1.2-67– Distribuição espacial da concentração de cádmio (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

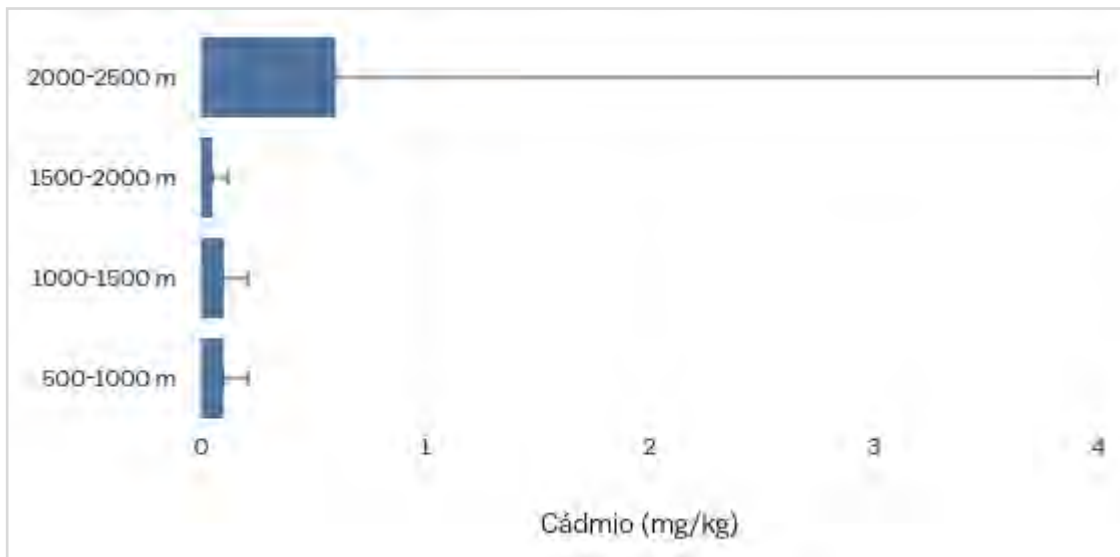


Gráfico II.5.1.2-61– Concentrações médias (mg/kg) de cádmio, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

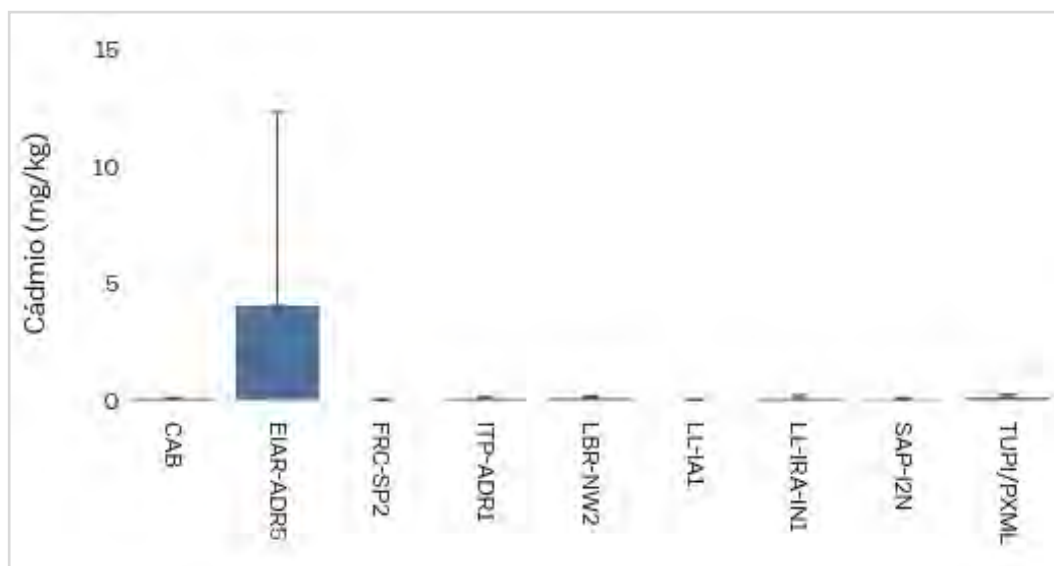


Gráfico II.5.1.2-62– Concentrações médias (mg/kg) de cádmio, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

A concentração de mercúrio apresentou uma média de $0,07 \pm 0,15$ mg/kg no sedimento da área de estudos. O máximo teor verificado foi de 1,17 mg/kg e o mínimo de 0,00 mg/kg (abaixo do limite de detecção) em 488 pontos de coleta. A distribuição espacial mostra teores mais elevados ao sul e em menores

profundidades (Figura II.5.1.2-68), corroborado pelo Gráfico II.5.1.2-63, no qual é possível verificar os maiores valores médios ocorrendo nas profundidades entre 500 e 1500 metros, onde estão inseridas as estações no entorno do gasoduto TUPI-PMXL (Gráfico II.5.1.2-64).

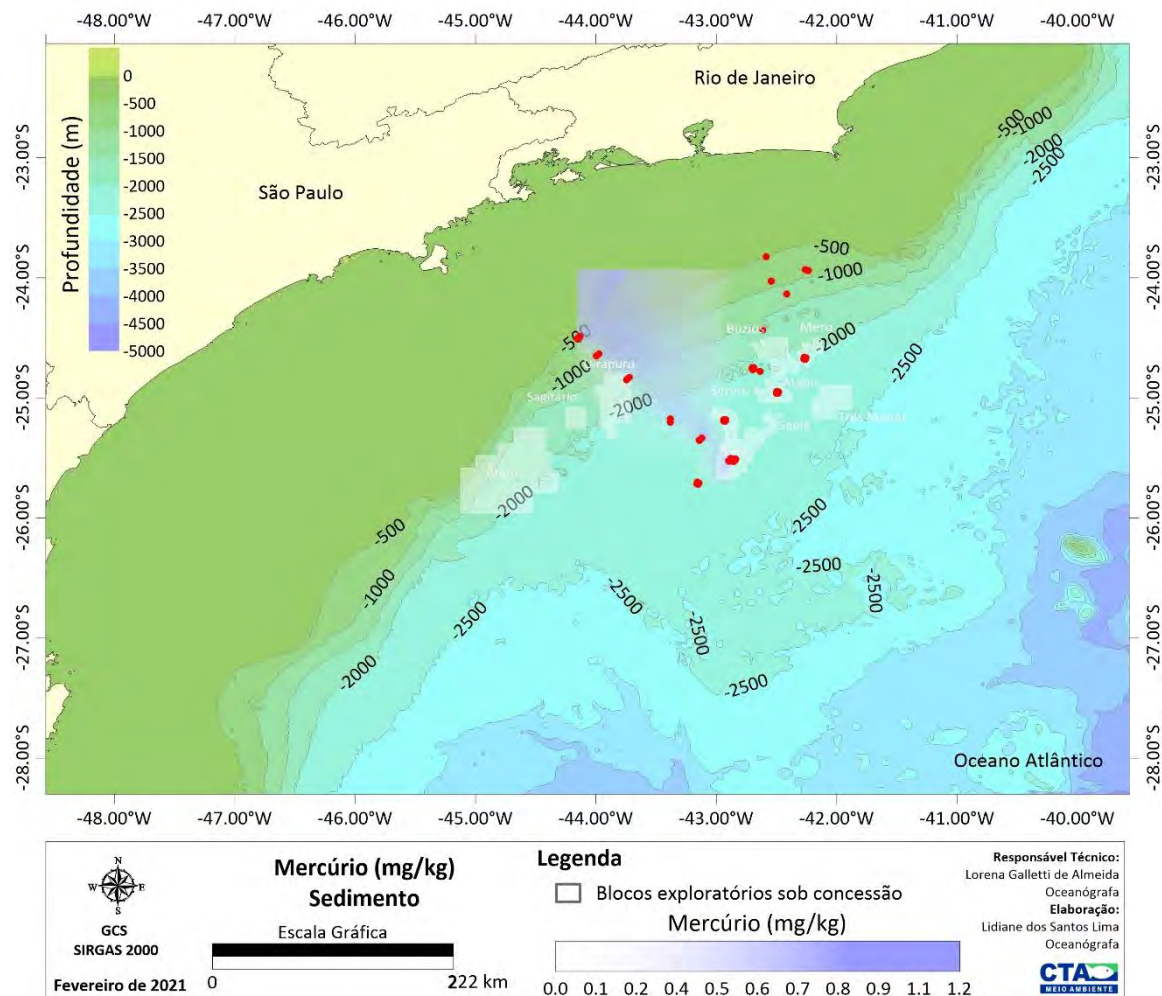


Figura II.5.1.2-68– Distribuição espacial da concentração de mercúrio (mg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para diagnóstico.

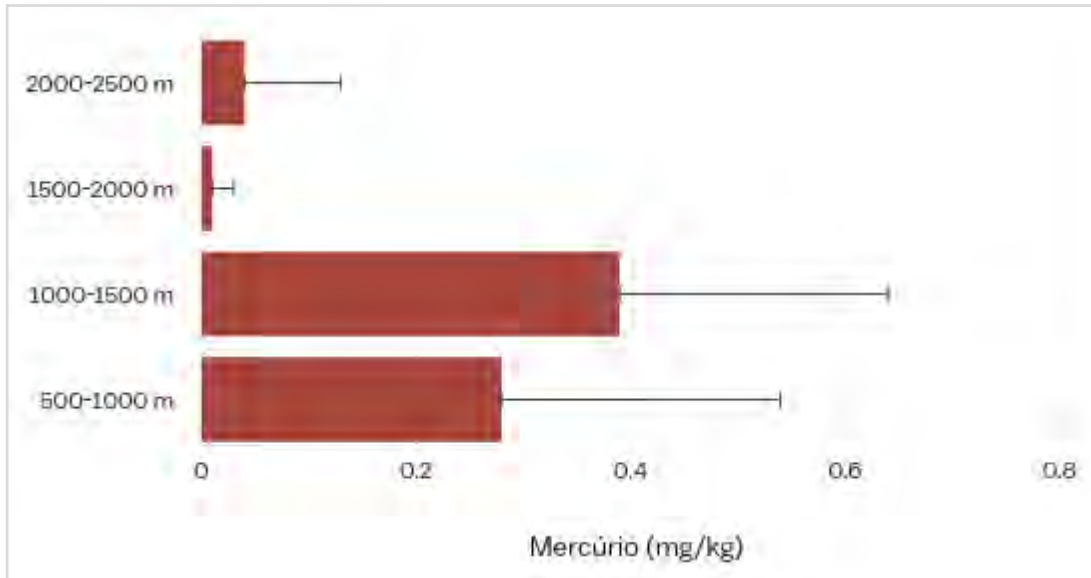


Gráfico II.5.1.2-63– Concentrações médias (mg/kg) de mercúrio, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m (n=36), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=22), 2000-2500 m (n=743).

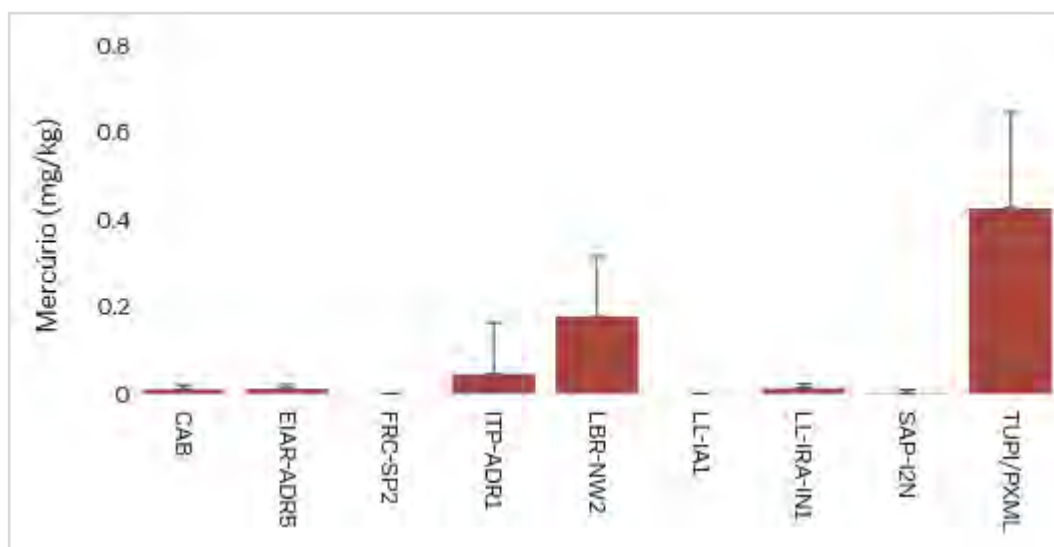


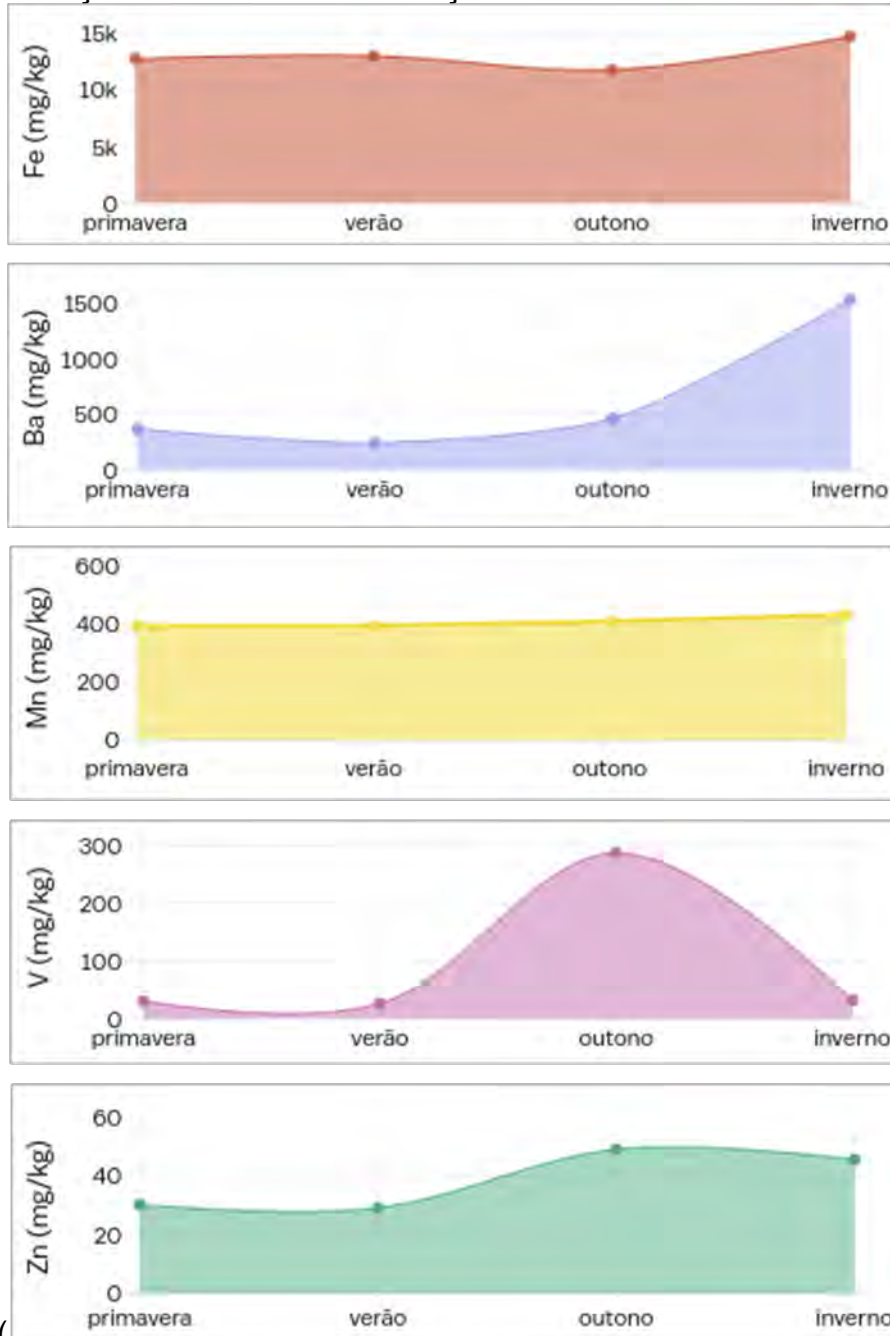
Gráfico II.5.1.2-64– Concentrações médias (mg/kg) de mercúrio, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

A concentração dos metais no sedimento da área de estudos foi comparada com valores estabelecidos pela legislação canadense (MACDONALD *et al.*, 1996) e adotado pela CETESB (2001), sendo os mesmos valores guias adotados pela

Resolução CONAMA Nº 454/12, e também estabelecidos pela NOAA SQuiRTs (BUCHMANN, 2008). Estes valores definem dois limites de concentração para sedimentos de águas salobras e salinas, o TEL (*Threshold Effect Level*), que indica o nível abaixo do qual não ocorre efeito adverso à comunidade biológica, e o PEL (*Probable Effect Level*), que é o nível acima do qual é provável a ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. A faixa de concentração entre esses níveis representa uma possível ocorrência de efeito adverso à biota. Nem todos os metais possuem limites estabelecidos de TEL e PEL.

Dentre todos os metais analisados, o bário mostrou-se acima do limite TEL em toda área de estudos, exceto na região de entorno do gasoduto Cabiúnas (CAB). Outros metais que apresentaram concentrações acima do limite, porém de maneira mais pontual, foram cobre, chumbo, níquel, cádmio e mercúrio, conforme pode ser verificado no **Quadro II.5.1.2-7**.

A distribuição sazonal da concentração dos metais no sedimento da área de



estudos (

Gráfico II.5.1.2-65) mostrou que o ferro, o manganês e o zinco apresentam teores médios distribuídos de maneira mais homogênea entre as estações do ano. As concentrações de vanádio, chumbo e cádmio atingem as maiores médias durante o outono, enquanto os teores de bário, cromo, níquel e mercúrio são maiores no inverno. Na primavera e no verão, período em que ocorreu a maior parte das campanhas de monitoramento, os valores são inferiores aos das demais estações do ano, exceto para o cobre.

Quadro II.5.1.2-7– Concentração média de metais (mg/kg) e desvio padrão (DP), por projeto de monitoramento e suas respectivas campanhas (C) selecionado para a caracterização da área de estudos na Bacia de Santos, e os respectivos valores de referência, segundo tabela canadense (can) e tabela americana (eua). Valores acima do limite de TEL estão destacados em rosa.

	Ferro (mg/kg)		Bário (mg/kg)		Manganês (mg/kg)		Vanádio (mg/kg)		Zinco (mg/kg)		Cromo (mg/kg)		Cobre (mg/kg)		Chumbo (mg/kg)		Níquel (mg/kg)		Cádmio (mg/kg)		Mercúrio (mg/kg)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
CAB	11851,48	3071,28	108,09	26,36	417,10	98,59	24,77	5,49	27,43	7,42	16,60	3,40	10,71	3,52	4,50	9,35	11,25	1,54	0,05	0,05	0,01	0,01
CAB_C1_2013	11810,73	3697,21	96,46	12,81	401,73	115,29	26,75	5,79	30,18	6,32	15,57	2,55	9,72	2,94	0,00	0,00	10,68	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
CAB_C2_2015	11892,22	2422,04	119,72	31,39	432,46	79,61	22,79	4,53	24,67	7,61	17,63	3,90	11,69	3,87	8,99	11,73	11,82	1,78	0,09	0,02	0,02	0,00
EIAR-ADR5	9831,88	3241,55	409,09	398,27	297,57	86,60	287,97	504,43	31,97	22,31	12,50	6,02	9,26	7,60	62,97	160,97	6,31	6,23	4,05	8,28	0,01	0,01
EIAR-ADR5_C1	11508,89	2489,74	131,93	36,55	249,19	36,40	27,26	4,90	26,64	5,67	14,91	3,89	13,04	2,13	2,83	0,60	7,59	1,73	0,00	0,00	0,00	0,00
EIAR-ADR5_C2	8838,43	4094,96	487,53	468,46	304,38	111,77	16,89	7,46	11,82	11,58	10,64	5,20	11,23	9,17	3,72	3,66	6,40	2,72	0,00	0,00	0,02	0,00
EIAR-ADR5_C3	9065,52	2294,58	614,34	375,78	339,71	72,53	797,18	591,70	55,77	18,14	11,78	7,62	3,68	6,32	177,41	237,66	4,94	10,10	11,82	10,45	0,02	0,00
FRC-SP2	11948,89	4946,43	188,89	362,53	309,11	96,67	29,11	12,63	32,60	12,02	18,33	6,68	12,47	5,07	1,82	1,82	10,22	3,54	0,00	0,04	0,00	0,00
FRC-SP2_C1	5577,50	1313,59	59,92	32,55	195,58	54,08	13,62	2,99	17,41	3,85	9,88	1,98	5,71	1,55	0,23	1,35	5,61	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00
FRC-SP2_C2	16055,56	1525,30	127,15	118,19	402,03	36,78	39,08	3,46	40,21	4,84	21,51	3,09	16,58	1,51	1,34	0,63	12,81	1,18	0,01	0,07	0,00	0,00
FRC-SP2_C3	14213,61	2524,09	379,59	572,99	329,72	41,42	34,63	9,30	40,19	6,90	23,61	3,24	15,11	1,57	3,90	0,77	12,24	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00
ITP-ADR1	12885,84	3538,01	447,16	621,38	446,71	109,22	29,58	9,42	39,44	18,74	19,70	5,68	17,01	6,70	8,40	10,59	11,27	3,42	0,06	0,07	0,05	0,12
ITP-ADR1_C1	15402,78	1665,36	154,46	75,17	416,17	26,29	38,86	4,24	38,67	4,39	23,75	2,87	16,81	1,24	3,86	0,56	12,83	1,63	0,00	0,00	0,00	0,00
ITP-ADR1_C2	12331,59	2937,40	567,04	637,08	444,61	89,23	24,87	6,15	27,33	10,40	17,21	4,64	16,08	7,66	10,46	13,09	11,32	3,54	0,04	0,04	0,12	0,18
ITP-ADR1_C3	10923,14	4008,97	619,98	797,02	479,35	160,48	24,99	9,07	52,31	24,99	18,14	6,56	18,15	8,64	10,88	11,80	9,66	3,91	0,14	0,06	0,02	0,00
LBR-NW2	17067,81	3657,96	337,60	457,14	471,53	103,25	37,76	6,14	36,38	6,90	26,47	7,45	15,21	2,75	6,89	4,43	13,17	2,50	0,07	0,11	0,18	0,14
LBR-NW2_C1	14499,44	2337,90	115,94	64,73	381,28	56,73	37,02	5,68	35,99	6,72	20,60	7,84	15,03	2,27	1,37	1,07	11,64	1,92	0,03	0,18	0,00	0,00
LBR-NW2_C2	17583,36	2683,61	414,99	580,34	479,50	45,99	39,63	4,51	37,04	6,93	29,32	3,62	13,61	1,92	7,85	0,78	13,41	1,68	0,10	0,05	0,25	0,08
LBR-NW2_C3	19120,62	4104,43	481,88	468,81	553,83	108,86	36,64	7,56	36,11	7,18	29,51	6,48	16,99	2,89	11,45	2,14	14,46	2,91	0,09	0,02	0,28	0,05
LL-IA1	9564,35	2850,92	265,50	898,16	364,54	34,94	26,04	6,91	28,58	9,52	14,84	4,81	14,44	2,85	1,33	1,50	8,96	2,37	0,00	0,03	0,00	0,00
LL-IA1_C1	6255,28	856,16	128,10	34,86	361,61	22,67	17,82	1,65	19,85	3,55	9,33	1,43	11,27	1,17	0,00	0,00	6,32	0,84	0,01	0,05	0,00	0,00
LL-IA1_C2	11416,11	1565,30	463,72	1506,43	388,36	34,59	30,82	3,28	32,57	3,86	17,92	3,49	16,93	1,50	1,28	1,07	10,78	1,62	0,00	0,02	0,00	0,00
LL-IA1_C3	11021,67	2165,68	204,67	363,27	343,64	31,31	29,49	5,21	33,33	11,48	17,25	3,07	15,11	1,98	2,72	1,40	9,79	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00
LL-IRA-IN1	9900,56	3803,80	1337,45	3204,10	308,52	131,77	22,70	8,12	27,99	44,20	14,55	16,65	9,99	8,10	4,49	4,69	17,41	17,19	0,05	0,16	0,01	0,01
LL-IRA-IN1_C1	10770,83	1425,73	415,02	450,15	290,67	25,61	27,11	2,89	26,95	3,40	12,49	2,27	14,28	1,36	0,74	1,30	8,54	1,00	0,01	0,05	0,00	0,00
LL-IRA-IN1_C2	11955,68	3451,63	2652,66	5211,02	388,47	150,31	24,94	6,09	53,91	67,60	31,15	18,34	4,53	8,85	6,99	3,84	39,39	11,80	0,11	0,25	0,02	0,00

Continua

Quadro II.5.1.2-7 (Continuação)– Concentração média de metais (mg/kg) e desvio padrão (DP), por projeto de monitoramento e suas respectivas campanhas (C) selecionado para a caracterização da área de estudos na Bacia de Santos, e os respectivos valores de referência, segundo tabela canadense (can) e tabela americana (eua). Valores acima do limite de TEL estão destacados em rosa.

	Ferro (mg/kg)		Bário (mg/kg)		Manganês (mg/kg)		Vanádio (mg/kg)		Zinco (mg/kg)		Cromo (mg/kg)		Cobre (mg/kg)		Chumbo (mg/kg)		Níquel (mg/kg)		Cádmio (mg/kg)		Mercúrio (mg/kg)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
LL-IRA-IN1_C3	6975,18	4044,94	944,69	1102,28	246,43	137,72	16,06	9,25	3,10	7,85	0,00	0,00	11,15	8,34	5,75	5,31	4,29	2,84	0,01	0,05	0,02	0,00
SAP-I2N	9729,35	3917,62	258,29	484,70	369,66	47,22	25,74	7,66	28,38	7,48	14,65	5,34	15,78	3,19	1,01	1,35	10,21	3,17	0,02	0,07	0,00	0,01
SAP-I2N_C1	6330,56	1249,95	102,32	18,62	375,19	51,76	16,96	2,51	20,85	3,56	10,33	1,81	13,00	2,15	0,00	0,00	7,64	1,37	0,06	0,10	0,00	0,00
SAP-I2N_C2	9310,00	2158,05	391,42	795,63	384,53	30,06	30,28	3,42	31,27	4,91	16,55	6,06	17,13	1,49	0,47	0,90	12,73	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00
SAP-I2N_C3	13547,50	3693,67	281,14	202,61	349,25	50,47	29,97	6,50	33,01	6,73	17,06	4,28	17,20	3,52	2,55	0,96	10,26	2,30	0,00	0,00	0,00	0,01
TUPI/PXML	27680,10	10361,73	129,35	43,84	754,64	392,88	37,76	9,93	47,85	15,31	26,78	7,41	26,34	9,40	8,70	1,96	16,00	5,36	0,12	0,12	0,43	0,22
TUPI-PMXL_C1	18997,94	5293,89	122,96	48,65	522,31	233,40	31,29	8,33	36,67	10,26	21,60	5,71	22,49	9,05	8,08	1,88	13,88	4,65	0,20	0,10	0,44	0,08
TUPI-PMXL_C2	36362,27	5891,17	135,73	38,06	986,97	384,19	44,24	6,66	59,03	10,62	31,96	4,85	30,19	8,18	9,32	1,87	18,13	5,24	0,03	0,06	0,41	0,30
Total Geral	12934,87	6879,70	423,02	1287,77	401,47	189,44	61,01	195,70	33,34	21,16	18,08	9,54	14,45	7,41	11,65	59,63	11,51	7,81	0,54	3,18	0,07	0,15
TEL can	-	-	-	-	-	-	-	-	124,00	-	52,30	-	18,70	-	30,20	-	-	-	-	-	-	0,13
PEL can	-	-	-	-	-	-	-	-	271,00	-	160,00	-	108,00	-	112,00	-	-	-	-	-	-	0,70
TEL eua	-	-	130,00	-	-	-	-	-	124,00	-	52,30	-	18,70	-	30,24	-	15,90	-	0,68	-	-	0,13
PEL eua	-	-	-	-	-	-	-	-	271,00	-	160,00	-	108,00	-	112,00	-	42,80	-	4,21	-	-	0,70

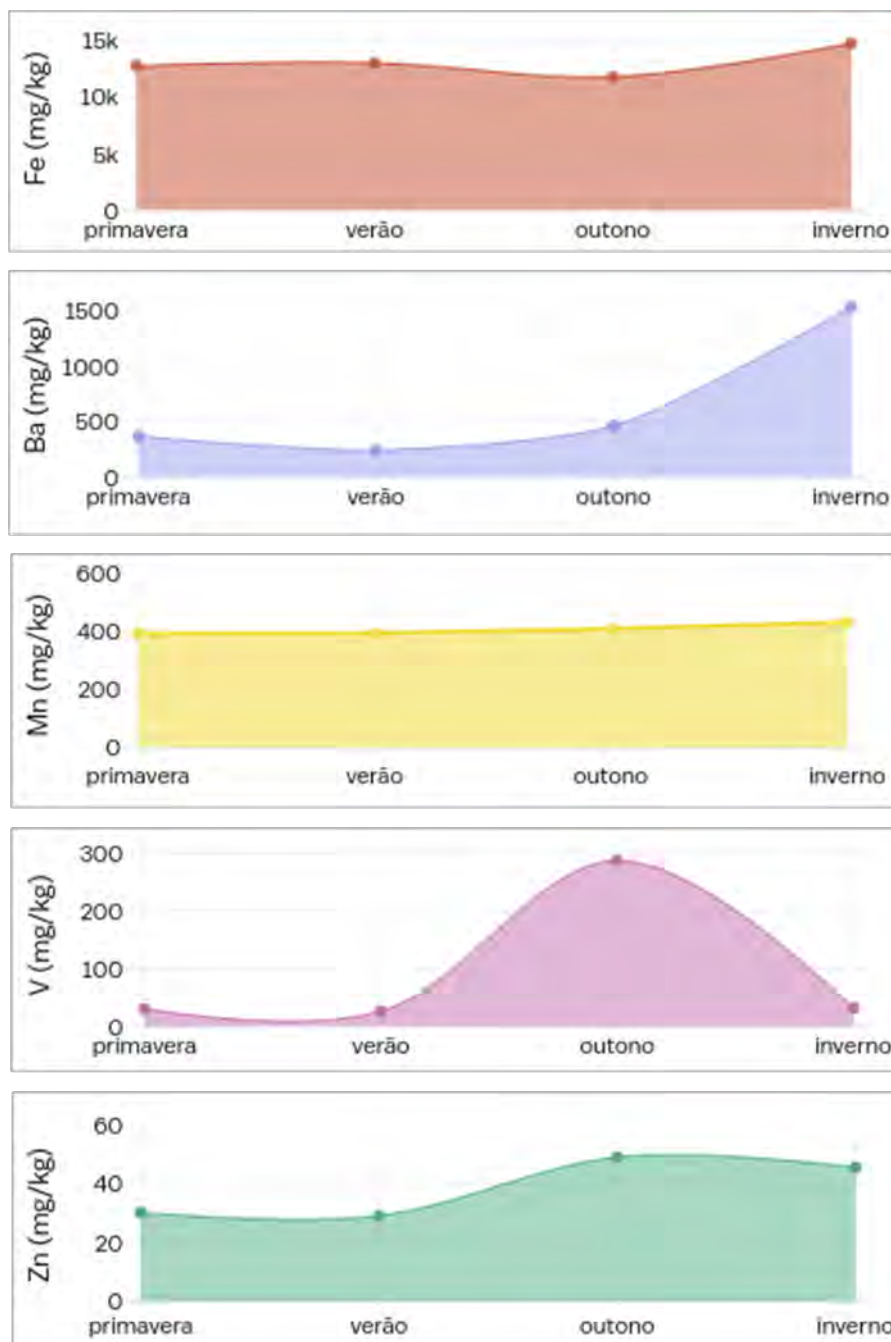


Gráfico II.5.1.2-65– Concentração média de metais (mg/kg) no sedimento por estação do ano na área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; n=300), verão (janeiro a março; n=375), outono (abril a junho; n=108), inverno (julho a setembro; n=72).

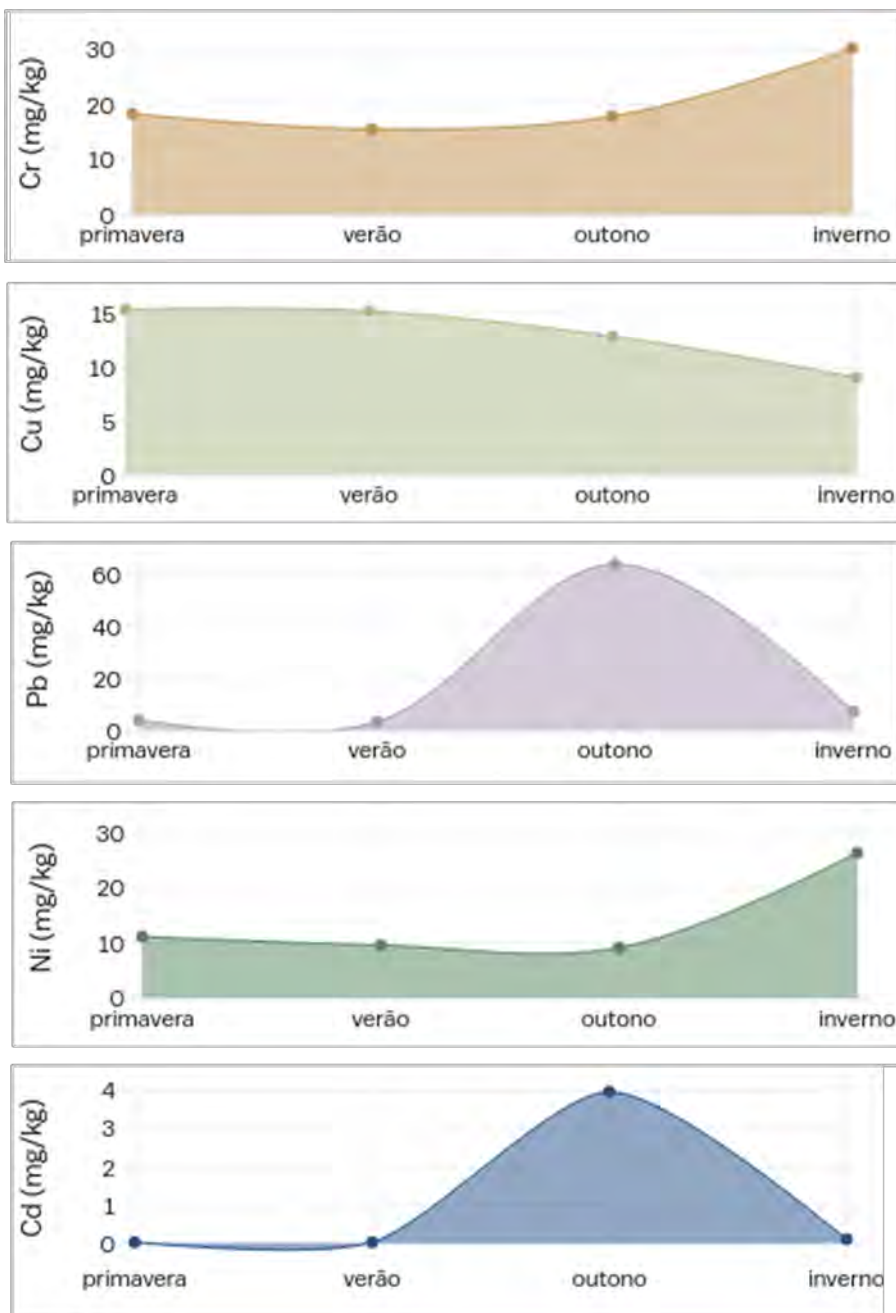


Gráfico II.5.1.2-64 (Continuação)– Concentração média de metais (mg/kg) no sedimento por estação do ano na área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; n=300), verão (janeiro a março; n=375), outono (abril a junho; n=108), inverno (julho a setembro; n=72).



Gráfico II.5.1.2-64 (Continuação)– Concentração média de metais (mg/kg) no sedimento por estação do ano na área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; n=300), verão (janeiro a março; n=375), outono (abril a junho; n=108), inverno (julho a setembro; n=72).

B.4. Hidrocarbonetos

Os sedimentos marinhos são carreadores e fontes potenciais de contaminantes nos sistemas aquáticos, já que as partículas recobertas por materiais orgânicos, sulfetos e hidróxidos de ferro mantêm os contaminantes orgânicos associados à sua superfície (KENNISH, 1997). Os sedimentos contaminados representam um grande risco para a biota aquática, principalmente para espécies bentônicas e epibentônicas, as mais expostas aos contaminantes de origem sedimentar, aos adsorvidos nas partículas sedimentares e aqueles dissolvidos na água intersticial. A ressuspensão do sedimento pode provocar a liberação desses contaminantes sob a forma dissolvida na coluna d'água ou adsorvida a partículas, colocando também em risco os organismos pelágicos, que podem ser contaminados devido ao processo de bioacumulação (GEFFARD *et al.*, 2002).

Os hidrocarbonetos podem ser transportados para os sedimentos por adesão ou incorporação ao material particulado e ao plâncton (VAN VLEET *et al.*, 1979). Os hidrocarbonetos são formados a grandes pressões no interior da terra e são trazidos para as áreas de menor pressão através de processos geológicos, onde podem formar produtos da decomposição da matéria orgânica (petróleo, gás natural, carvão, etc.). Podem ser introduzidos no ambiente por fontes naturais,

como a combustão de biomassa vegetal e emissões do fundo oceânico, e antrópicas, como a queima de combustíveis fósseis e derivados, derrames acidentais e descartes de efluentes domésticos e industriais (MAZZERA *et al.*, 1999).

A baixa solubilidade de hidrocarbonetos em água favorece a sorção sobre o material em suspensão e a subsequente deposição sobre os sedimentos de fundo, por meio de floculação e precipitação de sólidos (LIPIATOU *et al.*, 1997; DACHS *et al.*, 1999). A sorção dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, por exemplo, em sólidos em suspensão e sedimentos, é um processo determinante de seu destino, transporte e de risco ecotoxicológico no ambiente marinho (SCHWARTZENBACH *et al.*, 2003). Uma vez nos sedimentos, o destino dos compostos depende dos mecanismos de ressuspensão, degradação e reciclagem bêntica. Embora estes processos alterem o registro histórico, existem indicativos do acréscimo do fluxo de hidrocarbonetos aos sedimentos marinhos em decorrência da industrialização, desenvolvimento urbano e consumo de combustíveis fósseis (WAKEHAM, 1996).

Neste diagnóstico da qualidade do sedimento na área de estudo, os hidrocarbonetos determinados compreendem os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTPs) e os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs).

A concentração de HPAs no sedimento da área de estudos variou entre 0,00^oµg/kg (não detectado) e 319,13 µg/kg, com média de 2,54 ± 16,59 µg/kg. Foram quantificadas concentrações de todos os compostos analisados, conforme ilustra a **Tabela II.5.1.2-5**, sendo o naftaleno (0,93 ± 8,5 µg/kg), o pireno (0,48 ± 5,4^oµg/kg) e o fluoranteno (0,29 ± 3,5 µg/kg), os que apresentaram, em média, os teores mais elevados.

Tabela II.5.1.2-5– Concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}$) média, máxima e mínima dos compostos de HPA quantificados no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos.

	Concentração ($\mu\text{g}/\text{kg}$)		
	Média \pm Desvio Padrão	Máximo	Mínimo
naftaleno	0,933 \pm 8,505	211,500	0,000
acenaftileno	0,028 \pm 0,429	11,530	0,000
acenafteno	0,066 \pm 0,821	19,140	0,000
fluoreno	0,129 \pm 2,401	65,570	0,000
fenantreno	0,195 \pm 1,295	28,700	0,000
antraceno	0,066 \pm 1,103	31,400	0,000
fluoranteno	0,299 \pm 3,504	74,900	0,000
pireno	0,487 \pm 5,433	137,660	0,000
benzo(a)antraceno	0,136 \pm 3,613	106,570	0,000
criseno	0,042 \pm 0,575	12,000	0,000
benzo(b)fluoranteno	0,038 \pm 0,810	23,700	0,000
benzo(k)fluoranteno	0,004 \pm 0,030	0,250	0,000
benzo(a)pireno	0,025 \pm 0,583	17,210	0,000
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,033 \pm 0,830	24,510	0,000
dibenzo(a,h)antraceno	0,046 \pm 1,034	30,360	0,000
benzo(ghi)perileno	0,013 \pm 0,108	2,860	0,000
Total HPA	2,540 \pm 16,590	319,130	0,000

No **Quadro II.5.1.2-8** são listadas as medianas e faixas de concentração encontradas por diversos autores para hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (total 16 prioritários) em sedimento em área oceânica no Brasil. Os dados obtidos a partir dos projetos de monitoramento utilizados no presente diagnóstico (mediana = 0,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) mostram que a Bacia de Santos apresenta concentrações inferiores que as demais bacias. A concentração máxima do total de HPAs (16 prioritários) encontrada para a área de estudo é superior ao registrado na Bacia do Ceará e Bacia de Campos (Projeto Águas Profundas: IIª Região Norte e Região Sul e Projeto HABITATS – período chuvoso).

Quadro II.5.1.2-8– Medianas e faixas de concentração mínima e máxima (entre parênteses) de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em áreas oceânicas no Brasil.

Áreas Oceânicas	N	Total 16 HPAs $\mu\text{g kg}^{-1}$	Referência
Bacia Potiguar (RN)	410	0,1 (< 0,5 – 474)	Wagener <i>et al.</i> , 2006
Bacia do Ceará (RN)	171	1,5 (< 0,3 – 228)	Wagener <i>et al.</i> , 2005a
Bacia de Campos: Projeto Água Profundas: Iª Região Norte	43	8,5	Wagener <i>et al.</i> , 2005b
Região Sul		14,5 (< 1 – 693)	
Bacia de Campos: Projeto Águas Profundas: IIª Região Norte	44	8,3	Wagener <i>et al.</i> , 2005b
Região Sul		13,0 (2,7 – 99,44)	
Bacia de Campos: Projeto HABITAS Período chuvoso	315	16,86 (0,13 – 155)	Wagener <i>et al.</i> , 2017
Bacia de Campos: Projeto HABITAS Período seco	140	17,03 (0,13 – 382)	Wagener <i>et al.</i> , 2017

O significado ambiental das concentrações de HPAs encontradas na área de estudo pode ser inferido através de uma comparação com os níveis de referência publicados por BUCHMAN (2008). Apenas em 14 amostras (n=873; 1,6%) foram encontradas concentrações de alguns hidrocarbonetos policíclicos aromáticos que excederam o limite TEL (*Threshold Effect Level*: nível abaixo do qual não há evidência de efeitos toxicológicos à biota) (**Tabela II.5.1.2-6**).

Tabela II.5.1.2-6– Comparação entre concentrações ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de compostos de HPAs em amostras dos projetos de monitoramento na Bacia de Santos utilizados para o diagnóstico ambiental da área de estudo e os níveis TEL.

	Naftaleno	Acenaftileno	Acenafteno	Fluoreno	Benzo(a)antraceno	Dibenzo(a,h)antraceno
TUPI_C1_ PC3R2	66,6					
TUPI_C1_ PC5R1	211,5					
TUPI_C1_ S3R1	55,5					
TUPI_C1_ S3R2	59					
TUPI_C1_ S4R1	41,2					
TUPI_C2_ S4R1	38					
EIAR- ADR4_C3_ 2016_#004		11,53	19,14	26,09 (R1) 65,52 (R2)		
EIAR- ADR4_C3_ 2016_#005			11,69 (R1) 7,05 (R2)			

Continua

Tabela II.5.1.2-6 (Continuação)– Comparação entre concentrações ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de compostos de HPAs em amostras dos projetos de monitoramento na Bacia de Santos utilizados para o diagnóstico ambiental da área de estudo e os níveis TEL.

	Naftaleno	Acenaftileno	Acenafteno	Fluoreno	Benzo(a)antraceno	Dibenzo(a,h)antraceno
EIAR- ADR4_C3_ 2016_#007	66,6				106,57	
FRC- SP2_C1_ 2014_#009	211,5					30,36
TEL	34,6	5,87	6,71	21,2	74,8	6,22

A distribuição espacial do total de HPAs na área de estudo foi avaliada considerando-se todo o conjunto de dados, independentemente da estação/época do ano em que as amostras foram coletadas. A **Figura II.5.1.2-69** mostra que a área central mais rasa, inferior a 1500 metros, apresenta maior concentração, como influência dos maiores teores de naftaleno nessa profundidade (**Gráfico II.5.1.2-66a**). Nesta mesma porção também são verificados maiores concentrações médias de fenantreno (**Gráfico II.5.1.2-66e**), antraceno (**Gráfico II.5.1.2-66g**), fluoranteno (**Gráfico II.5.1.2-66g**) e criseno (**Gráfico II.5.1.2-66j**), com as estações de coleta do projeto de monitoramento de TUPI/PMXL se destacando (**Gráfico II.5.1.2-67**).

Acima de 1500 metros, são verificadas maiores concentrações médias de acenaftileno (**Gráfico II.5.1.2-66b**), fluoreno (**Gráfico II.5.1.2-66d**), benzo(b)fluoranteno (**Gráfico II.5.1.2-66k**), benzo(k)fluoranteno (**Gráfico II.5.1.2-66L**), benzo(a)pireno (**Gráfico II.5.1.2-66m**), indeno(1,2,3-cd)pireno (**Gráfico II.5.1.2-66n**), dibenzo(a,h)antraceno (**Gráfico II.5.1.2-66o**) e benzo(g,h,i)perileno (**Gráfico II.5.1.2-66p**), principalmente no sedimento no entorno de EIAR-ADR5, FRC-SP2 e LBR-NW2 (**Gráfico II.5.1.2-67**). Os demais compostos (acenafteno **Gráfico II.5.1.2-66c**, pireno **Gráfico II.5.1.2-66h**, benzo(a)antraceno **Gráfico II.5.1.2-66i**) não apresentaram uma distribuição marcada entre as profundidades analisadas.

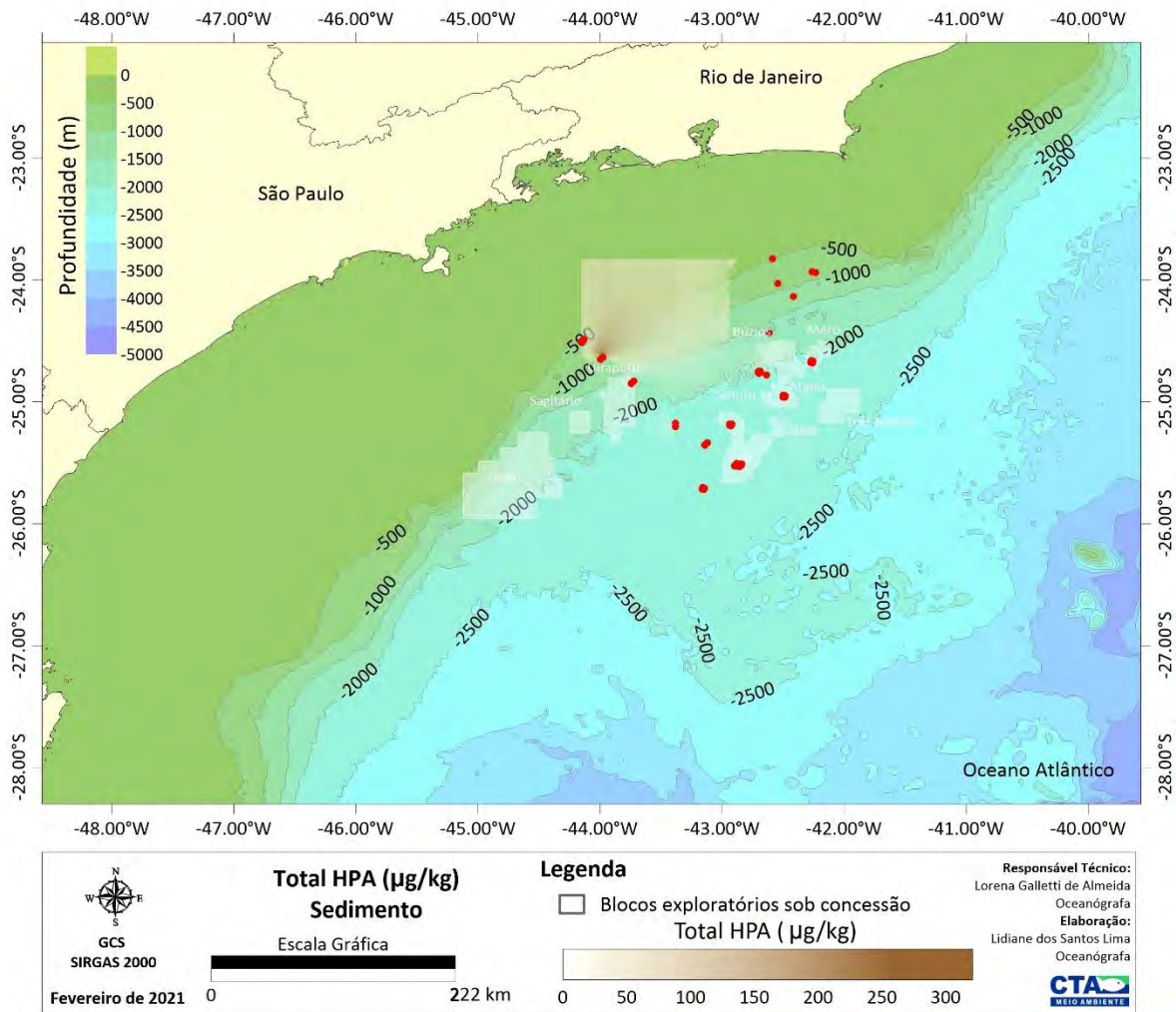


Figura II.5.1.2-69– Distribuição espacial da concentração total de HPA (µg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

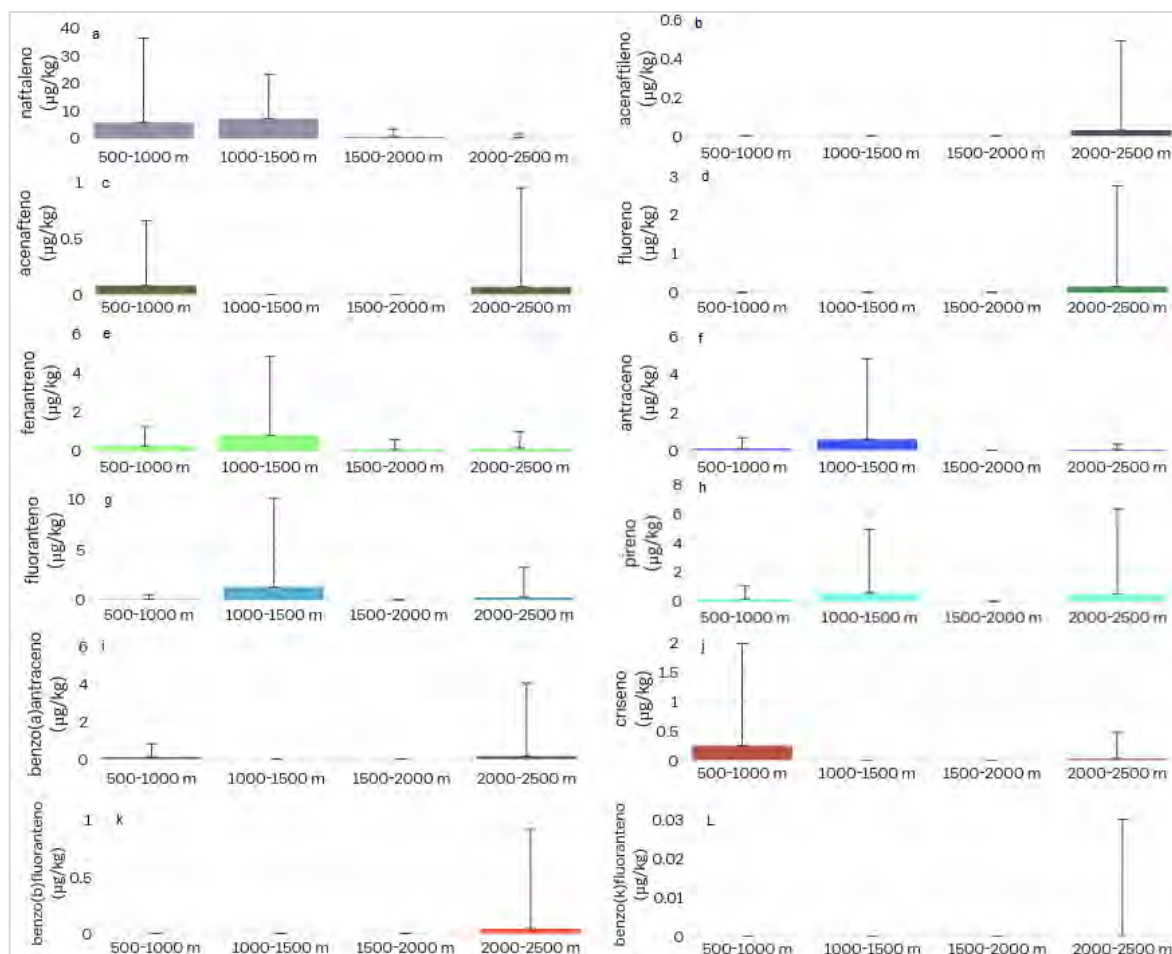


Gráfico II.5.1.2-66– Concentrações médias (µg/kg) dos compostos de HPA e HPA total, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. a: naftaleno, b:acenaftileno, c: acenafteno, d: fluoreno, e: fenantreno, f: antraceno, g: fluoranteno, h: pireno, i: benzo(a)antraceno, j: criseno, k: benzo(b)fluoranteno, L: benzo(k)fluoranteno. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

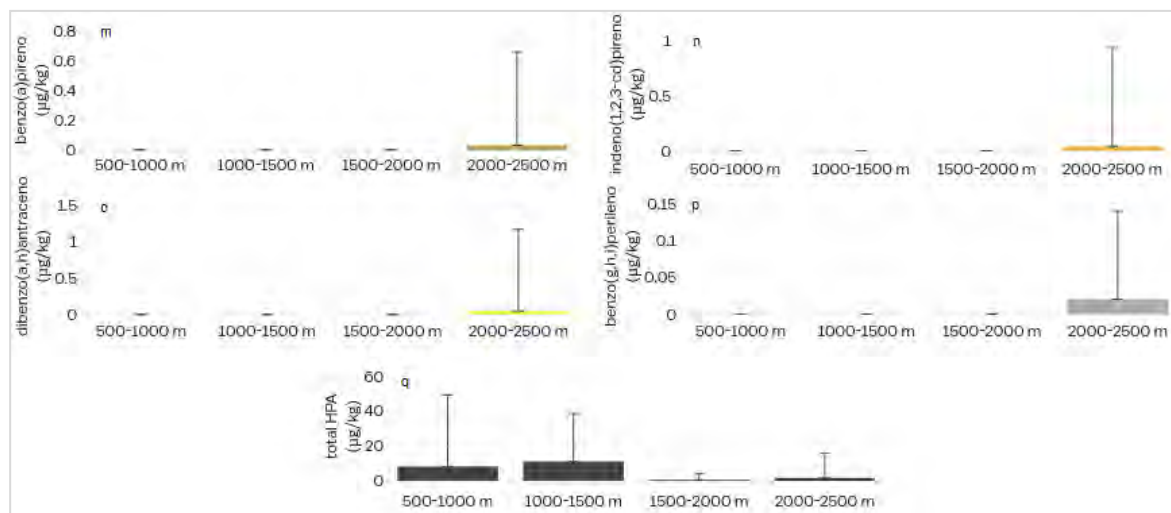


Gráfico II.5.1.2-66 (Continuação)– Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dos compostos de HPA e HPA total, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. m: benzo(a)pireno, n: indeno(1,2,3-cd)pireno, o: dibenzo(a,h)antraceno, p: benzo(g,h,i)perileno, q: total HPA. 500-1000 m (n=48), 1000-1500 m (n=54), 1500-2000 m (n=28), 2000-2500 m (n=743).

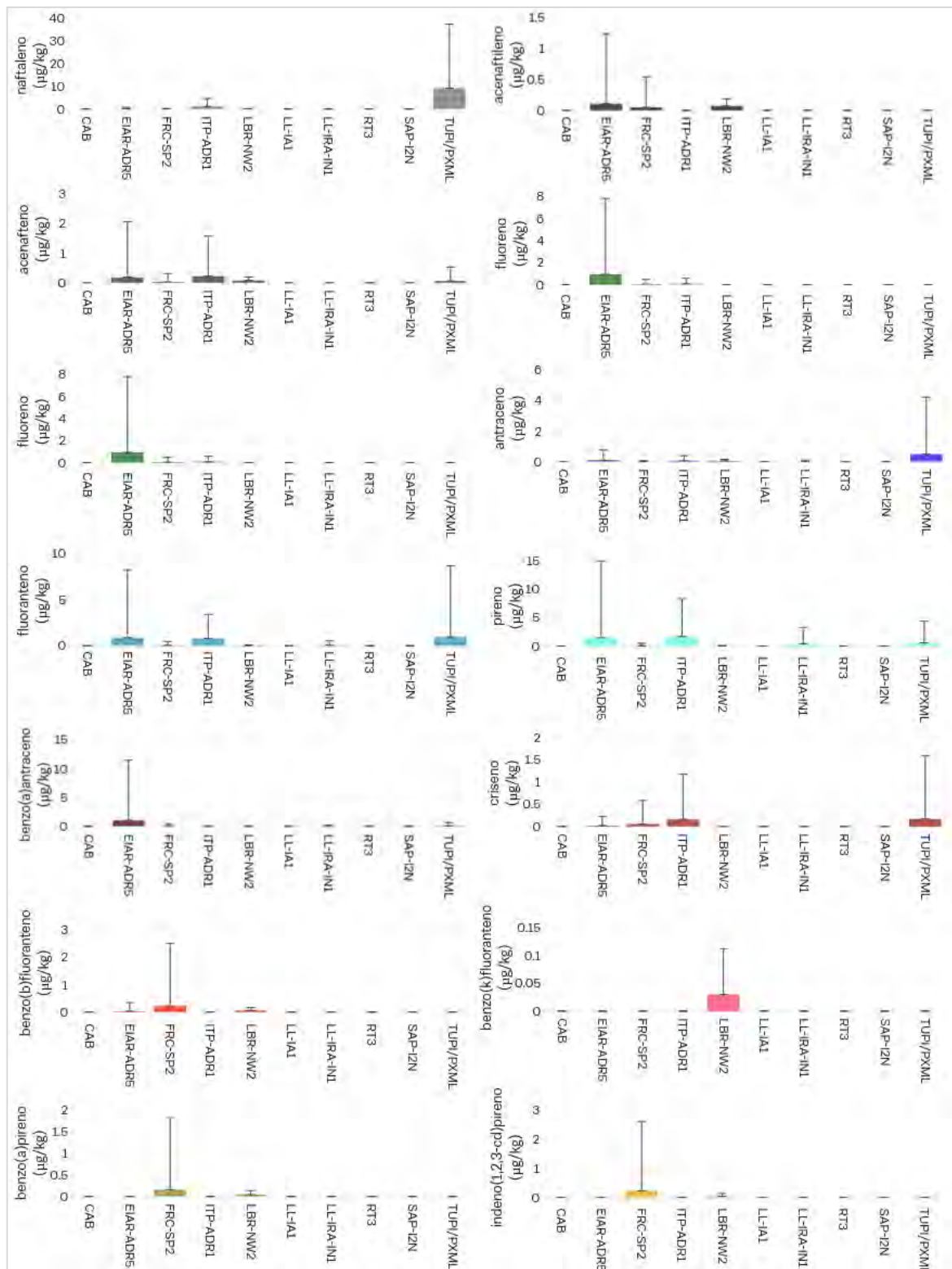


Gráfico II.5.1.2-67– Concentrações médias (µg/kg) dos compostos de HPA e HPA total, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

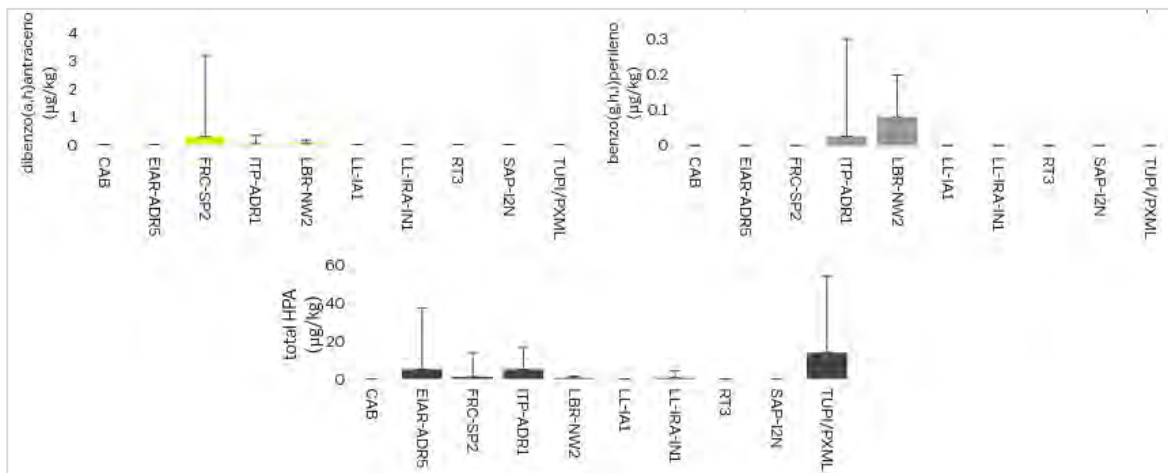


Gráfico II.5.1.2-67 (Continuação)– Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{kg}$) dos compostos de HPA e HPA total, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

Na distribuição sazonal dos compostos de HPA na área de estudo, ilustrada pelo **Gráfico II.5.1.2-68**, é possível observar que para a maior parte dos compostos analisados as maiores concentrações médias são alcançadas no outono (acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(g,h,i)perileno) e no verão (naftaleno, antraceno, benzo(b)fluoranteno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno e dibenzo(a,h)antraceno).

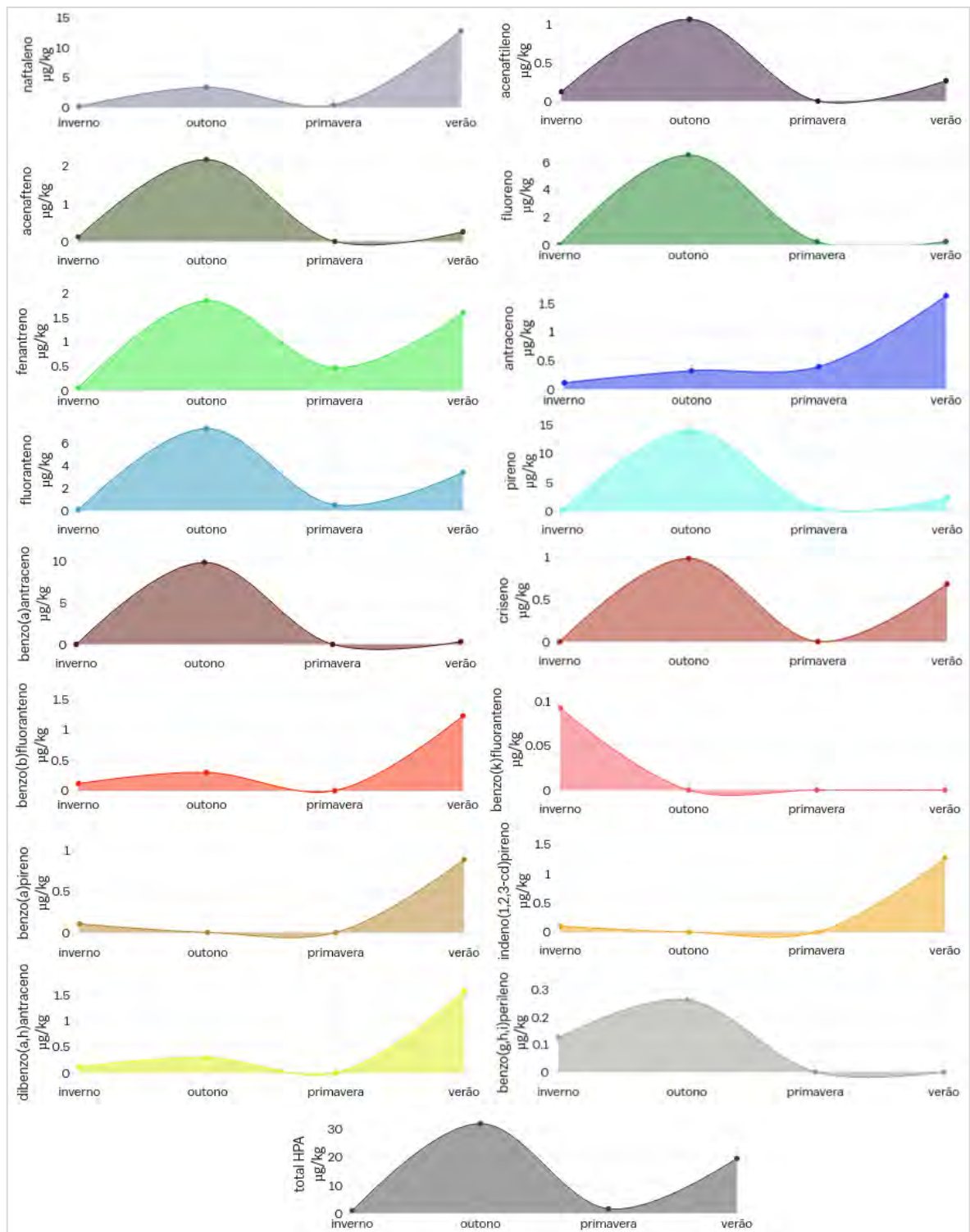


Gráfico II.5.1.2-68– Concentração média ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de compostos de HPA e HPA total, por estação do ano, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; $n=300$), verão (janeiro a março; $n=375$), outono (abril a junho; $n=117$), inverno (julho a setembro; $n=81$).

Quanto à concentração de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), o sedimento na área de estudo apresentou média de 2704,18 µg/kg, variando entre 0,0 µg/kg (abaixo do limite de detecção) e 460475,96 µg/kg. A distribuição espacial dos teores de HTP (**Figura II.5.1.2-70**) mostra homogeneidade ao longo da área de estudos, com maiores teores médios verificados em profundidades acima de 1500 metros (**Gráfico II.5.1.2-69**), principalmente nas estações dos projetos de monitoramento EIAR-ADR5, ITP-ADR1, LL-IRA-IN1 (**Gráfico II.5.1.2-70**). A distribuição sazonal, apresentada no **Gráfico II.5.1.2-71**, indica que as maiores concentrações médias de HTP ocorrem no outono e na primavera.

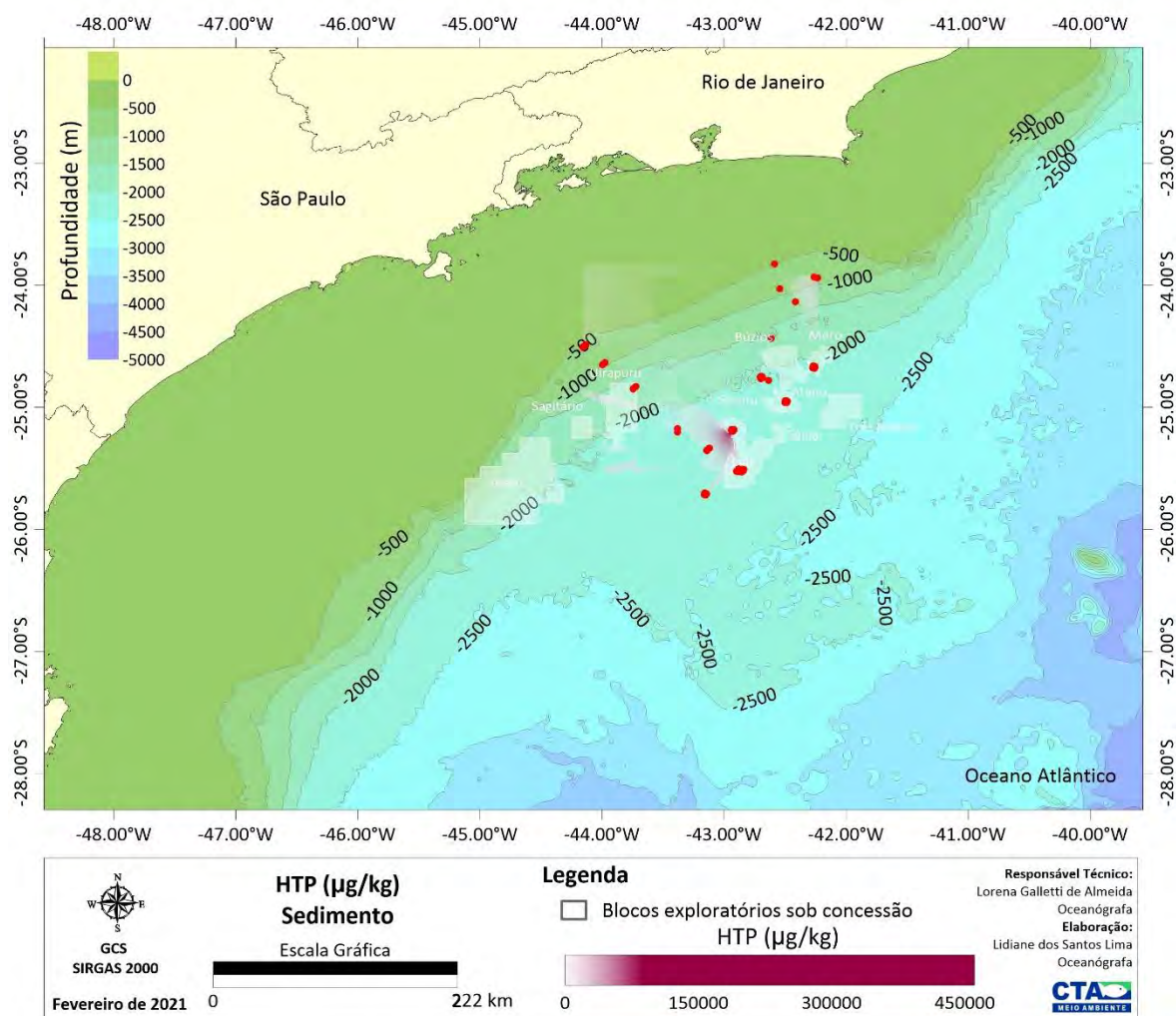


Figura II.5.1.2-70– Distribuição espacial da concentração de HTP (µg/kg) no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Os pontos vermelhos representam os projetos de monitoramento selecionados para o diagnóstico.

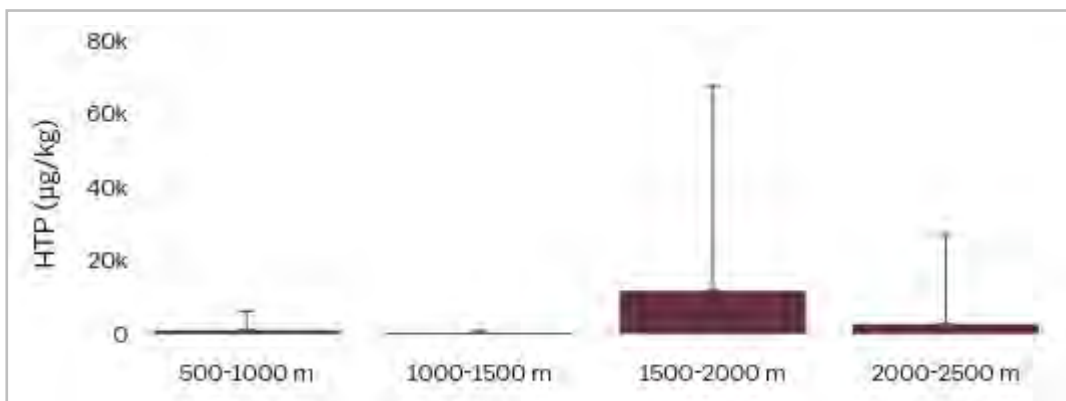


Gráfico II.5.1.2-69– Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de HTP, por intervalo de profundidade, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão. 500-1000 m ($n=48$), 1000-1500 m ($n=54$), 1500-2000 m ($n=28$), 2000-2500 m ($n=736$).

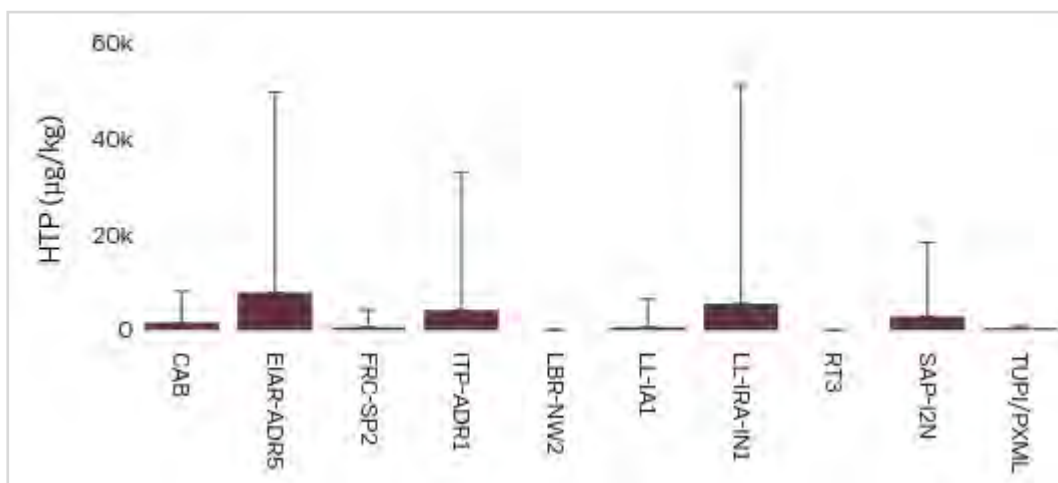


Gráfico II.5.1.2-70– Concentrações médias ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de HTP, por projeto de monitoramento, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. A barra representa o desvio padrão.

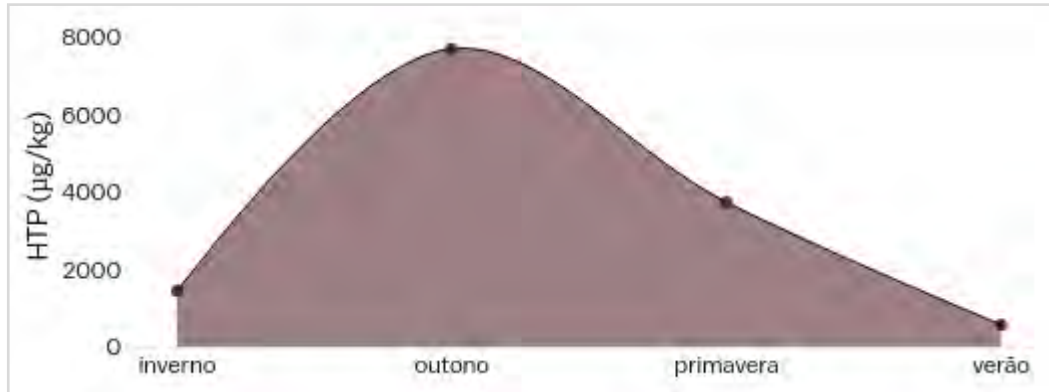


Gráfico II.5.1.2-71– Concentração média ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de HTP, por estação do ano, no sedimento da área de estudos, Bacia de Santos. Primavera (outubro a dezembro; $n=297$), verão (janeiro a março; $n=371$), outono (abril a junho; $n=117$), inverno (julho a setembro; $n=81$).

Considerações Finais

O diagnóstico da qualidade de água na área de estudos da Bacia de Santos mostra que as maiores concentrações de oxigênio dissolvido, pH, clorofila-a, nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fosfato), carbono orgânico total e sulfetos são encontradas em cotas batimétricas mais profundas e na porção mais ao sul quando comparada com a porção norte. Somente os hidrocarbonetos policíclicos concentram-se, principalmente na região menos profunda da área de estudos. Quanto à distribuição vertical, verifica-se, de maneira geral, pouca variabilidade nos valores médios entre as camadas (superfície, acima da termoclina, termoclina e abaixo da termoclina). O oxigênio dissolvido, a clorofila-a, o nitrito e o nitrato apresentam teores ligeiramente superiores na camada abaixo da termoclina. Os sulfetos são encontrados em maiores concentrações na camada superficial (até 5 metros) e os HPAs nas camadas acima da termoclina e termoclina. Fenóis e hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) não foram detectados na área de interesse deste diagnóstico.

O diagnóstico da qualidade dos sedimentos na área de estudos da Bacia de Santos mostra que a composição granulométrica é dominada por frações finas, especialmente o silte, com as frações mais grossas ocorrendo de maneira discreta, apenas em menores profundidades. Os valores de carbonato, bastante variáveis,

apresentam tendência de aumento com a profundidade. As concentrações de matéria orgânica total e carbono orgânico total não mostram um padrão de distribuição na área de interesse, destacando-se a maior variabilidade do parâmetro matéria orgânica. Os teores verificados para o nitrogênio e o fósforo total indicam maior concentração na porção mais ao sul da área de estudos, como consequência dos resultados obtidos, principalmente nas estações de monitoramento do gasoduto TUPI/PMXL.

Os metais analisados por este diagnóstico apresentam, em geral, maior concentração na parte sul da área de estudos quando comparada com a parte norte, influenciada por valores obtidos em projetos específicos em campanhas ocorridas após a atividade de perfuração. Ao utilizar dados do folhelho médio como base de comparação (uma vez que este apresenta teores de metais próximos ao naturalmente encontrados em sistemas aquáticos) (SALOMONS e FÖRSTNER, 1984), os resultados obtidos mostraram que somente o Hg apresentou concentração média superior (0,07 mg/kg ou 70 ng/g) à concentração do folhelho médio proposta por FÖRSTNER e WITTMAN (1983) (40 ng/g) encontrados nos sedimentos da área de estudo. A comparação com valores de TEL e PEL mostrou que, de maneira geral, o sedimento da área de estudos não apresenta contaminação. No entanto, deve ser dada atenção ao bário que apresentou valores acima de TEL, mesmo que de forma heterogênea na área de estudos.

Quanto aos hidrocarbonetos, a distribuição espacial do total de HPAs mostra maior concentração na porção central mais rasa, inferior a 1500 metros, devido aos maiores teores de naftaleno, composto que apresenta a maior concentração média na área de estudos. Já as concentrações de HTPs mostram maior homogeneidade em sua distribuição na área de interesse, com valores mais elevados acima de 1500 metros.

II.5.1.3 Geologia e Geomorfologia

A. Caracterização Geológica e Geomorfológica Regional

Este subitem apresenta a caracterização da geologia e geomorfologia da Bacia de Santos em escala regional, sobretudo com relação aos aspectos estruturais, estratigráficos e fisiográficos. Para cada novo licenciamento será encaminhada a caracterização geológica e geomorfológica da área do empreendimento em questão.

As informações foram integradas e resumidas a partir da avaliação e compilação de dados existentes, apresentados nos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e documentos elaborados por outros projetos da Petrobras:

- Projetos Integrados de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal, Bacia de Santos, realizado pela consultora ICF Consultoria do Brasil Ltda. (PETROBRAS/ ICF, 2012);
- Testes de Longa Duração (TLDs) nas Áreas de Guará e Carioca (BM-S-9) e Tupi Nordeste e Iracema (BM-S-11), Bacia de Santos, realizado pela consultora ICF Consultoria do Brasil Ltda. (PETROBRAS/ ICF, 2009);
- Piloto do Sistema de Produção e Escoamento de Óleo e Gás da Área de Tupi, Bloco BM-S-11, Bacia de Santos, realizado pela consultora ICF Consultoria do Brasil Ltda. (PETROBRAS/ ICF, 2008);
- Atividade de Produção de Gás e Condensado no Campo de Mexilhão, Bacia de Santos, realizado pela empresa Habtec Engenharia Ambiental (PETROBRAS/HABTEC, 2007);
- Atividade de Perfuração Marítima na Área Geográfica de Santos, realizado pela consultora ICF Consultoria do Brasil Ltda. (PETROBRAS/ICF, 2006).
- Estudo de Impacto Ambiental Atividade de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 e Pareceres Técnicos 190/2014 e 373/2014.
- PETROBRAS, Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS). CENPES/PDIDMS/SE/MCA, *no prelo*.

A Bacia de Santos situa-se na região Sudeste da margem continental brasileira, entre os paralelos 23° e 28° Sul, ocupando cerca de 350.000 km² até a cota batimétrica de 3.000 m (**Figura II.5.1.1.2-1**).

Abrange os litorais dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, limitando-se ao Norte com a Bacia de Campos pelo Alto de Cabo Frio, e ao Sul com a Bacia de Pelotas pela Plataforma de Florianópolis (MOREIRA *et al.*, 2007).

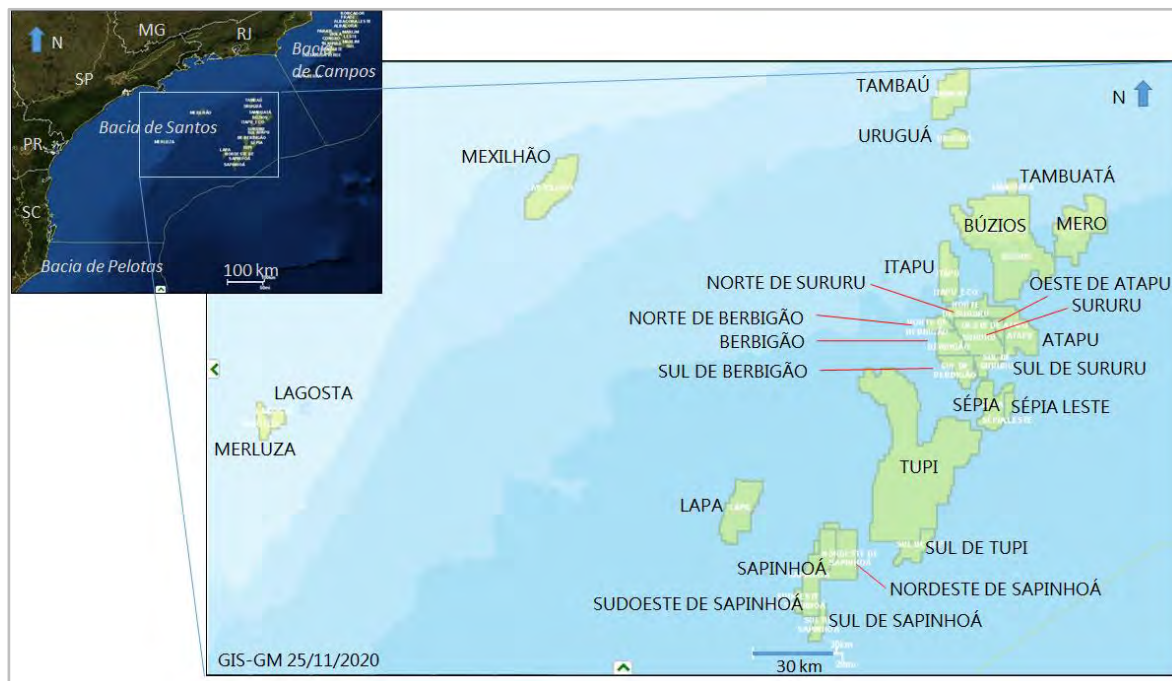


Figura II.5.1.1.2-1– Localização dos campos de produção na Bacia de Santos.

A.1. Origem e Evolução

A história da formação da Bacia de Santos remete à separação dos continentes Africano e Sul-Americano. Esses dois continentes, juntamente com o continente Antártico, a Austrália, a Índia e Madagascar, formavam um grande continente no Hemisfério Sul, que existiu entre aproximadamente 200 e 150 milhões de anos atrás, denominado Gondwana. Junto com a Laurásia, esse continente formava o Supercontinente Pangeia, que existiu entre 450 e 200 milhões de anos atrás, aproximadamente.

Com a fragmentação do supercontinente, iniciaram-se os processos que culminaram na formação da bacia, através da formação de rochas a partir de

magmas, e transferência significativa de material de porções mais profundas (manto), para porções mais superficiais (crosta terrestre).

Tais processos têm início com um afinamento da crosta em função da ascensão de material aquecido do manto, pela ação de correntes de convecção internas, aumentando a instabilidade e provocando fraturamentos e falhamentos de grande magnitude. A partir dessas fraturas e falhas, ocorre a ascensão do magma para a crosta, extravasando na superfície em imensas áreas com grandes espessuras.

Devido ao posterior resfriamento e consolidação das rochas oriundas do manto, ocorre um processo descendente, com leve abatimento, promovendo a formação de bacias e o aparecimento de grandes lagos continentais, onde são depositados sedimentos.

Os processos anteriormente descritos, que culminaram com a formação da bacia sedimentar continental e deposição dos sedimentos, representam a primeira fase evolutiva da Bacia de Santos, antes da deposição das camadas de sal. Na margem continental brasileira, Mohriak (2004), *in* MANTESSO-NETO *et al.*, (2004) destaca o episódio de magmatismo como fase da reativação tectônica mesozóica, cujo início foi marcado pelo soerguimento do Arco de Ponta Grossa, com a intrusão de grande quantidade de diques básicos de direção Noroeste e pela efusão de enorme quantidade de lavas basálticas, tanto na Bacia do Paraná como nas bacias de Pelotas, Santos e Campos.

O autor indica o intervalo de 133-129 milhões de anos como de intrusão dos diques, e que esses “são aproximadamente contemporâneos com os basaltos da Bacia do Paraná”, cuja idade atualmente admitida para os derrames do evento Serra Geral é de 132+5 milhões de anos (MILANI *et al.*, 2007). Isso significa dizer que as rochas basálticas da Formação Serra Geral, ao provocarem o abatimento de grandes áreas da crosta situadas nas bordas Leste da América do Sul e Oeste da África, tornaram-se o embasamento para a sequência sedimentar da Bacia de Santos.

Na região da crosta continental, forças tectônicas de tração provocaram fraturamentos de grande amplitude e levaram ao desenvolvimento de vales profundos, onde predominam falhas de gravidade com rejeitos normais (*grabens* e *horsts*), favorecendo a grande acumulação de sedimentos.

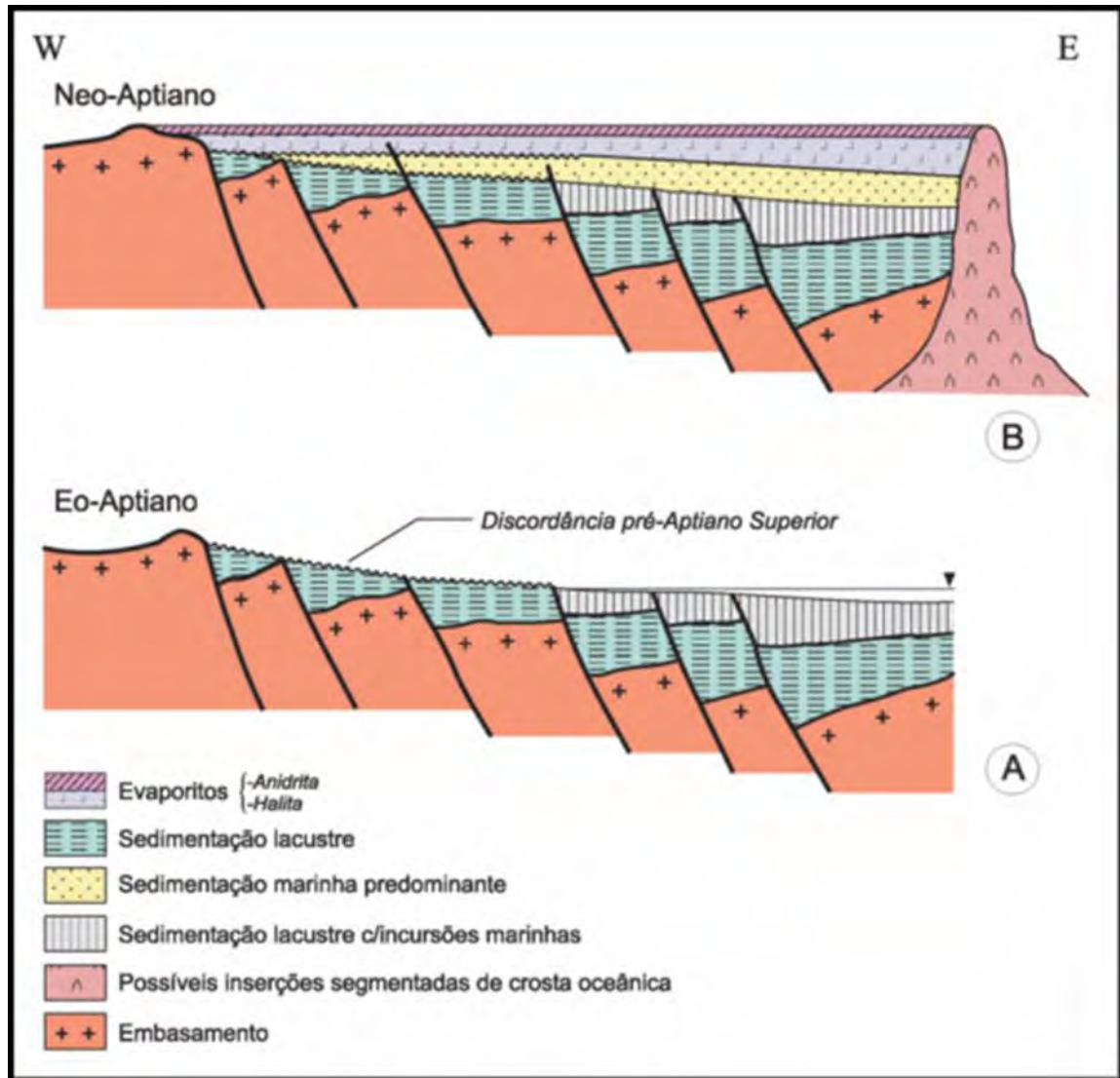
Por outro lado, no interior do continente, na depressão provocada pela pressão do pacote basáltico, formou-se, no Cretáceo Superior (entre 100 e 65 milhões de anos, aproximadamente) e em condições semiáridas a desérticas, a Bacia Bauru, que abrange parte dos estados de SP, PR, MS e MG.

A **Figura II.5.1.1.2-2** apresenta o detalhe do Aptiano (sedimentos e sedimentitos das sequências do lago e do golfo).

Na **fase 1**, no período Aptiano-Albiano (até 100 milhões de anos, aproximadamente), representa-se uma extensa capa de basaltos cobrindo todo o embasamento cristalino e os sedimentos da Bacia do Paraná, a oeste; na porção central, o embasamento já se encontra deformado, com a formação de um alto, com a indicação de falhamento junto à linha de costa; na região a Leste observa-se o embaciamento já formado, com camadas de sedimentos e a cobertura de sal da Bacia de Santos.

Na **fase 2**, no Coniaciano-Santoniano (90-85 milhões de anos, aproximadamente), houve a erosão de grande parte da cobertura de basaltos e da Bacia do Paraná, expondo uma extensa área de embasamento cristalino entre a linha de costa, à Leste, e os sedimentos da Bacia do Paraná, à Oeste. Com o Atlântico já formado, ocorre acentuada subsidência da Bacia de Santos, exibindo intrusões alcalinas na borda do continente que representam, hoje, a maior parte das rochas da Ilha de São Sebastião, mais resistentes aos processos de intemperismo e erosão.

Nas **fases 3 e 4**, acentuam-se os processos de falhamentos, com soerguimentos e abatimentos de blocos, de subsidência regional a Oeste, com a formação da Bacia Bauru (entre 90 e 65 milhões de anos); e de intemperismo e erosão, chegando, na **fase 5**, à configuração atual, com o Grupo Bauru sobre os basaltos da Formação Serra Geral; a depressão periférica, com a acentuada erosão dos sedimentos da Bacia do Paraná; e com limite dado pelas escarpas dos basaltos da Serra de Botucatu e correlatas. Na porção intermediária dessa evolução, onde ocorrem rochas do embasamento cristalino, destacam-se as serras da Mantiqueira, da Bocaina e do Mar, o Pico de Itatiaia (rochas alcalinas vulcânicas), a Bacia do Paraíba, depositada num *graben* originado por falhamentos, o canal e a Ilha de São Sebastião e, a Leste, as grandes espessuras dos sedimentos da Bacia de Santos.



Fonte: Dias, 2005.

Figura II.5.1.1.2-2– Evolução tectono-magmática geral da borda continental da Bacia de Santos. Detalhe de seções esquemáticas mostrando o deslocamento para leste do processo de rifteamento e a exposição das áreas proximais durante o Eoaptiano (A); e o recobrimento da discordância pré-Aptiano Superior pela sedimentação marinha durante o Neoaptiano, em condições de quiescência tectônica (B).

Os episódios de evolução da crosta ocorridos no continente Gondwana Ocidental apresentam registros, em maior ou menor grau, nas bacias marginais da borda Leste da América do Sul e da borda Oeste da África. As sequências evaporíticas, ou as camadas de rochas salinas da costa Leste brasileira, cuja

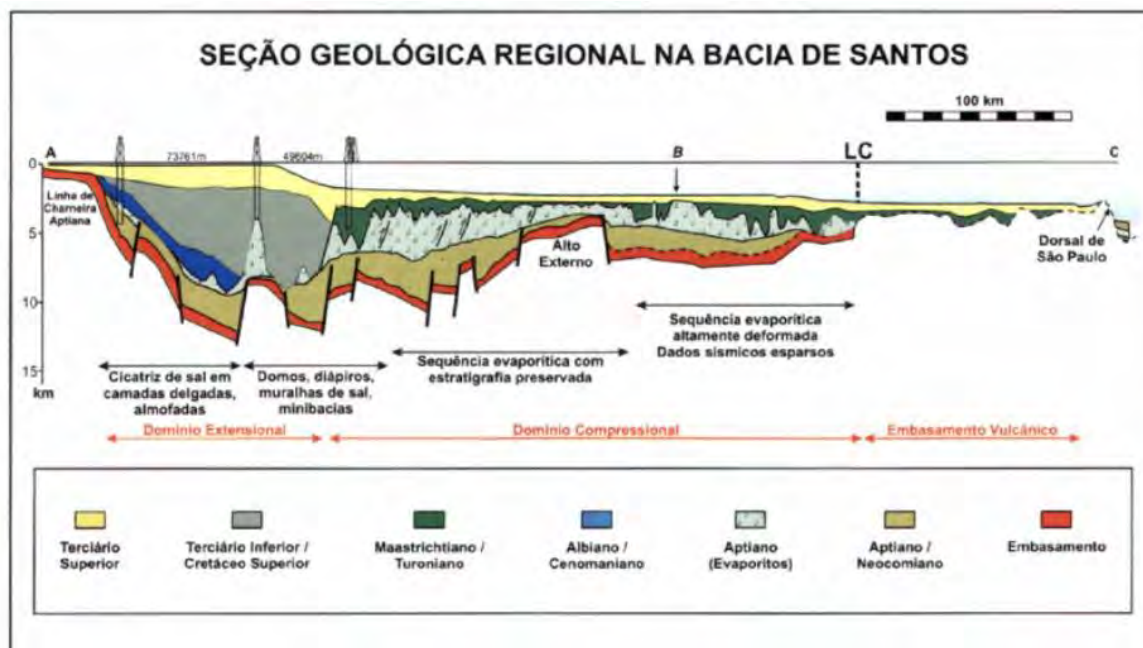
deposição ocorreu no Aptiano Superior, estão distribuídas de maneira praticamente contínua desde a Bacia de Santos até a Bacia de Sergipe-Alagoas.

Na distribuição das bacias evaporíticas na fase pré-deriva, tem-se, a Sul, a formação de crosta oceânica entre os continentes, com estreitamento para Norte até a Dorsal de São Paulo. Em direção à parte Norte, a faixa correspondente à cadeia mesoatlântica, onde há a formação da crosta oceânica, desloca-se para Leste, de forma que a porção de bacia evaporítica da área da Bacia de Santos não apresenta correspondente do lado africano, ficando toda para o lado brasileiro.

Vale salientar que a Dorsal de São Paulo funcionou como um alto durante os eventos que levaram à deposição das camadas evaporíticas. Esse alto estrutural, que foi gerado no final do Aptiano, criou condições para a evaporação e consequente deposição das camadas salinas, constituídas de halita, na base, e anidrita no topo, representando, respectivamente, ambientes de sedimentação de mar baixo e de mar alto. Esses eventos de deposição de sal aconteceram em um espaço de tempo de aproximadamente 500 mil anos (GAMBOA *et al.*, 2008, *in* MOHRIAK, SZATMARI e ANJOS, 2008), com um pacote da ordem de 2.000 m de espessura.

A **Figura II.5.1.1.2-3** apresenta uma seção geológica regional da Bacia de Santos, com direção aproximada NW-SE, onde são indicados os domínios tectônicos atuantes na área da Bacia. Na porção mais a Oeste, mais próxima à costa, predominam esforços extensionais e são frequentes os diápiros de sal (que podem chegar a milhares de metros) e domos, dentre outras feições.

Na porção intermediária predominam esforços compressivos e é a região em que a estratigrafia das camadas está mais preservada, contrastando com a parte mais a Leste desta porção, que apresenta as sequências evaporíticas altamente deformadas. É importante notar o grande número de falhamentos com abatimentos e soerguimentos relativos de blocos, na metade oeste da seção geológica, mais próximos à costa, e a sua quase ausência na metade Leste, o que pode indicar a atenuação dos processos tectônicos nas porções mais distantes da costa.



Fonte: Gamboa *et al.*, (2008) *apud* Mohriak, Szatmari & Anjos (2008).

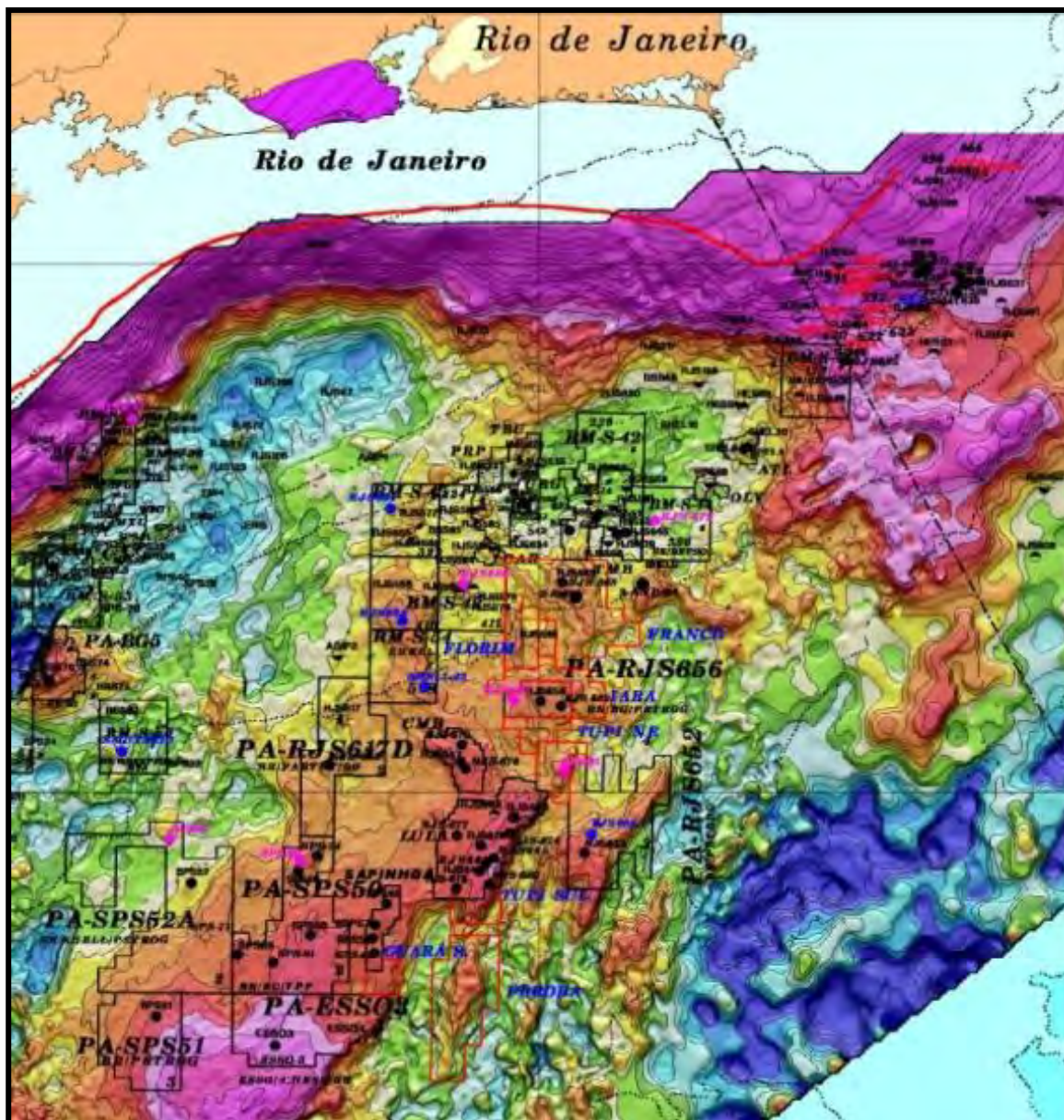
Figura II.5.1.1.2-3– Seção geológica regional da parte central da Bacia de Santos, evidenciando os domínios distensivos e compressivos no pacote de evaporitos.

A.2. Geologia Estrutural

O sistema de riftes formou as bacias da margem continental brasileira (principalmente no segmento entre Sergipe-Alagoas e Santos) como consequência de processos extensionais, datados do Neojurássico ao Eocretáceo (ASMUS & BAISCH, 1983; SZATMARI *et al.*, 1985; CHANG *et al.*, 1992).

Há evidências de esforços extensionais polifásicos nas regiões extremas da placa Sul-americana, com idades de sedimentos preenchendo *grabens* que atingem até o Triássico, corroboradas por datação geocronológica de rochas intrusivas e extrusivas precedendo a fase principal de rifteamento (CONCEIÇÃO *et al.*, 1988; MIZUSAKI *et al.*, 1988; MIZUSAKI *et al.*, 2002). O ápice do rifteamento deu-se no intervalo Neojurássico-Eocretáceo, no mesmo momento ou logo após a formação de lavas basálticas (RABINOWITZ & LABRECQUE, 1979; MÜLLER *et al.*, 1997).

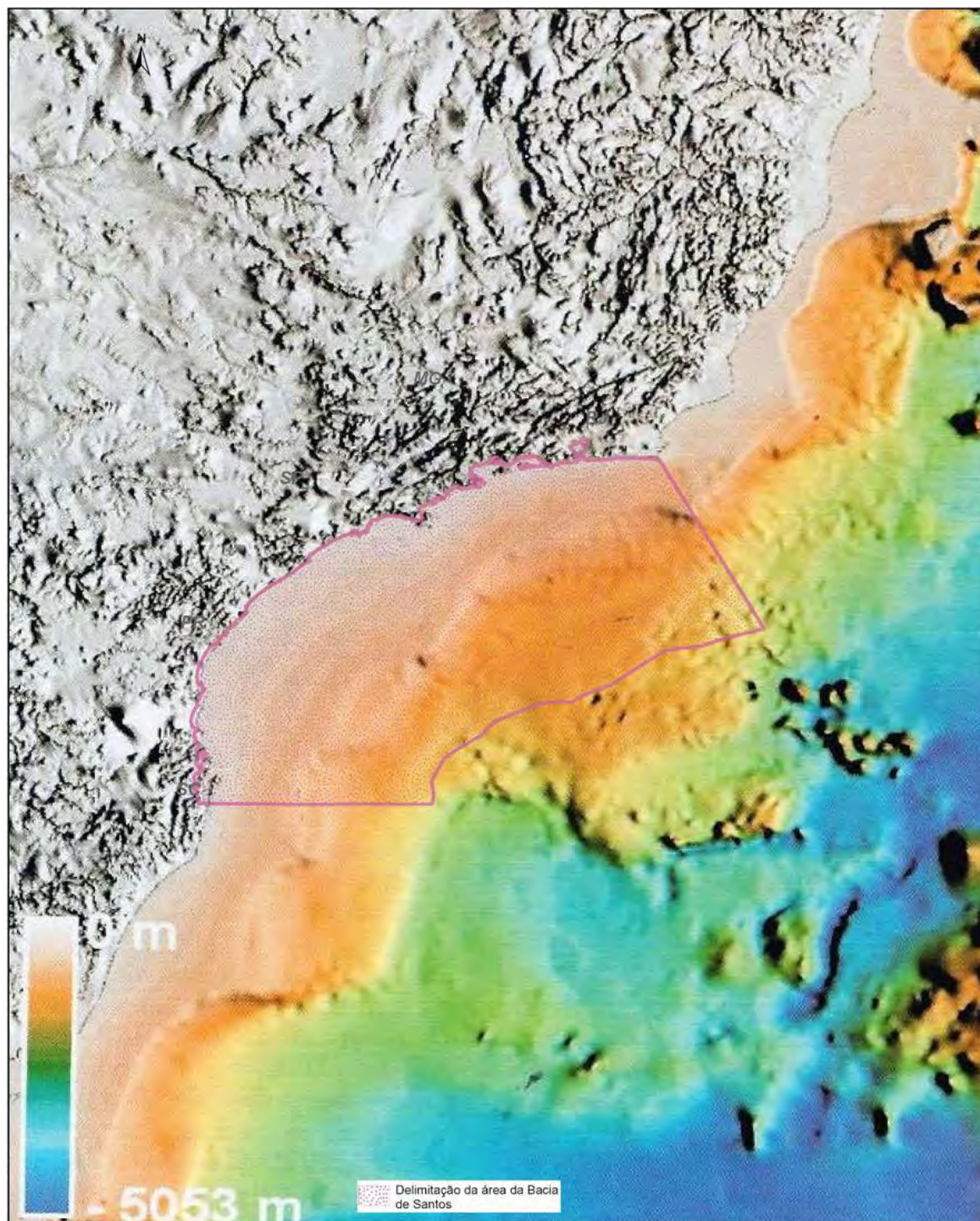
O mapa estrutural da base do sal com a localização dos campos e planos de avaliação da Bacia de Santos é mostrado na **Figura II.5.1.1.2-4**.



Fonte: PETROBRAS/SIGEO.

Figura II.5.1.1.2-4– Mapa estrutural da base do sal na Bacia de Santos.

O mapa topobatimétrico (**Figura II.5.1.1.2-5**), apresenta a geomorfologia da plataforma continental na Região Sudeste, feições estruturais da margem e alguns elementos tectônicos da região intracontinental (CAINELLI & MOHRIAK, 1998; BASSETTO *et al.*, 2000).



Fonte: adaptado de Mohriak (2004).

Figura II.5.1.1.2-5– Mapa topobatimétrico com geomorfologia da Região Sudeste.

Vários autores (ALMEIDA, 1976; CORDANI *et al.*, 1984) mencionam que o sistema de falhas do rife mesozóico do segmento entre a Bahia e o Rio de Janeiro apresenta uma direção predominantemente NNE herdada dos eventos pré-

cambrianos (Transamazônico e Brasileiro), observando-se uma notável inflexão dessas direções para a direção E-W entre Cabo Frio/RJ e a Ilha Grande/SP (MOHRIAK, 2004).

Segundo MOHRIAK (2004), nas bacias de Santos, Campos e Espírito Santo está localizado o Platô de São Paulo, a mais importante feição fisiográfica da margem Sudeste brasileira (KOWSMANN *et al.*, 1982; ASMUS, 1984; PALMA, 1984). O Platô de São Paulo apresenta, em sua maior parte, um substrato de crosta continental (KOWSMANN *et al.*, 1982; GUIMARÃES *et al.*, 1982; MACEDO, 1989; SEVERINO & GOMES, 1991; GOMES *et al.*, 1993; SOUZA *et al.*, 1993).

Ao Sul da bacia de Santos é possível caracterizar cadeias vulcânicas provavelmente relacionadas a altos vulcânicos pós-rifte, interpretados em crosta continental (exemplo, cadeia Avedis; DEMERCIAN & SZATMARI, 1999), ou em propagadores oceânicos (exemplo, cadeia Abimael; MOHRIAK, 2001), como centros de espalhamento ativos durante a formação de crosta proto-oceânica e posteriormente abortados (LEYDEN, 1976; KUMAR & GAMBOA, 1979; MOHRIAK, 2001; MEISLING *et al.*, 2001).

A **Figura II.5.1.1.2-6** apresenta uma interpretação tectônica do arcabouço do Rifte na margem Sudeste, com depocentros sedimentares separados por zonas de transferências (localmente associadas a falhas cisalhantes), e com zonas de fraturas Leste-Oeste em crosta oceânica (exemplo, Zona de Fratura do Rio de Janeiro, Zona de Fratura de Florianópolis) (MOHRIAK, 2004).

Vários montes submarinos são identificados na região de crosta oceânica da Região Sudeste (**Figura II.5.1.1.2-6**), em particular, os montes Almirante Saldanha ao Sul da Bacia de Campos e o complexo de montes vulcânicos Jean Charcot ao Sul da Bacia de Santos (SEVERINO & GOMES, 1991).

As falhas de borda das bacias da margem Leste e Sudeste são caracterizadas por direção NE-SW, com direções E-W e NW-SE correspondentes a zonas de transferência (MEISLING *et al.*, 2001), sendo que algumas das quais foram reativadas durante a formação de zonas de fraturas oceânicas (ASMUS & FERRARI, 1978).

Em mapas tectônicos com as principais feições das bacias da região Sul-Sudeste (exemplo **Figura II.5.1.1.2-6**) é possível caracterizar a linha de charneira como uma feição NE subparalela à linha de costa e com uma notável inflexão Leste-

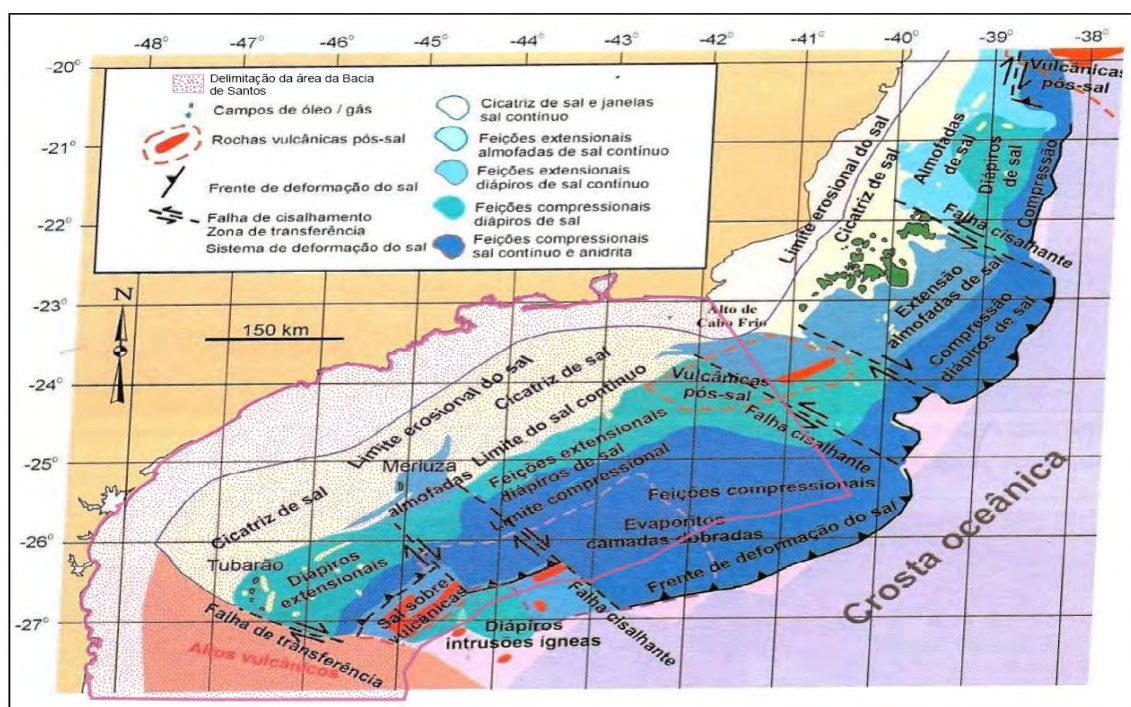
Oeste na parte Norte, subparalela às zonas de fraturas oceânicas (Zona de Fratura do Rio de Janeiro) (MOHRIAK, 2004).

A maior inflexão Leste-Oeste ao longo da margem continental Leste brasileira localiza-se ao longo do Estado do Rio de Janeiro, entre as bacias de Campos e Santos. A deflexão do limite pré-aptiano dessas bacias, que em geral tem direção NE, é marcada, na província de Cabo Frio, por ampla atividade magmática de composição marcadamente alcalina, datadas do Neocretáceo a Eoterciário (SADOWSKI & DIAS-NETO, 1981; MOHRIAK *et al.*, 1990; ALMEIDA, 1991; MIZUSAKI & MOHRIAK, 1992).

De acordo com MOHRIAK (2004), uma das principais feições observadas no Atlântico Sul corresponde ao alinhamento NW que se estende desde a região emersa como o Alto do Paranaíba, separando as Bacias do Paraná e São Francisco (CORDANI *et al.*, 1984), e atinge a região da plataforma continental nas proximidades do Alto de Cabo Frio (**Figura II.5.1.1.2-6**), entre as bacias de Santos e Campos (CAINELLI & MOHRIAK, 1998). Esse lineamento, designado como Cruzeiro do Sul (SOUZA *et al.*, 1993) continua para SE através de várias intrusões ígneas e, em crosta oceânica, é caracterizado por feições tectônicas extensionais interpretadas como riftes intraoceânicos.

1993; COBBOLD *et al.*, 1995; MOHRIAK & NASCIMENTO, 2000; MEISLING *et al.*, 2001).

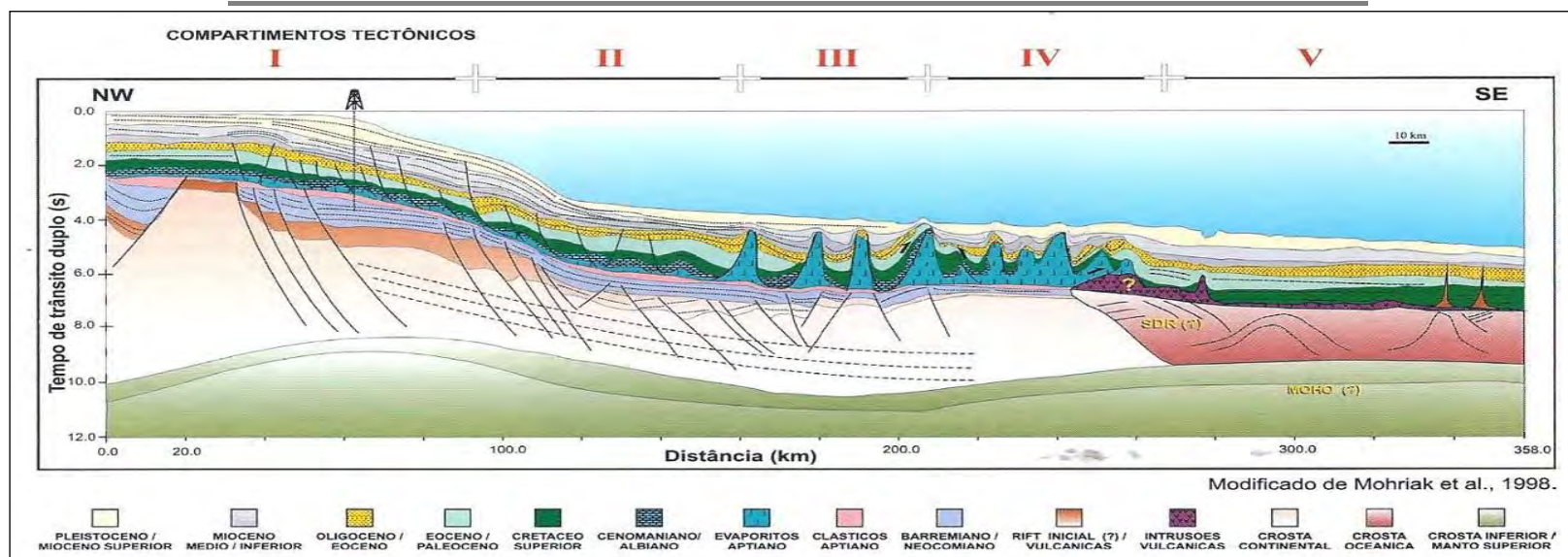
A **Figura II.5.1.1.2-7** apresenta um mapa tectônico simplificado da área de ocorrência de feições halocinéticas na Região Sudeste, e a ocorrência de acumulações de petróleo nas bacias de Campos e Santos (MOHRIAK, 2004).



Fonte: adaptado de Meisling *et al.* (2001) *apud* Mohriak (2004).

Figura II.5.1.1.2-7– Distribuição das estruturas halocinéticas no Platô de São Paulo.

A **Figura II.5.1.1.2-8** apresenta uma seção geossísmica com a interpretação dos diversos domínios tectônicos relacionados à halocinese no limite sul da Bacia de Campos e a norte da Bacia de Santos. Esses compartimentos incluem uma região com tectônica de sal incipiente (domínio I), uma região com almofadas de sal e feições extensionais (domínio II), uma região com diápiros de sal e feições compressionais localmente afetadas por inversão (domínio III), um domínio mais distal, com feições compressionais (falhas de empurrão, repetição de camada, etc.) e sal em diápiros.



Fonte: Waisman (2008).

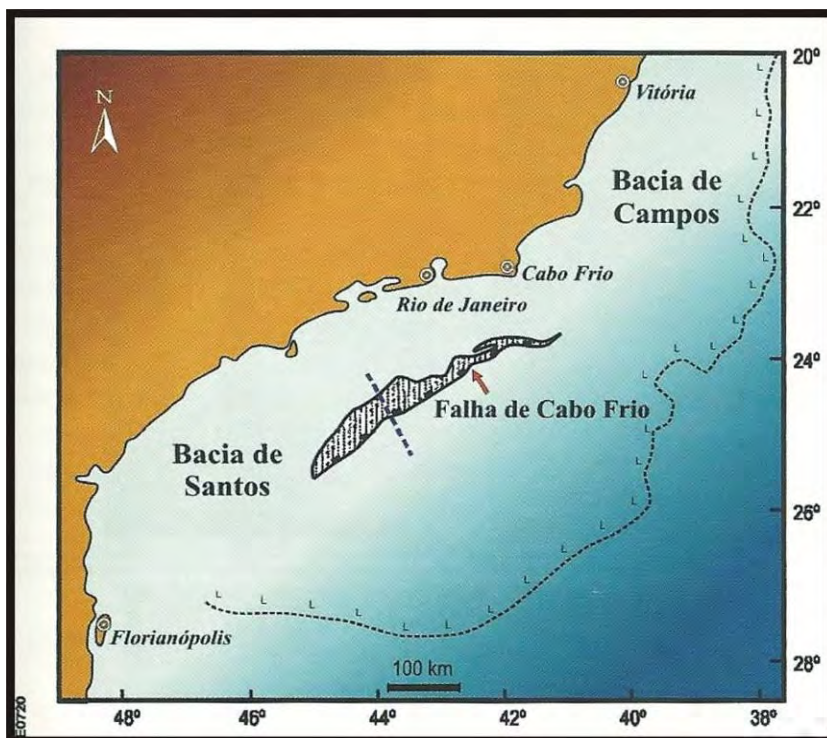
Figura II.5.1.1.2-8– Seção geológica regional mostrando os domínios tectônicos na província de sal (I, tectônica de sal incipiente; II, tectônica de sal extensional; III, província de diápiros de sal com tectônica compressional; IV, tectônica de sal fortemente compressional próxima do limite entre crosta continental e crosta oceânica; V, camadas de sedimentos que localmente avançam sobre o substrato vulcânico).

Na Bacia de Santos são caracterizadas zonas de transferência, frequentemente com direção NW, que também controlam a tectônica de sal (SZATMARI & DEMERCIAN, 1993; DEMERCIAN & SZATMARI, 1999), destacando-se: (1) a zona de transferência de Tubarão, que separa a parte Sudoeste da Bacia de Santos, da plataforma de Florianópolis; (2) a zona de transferência de Merluza, que separa a província SW, da província central; e (3) a zona de transferência de Cabo Frio, que separa a parte Norte da Bacia de Santos, da parte Sul da Bacia de Campos (CAINELLI & MOHRIAK, 1998; DEMERCIAN & SZATMARI, 1999; MEISLING *et al.*, 2001).

Uma feição estrutural reconhecida na área da Bacia de Santos é a Falha de Cabo Frio, uma grande falha normal lístrica, antitética, que desloca a camada de sal aptiana e atinge cerca de 300 km de comprimento, aproximadamente paralela à costa (**Figura II.5.1.1.2-9**). A componente horizontal do rejeito para os sedimentos albianos chega a atingir 50 km ao longo dessa falha, cujo bloco baixo apresenta uma sequência progradante de rochas siliciclásticas neocretácicas e paleogênicas (DEMERCIAN *et al.*, 1993; MOHRIAK *et al.*, 1995).

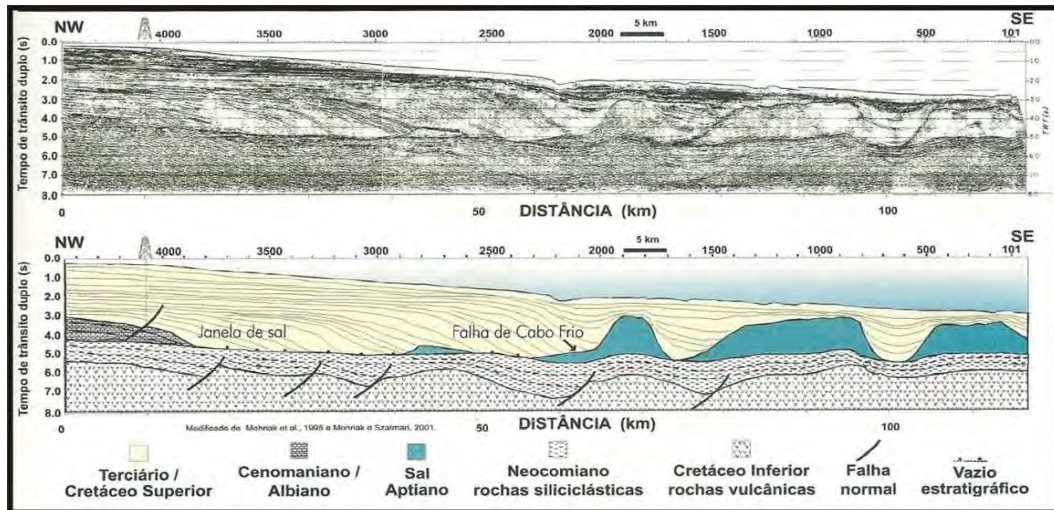
Alguns modelos físicos foram realizados com o intuito de testar diferentes hipóteses levantadas para explicar a gênese da Falha de Cabo Frio e em um deles, descrito abaixo, reproduziu com sucesso o desenvolvimento da falha e as deformações associadas interpretadas em sísmica. Esse modelo testou a hipótese de que a Falha de Cabo Frio se formou no limite de uma cunha sedimentar progradante, que criou uma sobrecarga diferencial sobre a camada de sal, resultando na expulsão do sal subjacente. O sal expulso migrou bacia adentro no bloco alto de uma falha lístrica, provocando grande deslocamento dos sedimentos da cobertura (SZATMARI *et al.*, 1996).

A **Figura II.5.1.1.2-9** mostra a localização da Falha de Cabo Frio na Bacia de Santos e a linha sísmica regional apresentada na interpretação dessa falha na **Figura II.5.1.1.2-10**.



Fonte: Guerra e Szatmari (2008).

Figura II.5.1.1.2-9—Localização da Falha de Cabo Frio na Bacia de Santos e linha sísmica regional com direção NW-SE. Esta estrutura corresponde a uma grande falha normal lítrica antitética. O hachurado indica a localização da lacuna estratigráfica da sequência albiana (modificado de MOHRIAK et al., 1995).



Fonte: Guerra e Szatmari (2008).

Figura II.5.1.1.2-10–Seção sísmica e interpretação da Falha de Cabo Frio.

A deformação da camada de sal dá-se durante o tempo geológico, e é uma deformação lenta. Os fatores que influenciam na deformação do sal são: inclinação da rampa na qual o sal está depositado, o contexto estrutural da bacia e o peso de sedimentos que está sobreposto a esta camada. Uma "propagação de deformações" para possíveis reservatórios do pós-sal, pode ter acontecido no tempo geológico, mas nesse momento não é observável.

Deformações da camada de sal, que podem transmitir a deformação a reservatórios do pós-sal devido a produção de petróleo, foram abordados nos estudos de geomecânica, os quais contaram com simulação numérica do escoamento multifásico de fluidos em meios porosos para diferentes cenários, ensaios mecânicos de laboratórios em rochas coletadas de testemunhos da seção pré-sal e para as rochas capeadoras, sendo a caracterização de tensões obtidas em testes de campo (*leak off test* – LOT e microfraturamento) e perfis dos poços (densidade, imagem). Os limites de pressão de injeção de água ou gás foram definidos considerando análises geomecânicas das rochas reservatório e capeadoras. Finalizando, estes estudos demonstraram que não há indicativos que a produção comprometa a integridade das rochas capeadoras, não comprometendo, portanto, possíveis reservatórios pós-sal.

A.3. Estratigrafia

Em recente trabalho de atualização, devido ao grande volume de dados obtidos desde que PEREIRA e FEIJÓ (1994) estabeleceram o arcabouço cronoestratigráfico da Bacia de Santos em termos de sequências deposicionais, MOREIRA *et al.* (2007) consideraram a geologia da Bacia de Santos genericamente descrita com três unidades geológicas fundamentais: embasamento da Bacia, supersequências deposicionais e magmatismo.

O embasamento cristalino da bacia é caracterizado por granitos e gnaisses pertencentes ao Complexo Costeiro e por metassedimentos da Faixa Ribeira, de idade pré-cambriana (aproximadamente 540 milhões de anos).

Uma importante feição do embasamento é a Charneira de Santos, que limita os mergulhos suaves do embasamento, a oeste, dos mais acentuados, a leste. A sedimentação cretácea ocorre somente a leste dessa feição. O limite da crosta oceânica com a crosta continental estirada ocorre imediatamente a leste do Platô de São Paulo.

A versão mais atual da Carta Estratigráfica da Bacia de Santos está destacada na **Figura II.5.1.1.2-11**, onde também é apresentada a variabilidade na representação das seções sedimentares em escala de tempo para a Bacia, conforme proposição de MOREIRA *et al.* (2007).

Na Carta Estratigráfica da Bacia de Santos, MOREIRA *et al.* (2007) reinterpreta a estratigrafia estabelecida por PEREIRA e FEIJÓ (1994), elevando unidades definidas como formação, para a categoria de grupo ou agrupando determinadas formações em um mesmo grupo. As fases Rife, de Transição e de Margem Passiva, da Carta Estratigráfica de 1994 (PEREIRA & FEIJÓ, 1994), foram denominadas de Supersequências Rife, Pós-Rife e *Drift*. Desta forma, para a porção basal da bacia, foi criado o Grupo Guaratiba, que engloba todas as sequências das supersequências Rife e Pós-Rife, ou seja, desde a Formação Camboriú (**CAM**; Sequência K20-K34), na base da fase rife, até a Formação Ari (ARI; Sequência K50), no topo da fase pós-rife.

A Formação Guaratiba, conforme Pereira e Feijó (1994), foi subdividida por MOREIRA *et al.* (2007) em três formações: Piçarras (**PIÇ**; Sequência K36), Itapema (**ITP**; Sequência K38), ambas pertencentes à Supersequência Rife, e Barra Velha

(BVE; Sequências K44 e K46-48), pertencente à Supersequência Pós-Rifte, como pode ser observado na **Figura II.5.1.1.2-11**.

As unidades da Supersequência Rifte foram englobadas em três grandes grupos: Camburi, Frade e Itamambuca, cada uma delas com diversas formações (**Figura II.5.1.1.2-11**).

Como já referido, foram definidas três supersequências deposicionais para a Bacia de Santos: Rifte, Pós-Rifte e *Drift*, cada uma delas composta por diversas Sequências, as quais são descritas adiante, com dados obtidos de MOREIRA *et al.* (2007).

A **Supersequência rifte** corresponde à fase tectônica de fragmentação do Gondwana Ocidental, engloba o pacote de rochas depositadas na Bacia de Santos incluindo os derrames de lavas basálticas da Formação Camboriú (Sequência K20-K34), na base, as camadas de sedimentos terrígenos da Formação Piçarras (Sequência K36), na porção intermediária, e os sedimentos com fragmentos de conchas da Formação Itapema (Sequência K38). Este conjunto de rochas pode atingir espessura de alguns milhares de metros e destaca-se por conter excelente teor de matéria orgânica para a geração de hidrocarbonetos, ou seja, constituem-se nas rochas geradoras da camada pré-sal e dos campos e acumulações do pós-sal.

A Sequência K20-K34 (Formação Camboriú), com idade de 132+5 milhões de anos, é constituída por derrames basálticos que recobrem discordantemente as rochas do embasamento cristalino, de idade pré-cambriana (mais velhos que 542 milhões de anos, início do período Cambriano do Eratema Paleozóico), ou seja, há um hiato de tempo da ordem de 400 milhões de anos. Os basaltos são cinza escuros, de granulação fina a média, constituídos principalmente por plagioclásio e piroxênio (augita), em geral pouco alterados, e são considerados como o embasamento econômico (ou seja, de interesse à exploração) da Bacia.

Há também um hiato erosivo após a consolidação dos basaltos da Formação Camboriú, antes da deposição da Formação Piçarras (Sequência K36), possivelmente de alguns milhões de anos, uma vez que a deposição dos sedimentos da Formação Piçarras é tida como do Barremiano (entre 130 e 126,4 milhões de anos aproximadamente), correspondente aos andares cronoestratigráficos locais Aratu Superior e Buracica.

A Sequência K36 (Formação Piçarras) é constituída, litologicamente, por leques aluviais de conglomerados e arenitos polimíticos formados por fragmentos de basalto, quartzo e feldspato, nas porções proximais, e por arenitos, siltitos e folhelhos nas porções lacustres.

A sequência K38 (Formação Itapema), informalmente denominada “sequência das coquinas” na Bacia de Campos, foi depositada entre a discordância intrabarremiano e a discordância da base do andar Alagoas (entre 126,4 Ma e 123 milhões de anos, aproximadamente) e é caracterizada pela presença de intercalações de *grainstones* e *rudstones* a bivalve com folhelhos escuros. Os *grainstones* e *rudstones* a bivalvesão constituídos por fragmentos de conchas de pelecípodes, com ostracodes associados que frequentemente encontram-se dolomitizados e/ou silicificados. Nas porções mais distais ocorrem folhelhos escuros, ricos em matéria orgânica.

A **Supersequência Pós-Rifte** (Fase SAG) é constituída pelas sequências que compõem as formações Barra Velha (**BVE**; Sequências K44 e K46-48) e Ariri (**ARI**; Sequência K50), depositadas no intervalo aproximado entre 123 e 112 milhões de anos. A Sequência K44, que corresponde à porção inferior da Formação Barra Velha do Grupo Guaratiba, foi depositada em ambiente de transição entre o continental e o marinho raso, entre 123 e 117 milhões de anos, e é constituída por calcários microbiais, estromatólitos, esferulitos, laminitos e lamitos nas porções proximais (mais próximas à costa), e folhelhos nas porções distais (mais distantes da costa, em águas mais calmas). Ocorrem também *grainstones* e *packstones*, compostos por fragmentos de estromatólitos (algas calcárias) e bioclastos (ostracodes) associados. Esses carbonatos encontram-se, por vezes, parcial ou totalmente dolomitizados e/ou silicificados.

A Sequência K46-K48, que corresponde à porção superior da Formação Barra Velha do Grupo Guaratiba, depositada entre 117 e 113 milhões de anos, também em ambiente transicional entre continental e marinho raso, marca a passagem da sequência sedimentar clástica/carbonática para um ambiente evaporítico. De modo geral, é formada por leques aluviais de arenitos e conglomerados, nas porções proximais, e por calcários microbiais intercalados a folhelhos nas porções mais distais.

A Sequência K50 corresponde aos evaporitos (camadas de sal) da Formação Ariri, unidade de topo do Grupo Guaratiba, depositados no Neoaptiano, equivalente ao Andar Alagoas superior, e tem seu limite inferior no contato com os carbonatos da Sequência K46-K48 (113 milhões de anos). O tempo estimado de deposição para os evaporitos é de 0,7 a 1 milhão de anos (DIAS, 1998, *apud* MOREIRA *et al.*,

2007), permanecendo ainda imprecisa a taxa de acumulação, devido à alta mobilidade da halita. Entretanto, GAMBOA *et al.* (2008, *in* MOHRIAK, *et al.*, 2008), afirmam que o “pacote evaporítico com espessura original em torno de 2.000 m foi depositado em aproximadamente 500.000 anos e, apesar da deformação plástica intensa que se prolongou até o final do Cretáceo, sua estratificação cíclica original ficou preservada sobre uma extensa área”.

Segundo MOREIRA *et al.* (2007), os evaporitos da Sequência K50 são compostos, geralmente, por halita e anidrita, tendo sido constatada também a presença de sais mais solúveis, tais como, taquidrita, carnalita e, localmente, silvinita.

Os cinturões evaporíticos do Atlântico Sul, ao longo das margens brasileira e africana, dos quais a Sequência K50 é a representante na Bacia de Santos, compõem limites conjugados em escala regional e documentam o término do episódio sedimentar que antecede o rompimento do segmento Sul americano-africano (ocidental) do Gondwana e a consequente ligação do Atlântico Equatorial e do Atlântico Sul (GAMBOA *et al.*, 2008, *in* MOHRIAK *et al.*, 2008).

A **Supersequência Rifte** compreende os sedimentos depositados em ambiente tectônico de margem passiva, conforme a Carta Estratigráfica da Bacia de Santos, de 1994 (PEREIRA e FEIJÓ, 1994; MOREIRA *et al.*, 2007). Corresponde aos sedimentos continentais de ambiente de plataforma rasa e talude, depositados no Albiano (Eo-Cretáceo), e aos sedimentos marinhos de ambiente costeiro / plataforma/ talude / profundo, depositados a partir do final do Albiano (Neo-Cretáceo), Paleógeno e Neógeno. Ou seja, a Supersequência Rifte engloba toda a coluna de sedimentos depositados sobre as camadas evaporíticas da Sequência K50.

As rochas sedimentares da Supersequência *Drift*, que podem atingir no total mais de 6.000 m de espessura, foram englobadas em três grandes grupos: Camburi, Frade e Itamambuca, cada um deles com diversas formações.

O Grupo Camburi abrange as formações Florianópolis (**FLO**; Sequência K60), Guarujá (**GUA**; Sequência K60) e Itanhaém (**ITN**; Sequências K70 e K82-86). O Grupo Frade engloba as formações Santos (**SAN**; Sequências K88 a K130); Juréia (**JUR**; Sequências K88 a K130) e Itajaí-Açu (**ITA**; Sequências K88 a K130). Do Grupo Itamambuca, que engloba todas as unidades do Cenozóico da Bacia de

Santos, fazem parte às formações Ponta Aguda (**PAG**; Sequências E10 a E80 e N10 a N60), Marambaia (**MAR**; Sequências E10 a E80 e N10 a N60) e Iguape (**IGP**; Sequências E70 a E80 e N10 a N60) e Sepetiba, que engloba os sedimentos do Pleistoceno. A seguir descrevem-se resumidamente as características de todas as sequências que compõem a Supersequência Rifte (MOREIRA *et al.*, 2007).

A **Sequência K60** é composta por três sequências deposicionais de 3ª ordem, perfazendo uma duração total de 8,9 milhões de anos. Ocorrem três importantes folhelhos radioativos que representam três grandes períodos de inundações marinhas, desde o Albiano inferior até a porção basal do Albiano superior. É constituída pela parte inferior da Formação Florianópolis, Formação Guarujá e porção basal da Formação Itanhaém. Seu limite inferior é o topo das anidritas da Formação Ariri e seu limite superior é marcado pela entrada dos primeiros sedimentos arenosos da Formação Itanhaém.

A Formação Florianópolis corresponde às fácies proximais e está constituída por conglomerados, arenitos e folhelhos, associados a sistemas de leques aluviais e deltaicos.

A Formação Guarujá é caracterizada por uma plataforma carbonática albiana que se divide em interna e externa. Na interna ocorrem folhelhos e calcilitos, de um sistema lagunar, e calcirruditos e calcarenitos oolíticos, pertencentes ao banco raso em borda de plataforma. Na plataforma externa ocorrem calcilitos e margas gradando ou interdigitando com folhelhos escuros nas porções baciais, onde há intervalos com potenciais geradores de hidrocarbonetos. A parte inferior da Formação Itanhaém é constituída pelo folhelho radioativo Marco Beta e margas calcilitos sobrejacentes.

A **Sequência K70** corresponde às formações Florianópolis (proximal) e Itanhaém (distal), do Grupo Camburi, e o Membro Tombo. O limite inferior é dado pelo Marco Beta, nas porções distais, e pela discordância do topo dos sedimentos carbonáticos da Formação Guarujá, nas porções proximais. O limite superior é marcado por uma discordância que coincide com a passagem do Cretáceo inferior para o superior.

Os depósitos da Formação Florianópolis correspondem a arenitos e folhelhos de leques aluviais e deltaicos, enquanto que a Formação Itanhaém é caracterizada

por folhelhos e, mais raramente, margas de origem marinha distribuídas desde a plataforma até as regiões bacinais.

Intercalados na Formação Itanhaém encontram-se depósitos arenosos de sistemas originados de fluxos gravitacionais densos que compõem o Membro Tombo. Os depósitos da Sequência K70 são representativos de uma progressiva subida relativa do nível do mar.

A **Sequência K82-K86** tem como limite inferior a discordância que marca a passagem do Cretáceo inferior para o Cretáceo superior. Seu limite superior é caracterizado pela discordância de 91,2 milhões de anos. Engloba unidades dos grupos Camburi (Formações Florianópolis e Itanhaém) e Frade (Formações Santos, Juréia e Itajaí-Açu), e seus depósitos representam a maior ingressão marinha do registro sedimentar.

Na porção proximal ocorrem os depósitos arenosos e pelíticos da Formação Florianópolis e os sedimentos conglomeráticos avermelhados de origem continental da Formação Santos.

Na Formação Juréia ocorrem sedimentos arenosos, folhelhos, siltitos e argilitos depositados desde os ambientes continentais até os mais distais da plataforma, podendo ocorrer níveis de coquina e calcilutitos intercalados.

A Formação Itanhaém é constituída por argilitos e folhelhos com conteúdo carbonático maior na porção basal, e corresponde às margas do intervalo palinológico conhecido como gama (MOREIRA *et al.*, 2007).

A Formação Itajaí-Açu constitui-se por folhelhos e argilitos cinza-escuros depositados nos ambientes de plataforma distal, talude e bacia.

A **Sequência K88** corresponde aos depósitos referentes aos andares Turoniano e Coniaciano, envolvendo as Formações Santos, Juréia e Itajaí-Açu e Membro Ilhabela, pertencentes ao Grupo Frade. Depositada ao longo de 5,4 milhões de anos, possui como limite inferior a discordância intraturoniana e como limite superior a discordância santoniana de 85,8 milhões de anos.

A Formação Juréia é composta por sedimentos arenosos, folhelhos, siltitos e argilitos, depositados desde os ambientes continentais até as porções mais distais da plataforma. Os arenitos relacionados ao Membro Ilhabela do andar Turoniano, foram gerados a partir de fluxos que produziram depósitos menos encaixados que os da sequência inferior.

A **Sequência K90** abrange unidades da porção intermediária do Grupo Frade (Formações Santos, Juréia, Itajaí-Açu e Membro Ilhabela). Abriga os sedimentos siliciclásticos dos Andares Santoniano a Campaniano inferior. Possui como limite inferior a discordância de 85,2 milhões de anos e, como limite superior, a discordância de 79,2 milhões de anos. A Formação Juréia é constituída por sedimentos arenosos, siltitos e folhelhos depositados em ambiente continental até as porções mais proximais da plataforma. Interacamado a esses depósitos ocorre intenso vulcanismo extrusivo. A Formação Itajaí-Açu está representada por sedimentos argilosos, que predominam nas porções distais da plataforma, talude e bacia, enquanto que o Membro Ilhabela é constituído por arenitos, muito expressivos em área e espessura.

O vulcanismo santoniano verificado está associado ao aumento da taxa de subsidência na Bacia e a outras feições vulcânicas e tectônicas presentes no continente com o surgimento da Serra do Mar.

A **Sequência K100** abrange unidades da porção intermediária do Grupo Frade (formações Santos, Juréia, Itajaí-Açu e Membro Ilhabela). Corresponde aos sedimentos siliciclásticos do Andar Campaniano. Possui como limite inferior a discordância de 79,2 milhões de anos e como limite superior a discordância de 76,8 milhões de anos. Engloba conglomerados continentais da Formação Santos, que se interdigitam com arenitos plataformais a costeiros da Formação Juréia e que passam gradualmente para siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas da Formação Itajaí-Açu, depositados nas regiões de plataforma distal, talude e bacia. O Membro Ilhabela é representado por arenitos resultantes de fluxos turbidíticos relacionados a escavações no talude e plataforma.

A **Sequência K110** abrange unidades da porção intermediária a superior do Grupo Frade (Formações Santos, Juréia, Itajaí-Açu e Membro Ilhabela). Compreende os sedimentos siliciclásticos dos Andares Campaniano a Maastrichtiano, possuindo como limite inferior a discordância de 76,8 milhões de anos e, como limite superior, a discordância de 72 milhões de anos.

Engloba conglomerados continentais da Formação Santos, os arenitos plataformais a costeiros da Formação Juréia e os siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas da Formação Itajaí-Açu, depositados nas regiões de plataforma distal, talude e bacia, além de margas. O Membro Ilhabela é

representado por arenitos resultantes de fluxos turbidíticos relacionados a escavações no talude e plataforma. Assim como a Sequência K100, apresenta um padrão regressivo, deslocando a quebra da plataforma cerca de 100 km costa afora.

A **Sequência K120** abrange unidades da porção superior do Grupo Frade (Formações Santos, Juréia, Itajaí-Açu e Membro Ilhabela). Compreende os sedimentos siliciclásticos dos Andares Campaniano Superior a Maastrichtiano. Seu limite inferior é a discordância Neo-Campaniana de 72 milhões de anos e, o limite superior, a discordância de 68,8 milhões de anos. Continuando a tendência regressiva das sequências anteriores, esta sequência mostra o avanço da quebra da plataforma, caracterizada pela presença de expressivas escavações nas regiões de plataforma e talude, formando cânions que serviam de conduto para a passagem de grande quantidade de areia para as regiões mais profundas da bacia.

A **Sequência K130** abrange unidades do topo do Grupo Frade (Formações Santos, Juréia, Itajaí-Açu e Membro Ilhabela). Compreende os sedimentos siliciclásticos do Andar Maastrichtiano. Possui como limite inferior a discordância de 68,8 milhões de anos e, como limite superior, a transição Cretáceo-Paleógeno (65 milhões de anos). As rochas que compõem essa sequência correspondem a arenitos resultantes de fluxos turbidíticos devido a escavações no talude e plataforma (Membro Ilhabela). Nas regiões de plataforma distal, talude e bacia, predominam siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas, da Formação Itajaí-Açu. Nas porções proximais ocorrem arenitos plataformais a costeiros da Formação Juréia e conglomerados continentais da Formação Santos.

O padrão regressivo também é característico, e a linha de costa apresenta seu máximo deslocamento durante o Cretáceo, posicionando-se cerca de 200 km costa afora.

A **Sequência E10** inclui parte das unidades da base do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias). Engloba os sedimentos depositados no início do Paleoceno (Andares Daniano e parte do Selandiano), tendo como limite inferior a discordância da passagem do Cretáceo para o Paleoceno (65 milhões de anos) e, como limite superior, a discordância do Eoceno inferior (60,2 milhões de anos), que pode ser relacionada a um importante rebaixamento relativo do nível do mar. É constituída por arenitos avermelhados,

depositados em leques aluviais, sistemas fluviais e depósitos costeiros (Formação Ponta Aguda); siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas, depositados nas regiões de plataforma distal, talude e bacia (Formação Marambaia); e arenitos de fluxos turbidíticos (Membro Maresias), resultado do desenvolvimento de cânions no interior da Formação Marambaia.

A **Sequência E20** inclui parte das unidades da base do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias), que são constituídas pelas mesmas rochas descritas na sequência anterior. Compreende os sedimentos do Paleoceno superior (Andares Seladiano e Thanetiano) e do Eoceno Inferior (parte inferior do Ypresiano), tendo como limite inferior a discordância de 60,2 milhões de anos, no Paleoceno inferior, e, como limite superior, a discordância do Eoceno inferior, de 54 milhões de anos. Estudos apontam o soerguimento das Serras do Mar e Mantiqueira, a cerca de 60 milhões de anos, como coincidente com a discordância que limita esta sequência.

A **Sequência E30-E40** inclui parte das unidades da base do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias). Compreende os sedimentos depositados entre o final do Eoceno inferior e o Eoceno médio. Tem como limite inferior a discordância do Eoceno inferior (54 milhões de anos) e, como limite superior, a discordância do Eoceno médio, de 45 milhões de anos.

É constituída por arenitos plataformais a continentais da Formação Ponta Aguda; siltitos, folhelhos, diamictitos e margas, depositados em ambiente de plataforma distal, talude e bacia, da Formação Marambaia; e por arenitos resultantes de fluxos turbidíticos relacionados a escavações de talude e plataforma, do Membro Maresias. Durante a deposição dessa sequência ocorreu um significativo vulcanismo de caráter basáltico-alcálico na bacia, com cones vulcânicos e derrames submarinos, o que é mais comum nas proximidades do Alto de Cabo Frio (OUREIRO, 2006, *apud* MOREIRA *et al.*, 2007). Ocorrem também corpos magmáticos intrusivos sob a forma de soleiras de diabásio.

A **Sequência E50** abrange parte das unidades da porção inferior à média do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias). Compreende os sedimentos da parte superior do Eoceno médio. Tem como limite inferior a discordância interna ao Eoceno médio, de 45 milhões de anos, e limite

superior a discordância do Eoceno superior, de 40,4 milhões de anos. Nas porções proximais, ocorrem arenitos plataformais a continentais da Formação Ponta Aguda; nas regiões de plataforma distal, talude e bacia, predominam siltitos e folhelhos, além de expressivos depósitos de diamictitos relacionados a escorregamentos na borda da plataforma, pertencentes à Formação Marambaia. Subordinadamente, ocorrem arenitos resultantes de fluxos turbidíticos relacionados a escavações no talude e plataforma, do Membro Maresias.

A **Sequência E60** abrange parte das unidades da porção média do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias). Engloba os sedimentos da parte superior do Eoceno médio (Bartoniano) e Eoceno superior (andar Priaboniano). Possui como limite superior a discordância de 40,4 milhões de anos e, como limite inferior, a discordância em torno de 33,9 milhões de anos. Esta sequência representa a maior queda na variação do nível do mar durante o Paleógeno, onde a quebra da plataforma continental foi deslocada dezenas de quilômetros além da quebra atual.

As rochas que compõem essa sequência seguem o padrão descrito anteriormente, com arenitos resultantes de fluxos turbidíticos relacionados a escavações no talude e plataforma (Membro Maresias). Nas regiões de plataforma distal, predominam siltitos e folhelhos, além de diamictitos da Formação Marambaia e, nas porções proximais, arenitos plataformais a continentais da Formação Ponta Aguda.

A **Sequência E70** abrange parte das unidades da porção média do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda e Marambaia e Membro Maresias), além de parte da porção inferior da Formação Iguape, correspondendo aos sedimentos do Oligoceno inferior (Andar Rupeliano). Possui como limite inferior a discordância de 33,9 milhões de anos e, como limite superior, a discordância de 28,6 milhões de anos.

Essa sequência encontra-se melhor conservada na porção sudeste da bacia e é representativa de importante aumento relativo do nível do mar, que propiciou expressivo recuo da borda da plataforma em relação à sequência anterior. Suas rochas seguem o padrão descrito para as sequências anteriores, com arenitos turbidíticos (Membro Maresias), nas regiões proximais; folhelhos, siltitos e diamictitos (Formação Marambaia), na plataforma, talude e bacia; e arenitos

costeiros a continentais nas porções proximais (Formação Ponta Aguda). Em posições proximais à quebra de plataforma aparecem, pela primeira vez, calcarenitos e calcirruditos da Formação Iguape.

A **Sequência E80** abrange parte das unidades da porção média a superior do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda, Marambaia e Iguape e Membro Maresias). Compreende os sedimentos da porção superior do Oligoceno (Andar Chatiano) e Mioceno inferior (Andar Aquitaniano). Possui como limite inferior a discordância de 28,6 milhões de anos e, como limite superior, a discordância em torno de 20,4 milhões de anos. Apresenta suas maiores espessuras na porção sudeste da bacia, nas regiões de talude e de bacia com fortes feições de corte e preenchimento e, aparentemente, com espessos corpos de diamictitos. Nas regiões de talude e plataforma, apresenta-se delgada devido à forte erosão de 20,4 milhões de anos.

Constitui-se de arenitos resultantes de fluxos turbidíticos (Membro Maresias); siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas da Formação Marambaia. Nas porções proximais ocorrem arenitos plataformais (Formação Ponta Aguda) e, em posições próximas à quebra da plataforma, calcarenitos e calcirruditos da Formação Iguape.

A **Sequência N10-N30** abrange parte das unidades da porção superior do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda, Marambaia e Iguape e Membro Maresias). Corresponde aos sedimentos da porção superior do Mioceno inferior (Burdigaliano) e médio (Serravaliano). Possui como limite inferior a discordância de 20,4 milhões de anos e, como limite superior, em torno de 11 milhões de anos, correspondendo a uma importante discordância que representa um rebaixamento global do nível do mar, provocando extenso evento erosivo nas áreas emersas e formação de cunhas fortemente progradantes nas porções submersas das bacias (ARAI, 2006).

A partir da discordância de 20,4 milhões de anos, as sequências de ordem menor se desenvolvem em uma tendência transgressiva que culminam no Mioceno terminal (Serravaliano) por um aumento significativo do nível do mar, que corresponde ao evento de 16 milhões de anos. Esta sequência representa a maior variação do nível do mar desde o Mioceno até o recente, responsável pela

deposição de um grande volume de sedimentos nas porções costeira e interior da Placa Sul-americana.

O pacote de rochas dessa sequência está composto por arenitos (Membro Maresias), siltitos e folhelhos, além de diamictitos e margas (Formação Marambaia). Nas porções proximais ocorrem arenitos plataformais da Formação Ponta Aguda e, em posições próximas à quebra de plataforma, calcarenitos e calcirruditos da Formação Iguape.

A **Sequência N40** abrange parte das unidades da porção superior do Grupo Itamambuca (Formações Ponta Aguda, Marambaia e Iguape e Membro Maresias). Engloba os sedimentos do Mioceno superior (Andares Tortoniano e Messianiano) e parte inferior do Plioceno (Andar Zancleano). Possui como limite inferior a discordância de 11 milhões de anos, que é relacionada à queda eustática global e, como limite superior, a discordância em 4,2 milhões de anos.

Essa sequência é composta por sedimentos avermelhados, de origem aluvial e costeira, da Formação Ponta Aguda; por calcarenitos e calcirruditos bioclásticos intercalados com argilitos cinza-esverdeados, siltitos e margas da Formação Iguape; e por espessos pacotes de folhelhos cinzentos e margas cinza-claro, das fácies distais da plataforma continental, talude e bacia, da Formação Marambaia.

A **Sequência N50-N60** abrange parte das unidades do topo do Grupo Itamambuca (Formações Marambaia e Sepetiba e Membro Maresias). Corresponde aos sedimentos do Plioceno e Pleistoceno, englobando os andares Gelasiano, Piacenziano e a parte superior do Zancleano. Possui como limite inferior a discordância de 4,2 milhões de anos (do Plioceno inferior) e como limite superior, os sedimentos atuais do fundo marinho.

A faciologia dominante é representada, na porção plataformal, por arenitos cinza esbranquiçados, glauconíticos e por coquinas de moluscos e, na porção de talude, os sedimentos lamíticos que são cortados por cânions preenchidos por sedimentos lamíticos ou arenosos, correspondentes à Formação Sepetiba; na porção bacinal predominam as cunhas de diamictitos e lamas de águas profundas da Formação Marambaia, além dos arenitos de origem turbidítica do Membro Maresias.

A.4. Magmatismo

Foram reconhecidos eventos magmáticos pós-aptianos nos seguintes andares: Albiano, Santoniano, Maastrichtiano, Paleoceno e Eoceno. As rochas magmáticas extrusivas do Paleoceno e do Eoceno foram originadas, principalmente, por estratovulcões de formato cônico.

Encontram-se identificados três eventos de magmatismo básico pré-albianos datados pelo método Ar/Ar:

- Derrames basálticos provavelmente subaéreos da Formação Camboriú, associados ao embasamento econômico (132+5 milhões de anos);
- Basaltos subaquosos intercalados à seção rifte (121-130 milhões de anos);
- Na porção inferior do pós-rifte (118 milhões de anos).

A composição geoquímica dos hidrocarbonetos do Pré-Sal, bem como a estrutura das armadilhas dos seus reservatórios, não está associada aos eventos magmáticos Juro-Cretáceos/Terciários. Na maioria dos campos do Pré-Sal existe a ocorrência de CO₂ com percentuais variando de 0 a 80%. A origem desse gás foi atribuída como oriunda dos eventos magmáticos predecessores ao evento de migração e acumulação, sendo sua fonte mantélica, portanto anteriores aos períodos citados. A estruturação dos reservatórios do Pré-Sal não foi afetada pelos eventos magmáticos Juro/Cretáceos e Terciários e nem existe relação genética com a formação das trapas. Os reservatórios foram originados a partir de altos estruturais herdados do embasamento.

A.5. Sistemas Petrolíferos

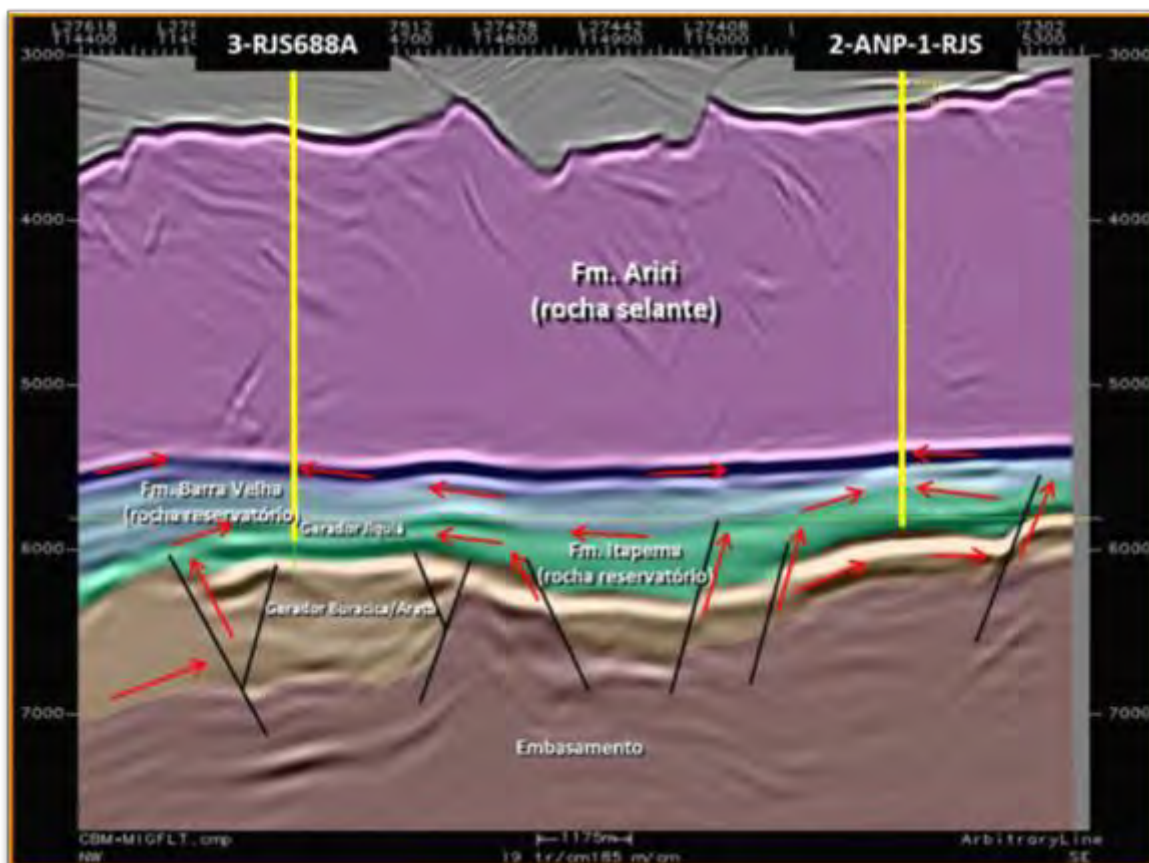
Para a Bacia de Santos leva-se em conta a existência, genericamente, de dois sistemas exploratórios: o sistema petrolífero Pré-Sal e o sistema petrolífero Pós-Sal. Ambos apresentam as mesmas camadas de rochas geradoras, cuja composição apresenta alta quantidade de matéria orgânica que, levadas a determinadas condições de pressão e temperatura, podem vir a ser transformadas em hidrocarbonetos.

Segundo análise do potencial do sistema petrolífero da Bacia de Santos, foram identificados dois sistemas petrolíferos. São eles: Guaratiba – Guarujá (Pré-Sal) e Itajaí-Açu – Ilhabela (Pós-Sal), cujas rochas geradoras apresentam características de deposição em ambientes lacustres e marinhos, respectivamente, sendo a Formação Guaratiba considerada sua principal fonte geradora de hidrocarbonetos, e a Formação Itajaí-Açu, como a mais bem estudada, devido à passagem de praticamente todos os poços exploratórios por esse sistema.

Os reservatórios do Pré-Sal (segundo a classificação de MOREIRA *et al.*, 2007) fazem parte da Supersequência Rifte (Fm. Itapema – sequência K38) e Pós - Rifte (Formação Barra Velha – Sequência K44 e K46-48). As estruturas dos campos do Pré-Sal encontram-se ao lado das grandes cozinhas geradoras do Baixo de Araruama e Baixo de Ilha Grande, cujos folhelhos e *mudstones* ricos em matéria orgânica das Formações Piçarras e Itapema, depositados durante os Andares locais Buracica e Jiquiá compõem as rochas geradoras da acumulação. As cozinhas de *black oils* (taxa de transformação menor que 70%) dos baixos estruturais adjacentes à área de estudo, se tornaram ativas no Albiano e apresentam baixa expansão até o tempo presente. A partir da passagem do Cretáceo para o Paleógeno (limite K-T), as cozinhas dos Baixos de Paranaguá, Ilha Grande e Araruama evoluem para cargas petrolíferas de condensado e gás (taxa de transformação maior que 86%). A origem do óleo encontrado na área é interpretada como sendo lacustre.

A migração secundária do petróleo para os sedimentos carbonáticos do Pré-Sal se torna mais efetiva a partir do Eomaastrichtiano (71 Ma), conforme atestam as frentes de saturação de petróleo nessa camada, cujos caminhos foram facilitados por falhas e rochas permeáveis (**Figura II.5.1.1.2-12**).

O preenchimento da carga petrolífera nas rochas-reservatório inicia-se no Albiano, com baixo suprimento. A partir de 75 Ma, a taxa de preenchimento aumenta e mantém-se elevada até 23 Ma. Complementando o sistema petrolífero, o espesso pacote evaporítico da Formação Ariri (até mais de 3000 m) que recobre quase toda a área, consiste num selo quase perfeito para as acumulações.



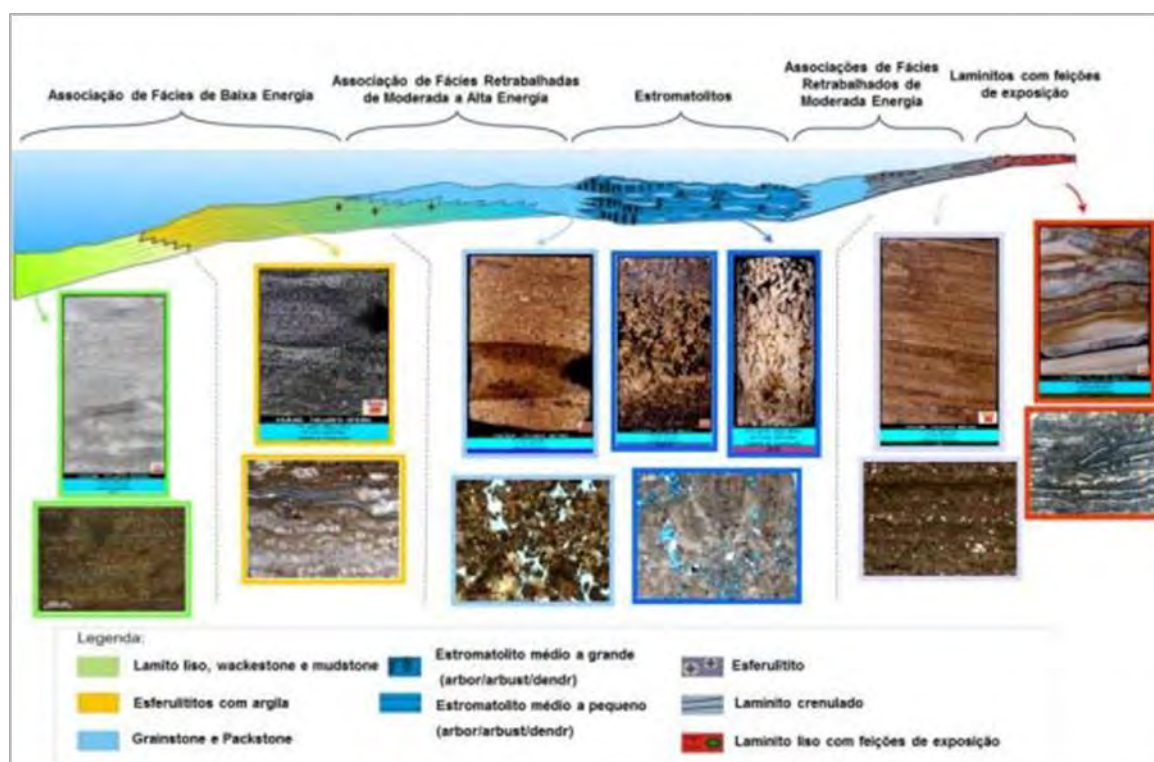
Fonte: E&P/PRESAL/Fevereiro, 2014.

Figura II.5.1.1.2-12–Seção sísmica arbitrária NW-SE passando pelos poços 2-ANP-1-RJS e 3-BRSA-944A-RJS (3RJS688A) ilustrando o modelo de migração e acumulação da área.

A seção Pré-Sal da Bacia de Santos, de idade Barremiano a Aptiano, caracteriza-se pela ocorrência de basaltos, arenitos, folhelhos, *rudstones*, *grainstones packstones*, *wackestones*, *mudstones*, laminitos e microbiólitos (estromatólitos), que integram as Formações Barra Velha e Itapema. O volume mais expressivo de hidrocarbonetos ocorre nos estromatólitos da Formação Barra Velha, mas em alguns campos distribui-se expressivamente também nas coquinas (*rudstones* e *grainstones*) da Formação Itapema.

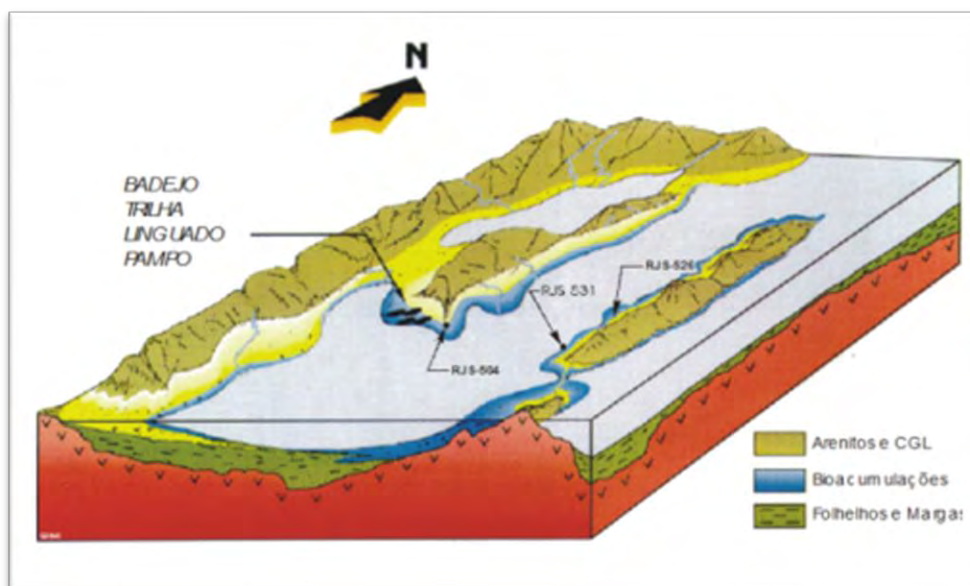
O modelo deposicional conceitual para os depósitos microbiais da Formação Barra Velha segue o modelo proposto por JUSHACKS e TONIETTO (2009) para o intervalo Alagoas na Bacia de Santos (**Figura II.5.1.1.2-13**). Este modelo considera que os carbonatos microbiais foram depositados numa plataforma carbonática desenvolvida em um *horst* isolado, com lâmina d'água rasa e esporádicas

exposições. Já o modelo deposicional conceitual para os retrabalhados bioclásticos (coquinas) da Formação Itapema está em discussão, mas até o momento segue o que foi definido pelo modelo paleogeográfico proposto por CARVALHO *et al.* (1995) para as coquinas da Formação Lagoa Feia, do Neobarremiano da Bacia de Campos (**Figura II.5.1.1.2-14**). Este modelo considera que as coquinas são fácies retrabalhadas de alta energia acumuladas em um alto sindeposicional, num ambiente lacustre raso fortemente influenciado por ondas. Além disso, os depósitos de coquinas formariam praias e barras bioclásticas, havendo, porém, a diferença que em alguns campos da Bacia de Santos, não foram encontrados indícios de depósitos siliciclásticos intercalados com as coquinas, o que pode remeter a hipótese de que estes altos sindeposicionais em algumas áreas deviam ser isolados do continente.



Fonte: Modificado de Jushacks e Tonietto (2009).

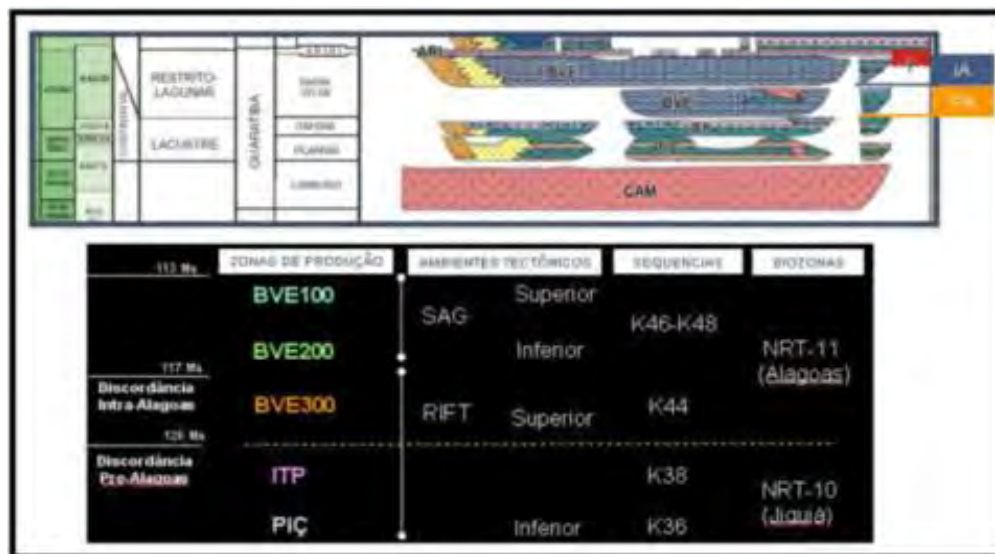
Figura II.5.1.1.2-13—Ambiente deposicional esquemático considerado para o Intervalo Alagoas (Fm. Barra Velha), Bacia de Santos.



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

Figura II.5.1.1.2-14– Ambiente deposicional esquemático considerado para a deposição das coquinas da Formação Lagoa Feia na Bacia de Campos

Regionalmente, em todos os campos do Pré-Sal, a Formação Barra Velha é dividida em três zonas: BVE-100 (Seção SAG Superior), BVE-200 (Seção SAG Inferior), e BVE-300 (Seção Rifte Superior); já a Formação Itapema (Seção Rifte Inferior) é dividida em quatro zonas: ITP-100, folhelho Jiquiá, ITP-200 e ITP-300 (**Figura II.5.1.1.2-15**).



Fonte: PETROBRAS/CENPES/PROLAB

Figura II.5.1.1.2-15—Detalhe da Carta Estratigráfica da Bacia de Santos na área de interesse (IA-Discordância Intra-Alagoas; PA – Discordância Pré-Alagoas) e a proposta de zoneamento de produção.

As litofácies encontradas e descritas no Pré-Sal da Bacia de Santos são bastante variadas e se encontram distribuídas ao longo de toda a região, variando as proporções de cada uma conforme sua distribuição geográfica. TERRA *et al.* (2010) desenvolveram uma classificação de rochas carbonáticas especialmente para os reservatórios do Pré-Sal, que é mostrada a seguir, na **Figura II.5.1.1.2-16**.

De um modo geral, as principais litofácies identificadas nos reservatórios microbiais Alagoas são: *rudstones*, *grainstones*, *packstones*, *wackestones*, *silexites*, *laminitos crenulados*, *laminitos lisos*, *esferulititos* e *estromatólitos*. Já nas coquinas do intervalo Jiquiá foram identificados: *rudstones* bioclásticos, *grainstones* bioclásticos, *packstones* e *wackestones* bioclásticos, *mudstones*, *laminitos lisos*, *dolomitos*, *siltitos* e *conglomerados intraclásticos* (**Figura II.5.1.1.2-18**).

Os principais eventos diagenéticos observados nos intervalos dos andares Alagoas e Jiquiá foram: (1) dolomitização parcial das estruturas microbiais e coquinas; (2) compactação; (3) crescimento de cristais romboédricos de dolomita entre as estruturas microbiais; (4) dolomitização e silicificação da matriz talco-estevensítica; (5) silicificação das estruturas microbiais e coquinas; (6) dissolução;

e (7) cimentação por calcita e quartzo. Pirita, caulinita, barita e dawsonita ocorrem como traços disseminados nas rochas formados em diversas etapas diagenéticas (**Figura II.5.1.1.2-16 a Figura II.5.1.1.2-18**).

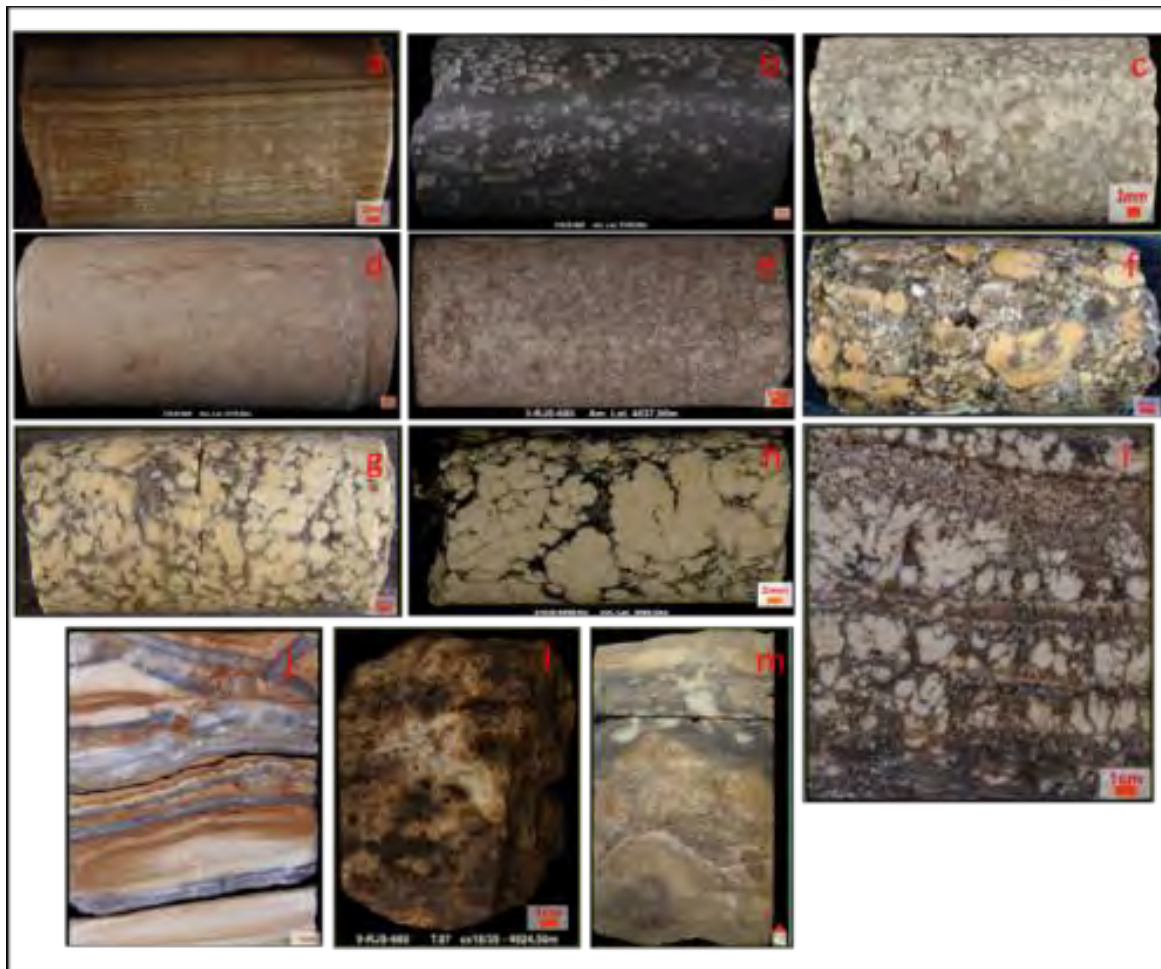
Feições de exposição (brechação, paleossolos, gretas de ressecamentos) e silicificação associada, carstificação, micritização de grãos e compactação química (estilolitos) também foram observados nas rochas reservatório.

A caracterização da porosidade e permeabilidade das rochas é baseada no resultado da interpretação quantitativa de perfis e na correlação com os dados disponíveis de petrofísica de amostras laterais e de plugues. Considera-se a porosidade e a permeabilidade calculadas através dos perfis de ressonância magnética (CMRP, KSDR e KCARB). Os reservatórios da seção Pré-Sal têm uma grande variabilidade lateral e vertical (por vezes milimétricas) nas suas propriedades permo-porosas, conforme sugeridas pelos perfis dos poços, dados da literatura e afloramentos análogos. As porosidades variam tipicamente entre 0% e 30%, e as permeabilidades variam entre menos de 0,1 mD a 1.000-5.000 mD.

	NOMENCLATURA PRINCIPAL	TEXTURA	DEFINIÇÃO	NOMENCLATURA COMPLEMENTAR
Elementos não ligados durante a formação	MUDSTONE		Rocha suportada pela matriz com menos de 10% de grãos (tamanho areia ou maior).	COM (Caso ocorram grãos) oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos ou CALCULITO A BIRDSEYES = rocha suportada pela matriz com porosidade fenestral ou lentes de calcita espática
	WACKSTONE		Rocha suportada pela matriz com mais de 10% de grãos (tamanho areia ou maior).	COM (para os grãos) - oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos.
	PACKSTONE		Rocha suportada pelos grãos com matriz.	*+ (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico; com fragmentos de estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiólito, dendrolito
	GRAINSTONE		Rocha suportada pelos grãos, sem matriz (< 5% de matriz).	*+ (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico; com fragmentos de estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiólito, dendrolito
	FLOATSTONE		Rocha suportada pela matriz com mais de 10% dos grãos maiores que 2 mm.	COM (para os grãos) - oolitos, oncolitos, pelóides, pelóides fecais, intraclastos, bioclastos, esferulitos. Com fragmentos de estromatolitos, trombolitos, laminitos, leiólito, dendrolito.
	RUDESTONE		Rocha suportada pelos grãos com mais de 10% dos grãos maiores que 2 mm.	*+ (composição principal): oolítico, oncolítico, peloidal, peloidal fecal, intraclástico, bioclástico, esferulítico; com fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiólito, dendrolito, esferulítico.
	BIOACUMULADO		Rocha constituída pela dominância de um tipo de organismo sem retrabalhamento (<i>in situ</i>) e granulometria areia ou maior.	*+ organismo formador: ex. ostracóides, bivalvos, macroforaminíferos, crinóides, etc....
	BRECHA		Rocha suportada pelos grãos com mais de 50% dos grãos angulosos maiores que 2 mm.	*+ (composição principal): intraclástica; com fragmentos de estromatolito, trombolito, laminito, leiólito, dendrolito, esferulítico.
Elementos ligados durante a formação - <i>in situ</i>	BOUNDSTONE		Rocha formada <i>in situ</i> cujos componentes da trama original (fábrica original) foram ligados durante a deposição.	*+ principais organismos formadores: ex. coralgal, a rudistas, a estromatoporóides, etc....
	ESTROMATOLITO		ESTROMATOLITO	
	Depósito de estrutura laminada e, em geral, convexa, podendo apresentar feições de crescimento/ramificações internas para o topo. Na maioria das vezes de origem microbiana. Pode ser observado em diferentes escalas.		ESTROMATOLITO ARBORESCENTE - os componentes internos se organizam de forma ramificada divergente e possuem comprimento maior que a largura.	
			ESTROMATOLITO ARBUSTIFORME - os componentes internos se ramificam ou não desde a base e a razão altura/largura é aproximadamente 1:1.	
			ESTROMATOLITO DENDRIFORME - os componentes internos se organizam de forma intensamente ramificada divergente em que o comprimento é muito maior que a largura.	
	TROMBOLITO		Depósito com textura macroscópica coagulada (clotted) , maciça e dômica. Na maioria das vezes de origem microbiana.	
	DENDROLITO		Depósito microbiano de estrutura dendrítica formada por cianobactérias esqueléticas.	
	LEIOLITO		Carbonato microbiano dômico, sem laminação ou coágulos.	
	ESFERULITO		Rocha composta por partículas de formas esféricas ou subesféricas de contornos lisos ou lobados (esferulitos) de tamanho geralmente inferior a 2 mm e que podem ocorrer de forma amalgamada ou isolados.	Esferulito-suportado com argila (>10%)= ESFERULITO COM ARGILA, Argila-suportado, com esferulitos= ARGILITO COM ESFERULITOS; No caso da argila ocorrer em lamelas= ARGILITO LAMELAR COM ESFERULITOS
	TRAVERTINO & (TUFA)		Rocha carbonática bandeada formada pela precipitação em superfície de soluções concentradas em CaCO ₃ ao redor de fontes (em geral quentes) devido a perda de CO ₂ por evaporação. A variedade mais esponjosa e menos compacta é denominada TUFA .	
Elementos ligados ou não	LAMINITO		Rocha carbonática de granulação fina (lamosa e/ou peloidal) formada pela recorrência de laminações delgadas. As laminações tendem a ser plano-paralelas, com superfície lisa (origem microbiana ou não) ou crenulada (origem microbiana).	LISO
				CRENULADO
Textura original não reconhecível	CALCÁRIO CRISTALINO		Rocha carbonática totalmente recristalizada não sendo possível identificar sua textura original (deposicional). CALCÁRIO MICROCRISTALINO: cristais entre 5 e 50 µm	
	DOLOMITO		Rocha carbonática totalmente dolomitizada não sendo possível identificar sua textura original (deposicional). MICRODOLOMITO: cristais entre 5 e 50 µm	

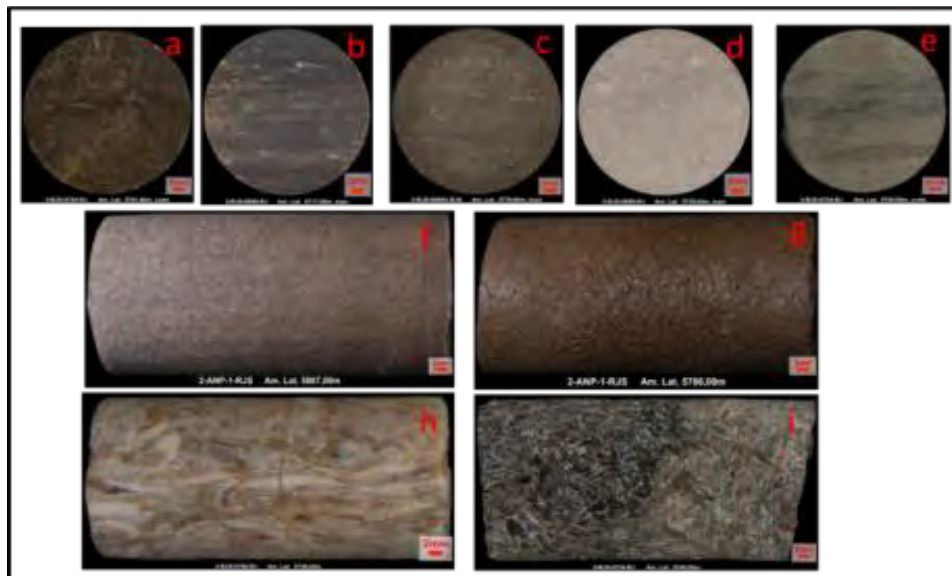
Fonte: simplificada de Terra *et al.* (2010).

Figura II.5.1.1.2-16– Classificação de rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares brasileiras.



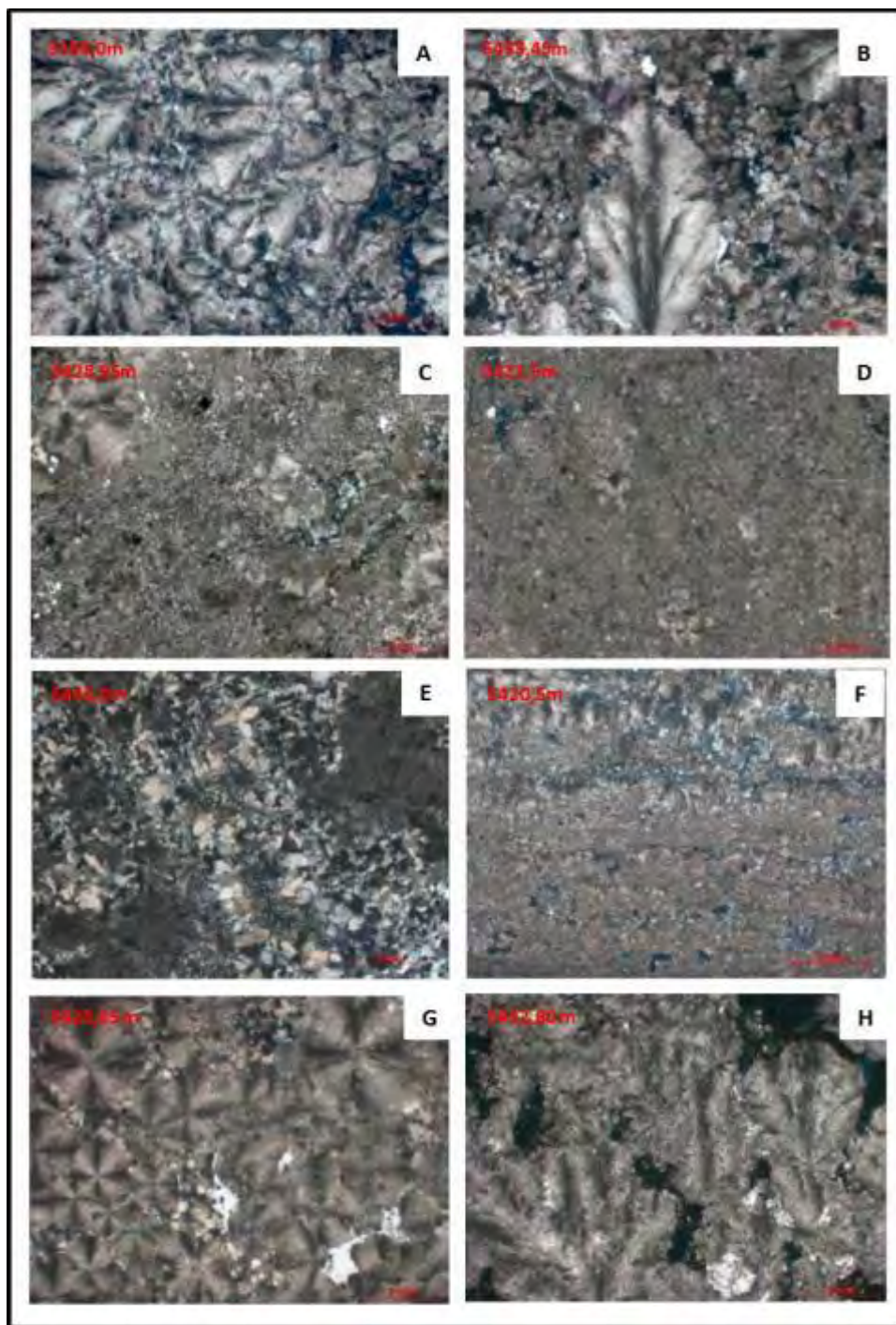
Fonte: PETROBRAS/CENPES/PROLAB

Figura II.5.1.1.2-17– Estampa com as principais litofácies da Formação Barra Velha na Bacia de Santos. A) laminito crenulado; b) esferulítico; c) esferulítico; d) packstone; e) grainstone; f) rudstone; g) estromatólito; h) estromatólito; i) estromatólito; j) feições de exposição; l) karst; m) feição de exposição e silicificação.



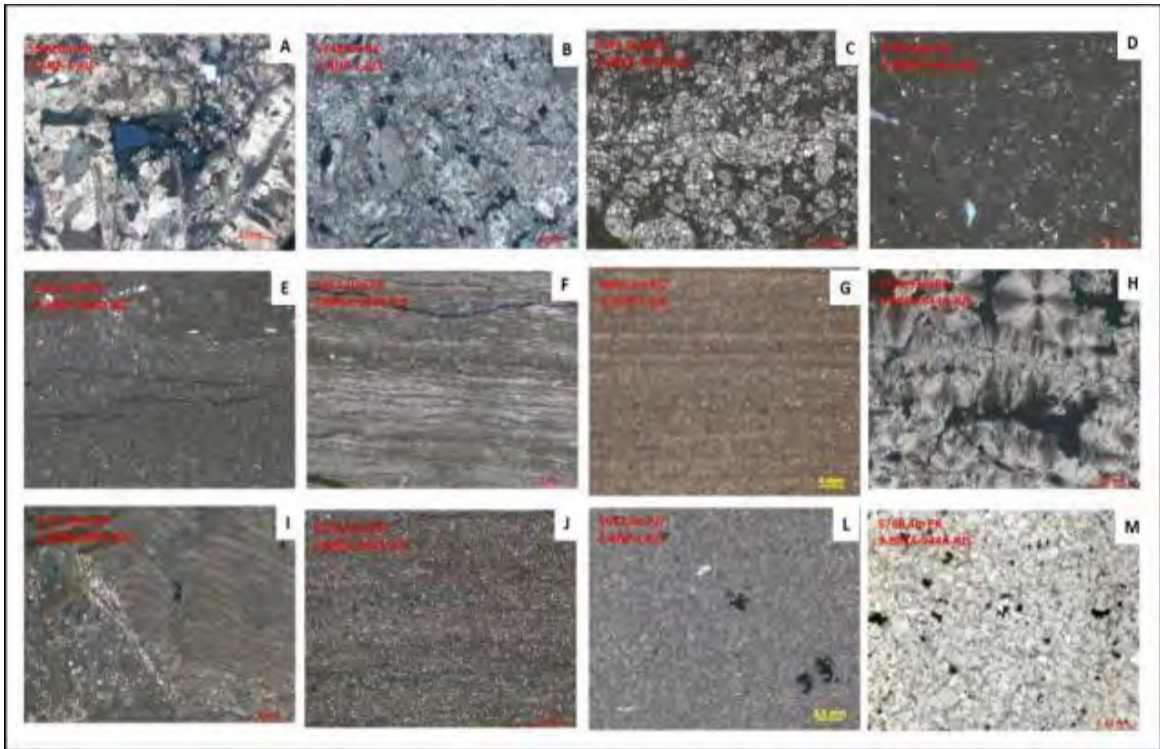
Fonte: PETROBRAS/CENPES/PROLAB

Figura II.5.1.1.2-18—Estampa com as principais litofácies da Formação Itapema. A) mudstone; b) laminito; c) wackestone; d) packstone; e) dolomito; f) e g) grainstone; h) e j) rudstone.



Fonte: PETROBRAS/CENPES/PROLAB.

Figura II.5.1.1.2-19– Estampa de litofácies identificadas no intervalo Alagoas no poço 2-ANP-1-RJS no Campo de Búzios. Microfotografias com polarizadores cruzados. (A) Rudstone; (B) Grainstone; (C) Packstone; (D) Wackestone; (E) Silexito; (F) Laminito crenulado; (G) Esferulítico; (H) Estromatolito.



Fonte: PETROBRAS/CENPES/PROLAB

Figura II.5.1.1.2-20– Estampa das principais litofácies identificadas no intervalo Jiquiá no Campo de Búzios: (A) Rudstone bioclástico; (B) Grainstone bioclástico; (C) Packstone bioclástico; (D) Wackestone bioclástico; (E) Mudstone; (F) Laminito Crenulado; (G) Laminito Liso; (H) Esferulítico; (I) Estromatolito; (J) Lamito; (L) Siltito; (M) Conglomerado intraclástico. PX= Polarizadores Cruzados; P//= Polarizadores Paralelos.

As características de temperatura e pressão dos reservatórios podem ser observadas na **Tabela II.5.1.1.2-1**. Búzios, diferentemente dos outros campos, apresenta variação do gradiente de temperatura em função da variação de espessura da camada de sal sobreposta.

Tabela II.5.1.1.2-1 – Dados de pressão e temperatura em amostras PVT.

	Poço	Temperatura (°C)	Pressão estática (kgf/cm ²)
Búzios	2-ANP-1	100,98 @ 5828 m	648,9 @ 5635 m
	3-RJS-688A	109,75 @ 5990 m	648,2 @ 5624 m
	3-RJS-699	96,75 @ 5944 m	648,3 @ 5627 m
	3-RJS-700	98,98 @ 5860 m	648,6 @ 5635 m
	9-RJS-709	95,86 @ 5822 m	648,4 @ 5639 m
	3-RJS-723	99,28 @ 5799 m	648,1 @ 5631 m
	9-RJS-708	91,55 @ 5682 m	648,4 @ 5632 m
	9-RJS-716	93,22 @ 5651 m	648,9 @ 5628 m
	3-RJS-724	117,55 @ 5779 m	648,3 @ 5633 m
NE Tupi	3-RJS-721	70@5294,9m	606,4@5294,9m
Florim	1-RJS-704	95@5295,0m	627@5295,0m
Cernambi	4-RJS-647	68@4964m	567@4964m
	9-RJS-681	55@4799,65m	554,1@4799,65m
Sapinhoá	1-SPS-055	64,5@5080,8m	569@5080,8m
	9-SPS-077A	63@5000,0m	564,77@5000,0m
Lapa	3-SPS-100	66@5277,0m	577@5277,0m
Entorno Iara	1-RJS-711	65,3@5047,7m	596,13@5047,7m
Lula	9-RJS-660	58@4630m	560@4630m
	9-RJS-686D	58,2@5075m	548,8@5075m

A.6. Selos e Trapas

De maneira geral, os selos para as diversas rochas reservatório da Bacia de Santos são constituídos por pelitos e calcilitos intercalados aos próprios reservatórios. No caso da Formação Guarujá, as rochas selantes são tanto os calcilitos intercalados aos calcarenitos porosos, que formam os ciclos de *coarsening-upward*, quanto, na porção mais superior, os calcilitos e pelitos da Formação Itanhaém. Considerando os reservatórios siliciclásticos, as rochas selantes são os pelitos intercalados aos arenitos das Formações Itajaí-Açu, Santos/Juréia e Marambaia.

As principais acumulações da bacia mostram trapas de caráter estrutural e misto. A grande maioria das armadilhas geradas está associada a domos ou diápiros salinos. Assim sendo, mesmo quando são observadas feições estratigráficas passíveis de armazenamento, estas se encontram deformadas pela halocinese, gerando trapas mistas. O período de Formação das trapas ligadas à

halocinese estende-se desde o Neo-Albiano, em águas rasas, até o Oligoceno, na região de águas profundas.

Como já mencionado anteriormente, a intensa movimentação halocinética transformou armadilhas eminentemente estratigráficas em mistas. No entanto, não se deve descartar a importância destas trapas estratigráficas, que podem ocorrer principalmente nas unidades mais recentes, principalmente no Terciário e, em menor grau, no Maastrichtiano. As trapas mais comuns em regiões com intensa halocinese, que devem ser consideradas para a região de águas profundas, são os acunhamentos de corpos arenosos contra a parede de domos e diápiros salinos (*pinch-out*) (CHANG *et al.*, 2008).

A.7. Maturidade Termal

Modelagens numéricas multidimensionais da maturidade termal da Bacia de Santos apontam o intervalo de 70 a 90 milhões de anos como o pico máximo da geração e expulsão de hidrocarbonetos provindos da Formação Guaratiba. Porém, pela grande extensão geográfica, as rochas da Formação Guaratiba não entraram na janela de geração de óleo de maneira uniforme, podendo a geração ter-se estendido até o Paleoceno (CHANG *et al.*, 2008).

A.8. Migração e Acumulação

No caso dos hidrocarbonetos gerados na Formação Itajaí-Açu, estes migraram preferencialmente pelas falhas lítricas ou de transferência originadas pela halocinese. As modelagens realizadas indicam que a fase de geração e expulsão de hidrocarbonetos da seção rifte iniciou-se por volta de 100 milhões de anos tendo seu pico entre 90 e 70 milhões de anos, estendendo-se até o Eoceno, aí já com menor intensidade.

Desta forma, tais condições viabilizaram o trapeamento em todos os reservatórios citados, tanto os carbonatos da Formação Guarujá quanto os arenitos do Membro Ilhabela (Formação Itajaí-Açu), do Neo-Cretáceo (Formação Juréia) e

do Eoceno (Formação Marambaia). Por outro lado, para as rochas geradoras da porção basal da Formação Itajaí-Açu, cujas modelagens indicam geração a partir do Maastrichtiano, verifica-se a existência de sincronismo para todos os reservatórios da seção pós-evaporítica (PETROBRAS/ICF, 2012).

A.9. Modelos de Acumulações de Hidrocarbonetos na Bacia de Santos

Como a Bacia de Santos compreende uma bacia do tipo margem passiva, apresenta uma variação sedimentar muito rica, devido aos eventos episódicos de regressão e transgressão marinha. Essa mudança de sedimentação permitiu a definição de um sistema petrolífero completo, com a formação de rochas geradoras (folhelhos marinhos e lacustres), reservatórios (calcilititos e turbiditos) e selantes (evaporitos).

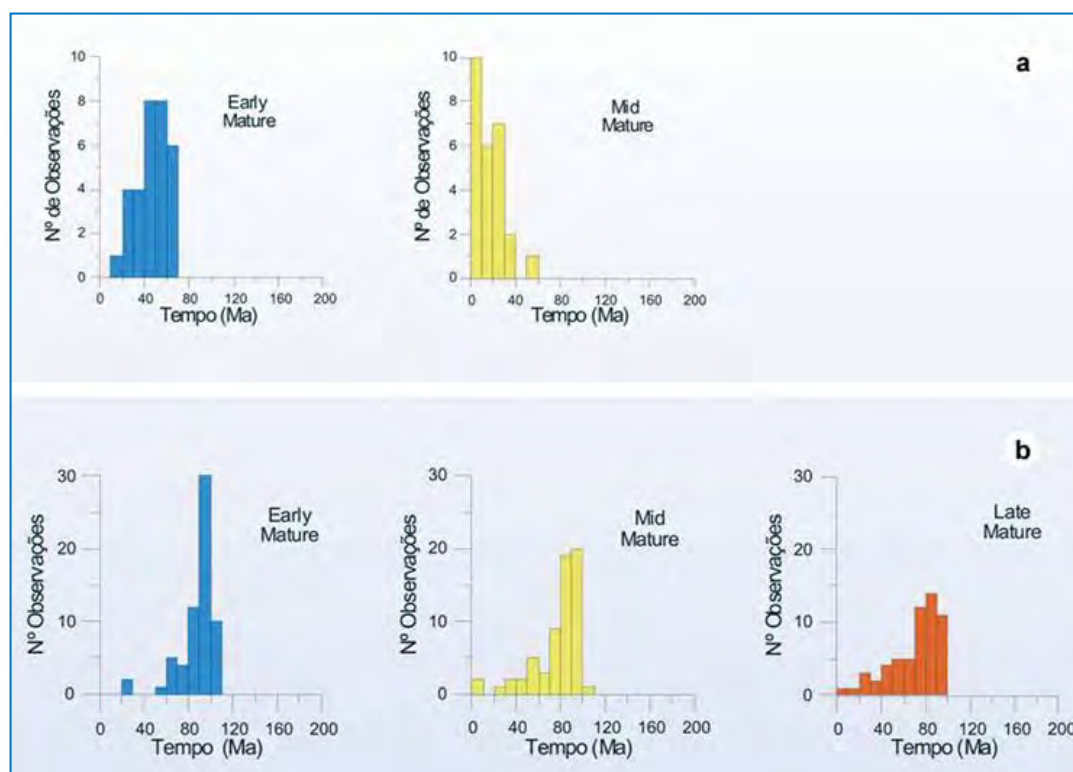
Os resultados mostraram a evolução tectono-sedimentar da fase *drift* da bacia. Suas sequências, períodos de regressão e transgressão e suas formações são um modelo que fornece grande riqueza de informações a respeito desse tipo de ambiente. Antes de ser descoberto o pré-sal, a sequência *drift* era a mais importante descoberta petrolífera de que se tinha conhecimento. Só com novas tecnologias e estudos é que se pode hoje afirmar que o pré-sal da Bacia de Santos se tornou o sistema petrolífero mais promissor do Brasil.

A acumulação de sedimentos na Bacia de Santos ocorreu inicialmente em condições de ambiente flúvio-lacustre, posteriormente seguiu para um estágio de bacia evaporítica, evoluindo em seguida para uma bacia de margem passiva (CHANG *et al.*, 2008).

Segundo CHANG *et al.*, (2008), analisando modelagens numéricas multidimensionais da maturidade termal da Bacia de Santos, o intervalo de 70 a 90 milhões de anos, indicaram o pico máximo de geração e expulsão de hidrocarbonetos oriundos da Formação Guaratiba (fase rifte). Devido a sua grande extensão de ocorrência geográfica, as rochas da Formação Guaratiba não entraram na janela de geração de óleo de maneira uniforme, podendo ter a geração se estendido até o Paleoceno (**Figura II.5.1.1.2-21 e Figura II.5.1.1.1.2-20**).

De acordo com os mapas de maturação para a seção rifte, a geração teve início no Neo-Albiano/Eo-Cenomaniano, em uma calha alongada com direção NE, onde com o passar do tempo foi se estendendo em sentido às águas rasas bem como às águas profundas (**Figura II.5.1.1.2-21**). Durante o Neo-Cretáceo, a área da bacia com potencial de geração de hidrocarbonetos era significativa, sendo coincidente com as maiores espessuras da sequência pós-rifte (CHANG *et al.*, 2008).

A análise dos modelos de acumulação indica que a Formação Guaratiba seria o principal gerador de hidrocarbonetos para os reservatórios calcareníticos plataformais e turbiditos pertencentes à Formação Guarujá, assim como siliciclásticos e carbonáticos da fase rifte. A migração ocorre através de falhas, janelas de sal e *carrierbeds* (imigração de óleo/gás através de rochas porosas, arenito e carbonatos, por exemplo) (PETROBRAS/ICF, 2012).



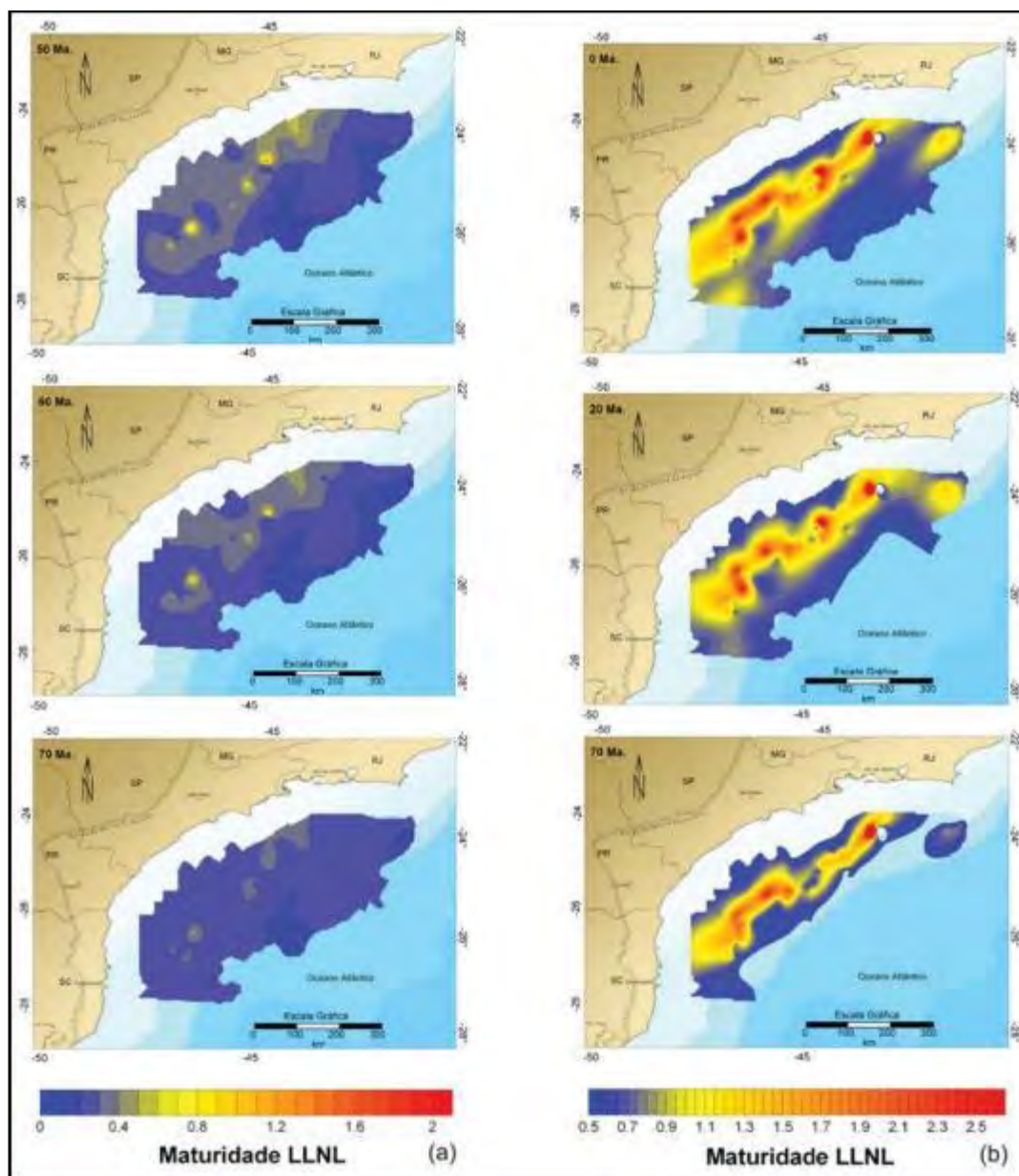
Fonte: Chang *et al.* (2008).

Figura II.5.1.1.2-21– Distribuição temporal da maturação. a) gerador Itajaí-Açu. b) gerador Guaratiba. Early Mature corresponde ao estágio inicial de maturação ($0.5 < Ro\% < 0.7$). Mid Mature corresponde ao pico

de maturação ($0.7 < Ro\% < 1.0$). Late Mature corresponde à fase final de geração ($1.0 < Ro\% < 1.3$).

A rocha selante é composta por folhelhos e calcilutitos intraformacionais, bem como da espessa camada de evaporitos atuando como selo para seção rifte, sobretudo em águas profundas. A sobrecarga sedimentar causada pela grande espessura das seções do Cretáceo Médio e Superior contribuiu consideravelmente para a geração e expulsão de hidrocarbonetos nesse período. As trapas (estruturas geológicas que permitem a acumulação de óleo e gás) identificadas podem ser do tipo estrutural (*rollovers* e *casca-de-tartaruga*), estratigráfica (*pinch-out* de corpos arenosos) ou mista (*pinch-out* de turbiditos contra a parede de domos salinos) (PETROBRAS/ICF, 2012).

Os principais *plays* (parte elementar do sistema de petróleo que contém sempre uma ou mais acumulações de hidrocarbonetos identificados por características geológicas em comum, características de engenharia em comum, ou as propriedades de fluxo e fluidez) estariam nos calcários eo-mesoalbianos da Formação Guarujá, nos turbiditos do Membro Ilhabela, nos turbiditos do Cretáceo Superior, nas areias situadas entre o Paleoceno/Eoceno.



Fonte: Chang *et al.* (2008).

Figura II.5.1.1.2-22– Mapas temporais de maturidade da rocha geradora obtidos a partir de modelagens numéricas. (a) Mapas de maturidade da Formação Itajaí-Açu. (b) Mapas de maturidade da Formação Guaratiba.

Com relação aos principais campos petrolíferos conhecidos na Bacia de Santos (**Figura II.5.1.1.2-1**), estes estariam relacionados com reservatórios em rochas carbonáticas do Albiano Inferior da Formação Guarujá, com reservas globais de 79 Bbbl de óleo leve (40° a 45° API) e 2,160 Bcf de gás natural (MULTIMIN, 2006):

- Campo de Tubarão -170 km da costa em lâmina d'água de 145 m – Óleo leve (48° API) e gás natural.
- Campo de Estrela do Mar – 12 km ao Sul de Tubarão – Óleo leve (43° API) e gás natural.
- Campo de Coral – 13 km ao Sul de Coral – Óleo leve (39,5° API) e gás natural.
- Campo de Caravela – 17 km ao Sul de Estrela do Mar – Óleo leve (40,2° API) e gás natural.
- Campo de Mexilhão que se encontra a 165 km do litoral de Caraguatatuba/SP, possuindo profundidades d'água com cerca de 500 m. – Gás natural e condensado.
- Campo de Merluza que se encontra localizado defronte ao município de Praia Grande/SP, a cerca de 180 km do continente. Gás natural e condensado.

Nos últimos anos foi identificada a presença de reservatórios carbonáticos e bioclásticos de origem microbial abaixo da camada de sal, cujos reservatórios passaram a ser denominados de “Reservatórios do Pré-sal”, por exemplo:

- Campo de Lula que se encontra a 227 km do litoral do Rio de Janeiro, lâmina d'água de 2100 m – Óleo (28 a 30° API) e gás natural.
- Campo de Sapinhoá, 310 km distante da costa em lâmina d'água de 2100 m – Óleo (30° API) e gás natural.

O grau API é uma escala hidrométrica idealizada pelo *American Petroleum Institute* – API, juntamente com a *National Bureau of Standards* e utilizada para medir a densidade relativa de líquidos. O grau API é classificação dos óleos, e pode ser obtido pela fórmula:

$$^{\circ}\text{API} = (141,5/\rho) - 131,5$$

Onde:

ρ é a densidade específica do óleo (densidade do óleo/densidade da água). O grau API é medido na condição padrão de 25°C (68°F) e 1 atm (condição *standard*).

Portanto, quanto maior o grau API, mais leve será o petróleo e maior seu valor de mercado.

Região Costeira

No seu trecho Norte, que vai de Cabo Frio até Angra dos Reis, a área da costa varia entre tipo *ria* e costas baixas retificadas, com lagunas, por vezes totalmente colmatadas. As costas do tipo *ria* apresentam topografia continental montanhosa, com invasão do mar, gerando estuários e indentações irregulares, lagunas, baías, etc. Para Oeste de Cabo Frio, o desenvolvimento das planícies costeiras está associado a uma sucessão de cordões litorâneos, se estendendo até a Ilha de Marambaia (PETROBRAS/ICF, 2012).

No trecho entre Angra dos Reis e Santos, o relevo do tipo *ria* representa uma costa submergente, predominando pequenas enseadas e praias de bolso. Já o litoral de São Paulo pode ser dividido em duas áreas com características diversas: ao Norte, os pontões da Serra do Mar atingem o litoral em quase toda a sua extensão (*ria*); ao Sul, grandes planícies costeiras são desenvolvidas por depósitos marinhos ou flúvio-lagunares. A mudança de uma província para outra ocorre de modo progressivo, com as planícies sendo separadas entre si por pontões do embasamento.

Na região entre Caraguatatuba e Cananéia verifica-se, de Norte para Sul, um aumento de superfície das planícies sedimentares quaternárias. No trecho entre Cananéia e Iguape, o aumento na extensão das planícies é considerado como resultado de uma diferenciação na dinâmica de deposição ou de uma diferenciação tectônica por flexura continental (SUGUIO, 1973). Além disso, o sistema de lagunas e rios nessa região se comunica com o oceano por meio de desembocaduras lagunares, formando assim quatro ilhas – Cardoso, Cananéia, Comprida e Iguape –, cada qual com características geomorfológicas distintas.

As praias da baixada santista e do litoral Sul paulista, de modo geral, são do tipo dissipativas, apresentando declividades de 1 a 5 graus. A praia de Ilha Comprida (Complexo Cananéia-Iguape) representa a feição de maior expressão. A planície litorânea ao longo da costa do Paraná possui largura máxima da ordem de 55 km, profundamente recortada por complexos estuarinos que deram origem a inúmeras ilhas (das Peças, do Mel, Rasa, da Cotonga e Rasa da Cotonga) e diversas baías, com destaque para baía de Paranaguá, a maior e mais importante. Esses

complexos estuarinos, de maneira geral, são corpos de águas rasas (profundidades inferiores a 10 m) (PETROBRAS/ICF, 2012).

A costa de Santa Catarina, ao Sul, pode ser subdividida em três setores: setor Norte, com planícies costeiras de grande expressão e presença das baías de Guaratuba e São Francisco; setor intermediário, caracterizado por rochas cristalinas pré-cambrianas, seccionando a continuidade das planícies costeiras quaternárias, destacando-se a Ilha de Santa Catarina; setor Sul, até o município de Torres, identifica-se vasta planície costeira, com extensas lagunas e paleolagunas. Uma feição ainda a ser considerada, bastante característica da região, são os depósitos eólicos formados em diversas gerações (PETROBRAS/ICF, 2012).

Área Marinha

Plataforma Continental

A plataforma continental brasileira, desde o Pleistoceno Superior até o Recente, passou por um grande processo de regressão (Wisconsiniana) seguida de um grande processo de transgressão (Flandriana), influenciando e determinando os processos que moldaram a topografia atual em toda a sua extensão (PETROBRAS/ICF, 2012).

A plataforma continental ao longo do litoral da Bacia de Santos se encontra consideravelmente ampla, com relevo suave e monótono. A exceção seria o trecho entre a Baía de Guanabara/RJ e São Sebastião/SP, devido à ocorrência de pontões de rochas cristalinas, normalmente dispostas obliquamente à linha de costa, chegando por muitas vezes até o mar, delimitando pequenas baías (BDT, 2006).

Os contornos batimétricos, de uma maneira geral, seguem bem de perto a linha de costa definindo uma superfície regular de grande amplitude regional com ausência de formas topográficas acrecionais ou erosivas (PETROBRAS/ICF 2012).

Na porção compreendida entre o Rio de Janeiro e Santos, a plataforma continental apresenta-se compartimentada em dois níveis – um interno e outro externo – separados por um declive intermediário pronunciado, com gradiente chegando até 1:200. Este desnível intermediário se alarga entre Santos e

Florianópolis, igualando as amplitudes aos níveis interno e externo, estabelecendo uma plataforma média neste trecho (PETROBRAS/ICF, 2010).

A plataforma continental desse setor encontra-se recortada perpendicularmente por canais estreitos e rasos associados a regressões do nível do mar. A largura máxima da plataforma continental é verificada próximo à cidade de Santos, alcançando aproximadamente 230 km de extensão, ao passo que a mínima é verificada em frente à cidade de Cabo Frio com 50 km de extensão (PETROBRAS/ICF, 2012).

A quebra da plataforma ocorre entorno de - 200 m de profundidade (PCR-BS, no prelo). De fato, esta transição de plataforma seria melhor definida como uma 'zona de quebra' relativamente estreita, com largura máxima de 30 km (BOYER, 1969). O traçado também acompanha a linha de costa, ao passo que sua morfologia uniforme, convexa e arredondada, suaviza a passagem plataformatalude.

A gênese e configuração deste trecho da plataforma continental estariam associadas a um tectonismo atuante durante o Terciário no Sudeste do continente Sul-americano, o qual provocou fraturamentos no embasamento cristalino (ASMUS e FERRARI, 1978; *apud* MUEHE & CARVALHO, 1993).

De acordo com Weissel (1990 *apud* MUEHE e CARVALHO, 1993), a configuração atual da plataforma seria o resultado de um modelamento erosivo pós-rifte, ocorrido ao longo de zonas de fraturamento preexistentes ao soerguimento continental, anterior à abertura da bacia do Oceano Atlântico Sul.

Talude Continental

O talude continental ao longo da área em estudo é caracterizado por um perfil geral convexo, com largura típica de moderada a ampla, além de baixos gradientes de declividade. Possui aproximadamente 2.200 km de extensão ao longo de toda região Sul. Apresenta ainda largura relativamente homogênea, entre 120 e 150 km (PETROBRAS/ICF, 2012).

A declividade do talude continental varia entre 0,5 a 2 °, chegando a alcançar até 6 graus em algumas regiões.

De modo geral, essa província é compartimentada em talude superior e talude inferior, nem sempre muito evidente. O talude superior é caracterizado por ser mais estreito e íngreme, possui largura média de 13 km e declividades entre 2 e 4 °. O talude inferior por sua vez é mais largo, variando de 100 até 140 km, apresentando declividades que variam de 0,3 a 1,5 ° (PETROBRAS/ICF, 2012).

O limite do talude inferior não é abrupto e sua transição para o sopé continental ocorre nitidamente de forma gradacional (BOYER, 1969). A profundidade desse limite inferior se dá entre - 2.400 e - 2.900 m, exceto nas áreas junto ao Platô de São Paulo, - 2.000 m.

O relevo do fundo marinho do talude da Bacia de Santos é marcado pela presença de altos e baixos topográficos que são resultado da halocinese. Halocinese é a movimentação de corpos salinos, originados em depósitos evaporíticos, penetrando e deformando camadas de rochas mais densas acima e produzindo estruturas dômicas (VIANA *et al.*, 2002). Diversos *pockmarks* (depressões circulares no fundo do mar) podem ser observados ao longo do talude, alcançando até 350 m de largura, podendo estar agrupados ou isolados. Cânions e ravinas ocorrem em menor quantidade no talude da Bacia de Santos, se comparado aos taludes das outras bacias da margem continental.

Na porção mais profunda estão presentes pequenos canais com larguras próximas a 2.500 m¹⁷, sendo inativos e parcialmente preenchidos por sedimentos recentes (CALDER *et al.*, 2002).

Platô de São Paulo

O platô de São Paulo representa uma das feições morfológicas de maior destaque na margem continental Sudeste brasileira, resultado de uma deformação da crosta e do manto superior situada diante à Bacia de Santos (GUIMARÃES *et al.*; 1982; KOWSMANN *et al.*, 1982; GORINI e CARVALHO, 1984; MACEDO, 1990; ALVES *et al.* 1997).

¹⁷ O SGO (Sistema de Gerenciamento de Obstáculos) também é aplicado à Bacia de Santos, visando um mapeamento sistemático de obstáculos, naturais ou antrópicos, presentes na superfície e fundo marinho, tais como, dutos flexíveis e rígidos, *manifolds*, plataformas, árvores de natal, *plets*, feições batimétricas e áreas que delimitam levantamentos sísmicos.

Trata-se de uma feição bastante ampla localizada desde a base do talude continental, numa profundidade de - 2500 m, prolongando-se em direção a leste até a profundidade de - 3500 m, terminando em uma escarpa íngreme. O Platô de São Paulo é limitado ao norte pela Cadeia Vitória-Trindade, e pela Dorsal de São Paulo ao Sul, enquanto a leste seu limite coincide com o limite do sal Aptiano (GORINI e CARVALHO, *op. cit.*).

O Platô de São Paulo pode ser dividido em duas porções: norte e sul. A porção norte possui forma regular, retangular que acompanha os contornos do talude continental com uma área aproximada de 70.000 km². As características relativas à feição de platô são pequenas, com larguras que variam entre 180 e 280 km e uma declividade entre 1:200 e 1:160. A leste, o Platô é limitado pela faixa de ocorrência de estruturas salinas. O relevo é moderado, possuindo declividade uniforme, com feições morfológicas de maior expressão, observadas por quatro cânions que o atravessam (ZEMBRUSCKI, 1979).

Na porção sul, o Platô de São Paulo encontra-se bem delineado, com forma irregular, ocupando uma área de 212.350 km², limitada pelo talude continental inferior a - 2.000 m, a - 3.200 m a leste e - 3.600 m de profundidade ao Sul. A largura máxima alcança até 500 km, com declividades entre 1:400 e 1:600. Esta área é dividida por uma escarpa pouco íngreme com gradiente que varia entre 6 ° e 10 °, a qual se encontra em profundidades diferentes, constituindo dois patamares, o inferior e o superior. O relevo apresenta-se ondulado, intumescido e fortemente influenciado pela movimentação de diápiros de sal (ZEMBRUSCKI, *op. cit.*; GORINI e CARVALHO, 1984).

Sopé Continental

O sopé continental na área de estudo ocorre em dois setores meridionais, ao passo que no setor Embaiamento de São Paulo apenas uma mínima parte de sua porção proximal está inserida. Caracteriza a passagem entre o relevo abrupto dominado pela transferência de sedimentos terrígenos característicos do talude continental para um ambiente oceânico abissal, distante de todo aporte sedimentar da margem. A extensão do sopé varia entre 220 e 750 km atingindo, na sua porção

mais externa, profundidades superiores a 3.000 m na área de interesse, com declividades da ordem de 1:150 a 1:400 (ZEMBRUSCKI, 1979).

A.11. Caracterização Faciológica dos Sedimentos (Escala Regional)

A plataforma interna do litoral sudeste entre Cabo Frio e Santos é constituída por areia e cascalho biodetrítico, a plataforma média por argila e silte terrígenos, pobres em areia, e a plataforma externa por carbonato biodetrítico (ROCHA *et al.*, 1975 *apud* REMAC, 1979).

A fácies principal dos sedimentos carbonáticos na plataforma externa entre Cabo Frio e Santos são areias de recifes de algas e misturas de foraminíferos bentônicos, moluscos e briozoários. Ao norte de Santos predominam composições ricas em recifes de algas e briozários, assim como seus produtos de desagregação. A contribuição desse tipo de carbonato diminui para o sul (KEMPH, 1972 *apud* KOWSMANN e COSTA, 1979; ROCHA *et al.*, 1975 *apud* KOWSMANN e COSTA, 1979).

De acordo com Rocha *et al.* (1975 *apud* KOWSMANN e COSTA, 1979), entre o Rio de Janeiro e Ilha de São Sebastião, verifica-se abaixo da isóbata de - 50 m uma grande área de sedimentos finos, sobretudo areias e siltes argilosos, enquanto abaixo da isóbata de - 110 m, os sedimentos voltam a apresentar um caráter mais arenoso.

Os depósitos lagunares costeiros localizados na plataforma média entre Santos e Arroio Chuí, constituem uma extensa fácies lamosa com predominância de silte e argila. Ao sul de Santos as lamas chegam próximas do talude continental, e ao norte de Florianópolis avançam até a plataforma interna. No trecho entre Santos e Cabo Frio a ocorrência já não é tão contínua, ainda que essas lamas mantenham o caráter de unidade faciológica destacada.

À medida que se afasta da costa em direção a zonas mais profundas, o teor de lama nos sedimentos aumenta, sendo maior do que 50% ao longo da isóbata de - 70 m. Da mesma maneira, apesar da pequena quantidade, amostras coletadas na plataforma ao longo do Estado do Paraná indicam um aumento progressivo no teor de carbonato de cálcio (CaCO₃) com a profundidade. Na costa do Paraná e Santa Catarina, as areias da plataforma interna são quartzosas, bem selecionadas e ricas

em material bioturbado. Nas enseadas predominam silte e areia muito fina (PETROBRAS/ICF, 2010).

Vale salientar que os depósitos superficiais de areia, lama e *beach rock* na plataforma interna, média e externa apresentam-se no estágio diagenético I de STRAKHOV (1953), que, segundo SUGUIO (2003), ‘iniciam-se sob temperaturas ambientes, sem aumento ponderável da pressão litostática devido à superposição de sedimentos mais novos’.

Deste modo, a redução de óxidos (ou hidróxidos) férricos pela matéria orgânica ou a expulsão da água em sedimentos lamosos processam-se praticamente sob condições superficiais. Isto se deve à restrição para livre circulação dos fluidos intersticiais e, eventualmente, até a completa inibição em sedimentos mais pelíticos.

A migração das substâncias mais solúveis processa-se principalmente através da difusão, que constitui um fenômeno muito lento de transferência de materiais. Ainda neste estágio, principalmente quando em presença de matéria orgânica, os fluidos intersticiais adquirem propriedades redutoras (Eh negativo). A cimentação de areias pode ser observada localmente por influência da água subterrânea. Embora de natureza restrita, a cimentação muito conspícua de areias em fase de diagênese precoce é verificada em rochas praias

A.12. Caracterização Geotécnica Regional

O assoalho submarino ao longo da plataforma continental pode ser considerado estável, com movimentos de massa de origem gravitacional ocorrendo em zonas de quebra da plataforma, talude continental e sopé continental (PETROBRAS/ICF, 2012).

Os movimentos de massa estão associados a todos os processos de ressedimentação, os quais transportam sedimentos de águas rasas para águas profundas sobre o assoalho oceânico. Por meio de forças gravitacionais, tais movimentos englobam deslizamentos submarinos de grandes blocos de sedimentos, correntes de turbidez e fluxo de detritos (PETROBRAS/ICF, 2012).

Segundo Esteves (1996), o caráter contínuo dos processos de deslizamentos e fluxo pode estar relacionado a processos iniciais de instabilidade dos sedimentos,

associados a vários fatores sin e pós-deposicionais, tais como: alta taxa de sedimentação, acumulação de gás nos poros dos sedimentos, gradiente excessivo, bioturbação, diapirismo de sal e de lama, entre outros.

Por meio de levantamentos sísmicos de alta frequência (3,5 khz), SILVA *et al.* (1999), identificaram, sobretudo no Talude Continental, feições de movimentos de massa atuantes na região Centro-Sul da Bacia de Santos. Cabe ressaltar que da área do Pré-Sal, somente a porção Norte do Bloco BM-S-10 está localizada neste Domínio, restando a maior parte no Domínio do Platô Marginal.

Segundo o Setor de Geodésia da PETROBRAS, não há registros de que as operações de exploração e produção tenham causado instabilidade no assoalho oceânico em toda a margem continental brasileira. Não há indícios de rastejo (*creep*) ocasionado pelas atividades de exploração e produção nos poços da Bacia de Santos.

Ressalta-se que previamente a qualquer atividade de exploração e produção, são realizados laudos e estudos geotécnicos com a finalidade de avaliar potenciais riscos geotécnicos para a instalação de equipamentos submarinos. Estes estudos são robustos e estão embasados em sísmica rasa, testemunhagem geotécnica, imagens de sonar, inspeções do fundo marinho com ROV e levantamentos batimétricos, tendo como finalidade a prevenção de riscos geotécnicos durante e após as atividades.

Com base na interpretação de dados sísmicos de alta frequência (Imagens de Sonar, perfis SBP – *Subbottom Profile* e batimetria de multifeixe) e na descrição dos diversos testemunhos geológicos (rasos e profundos) obtidos na área do polo Pré-Sal, assegura-se que a região submetida ao licenciamento invariavelmente registra sequência estratigráfica com cobertura hemipelágica (Idade Holoceno/Pleistoceno), sendo caracterizada por deposição normal. Não se observa, nestes dados, a presença de sedimentos originados de profundidades menores no registro geológico recente, portanto não se reconhece a hipótese de regiões de *by-pass* estarem ativas nas condições de nível de mar atual e representarem riscos aos equipamentos dispostos no leito oceânico.

A.13. Sismicidade Regional

De acordo com os registros históricos, o padrão de sismicidade verificado na Bacia de Santos é característico para áreas intraplacas tectônicas, ou seja, tectonicamente pouco ativas. Trata-se de ocorrências com pequenas magnitudes (<6,0), com hipocentro geralmente ocorrendo a baixas profundidades (<30 km – são considerados rasos, terremotos com focos situados entre 0 e 70 km), os quais podem ser sentidos apenas a poucos quilômetros do epicentro (PETROBRAS/ ICF, 2012).

O mapa de sismicidade (**Figura II.5.1.1.2-24**) apresenta a distribuição epicentral da Bacia de Santos. Nota-se na figura um conjunto de eventos sísmicos com magnitudes variando entre 2,0 e 5,2 (graus na escala Richter), com maior concentração de focos epicentrais ocorrendo nos domínios da Plataforma Continental e Talude (PETROBRAS/ICF, 2012). Vale destacar a pouca ou limitada ocorrência de eventos sísmicos com focos epicentrais no polo Pré-sal da bacia de Santos e, os poucos que ocorreram, apresentam magnitudes inferiores a 4 graus na escala Richter.

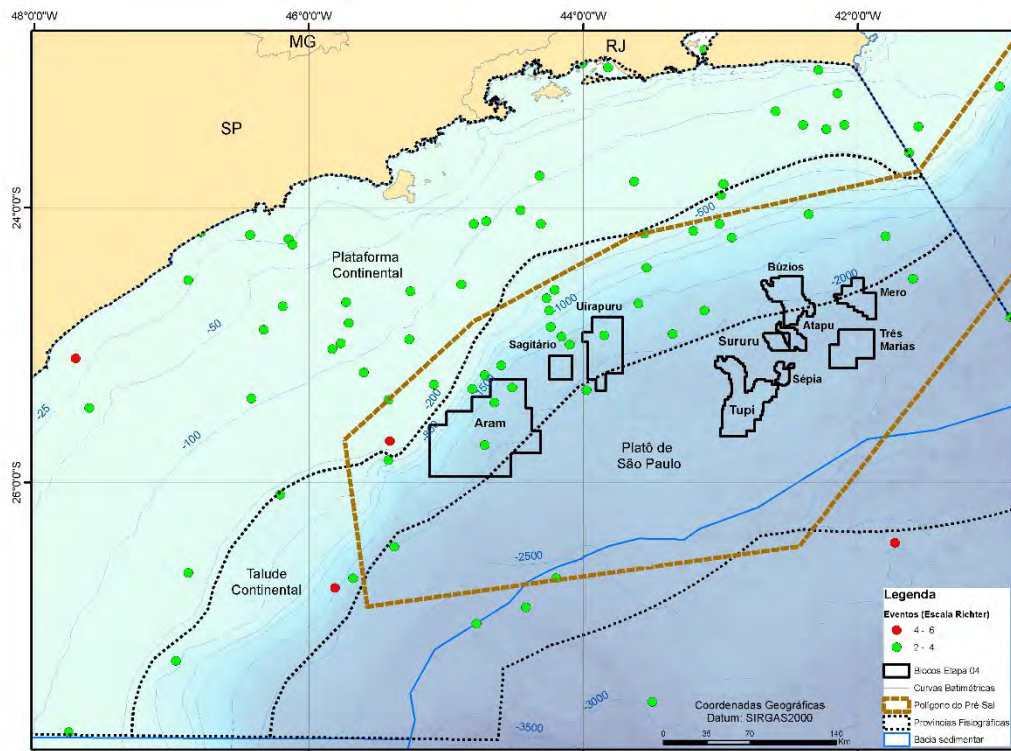


Figura II.5.1.1.2-24– Mapa de Sismicidade da Bacia de Santos (epicentros de sismos ocorridos entre 1720 e 2019).

Devido à imprecisão em determinar os epicentros da maioria dos sismos ocorridos, não é possível realizar correlações seguras entre a distribuição espacial da atividade sísmica e as estruturas tectônicas com potencial sísmico existentes na região. Apesar de se admitir que os sismos de origem tectônica possam estar relacionados à reativação de falhas antigas, de fato a relação de distribuição epicentral da sismicidade observada na **Figura II.5.1.1.2-24** pode ser considerada como uma atividade difusa, não sendo possível qualificar as falhas e outras estruturas tectônicas preexistentes como fontes tectônicas ativas (PETROBRAS/ICF, 2012).

A atividade sísmica que apresenta magnitude elevada possui um intervalo de recorrência muito grande, o qual pode ser inferido por meio da distribuição temporal frequência/magnitude $\text{Log } \Sigma N$, com os resultados apresentados na **Tabela II.5.1.1.2-2**:

$$\text{Log } \Sigma N = 4.40 (\pm 0.03) - 1.29 (\pm 0.04) mb$$

Onde:

ΣN é a somatória do número de sismos ocorridos anualmente na Província Sismotectônica do Sudeste com magnitudes iguais ou maiores que um determinado valor de magnitude m_b . Essa curva permite determinar o intervalo de recorrência de sismos com magnitude acumulativa (**Tabela II.5.1.1.2-2**) (PETROBRAS/ICF, 2012).

Tabela II.5.1.1.2-2 – Frequência anual e intervalo de recorrência para sismos com magnitudes acumulativas na Província Sismotectônica do Sudeste.

Magnitude	$M_b \geq 3,0$	$M_b \geq 3,5$	$M_b \geq 4,0$	$M_b \geq 4,5$	$M_b \geq 5,0$	$M_b \geq 6,0$	$M_b \geq 7,0$
Frequência Anual	3,3884	0,7674	0,1738	0,0394	0,0089	0,0004	0,00002
Intervalo de Recorrência	0,3 anos	1,3 anos	5,8 anos	25 anos	100 anos	2.000 anos	10.000 anos

Fonte: PETROBRAS/ICF, 2010.

Apesar de significativo, o nível de atividade nas Bacias Marginais do Sudeste Brasileiro – Espírito Santo, Campos e Santos – não alcançam magnitudes tão elevadas, não sendo identificado até o momento, qualquer movimento gravitacional associado à sismicidade nas bacias do Sudeste brasileiro ou qualquer acidente envolvendo instalações da PETROBRAS dispostas no solo oceânico (PETROBRAS/ICF, 2012).

Outros fatores podem ser considerados como desencadeadores de movimentos de massa, conforme descrito na sequência.

- Instabilidade induzida por ondas de tempestade

Segundo DEAN & DALRYMPLE (1991), quando a relação entre a lâmina d'água, LDA, e o comprimento de onda, L, for maior do que $\frac{1}{2}$, trata-se de uma região de águas profundas. Nesse caso, o efeito da onda só será sentido próximo à superfície do mar, devido ao decaimento exponencial da velocidade das partículas.

Considerando um período de onda T associado à altura de onda máxima, THMÁX, nota-se para o Polo Pré-Sal um valor de 18,30 s para o período de retorno

de 100 anos (direção SSW) – PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2013), e o comprimento de onda L_0 em águas profundas será igual à:

$$L_0 = 1,56 \times T^2 \rightarrow L_0 = 522,428 \text{ m}$$

As profundidades de água na área definida em Etapa 4 variam entre - 300 (LDAmín) e -2.400 m (LDAmáx), aproximadamente. Assim:

$$LDAmín / L_0 = 300 \text{ m} / 522,428 \text{ m} = 0,57 > \frac{1}{2}$$

Com esse resultado, pode-se descartar a influência desse tipo de mecanismo disparador de deslizamentos na região do Polo Pré-Sal.

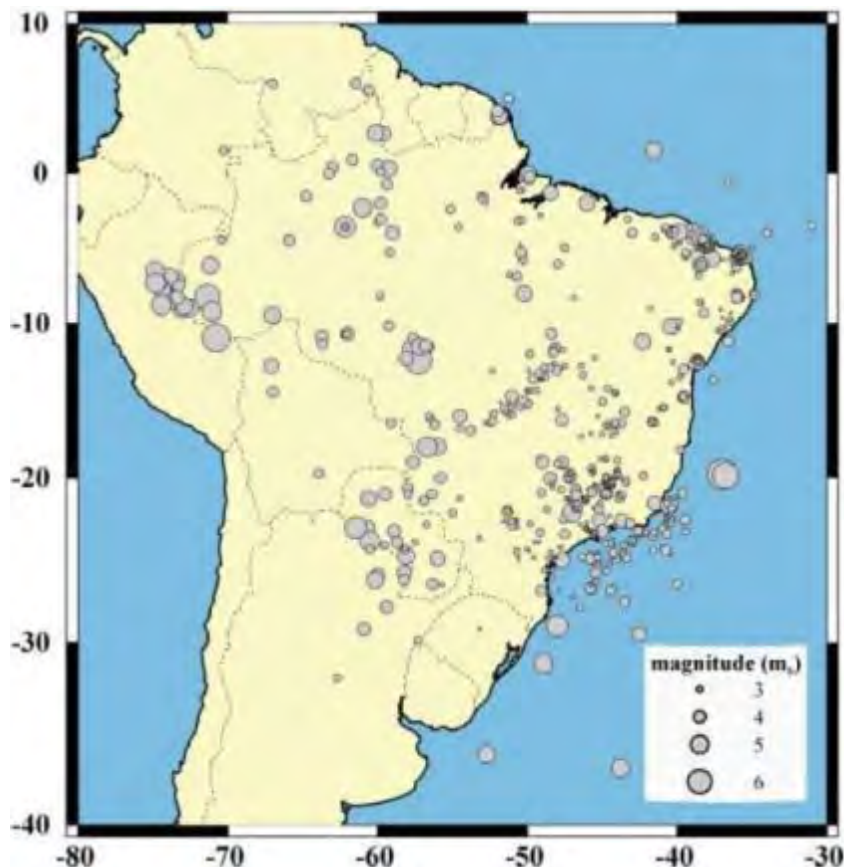
- Excesso de pressão de poros

A presença de excesso de pressão de poros nos sedimentos devido à ocorrência de gás raso é uma ameaça potencial às operações de perfuração e às estruturas submarinas, requerendo um mapeamento sistemático. Entretanto, de acordo com a PETROBRAS/SUB/ES/GEO, não têm sido identificadas anomalias indicativas de gás raso nos dados sísmicos analisados do Polo Pré-Sal.

Em função disso, pode-se considerar um regime de poro-pressões hidrostático atuando na área, com uma razão de excesso de pressão de poros, ru , igual a 0,00.

- Instabilidade de taludes induzida por terremotos

A Região Sudeste apresenta um nível de atividade sísmica relativamente baixo, típico de regiões intraplaca que são mais estáveis que em suas bordas. Entretanto, esse nível de sismicidade, comparado com o de outras regiões do Brasil, é significativo (**Figura II.5.1.1.2-25**). É evidente que o Catálogo Sísmico da Região Sudeste não inclui todos os sismos ocorridos na região no intervalo considerado (1767-2002). Sismos não sentidos pela população, que ocorreram antes da instalação da rede sismográfica regional, principalmente em épocas remotas, obviamente não foram, nem serão mais, recuperados.

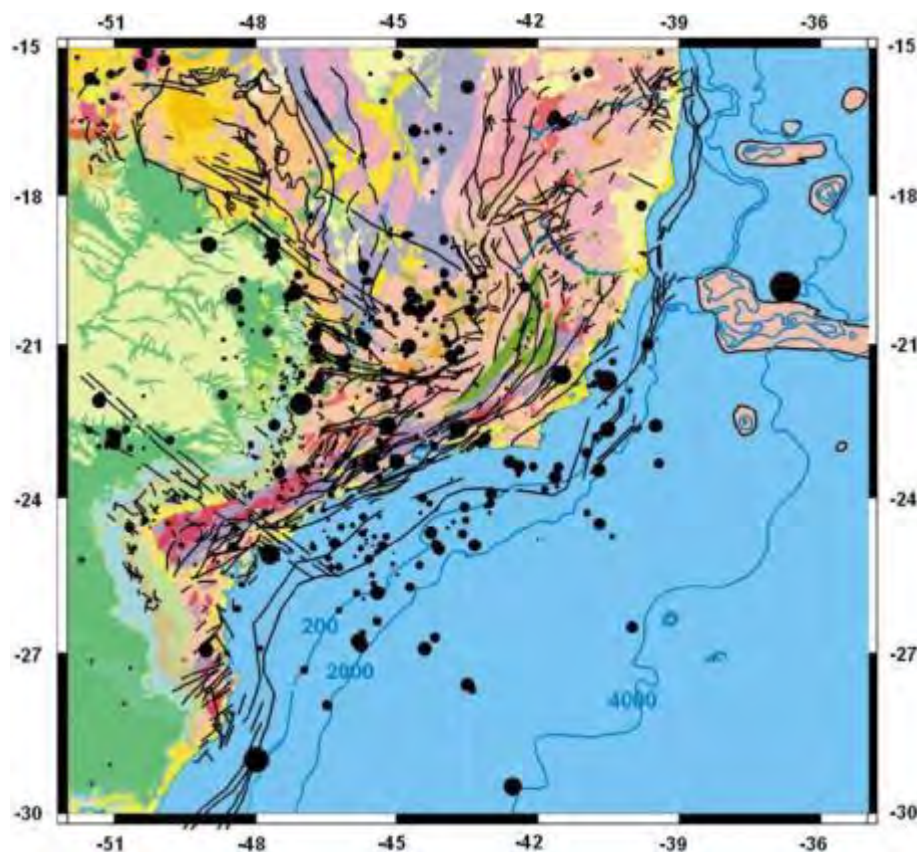


Fonte: Fontes & Nascimento Júnior (2007).

Figura II.5.1.1.2-25– Mapa de sismicidade do Brasil com os epicentros de sismos ocorridos entre 1720 e 2003.

Entretanto, pode-se afirmar que no Catálogo Sísmico da Região Sudeste constam os eventos sísmicos mais importantes ocorridos nesta região a partir da segunda metade do século XIX, dos quais se tem alguma informação, e que a partir da década de 1970 são também incluídos pequenos sismos ($m_b < 3,0$) determinados unicamente com dados instrumentais.

Nas atuais circunstâncias, considerando a imprecisão das determinações hipocentrais da maioria dos sismos ocorridos na região, não é possível efetuar correlações seguras entre a distribuição espacial da atividade sísmica e as feições tectônicas potencialmente sísmicas, principalmente na porção oceânica da Região Sudeste. Na realidade, a distribuição epicentral da sismicidade na região, como se pode observar na **Figura II.5.1.1.2-26**, pode ser qualificada como uma atividade difusa, sem apresentar concentrações associadas a feições tectônicas conhecidas.



Fonte: Paganelli et al. (2007).

Figura II.5.1.1.2-26– Mapa sismotectônico da Região Sudeste do Brasil mostrando os epicentros de sismos ocorridos de 1767 a 2003, e as principais feições tectônicas da região. A magnitude m_b dos sismos é proporcional ao diâmetro dos círculos que representam os epicentros.

Ainda não é possível calcular a profundidade focal da maioria dos sismos determinados com dados instrumentais na Bacia de Santos. Pode-se considerar de forma qualitativa, que os focos sísmicos na Região Sudeste estão distribuídos desde focos muito superficiais, da ordem da fração do quilômetro até poucos quilômetros, conforme é indicado pelos levantamentos de detalhe efetuados pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo com redes sismográficas locais, até focos superficiais entre uma e duas dezenas de quilômetros. Ou seja, a atividade sísmica na Região Sudeste está localizada na crosta superior.

Tal escassez de dados de epicentros registrados se deve ao pequeno número de estações sismográficas próximas à costa, e pelo fato de que as estações existentes mais próximas à Bacia de Santos estão muito distantes uma da outra, o que resulta em uma pobre detecção de sismos de magnitude menor do que mb 3,0, com epicentros longe da costa nesta bacia oceânica. Essa faixa de baixas magnitudes (mb < 3,0), além de ser a mais frequente, é bastante útil para mostrar a localização e o contorno das fontes sismogênicas, fazendo com que seja possível identificar as fontes sismogênicas e variações da frequência normalizada por unidade de área através de uma província sísmica, e através da própria região da Bacia de Santos. Registros sismográficos de eventos de maiores magnitudes são úteis para obter o espectro de projeto apropriado, mas estes necessitam de monitoramento de longo prazo para que se consiga capturar o registro de um terremoto com características próximas ao acelerograma de projeto (ou sismograma).

A norma ISO 19901-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2004) apresenta mapas de aceleração sísmica aproximada para regiões offshore de todo o mundo, com um período de retorno de 1.000 anos, que podem ser usados para estimar a aceleração sísmica de pico do piso, PGA. Usando essa norma, um PGA de aproximadamente $0,4 \times 0,05 \text{ g} = 0,02 \text{ g}$ é obtido para a área do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos.

A CENPES/PDIDP/ESUP/TEO já emitiu vários trabalhos para blocos específicos da Bacia de Santos, apresentando os resultados de análises de verificação de estabilidade de taludes sob a ação de cargas sísmicas. Nessas análises foi empregado o método do equilíbrio limite pseudo-estático, considerando valores de aceleração de pico estimados com base probabilística e corrigidos por coeficientes sísmicos para obtenção da aceleração que representasse o efeito líquido da série temporal do registro de aceleração, para levar em consideração a curta duração dos picos nesse registro e também os efeitos da ductilidade do material, que impactam favoravelmente a capacidade sísmica de resistência do material geológico. Foram consideradas diferentes hipóteses, sendo que os resultados apesar de divergirem um pouco, sempre resultaram com um nível de risco de deslizamentos aceitável, com períodos de retorno de alguns milhares de anos.

- Disparo de movimentos de massa por acúmulo de sedimentos na borda da Plataforma Continental

BORGES *et al.* (2013) descreveram análises de estabilidade de taludes determinísticas realizadas em caráter regional para a área do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos, englobando a zona de quebra da Plataforma Continental. A abordagem se baseou na combinação de dados batimétricos, sismológicos e parâmetros geotécnicos provenientes de ensaios de campo e de laboratório de bordo executados em amostras indeformadas de solos, de modo a aplicar o modelo de talude infinito para uma avaliação de estabilidade do fundo do mar utilizando um Sistema de Informações Geográficas, tendo-se verificado um nível de risco de deslizamentos baixo na Plataforma e Talude Continentais, podendo ser considerado aceitável.

As avaliações determinísticas de estabilidade de taludes renderam mapas temáticos georreferenciados de fatores de segurança contra escorregamentos do tipo translacionais rasos, definidos como a razão entre a resistência ao cisalhamento média e a tensão cisalhante atuante ao longo de uma superfície de ruptura assumida como paralela ao fundo do mar.

Foram calculados fatores de segurança estáticos e pseudo-estáticos (considerando a ação de sismos).

Para o caso estático, foram realizadas análises tanto para condições drenada quanto não-drenada para o comportamento do solo sob a atuação de carga gravitacional. O que se observou através dos mapas de fatores de segurança estáticos, tanto para as condições drenada quanto não-drenada, foi que toda área se apresentou com fatores de segurança acima do valor de 1,50. Assim, mediante a aplicação exclusiva do carregamento gravitacional, a área pode ser vista como não propensa à ocorrência de escorregamentos translacionais rasos, na ausência de mecanismos de disparo identificados e de anormalidades localizadas.

E quanto ao mapa de fatores de segurança pseudo-estáticos (calculado para uma aceleração de período de retorno de 475 anos), é que se for considerado um talude infinito submerso com a aceleração de pico do piso (PGA) obtida com a lei de atenuação de TORO *et al.* (1997) sem incertezas epistêmicas e aleatórias, e que efeitos dinâmicos devidos à resistência viscosa e aumento de adensamento

acrescentem resistência ao solo em relação à sua capacidade estática, por um fator assumido de pelo menos 1,5 nas análises pseudo-estáticas, o fator de segurança pseudo-estático resultante é maior do que o mínimo de 1,0 para praticamente toda a área. Entretanto, o método pseudo-estático indicou algumas poucas áreas muito localizadas de potencial instabilidade, sugerindo que a hipótese de um aumento de 50% no valor da resistência não-drenada do solo deve ser examinada em laboratório por ensaios dinâmicos mais aprofundados. De qualquer forma, tais áreas foram muito pequenas, com volumes de materiais passíveis de deslizar também muito pequenos, gerando distâncias de corrida provavelmente muito curtas, além de se localizarem em pontos que não influem em rotas de dutos, poços, fundações e demais infraestruturas submarinas.

- Análise de Ameaça de Instabilidade Sísmica de Taludes Submarinos

Para a área do Etapa 4, estudos da PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015) definiram procedimentos analíticos, através de um Sistema de Informações Geográficas, para estimar o potencial para rupturas de talude induzidas por terremotos. O procedimento proposto é um refinamento da metodologia desenvolvida por BORGES *et al.* (2015) durante um projeto para análise do risco de deslizamentos submarinos em escala de bacia sedimentar. Os parâmetros geológico-geotécnicos utilizados na análise são provenientes de campanhas de investigação de campo executadas pela empresa contratada *Fugro-McClelland Marine Geosciences, Inc.*

A metodologia de mapeamento compreendeu a digitalização e rasterização em uma grade com espaçamento de 30 m, usando o software de Sistema de Informações Geográficas ArcGIS e, posteriormente, ocorreu a combinação destes dados com um modelo de estabilidade de taludes baseado no método do equilíbrio limite (talude infinito).

Essa análise forneceu um valor de fator de segurança estático em cada cela da grade da área de estudo. A aceleração sísmica crítica pode ser calculada a partir de um método proposto por *Newmark* para estimar deslocamentos de taludes induzidos sísmicamente, sendo então mapeada para toda a área e comparada com a aceleração de pico do piso estimada pela análise de ameaça sísmica, rendendo

uma medida de segurança contra a ruptura de taludes submarinos, induzida por sismos na área do Etapa 4.

Para a avaliação das tensões atuantes, foram utilizados dados batimétricos de diversas fontes, que foram mosaicados e reamostrados para uma resolução espacial de 30 m x 30 m (a área de cada pixel da grade batimétrica é de 900 m²). Na sequência, foi derivado um mapa de declividade do fundo marinho (parâmetro Θ), com comparando as elevações de celas adjacentes e calculando a inclinação máxima em cada cela. O mapa de declividade tende a subestimar alguns dos taludes mais íngremes, já que tais taludes não podem ser bem representados com a resolução espacial adotada.

Os mapas de batimetria e declividade são apresentados na **Figura II.5.1.1.2-27** e na **Figura II.5.1.1.2-28** a seguir, indicando as condições de carregamento ambiental que podem levar a instabilidades de talude na área mapeada e, usando a terminologia de Youd e Perkins (1978), constituem-se em medidas de “oportunidade para a ruptura do terreno”.

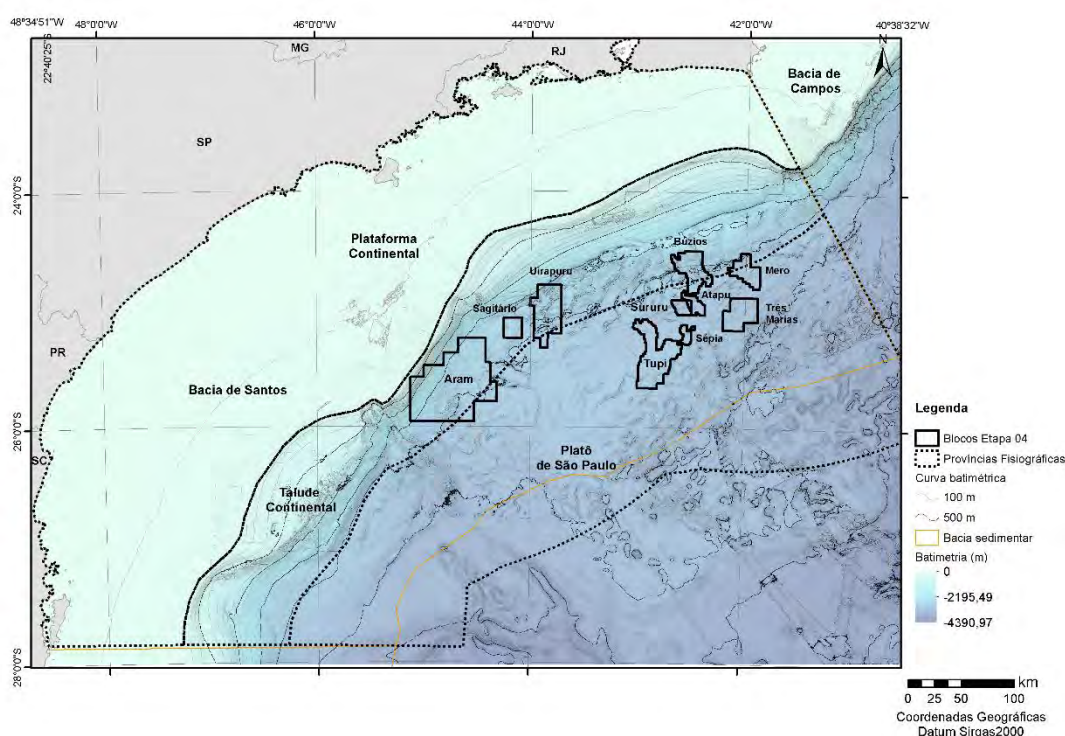


Figura II.5.1.1.2-27– Mapa batimétrico da área de estudo, com intervalos de contornos de 100 m e 500 m (Batimetria 2019).

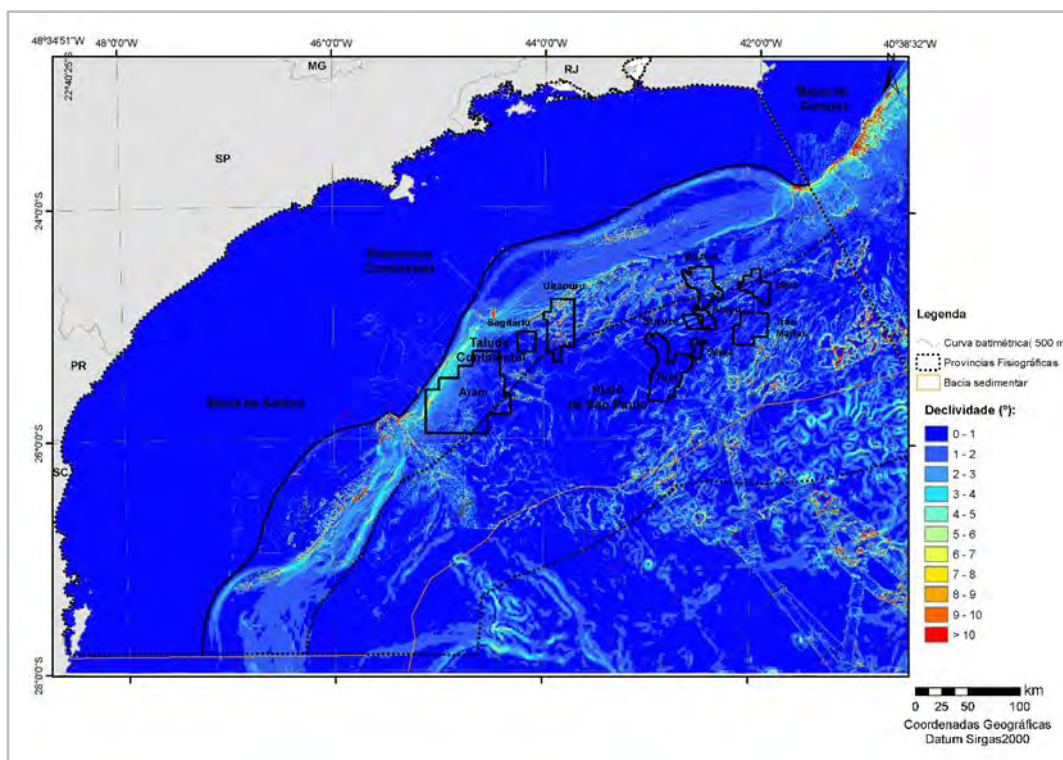


Figura II.5.1.1.2-28– Mapa em código de cores representado o grau de inclinação do fundo marinho na área de estudo.

Para avaliar regionalmente a resistência ao cisalhamento, através da litologia e do estado de adensamento, foi dada ênfase ao grande conjunto de dados de Geologia e Geotecnia atualmente disponíveis na área de estudo.

Em relação à litologia, as condições do solo no leito marinho na área do Etapa 4 se mostraram aproximadamente uniformes de ponto a ponto, consistindo principalmente de argila de consistência muito mole no fundo do mar a média ou rija na profundidade de término das amostragens com JPC (principalmente margas – 30 a 60% de CaCO_3 – e lamas de diferentes tipos e naturezas). Localmente foi encontrada a presença de areia interdigitando os sedimentos mais finos.

A **Figura II.5.1.1.2-29** a seguir ilustra as locações de todos os furos de sondagem executados na área de estudo nas campanhas de investigação executadas.

A **Figura II.5.1.1.2-30** apresenta os perfis de densidade ρ dos sedimentos, plotados em função da profundidade z abaixo do fundo do mar, obtidos das perfilagens com MSCL-S nas amostras recuperadas nas locações dos furos JPC e GL para fins de amostragem geológica e geotécnica. A experiência tem mostrado

que os valores de densidade, obtidos a partir de atenuação de raio-gama, fornecem a maior quantidade de informação a respeito da litologia dos sedimentos dentre os parâmetros medidos por este perfilador. Além disso, a densidade dos sedimentos próximos à superfície do fundo do mar é tipicamente uma boa aproximação para suas classificações de Engenharia (LEE & BARAZA, 1999).

A densidade média considerando todas as medições é de $1,576 \text{ g/cm}^3$, com um desvio-padrão de $0,079 \text{ g/cm}^3$. O coeficiente de variação, CoV, resultou em 5,036%.

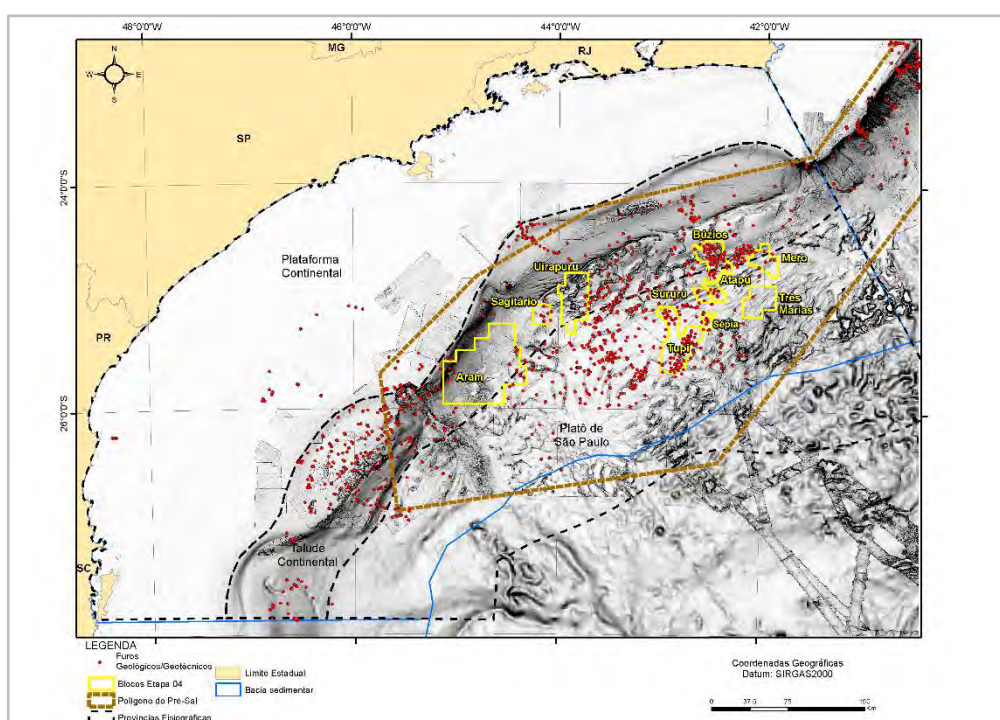
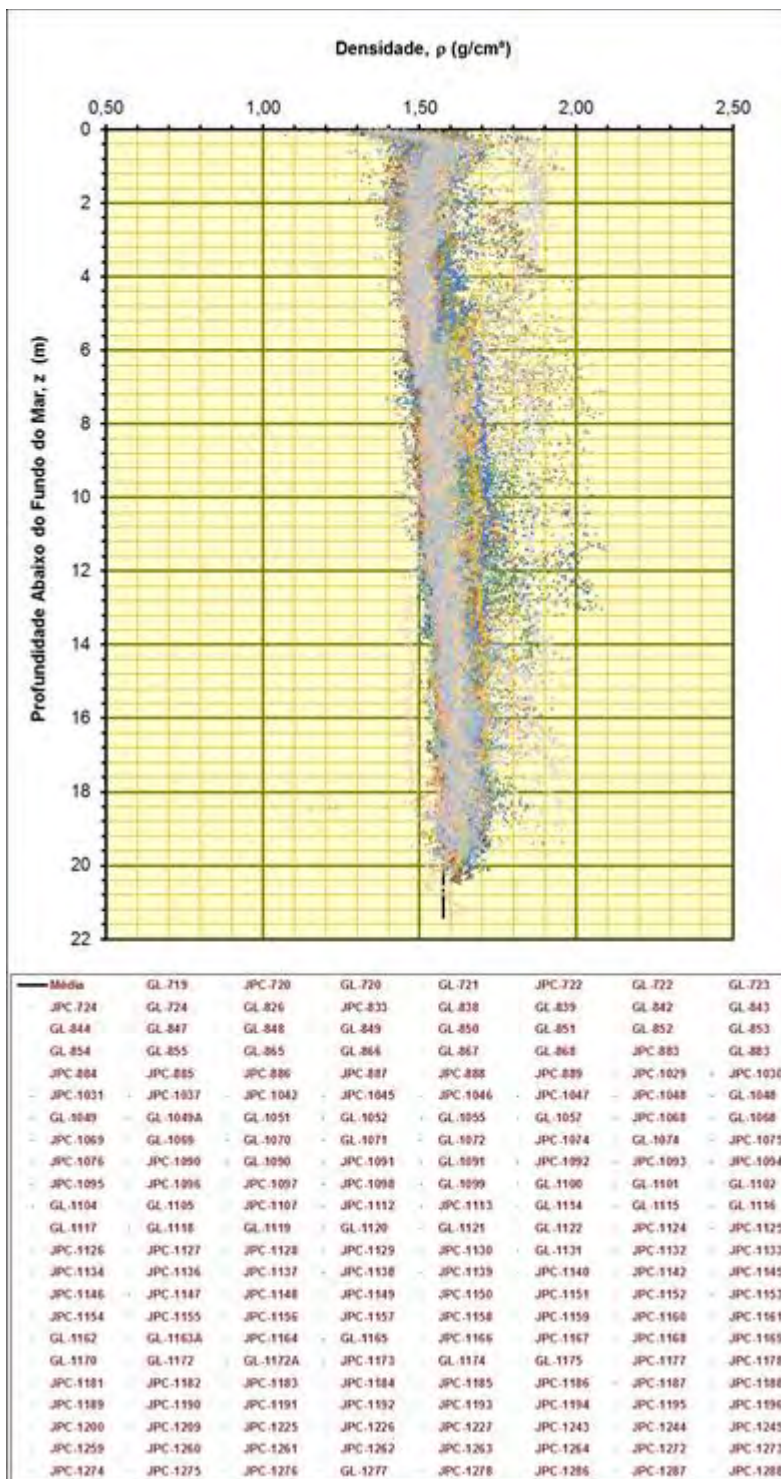


Figura II.5.1.1.2-29– Mapa da morfologia do fundo do mar utilizando a representação de edge detection da sísmica 3-D, com a localização de furos de sondagem geológico-geotécnicos profundos.



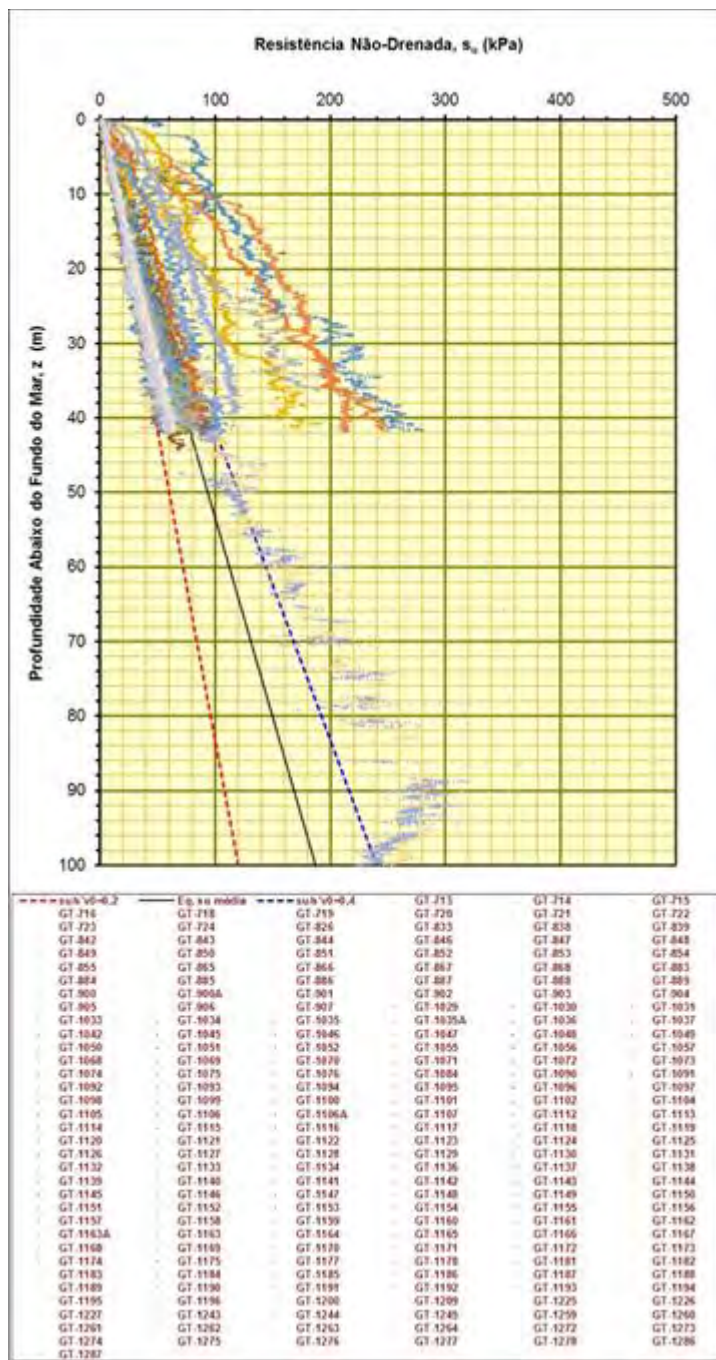
Fonte: PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015).

Figura II.5.1.1.2-30– Perfis de densidade em função da profundidade abaixo do piso marinho das amostras recuperadas na área de estudo obtidos com multi-sensor.

Em relação ao estado de adensamento, o estudo destacou que não foi observado subadensamento nos metros superiores da coluna de sedimentos na área do Etapa 4, nem a presença de sedimentos subadensados em profundidade. No entanto, na área de estudo, há superfícies de erosão observadas expondo materiais mais antigos no fundo do mar (ou na forma de sub-afloramentos) em cristas e grábens decorrentes da movimentação do sal, as quais normalmente ocorrem como faixas que circundam pequenas bacias (minibacias relacionadas ao sal), onde os sedimentos apresentam altos níveis de sobreadensamento.

A **Figura II.5.1.1.2-31** mostra os gráficos de resistência ao cisalhamento não-drenada do solo estimadas a partir dos ensaios de cravação de piezocone na área estudada. São também plotadas linhas de tendência correspondentes à razão entre a resistência ao cisalhamento não-drenada e a tensão vertical efetiva (s_u/σ'_{vh}), de modo a fornecer uma indicação do estado de adensamento dos sedimentos. De acordo com LOCAT & LEE (2002), valores típicos para o parâmetro adimensional s_u/σ'_{vh} para sedimentos normalmente adensados variam entre 0,2 e 0,4.

Os valores de resistência ao cisalhamento não-drenada variam de uns poucos kPa próximo ao fundo do mar até ~250 kPa em 100 m de profundidade. A maior parte dos furos de sondagem foram executados em áreas onde os sedimentos parecem ser normalmente adensados, como inferido a partir das razões entre a resistência ao cisalhamento não-drenada e a tensão vertical efetiva na condição estática ($0,2 < s_u/\sigma'_{vh} < 0,4$). Exceção à regra foram alguns furos de sondagem executados em áreas intensamente deformadas pela tectônica de sal, onde o material apresenta um alto grau de sobreadensamento em profundidades próximas ao piso marinho ($s_u/\sigma'_{vh} \geq 0,4$).



Fonte: PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015).

Figura II.5.1.1.2-31– Perfis em função da profundidade abaixo do piso marinho de resistência não-drenada subestimados a partir dos ensaios de PCPT in situ executados na área de estudo. As linhas tracejadas são razões para s_u/σ'_{vh} que mostram tendências para subadensamento, adensamento normal e sobreadensamento do solo ($\leq 0,2$, $0,2$ a $0,4$ e $\geq 0,4$, respectivamente), típicos para sedimentos marinhos finos (LOCAT & LEE, 2002).

Partindo dos parâmetros apresentados anteriormente, definiram-se os dados de entrada para o cálculo de fatores de segurança, reunidos na **Tabela II.5.1.1.2-3**:

Tabela II.5.1.1.2-3 – Parâmetros médios usados para os cálculos de estabilidade de taludes

Parâmetro de Entrada	Valor
Resistência ao cisalhamento não-drenada no topo do perfil sedimentar, s_{u0} (kPa)	3,088
Gradiente de aumento de resistência não-drenada com a profundidade, ζ (kPa/m)	1,394
Peso específico submerso ao longo de todo o perfil sedimentar, γ' (kN/m ³)	4,876
Ângulo de inclinação do talude, β (°)	Variável para cada cela conforme o mapa de declividade
Espessura de sedimentos acima do plano de ruptura perpendicular à superfície do talude, z (m)	5,00

Fonte: PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015).

Os resultados passaram por uma etapa de agrupamento automático em intervalos previamente definidos, onde o fator de segurança FS foi classificado em sete classes diferentes, como mostra a **Tabela II.5.1.1.2-4**. Esta classificação define as áreas potenciais a escorregamentos do tipo translacionais rasos na área do Etapa 4.

Tabela II.5.1.1.2-4 – Classes de estabilidade do piso marinho baseadas nos valores de FS .

CLASSE	CRITÉRIO	POTENCIAL DE DESLIZAMENTO
	$FS \leq 1,05$	Muito alto
	$1,05 < FS \leq 1,25$	Alto
	$1,25 < FS \leq 1,45$	Médio à alto
	$1,45 < FS \leq 1,75$	Baixo à médio
	$1,75 < FS \leq 2,05$	Baixo
	$2,05 < FS \leq 3,00$	Muito baixo
	$FS > 3,00$	Ausente

Fonte: PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015).

A **Figura II.5.1.1.2-32** a seguir ilustra o mapa de fatores de segurança obtido através da modelagem matemática, considerando condições não-drenadas (tensões totais) para o comportamento do solo. Pode-se perceber que a

estabilidade de taludes é fortemente influenciada pelo ângulo de inclinação do fundo do mar, como evidenciado pelos altos valores de fatores de segurança calculados nas áreas de baixa declividade. Pode ser notado ainda que para o caso estático em condições de poro-pressão hidrostáticas, o fundo marinho na área de estudo pode em sua maioria ser considerado estável na situação atual de nível de mar alto. Sob tais condições, os fatores de segurança *FS* diminuem gradualmente com o aumento da inclinação do piso marinho, gerando potenciais de escorregamento em geral moderados nas áreas afetadas por halocinese, notadamente nos flancos de ravinas confinadas por falhas normais ancoradas no sal. Apenas algumas pequenas áreas muito localizadas e intensamente deformadas pelo diapirismo salino resultaram com um potencial para escorregamentos que pode ser classificado como alto.

Os resultados sugerem que a ruptura localizada das paredes de minibacias de sal pode ainda ser ativa, mas as datações de sedimentos através do biozoneamento de foraminíferos planctônicos e de nanofósseis calcários sugerem que rupturas nestas áreas foram mais prevalentes há milhares de anos atrás durante períodos de nível de mar baixo, diferente do trato de sistema atual. Além das taxas de sedimentação bastante baixas, as taxas de movimentação vertical ascendente calculadas para o sal foram baixas, tornando negligível a ameaça de escorregamentos tanto em função da geração de excessos de poro-pressão por causa do aumento da sobrecarga de sedimentos, como também em função do aumento da inclinação do piso marinho decorrente do soerguimento do sal (p.ex., KOWSMANN *et al.*, 2012, 2013a,b,c,d, 2014).

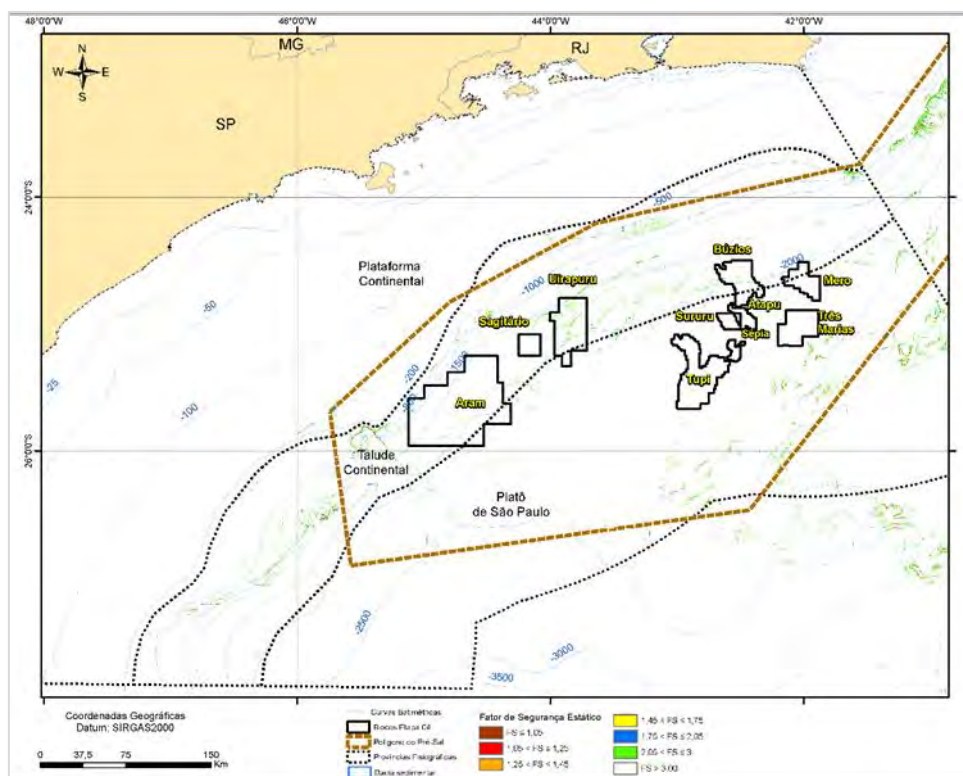


Figura II.5.1.1.2-32– Mapa de fatores de segurança estáticos contra escorregamentos rasos para a área do Etapa 4 (condições não-drenadas).

Para a determinação da aceleração crítica do talude a um potencial deslizamento, utilizou-se da análise pseudo-estática de estabilidade de taludes, onde a aceleração crítica é calculada iterativamente empregando diferentes acelerações sísmicas horizontais permanentes em uma análise estática de equilíbrio limite, até que um fator de segurança igual à unidade seja atingido ($FS = 1$). NEWMARK (1965) simplificou esta abordagem ao mostrar que a aceleração crítica para a ocorrência de um deslizamento é uma função simples do fator de segurança estático FS e da geometria do talude.

O mapa de acelerações críticas da **Figura II.5.1.1.2-33** a seguir retrata uma medida das propriedades intrínsecas do talude independente de qualquer cenário de abalo do piso; dessa maneira, é um mapa da susceptibilidade do fundo marinho da área à ocorrência de deslizamentos submarinos induzidos sísmicamente. Nota-se que as áreas mais planas possuem elevados valores de aceleração crítica, enquanto que nas áreas mais íngremes, as acelerações críticas diminuem gradualmente com o aumento do ângulo do talude.

A aceleração horizontal crítica a_c representa o movimento do chão necessário para iniciar o processo de ruptura de talude. PGA é a aceleração sísmica de pico do piso, calculada ao nível do embasamento rochoso, abaixo do pacote sedimentar, que resulta de uma análise probabilística de ameaça sísmica. A aceleração crítica é então comparada com a aceleração de pico do piso que é esperada para a área para fornecer a razão de aceleração crítica.

A razão de a_c (susceptibilidade do piso à ruptura) à aceleração sísmica de pico PGA com uma probabilidade de excedência de 10% em 50 anos na área do Etapa 4 (oportunidade do piso à ruptura, **Figura II.5.1.1.2-34**), é uma medida da possibilidade para ocorrer a ruptura de taludes induzidos por terremotos. Valores mais baixos dessa razão correspondem à um maior potencial de ruptura da seção rasa com a iniciação de escorregamentos. Destacam-se as áreas mais deformadas pela tectônica salífera, já que o ângulo do talude é o fator mais importante que afeta a aceleração crítica dos taludes. Nas áreas mais planas, os resultados indicam que apenas movimentos fortes do chão poderiam induzir a ruptura de taludes. Os resultados dessa razão são apresentados no mapa da **Figura II.5.1.1.2-35**.

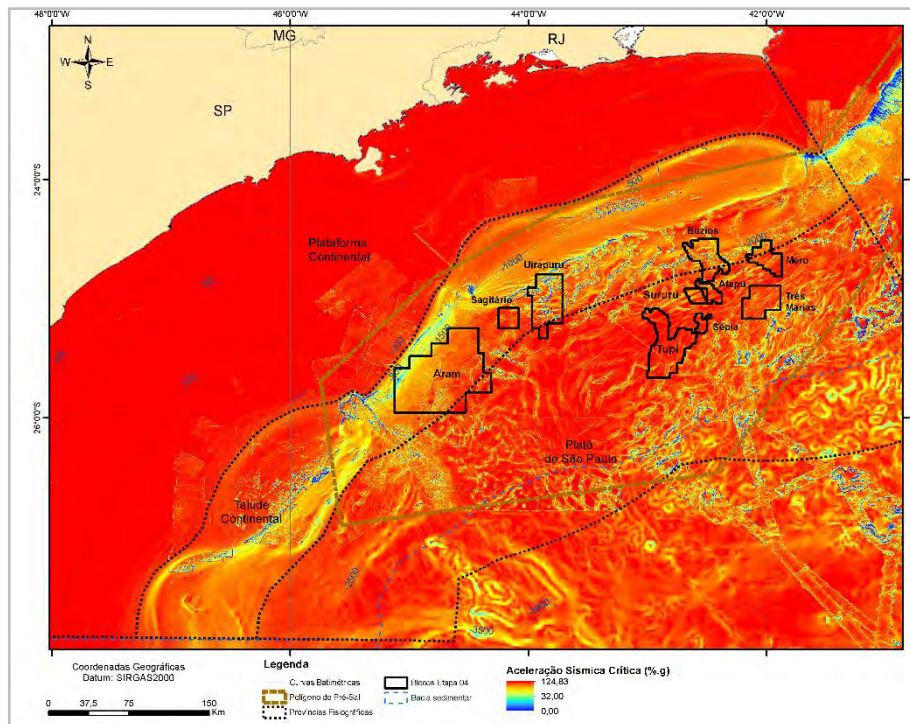


Figura II.5.1.1.2-33– Mapa mostrando a susceptibilidade do fundo marinho na área do Etapa 4 a deslizamentos disparados por sismos. A susceptibilidade é apresentada em termos da aceleração crítica a_c .

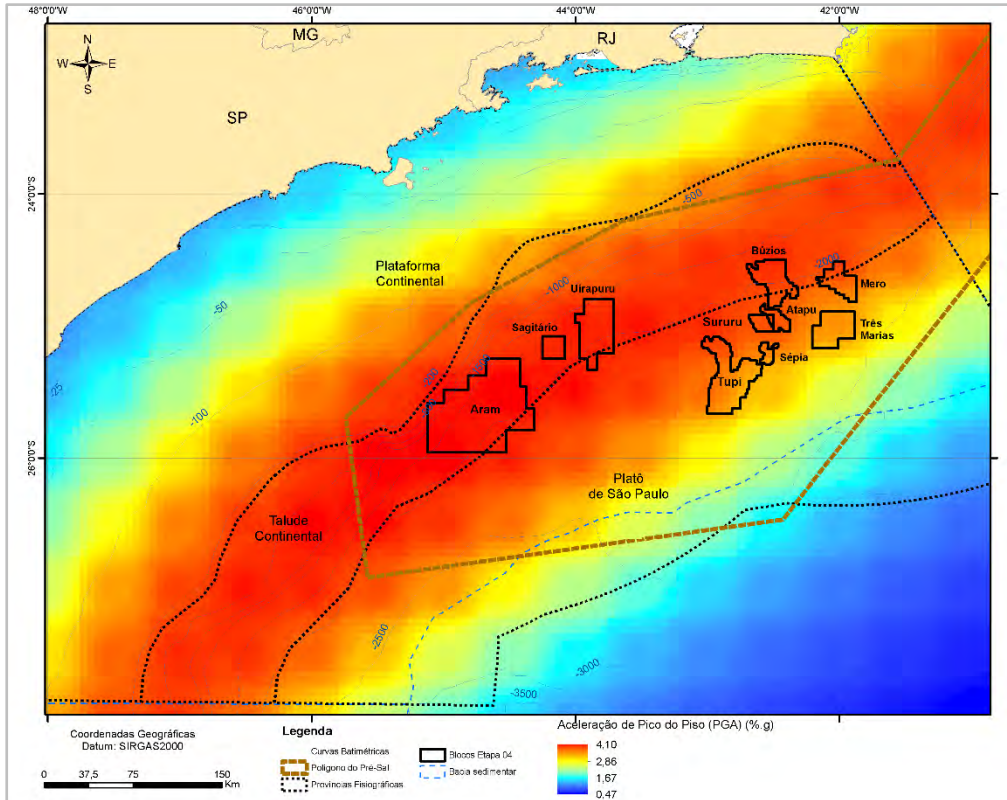


Figura II.5.1.1.2-34– Mapa da aceleração sísmica de pico (em %g) com uma probabilidade de excedência de 10% em 50 anos na área do Etapa 4.

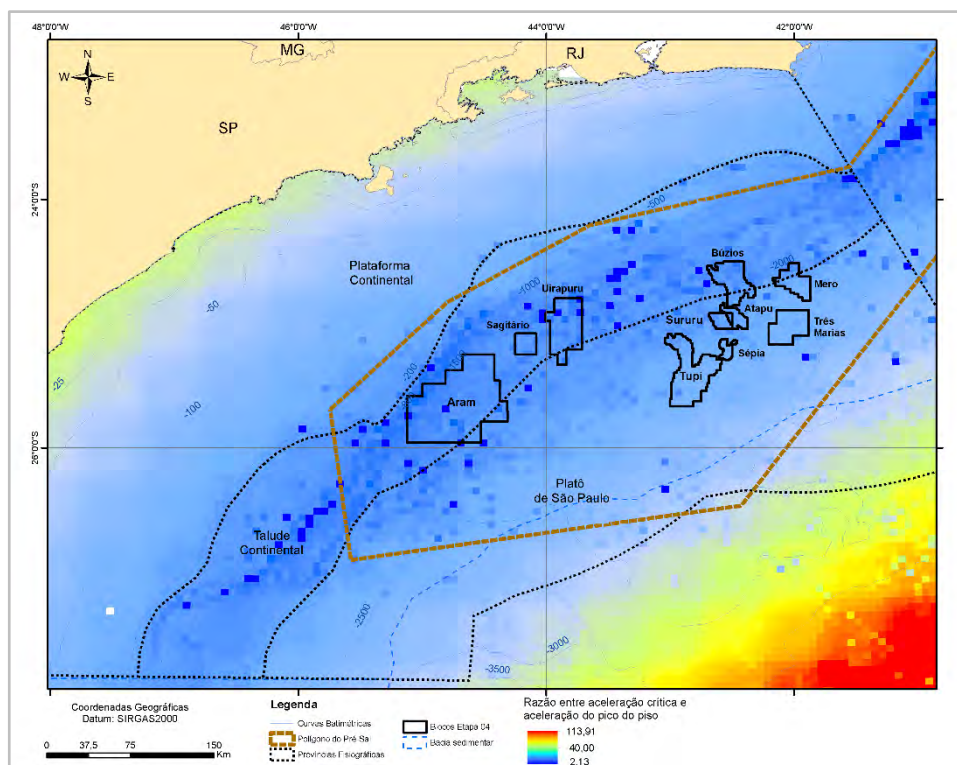


Figura II.5.1.1.2-35– Valores calculados da razão entre ac (Figura II.5.1.1.1.2-31) e a aceleração de pico do piso PGA com uma probabilidade de excedência de 10% em 50 anos na área do Etapa 4 (Figura II.5.1.1.1.2-32). As cores mais quentes correspondem à maiores valores da razão, e cores mais frias correspondem à valores maiores. Os valores mais baixos dessa razão representam uma maior susceptibilidade à ruptura durante carregamento sísmico.

De uma forma geral, os dados obtidos nos estudos desenvolvidos pela PETROBRAS/CENPES/PDEP/TEO (2015) buscaram estimar o risco associado com deslizamentos submarinos induzidos por sismos, através da apresentação de um procedimento para lidar com a análise de ameaça, como parte da avaliação de risco relacionada com a instabilidade sísmica de talude submarinos na área do Etapa 4.

Em resumo, pode ser notado um perfil de adensamento normal dos sedimentos na maior parte da área estudada, com exceção das áreas mais íngremes com a exposição de estratos mais antigos e de maior resistência, onde ocorre um forte sobreadensamento dos sedimentos já próximo à superfície do fundo do mar.

Considerando apenas condições de poro-pressões hidrostáticas nos sedimentos, na ausência de mecanismos de disparo, a análise de estabilidade sugere que o piso marinho pode ser considerado estável sob carregamento estático na situação atual de nível de mar alto. São necessárias razões de sobrepressão maiores do que 0,43 para instabilizar taludes de 2° de inclinação. Altos excessos de poro-pressão são difíceis de serem gerados nessa área onde ocorre uma acumulação lenta de sedimentos (<15 cm/1.000 anos).

O carregamento produzido por tal deposição lenta de sedimentos não é nem rápido o suficiente para provocar excessos de poro-pressão significativa onde a sobrecarga é grande, nem para induzir fluxo de fluidos suficiente ou transferência de pressão para áreas de menor sobrecarga para diminuir a estabilidade nos pés de taludes. Apenas onde as propriedades de adensamento forem extremas, sobrepressão suficientemente elevada pode ser gerada.

Por isso, as recomendações desse estudo apontaram para a necessidade estudos adicionais de medição de poro-pressão *in situ*, os quais são necessários para melhor acessar a estabilidade de taludes da área mediante a aplicação da gravidade.

Entretanto, em algumas faixas mais inclinadas do fundo marinho bastante deformadas pela tectônica de sal, onde houve o efeito combinado de soerguimento e erosão subsequente em estratos de solo normalmente adensados sobrejacentes às rochas salinas, instabilidades localizadas induzidas gravitacionalmente podem ser esperadas.

Foi também estimada a razão entre a aceleração crítica e a aceleração de pico do piso, de modo a fornecer um parâmetro útil para expressar uma margem de segurança contra deslizamentos submarinos induzidos por terremotos. Os valores para essa razão resultaram em geral elevados, já que a ameaça sísmica na região pode ser considerada baixa, com acelerações de pico do piso de até 40,26 cm/s² previstas para um período de retorno de ~475 anos, o que corresponde a uma probabilidade de excedência do movimento do chão de 10% em um intervalo de tempo de 50 anos de exposição.

A.14. Mapa Batimétrico/Faciológico

O Mapa Batimétrico/faciológico regional referente à área do Polo Pré-Sal, bem como as feições geomorfológicas, estão apresentados na **Figura II.5.1.1.2-36**. Vale salientar que para a confecção deste mapa foram compiladas informações do Projeto REMAC (1979) e da Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN, de modo a garantir a confiabilidade dos dados apresentados ainda foram agregados ao mapa dados de amostras geológicas representativas.

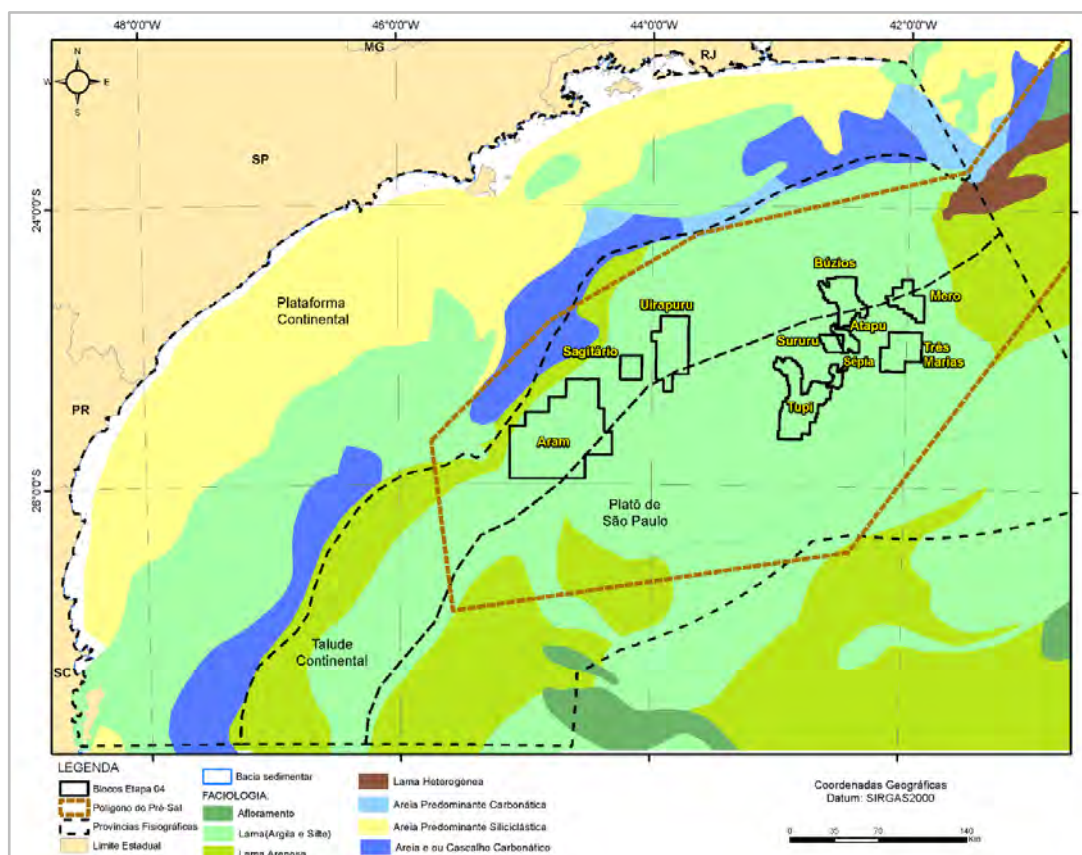


Figura II.5.1.1.2-36– Caracterização geológica e geomorfológica.

A.15. Possibilidade de Zonas de Alta Pressão no Trajeto das Perfurações

A PETROBRAS possui padrões e equipe especializada em Segurança de Poço, com diretrizes para a detecção de *kick*, fechamento e controle de poço em operações de perfuração, completação, intervenção, avaliação e abandono de poços de petróleo em unidades flutuantes, ancoradas ou de posicionamento dinâmico, equipadas com BOP submarino. Todos os detalhes sobre materiais e equipamentos mínimos exigidos nas unidades marítimas, medição e registro da pressão reduzida de circulação dos fluidos no poço e dos procedimentos da PETROBRAS para fechamento do poço são conhecidos pelas equipes responsáveis.

Também existem procedimentos para treinar as equipes das unidades marítimas na detecção de indícios primários de *kick*, para que sejam capazes de avaliar a sequência de fechamento de poço em cada cenário. Destaca-se ainda que são previstos pelo menos um simulado de *kick* na primeira semana de cada equipe embarcada, sempre condicionado como premissa o fato do BOP conectado ao poço e simulado de *hang-off*, e um simulado de controle de poço para poços em perfuração na fase anterior aos reservatórios previstos em projeto após a descida e cimentação do revestimento e imediatamente antes do corte da sapata.

Sendo sempre previsto a revisão do programa do poço pela fiscalização da PETROBRAS e operador da sonda para identificar riscos potenciais de *kick* e *blowout*, a conferência dos procedimentos de segurança de poço (planos de emergência da sonda) e a verificação da capacitação em controle de poço de todos os trabalhadores envolvidos nas operações. A PETROBRAS exige a certificação em controle de poço assim como o atendimento das normas internacionais e as melhores práticas da indústria.

B. Geologia e Geomorfologia Local

A caracterização geológica e geomorfológica local foi realizada com base nos dados primários coletados durante a execução dos levantamentos geológico e geofísico da Região do Pré-Sal. Estes levantamentos visam detalhar a geologia do fundo e do sub-fundo marinho nas áreas onde serão desenvolvidas as atividades do Etapa 4.

As informações foram integradas e resumidas a partir dos seguintes estudos elaborados pela PETROBRAS:

- Geologia e Geomorfologia Regional, parte do Estudo Ambiental da Bacia de Santos (MINERAL/PETROBRAS, 2016);
- Caracterização Geológica e Geomorfológica para estudo de licenciamento ambiental – Polo Pré-Sal – Etapa 3 (PETROBRAS, 2017);
- Análise da Ameaça de Instabilidade Sísmica de Taludes Submarinos na área do Etapa 3 (PETROBRAS, 2015a).
- PETROBRAS, Projeto de Caracterização Regional da Bacia de Santos (PCR-BS). CENPES/PDIDMS/SE/MCA, *no prelo*.

B.1. Considerações Gerais

Os empreendimentos do Etapa 4 serão compostos por 13 projetos de DP, sendo:

- 1 Projeto de DP de curta duração, DP de Mero FR, que foi concebido para capturar a oportunidade de aproveitar o contrato da FPSO Pioneiro de Libra, que foi afretada até 2029 para realizar TLD's e SPA's no campo de Libra, mas que já deverá ter concluído essas atividades até 2024;
- 12 projetos de Desenvolvimentos de Produção (DP) e seus sistemas de escoamento.

Os blocos onde os FPSOs e arranjos submarinos estão previstos para serem instalados em profundidades variando de 240 m a 2400 m, aproximadamente. Os DPs a serem licenciados são:

- DP de Búzios 9
- DP de Búzios 10
- DP de Búzios 11
- DP de Búzios 12
- DP DE Sururu
- DP de Sépia 2
- DP de Atapu 2
- DP de Mero FR
- DP de Uiarapuru 1
- DP de Três Marias
- DP Sagitário
- DP Aram 1
- DP Revitalização de Tupi 1

A área proposta para estes projetos (**Figura II.5.1.1.2-37**) foi caracterizada utilizando-se dado sísmico 3D. Adicionalmente foram caracterizados dados geofísicos de alta frequência como sonar de varredura lateral (*Side Scan Sonar – SSS*), sísmica rasa (*Sub Bottom Profile – SBP*) e batimetria multifeixe (*Multibeam*), quando disponíveis. Adicionalmente, foram utilizados dados provenientes de campanhas de investigação geológica e geotécnica (**Figura II.5.1.1.2-38**), tais como ensaios *in situ* do tipo PCPT e amostragens com ensaios de campo e laboratório.

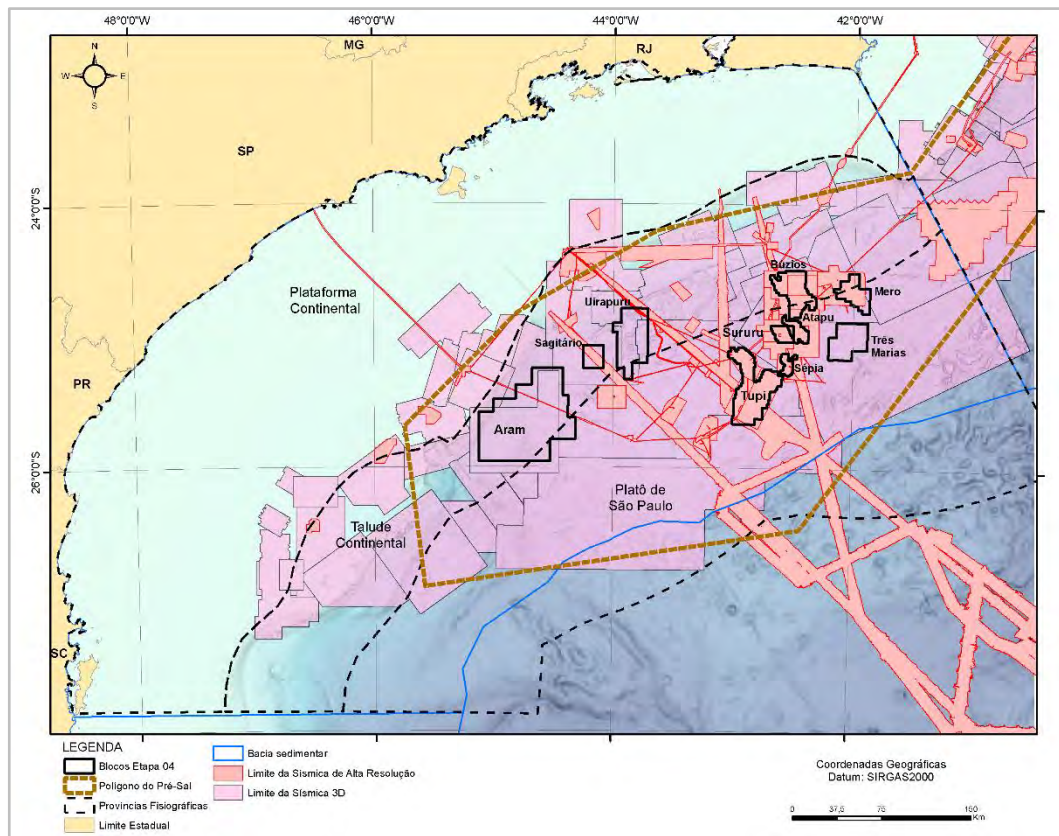


Figura II.5.1.1.2-37– Área de Estudo com respectivos limites das técnicas de levantamento de dados sísmicos utilizados para interpretação faciológica e fisiográfica. (Polo Pré-Sal Etapa 4).

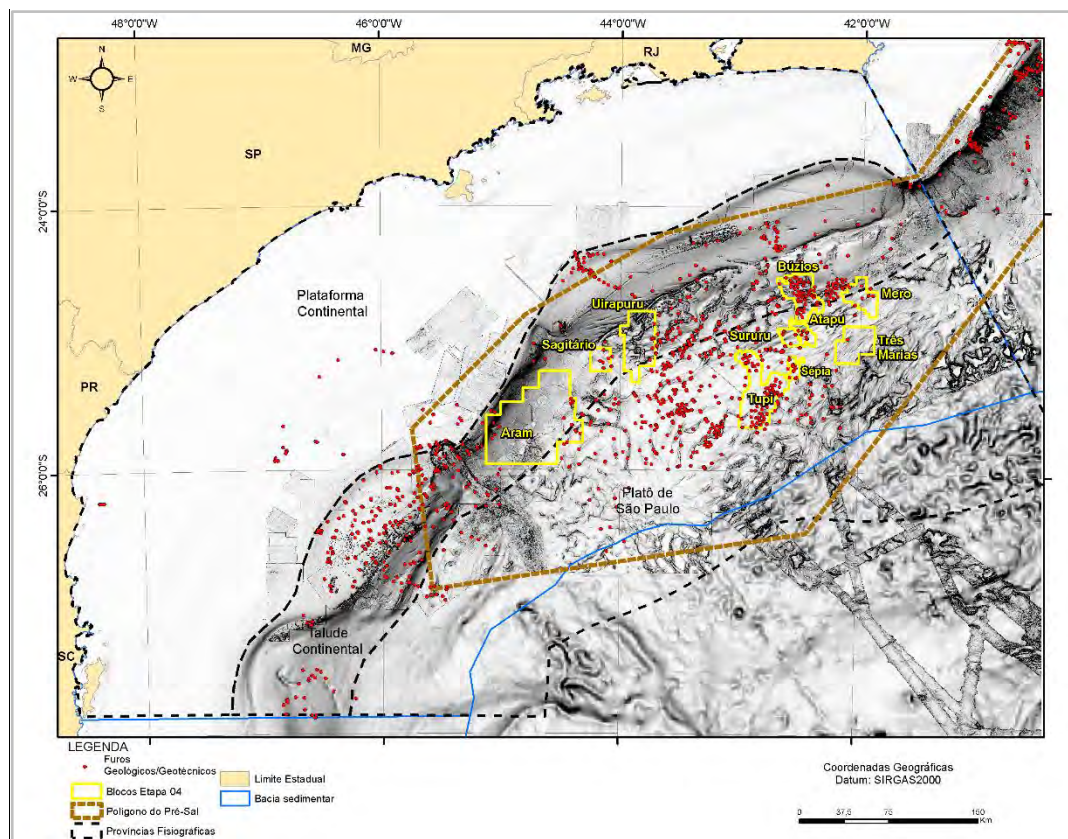


Figura II.5.1.1.2-38 – Mapa da morfologia do fundo do mar utilizando a representação de edge detection da sísmica 3-D, com a localização de furos de sondagem geológico geotécnicos profundos.

B.2. Geologia Estrutural

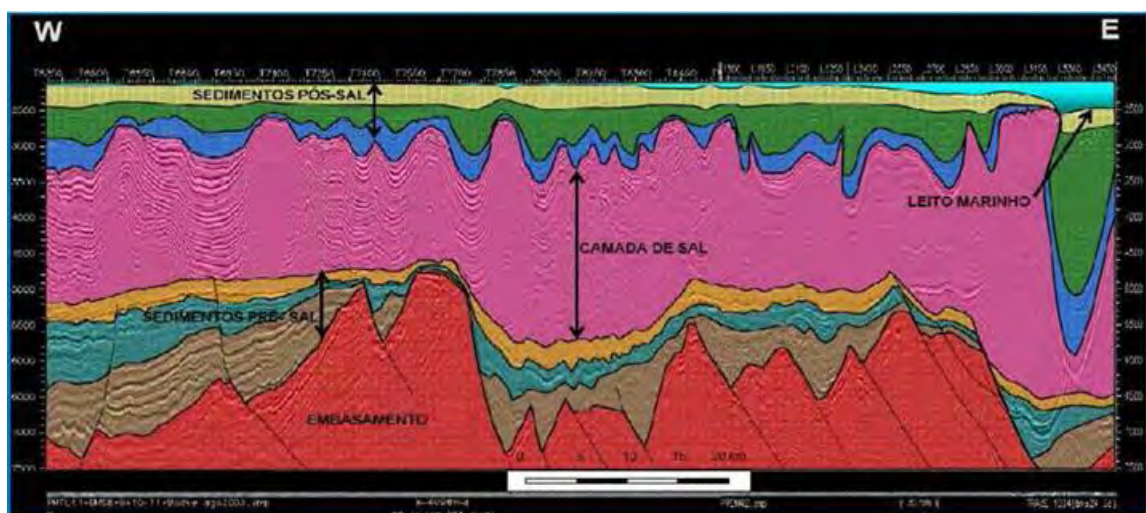
A região do empreendimento está localizada na porção Central do Platô de São Paulo, próximo ao limite com o talude continental, no limite das sub-bacias denominadas de Embaiamento Norte e Embaiamento Sul, na Zona de Transferência de Curitiba (MINERAL/PETROBRAS, 2013).

As espessuras de rifte podem atingir até 4 km, sendo que os depocentros formam uma trama em xadrez dos prismas formados pelos blocos de meio-graben preenchidos, intercalados por *horsts*. A grande maioria dos falhamentos da Fase Rifte desaparece na sequência transicional (evaporitos do Aptiano) e na sequência pós-sal (sedimentos marinhos).

O trapeamento de petróleo é predominantemente de natureza estrutural. O selo é dado por uma espessa camada de sais evaporíticos, com cerca de 2.000 m de

espessura. No alto estrutural, correspondente a acumulação de hidrocarbonetos da área de Tupi, não são visualizadas descontinuidades da camada de sal, que poderiam constituir-se em zonas de escape de hidrocarbonetos para os reservatórios superiores.

Com relação à tectônica salífera, a área está posicionada dentro do domínio compressional, com predomínio de grandes paredes de sal e minibacias na sua porção noroeste e diápiros e estruturas compressionais com dobras assimétricas na porção sudeste. Os domos nesta área chegam a ser perfurantes em relação às sequências posteriores, mas não afloraram no fundo do mar (**Figura II.5.1.1.2-39**).



Fonte: Modificado de Mohriak *et al.* (1995).

Figura II.5.1.1.2-39 – Seção estratigráfica típica da área do Polo Pré-Sal, ilustrando feições halocinéticas relacionadas à progradação clástica maciça, formando diápiros de sal em águas profundas.

B.3. Estratigrafia

A partir dos dados obtidos elaborados pela MINERAL/PETROBRAS (2016), pode-se caracterizar a estratigrafia da área de estudo pelas seguintes fácies sedimentares:

- Sedimentos de idade Terciária (Formação Marambaia), representados por uma espessa seção de argilitos e folhelhos com intercalações de arenitos finos;

- Sedimentos de idade Senoniana (Fácies Itajaí predominantemente) caracterizados por espessa seção pelítica de idade Cenomaniana e Maastrichtiana;
- Sedimentos de idade Albiana/Cenomaniana representados por folhelhos, margas e calcilitos de ambiente distal (Fácies Itanhaém e Guarujá);
- Sequência Evaporítica Aptiana (Formação Ariri);
- Calcilitos e coquinas do topo da Sequência Rifte correlatas as coquinas reservatórios da Formação Lagoa Feia (Bacia de Campos) sobrepostos a folhelhos e arenitos da Formação Guaratiba;
- Basaltos da Formação Camboriú.

A coluna estratigráfica formal da Bacia de Santos e os Sistemas Petrolíferos associados encontram-se detalhados na Caracterização Geológica e Geomorfológica Regional (MINERAL/PETROBRAS, 2016).

B.4. Características Fisiográficas e Faciológicas

A Bacia de Santos situa-se na margem continental da região sudeste do Brasil, entre os paralelos 23° e 28° sul, ocupando uma área de cerca de 350.000 km² até a cota batimétrica de - 3000 m. Abrange os litorais dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, limitando-se ao Norte com a Bacia de Campos, que apresentam muitas similaridades na evolução estrutural e estratigráfica, pelo Alto de Cabo Frio, e ao sul com a Bacia de Pelotas pela zona de fratura de Florianópolis.

A margem continental foi classificada por ZEMBRUSCKI (1979) em três principais domínios fisiográficos: plataforma continental, talude continental e Platô de São Paulo.

A Plataforma Continental apresenta largura média de 150 km, possui relevo suave e monótono, com declividade média em torno de 0,5 grau. O limite externo com o talude continental ocorre em média na cota batimétrica de - 200 m. Essa região é normalmente afetada por correntes submarinas que geram remobilização de sedimentos e localmente podem ocorrer feições erosivas.

O talude continental possui declividade média em torno de 2 graus, mas podem ocorrer declividades superiores a 30 graus. Declividades elevadas são provenientes da presença localizada de flancos de cânions e ravinas.

O Platô de São Paulo é uma província fisiográfica de grande envergadura regional e encontra-se localizado entre o talude continental e a elevação continental. Apresenta uma área de aproximadamente 130.000 km² sendo dividido, segundo suas características fisiográficas, em porção norte e porção sul. A porção sul, onde está localizada a área de estudo, está limitada pelo talude continental inferior, à profundidade de - 1800 m, e pelas escarpas externas leste (- 3200 m) e sul (- 3600 m). O micro relevo da porção sul é recortado, ondulado e intumescido, profundamente influenciado pela halocinese, ou seja, pela movimentação de corpos salinos (ZEMBRUSCKI, 1979).

Em relação à faciologia, tem-se que na Plataforma Continental predominam os sedimentos arenosos de composição siliciclástica mais próximo à costa, passando a areias bioclásticas/biodetríticas em direção à borda da plataforma. Ocorrem ainda localmente alguns corpos lamosos de origem fluvial. Na parte próxima à costa, alternam-se areias siliciclásticas e areias e/ou cascalhos carbonáticos, passando a areias bioclásticas e bioconstruções calcárias (rodolitos) próxima à quebra da plataforma. No restante do leito marinho da bacia (talude continental e Platô de São Paulo) são encontradas principalmente as margas (30 a 60% de CaCO₃) e as lamas de diversas naturezas. Localmente pode ser encontrada a presença de areia fina interdigitando os sedimentos mais finos (**Figura II.5.1.1.2-40**).

As cristas e lineamentos normalmente ocorrem sob a forma de faixas que circundam pequenas bacias, sendo que estas feições podem ser facilmente visualizadas nas imagens de *edge* das áreas analisadas e estão distribuídas aleatoriamente.

O solo marinho (faciologia) da área é composto predominantemente por uma sedimentação lamosa hemipelágica e localmente lama rija (lama mais adensada que o normal). A lama rija normalmente apresenta-se no fundo marinho pelo soerguimento devido à movimentação dos corpos salinos. Entende-se por lama como uma mistura em quaisquer proporções de sedimentos de granulometria nas frações argila e silte com maior ou menor percentual de CaCO_3 em sua composição.

De acordo com os diversos testemunhos adquiridos na área de estudo, esta lama tem composição variando entre rica a muito rica em carbonato (marga), ou seja, teor de CaCO_3 variando de 18 a 60% e apresenta Idade Pleistocênica Superior a Holocênica e está depositada em forma de camada homogênea (*drape*) contínua recobrando sedimentos mais antigos.

B.5. Mapa Batimétrico / Faciológico

Este item será apresentado quando os arranjos submarinos dos projetos do Etapa 4 estiverem disponíveis.

B.6. Caracterização Geotécnica

Para a caracterização geotécnica foi considerado o grande conjunto de dados de Geologia e Geotecnia atualmente disponíveis na área de estudo e que foram utilizados na Análise de Ameaça de Instabilidade Sísmica de Taludes Submarinos na área do Polo Pré-Sal – Etapa 4 (PETROBRAS, 2015a).

Na ocasião do estudo anteriormente citado, foram avaliados dados de solo provenientes de quatro campanhas de investigação geológico-geotécnicas de campo executadas pela PETROBRAS através da empresa contratada Fugro-McClelland Marine Geosciences, Inc.: três com o navio de perfuração geotécnica

M/V “Explorer” (de 24 de abril a 31 de julho de 2005, de 26 de novembro de 2007 a 24 de fevereiro de 2008 e de 12 de março de 2011 a 08 de janeiro de 2013), e uma com o navio SRV “Bavenit” (ocorrida de 17 a 27 de abril de 2010).

Foram realizadas 122 (cento e vinte e duas) amostragens para finalidades geotécnicas com Jumbo Piston Corer (furos sigla JPC, SC e K) e 65 (sessenta e cinco) amostragens para fins de Geologia (furos sigla GL).

As amostragens feitas com STACOR® (furos SC) obtiveram recuperações entre 15,6 m (SC-904) e 17,2 m (locação do SC-903), ambos executados no Nordeste do Campo de Lula. E a amostragem geotécnica executada com o amostrador de gravidade Kullenberg (furo K-907 no Campo de Cernambi), obteve uma recuperação de 6,8 m.

Com exceção da campanha de 2010, as amostras recuperadas foram perfiladas usando o equipamento MSCL-S (Multi-Sensor Core Logger), da empresa GeoTek. Densidade (pelo método de atenuação de raio-gama), velocidade ultrassônica (onda-P), susceptibilidade magnética e resistividade elétrica foram medidas em intervalos de 2 cm em cada testemunho, fornecendo perfis altamente detalhados. O conjunto de resultados possibilitou que tanto avaliações quantitativas quanto qualitativas fossem feitas sobre a qualidade das amostras, além de auxiliarem a interpretar as propriedades geotécnicas em cada locação.

Em relação a segurança das operações de exploração e exploração de hidrocarbonetos, para a instalação de equipamentos submarinos e de sistemas de ancoragem das UEPs no fundo marinho, realizam-se estudos geológicos e geotécnicos específicos para identificar a presença de aspectos que possam comprometer os resultados das operações previstas e/ou a integridade dos equipamentos a serem instalados. Para tanto, análises geofísicas, geológicas e geotécnicas integradas são conduzidas para evidenciar possíveis áreas instáveis, no sentido de identificar as áreas críticas a serem evitadas. Dentre os aspectos, destacam-se:

- a - batimetria e gradientes de inclinação do solo marinho;
- b - composição e resistência do solo marinho, bem como a verificação da existência de acumulações coralíneas e o seu mapeamento em casos afirmativos;

- c - ocorrência de estruturas geológicas, tais como (i) falhas profundas que alcançam o fundo marinho, (ii) falhas da seção rasa, e (iii) zonas de fraturas;
- d - indícios de exsudações de hidrocarbonetos observados no fundo marinho;
- e - ocorrência de acumulação de gás em subsuperfície, na seção rasa, e também a possibilidade de existência de hidrato de gás;
- f - previsão litológica de subsuperfície, até cerca de 200 m abaixo do fundo marinho;
- g - presença de horizontes, em subsuperfície, que representem um aumento de adensamento;
- h - ocorrência de areias confinadas e/ou zonas de pressão anormal.

Utilizam-se como ferramentas para a verificação as sísmicas 2D e 3D, sísmica de 3,5 kHz (SBP – *sub-bottom profile*), registros sonográficos regionais e de alta frequência, registros batimétricos regionais e de alta frequência, imagens e registros digitais obtidos por veículo submarino operado remotamente (ROV) em inspeções do fundo marinho, amostras do fundo marinho (piston cores) e testemunhos geológicos, até de 200 m de profundidade, além dos dados de furos geotécnicos.

Especificamente sobre desestabilização dos sedimentos, sabe-se que a segurança de um talude natural depende de muitos aspectos, incluindo (mas não limitados a) geometria do talude, resistências ao cisalhamento drenada/não-drenada do solo e regime de poro-pressão *in situ*. Fatores pré-condicionantes e fontes de disparo naturais potenciais para a ocorrência de deslizamentos na área do Polo Pré-Sal da Bacia de Santos foram identificados e avaliados, como por exemplo, excesso de pressão de poros e indução por ondas de tempestade. Comparado a outras margens continentais do mundo, o Talude Continental da Bacia de Santos tem taxas de sedimentação muito baixas (média pós-glacial de 2,2 cm/1000 anos). Além disso, as amostras e os dados sísmicos não indicaram a presença de gás raso. Portanto, excessos de poro-pressão são altamente improváveis de se desenvolver. A instabilidade induzida por ondas de tempestade também pode ser descartada na região do Etapa 4 do Polo Pré-Sal, onde o efeito da onda só será sentido próximo à superfície do mar, devido ao decaimento exponencial da velocidade das partículas.

Logo, os estudos de estabilidade avaliaram a susceptibilidade a movimentos de massa submarinos do tipo translacionais rasos, considerando a atuação do carregamento estático (apenas a aceleração da gravidade) sob condições do solo completamente drenada, e não-drenada, bem como a atuação do carregamento pseudo-estático (ação de sismos). O trabalho foi desenvolvido através da ferramenta de álgebra matricial de uma aplicação SIG (Sistema de Informações Geográficas), apresentando como resultado a variação espacial de fatores de segurança (FS) para toda a área do projeto. O cálculo determinístico de FS se baseou no método do equilíbrio limite – formulação de talude infinito submerso unidimensional, na qual o deslizamento planar de uma massa de solo ocorre em uma superfície de ruptura que é paralela à superfície do fundo do mar. Além da geometria do fundo marinho (declividade), que é o parâmetro de maior peso no cálculo, foram incorporadas as propriedades mecânicas do solo.

Mediante a aplicação exclusiva do carregamento gravitacional (caso estático), toda a área se apresentou com fatores de segurança acima de 1,50, indicando a necessidade de carregamentos externos significativos para promover a instabilidade sedimentar. Do ponto de vista do potencial de disparo de deslizamentos pela ocorrência de acelerações associadas a abalos sísmicos, a margem continental passiva do Sudeste do Brasil pode ser considerada assísmica, embora a análise pseudo-estática tenha indicado poucas áreas de potencial instabilidade ($FS < 1$), com volumes de materiais passíveis de deslizar também muito pequenos, gerando distâncias de corrida provavelmente muito curtas, além de se localizarem em pontos que não influem em rotas de dutos, poços, fundações e demais infraestruturas submarinas. Verifica-se, então, que nas condições de nível de mar atual (mar alto) não se reconhece a hipótese de os sedimentos da borda da plataforma serem mobilizados até a região do empreendimento submarino.

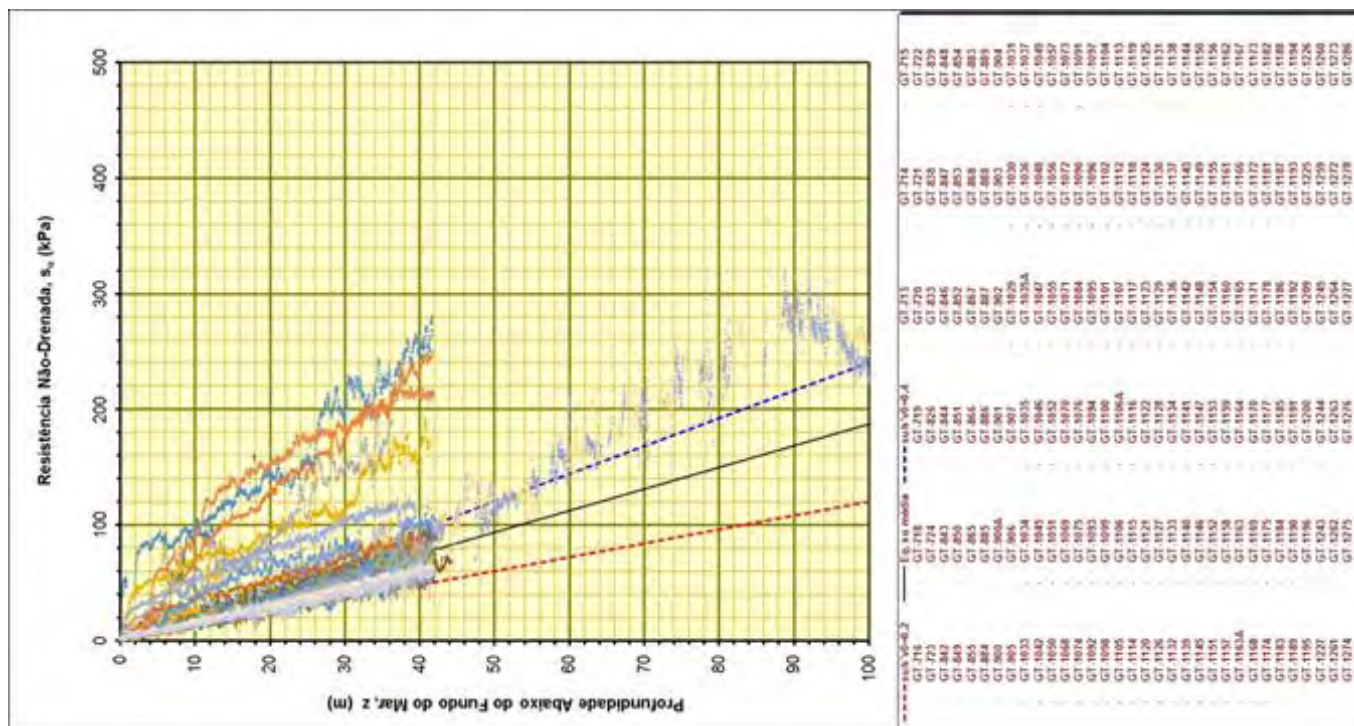
Em geral, as condições do solo no leito marinho na área do Etapa 4 se mostraram aproximadamente uniformes de ponto a ponto, consistindo principalmente de argila de consistência muito mole no fundo do mar a média ou rija na profundidade de término das amostragens com JPC (principalmente margas – 30 a 60% de $CaCO_3$ – e lamias de diferentes tipos e naturezas). Localmente foi encontrada a presença de areia interdigitando os sedimentos mais finos.

No estudo da PETROBRAS (2015b), apresentado em detalhes no item de **Sismicidade no Estudo Ambiental da Bacia de Santos**, obteve-se ainda o mapa de fatores de segurança (FS) e Aceleração Crítica (a_c) para a área do Etapa 4. Para isso foram integrados dados morfológicos, sedimentológicos, geotécnicos, geofísicos e sismológicos, complementados com a modelagem de estabilidade de taludes em um Sistema de Informações Geográficas, em uma abordagem multidisciplinar. Em resumo, foram apresentadas as propriedades geotécnicas de densidade e resistência ao cisalhamento não-drenada dos sedimentos, e uma análise de estabilidade do fundo marinho da área do Etapa 4.

Notou-se um perfil de adensamento normal dos sedimentos na maior parte da área estudada, com exceção das áreas mais íngremes com a exposição de estratos mais antigos e de maior resistência, onde ocorre um forte sobreadensamento dos sedimentos já próximo à superfície do fundo do mar (**Figura II.5.1.1.2-41**).

Alguns *geohazards* têm uma influência direta no layout do campo e projetos de Engenharia, devendo ser considerados no projeto do arranjo submarino. Há uma interrelação entre alguns *geohazards*, como por exemplo a associação de *pockmarks* com falhas e estruturas de sal, que atuam como caminhos de fluxo para a expulsão de fluidos, assim como o diapirismo de sal e a presença de argilas normalmente mais resistentes próximas ao fundo marinho.

O diapirismo do sal não é considerado propriamente um *geohazard*. Entretanto, a morfologia afetada pela movimentação do sal pode influenciar o desenvolvimento do layout das estruturas de produção no campo e os projetos de fundações para início de poço e ancoragem de unidades flutuantes de produção. O soerguimento do sal e a erosão subsequente do fundo do mar fazem com que camadas de argila de consistência rija a muito rija de camadas mais antigas possam ser expostas na superfície.



Fonte: PETROBRAS (2015a).

Figura II.5.1.1.2-41 – Perfis em função da profundidade abaixo do piso marinho de resistência não-drenada estimados a partir dos ensaios de PCPT in situ executados na área de estudo.

Do ponto de vista de estabilidade de taludes é necessário avaliar a presença ou não dos potenciais mecanismos de detonação de movimentos de massa. Estes processos podem ser:

- Redução da resistência ao cisalhamento dos sedimentos induzido por deformação cisalhante – Deslizamento retrogressivo.
- Dissociação de hidratos de gás metano (induzida por mudanças climáticas que promovam aquecimento ou rebaixamento do nível do mar).
- Sobrecarga imposta pela taxa de sedimentação intensa capaz de gerar excessos de poro-pressão.
- Aceleração da gravidade, num processo estático.
- Mudança da inclinação do talude devido a processo de elevação de diápiros de sal.
- Carregamento dinâmico induzido por acelerações decorrentes de sismos.

O processo decorrente da redução da resistência ao cisalhamento dos sedimentos devido à deformação de cisalhamento induzida ao solo é um dos mecanismos que podem levar à redução no fator de segurança quanto ao escorregamento do talude. Caso a sensibilidade do material seja elevada, a redução no fator de segurança pode chegar a uma condição de ruptura generalizada no maciço. Se a sensibilidade do solo for alta, um evento inicialmente pequeno de deslizamento pode evoluir para um grande deslizamento retrogressivo. A sensibilidade do solo da região envolvida no Etapa 4, obtida através dos resultados das campanhas de investigação geológicas e geotécnicas, indica valores classificados como de baixa a média. Desta forma, podemos afirmar que este não é potencial mecanismo de movimento de massa na região do Etapa 4. Este processo somente ocorre em argilas de alta sensibilidade, normalmente classificadas como argilas sensíveis. Como as argilas existentes no local não podem ser consideradas como argilas sensíveis, conseqüentemente este mecanismo de disparo não apresenta pré-disposição de desencadear um processo de escorregamento na região da Etapa 4.

O segundo mecanismo a ser investigado refere-se à possibilidade de dissociação do hidrato de gás. O hidrato quando presente no subsolo cria uma coesão aparente no sedimento e, devido a isso, aumenta significativamente sua resistência. No caso de haver uma instabilização do hidrato que o faça sofrer um

processo de dissociação, mudando seu estado físico, movimentos de massa de grandes proporções podem ser verificados. Na porção superior da zona de estabilidade do hidrato de gás, a expulsão do gás livre devido a dissociação pode fazer com que o sedimento do talude fique instável, e isso pode ser considerado como uma causa potencial de risco de deslizamento.

A presença de hidratos de gás é frequentemente inferida devido à aparência em perfis sísmicos de um refletor forte, de amplitude negativa e subparalelo ao fundo do mar, conhecido como BSR – *Bottom Simulating Reflector*. Os dados existentes de sísmica 3D, e dos dados de sísmica de alta frequência como sonar de varredura lateral (SSS) e a sísmica rasa (SBP), não evidenciam, nas áreas do Etapa 4 da Bacia de Santos, a presença desse refletor subparalelo ao fundo marinho (BSR) característico de presença de hidratos de gás na região. Desta forma não existe potencial de flutuações rápidas na poro-pressão causadas pela dissociação de hidratos.

É de conhecimento que altas taxas de sedimentação sobre solos argilosos com baixa permeabilidade podem causar o desenvolvimento de excesso de poro-pressão e conseqüentemente instabilização de maciços. Elevadas taxas de sedimentação sobre maciços, funcionam como sobrecarga adicional no terreno criando esforços instabilizantes. Devido ao baixo coeficiente de adensamento dos solos argilosos, são gerados excessos de poro-pressões. As tensões efetiva e conseqüentemente a resistência ao cisalhamento dos solos, que são as responsáveis pela capacidade resistente do maciço, não cresce na mesma proporção ao longo do tempo. Em áreas mais inclinadas, a razão entre a tensão de cisalhamento e a tensão normal efetiva ao longo de superfícies de escorregamentos potenciais aumentará, e a margem de segurança contra a instabilidade do talude será reduzida.

A detonação de processos de movimento de massa por mecanismos decorrentes taxas de sedimentação são características de regiões próximas a desembocadura de rios volumosos, como, por exemplo, o delta do Rio Amazonas, do rio Mississippi e outros. Regiões com reduzidas taxas de sedimentação, como é o caso da região do Etapa 4 aqui analisado, não são acometidos por este risco de detonação de movimento de massa devido a este mecanismo.

Considerando apenas condições de poro-pressões hidrostáticas nos sedimentos e na ausência de outros mecanismos de disparo, a análise de estabilidade sugere que o piso marinho pode ser considerado estável sob carregamento estático na situação atual de nível de mar alto (Fatores de segurança superiores a 1.0). São necessárias razões de sobrepressão superiores a 0,43 para instabilizar taludes de 2° de inclinação. Elevados excessos de poro-pressão não são factíveis de serem gerados nessa área onde, no momento geológico que nos encontramos, ocorre uma acumulação lenta de sedimentos (< 15 cm/1.000 anos). A sobrecarga induzida pela taxa de sedimentação é extremamente baixa, não sendo suficiente para provocar o desenvolvimento de excesso de poro-pressão de magnitude expressiva.

Cabe aqui ressaltar que não existe na prática mundial da Engenharia Geotécnica uma normatização ou um critério pré-estabelecido quanto à definição do fator de segurança mínimo aceitável para empreendimentos de produção de petróleo e gás natural. Em geral as avaliações de segurança quanto a estabilidade dos taludes são calculados em fatores de segurança previamente estabelecidos pelos operadores ou órgãos reguladores, associados a datação dos sedimentos decorrentes de evidências de movimento de massa recente. Neste caso podemos dizer que todos os fatores de segurança estáticos mostram fatores de segurança bastante superiores a condição de instabilidade (FS = 1.0). Além disso foi observada a presença de uma camada holocênica ao longo de toda a região do Etapa 4 que corrobora a condição de estabilidade da região.

A **Figura II.5.1.1.2-42** ilustra o mapa de fatores de segurança obtido através da modelagem matemática na condição estática, considerando condições não-drenadas (tensões totais) para o comportamento do solo.

A estabilidade de taludes é fortemente influenciada pelo ângulo de inclinação do fundo do mar, como evidenciado pelos altos valores de fatores de segurança calculados nas áreas de baixa declividade. Pode ser notado que para o caso estático em condições de poro-pressão hidrostáticas, o fundo marinho na área de estudo pode em sua totalidade ser considerado estável na situação atual de nível de mar alto.

As áreas de menor fatores de segurança estão associados as áreas afetadas por halocinese, notadamente nos flancos de ravinas confinadas por falhas normais

ancoradas no sal. Apenas algumas pequenas áreas muito localizadas e intensamente deformadas pelo diapirismo salino resultaram com um potencial para escorregamentos que pode ser classificado como mais elevado, mesmo assim apresentando coeficientes de ruptura superiores a unidade.

A área do Etapa 4 está localizada a uma distância significativa do limite entre as Placas Sul-Americana e Africana e, conseqüentemente, as falhas e movimentação decorrente do fundo marinho podem ser consideradas como não sendo de origem tectônica interplacas. Observa-se que a maioria das falhas existentes tem origem do processo de diapirização das camadas salinas. Na atualidade o movimento ascendente do sal é bastante lento (em torno de 0,025 mm/ano). Pode-se concluir a partir disso que há um baixo risco de deslocamento de falhas que impactem as estruturas submarinas a serem instaladas, mas há um risco residual devido à intervenção humana (como pela depleção de reservatórios), o que deve ser gerenciado de modo a evitar a ativação de movimentos ao longo de falhas pré-existentes.

Os resultados da análise de estabilidade sugerem ainda que as regiões com maior potencialidade de apresentar rupturas localizadas seriam as paredes de alguma minibacias de sal, no caso em que o processo de movimentação do sal ainda estivesse ativo. Conforme anteriormente dito as taxas de movimentação vertical ascendente calculadas para o sal são extremamente baixas (em torno de 0,025 mm/ano), tornando irrelevante a ameaça de escorregamentos por causa do aumento da inclinação do piso marinho decorrente do soerguimento do sal. Pode-se afirmar que o processo de diapirização na área do Etapa 4 pode ser considerado como congelado. Corroborando com esta avaliação, temos que as datações de sedimentos através do biozoneamento de foraminíferos planctônicos e de nanofósseis calcários sugerem que rupturas nestas áreas foram mais prevalentes há milhares de anos atrás durante períodos de nível de mar baixo, diferente do trato de sistema atual.

Por último, o outro mecanismo conhecido de disparo de movimento de massa é o decorrente de acelerações induzidas por sismos. No domínio marinho, o mecanismo de disparo reportado como mais frequente tem sido o carregamento proveniente de sismos.

As análises probabilísticas de ameaça sísmica realizadas para a Região do Etapa 4 da Bacia de Santos, estimou um valor de aceleração de pico do piso (PGA – *Peak Ground Acceleration*) de 5% da aceleração da gravidade, para uma probabilidade de excedência de 10% em um período de 50 anos de exposição a ameaça sísmica. Nesta condição verificou-se então que a ameaça sísmica é também irrelevante, não exigindo que sejam tomadas medidas mitigadoras ou as estruturas previstas de serem instaladas sejam projetadas para resistirem a este nível de ameaça.

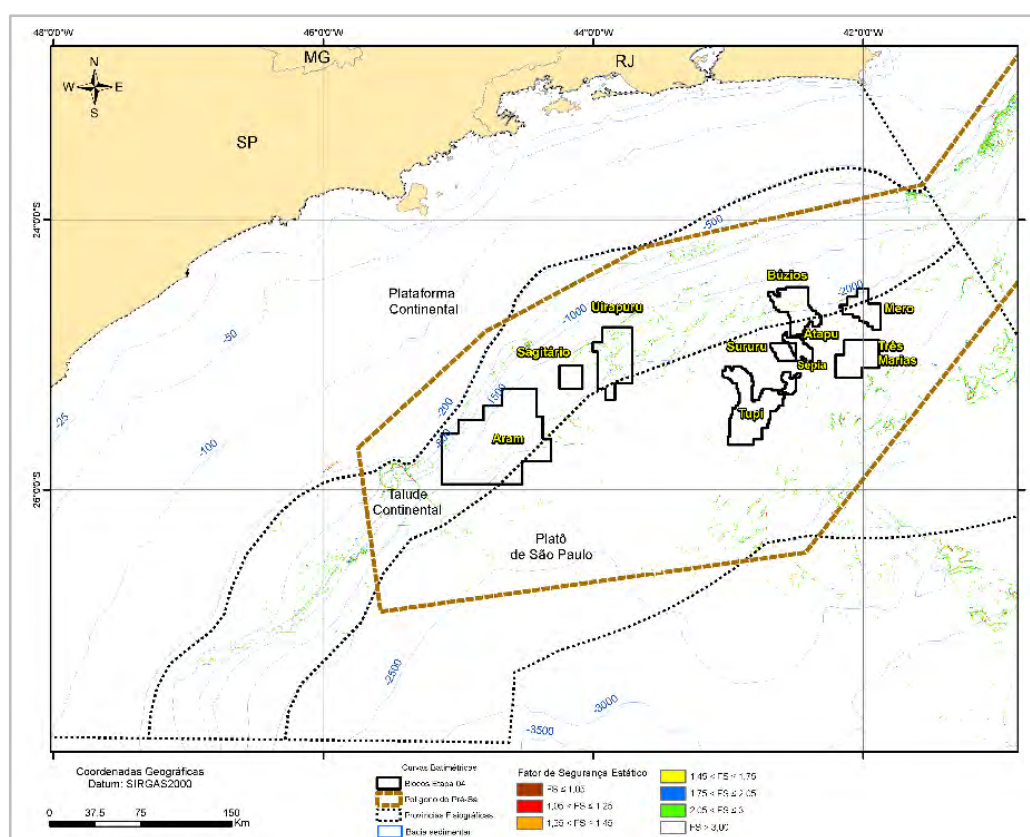


Figura II.5.1.1.2-42 – Mapa de fatores de segurança estáticos contra escorregamentos rasos para a área do Etapa 4 (condições não-drenadas).

II.5.1.4 Paisagem Acústica Submarina

A. Introdução

Esta seção apresenta uma síntese da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (BS) baseada, em sua maior parte, nos resultados do Programa de Monitoramento da Paisagem Acústica Submarina da Bacia de Santos (PMPAS-BS), que faz parte do escopo do licenciamento ambiental dos Projetos de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural no Polo Pré-Sal da Bacia de Santos – Etapa 2 junto a CGPEG/DILIC/IBAMA. O PMPAS-BS tem por objetivos principais quantificar e caracterizar os ruídos hidroacústicos de origem antropogênica associados às atividades de E&P da PETROBRAS na região.

O escopo de levantamento de dados do PMPAS, no seu primeiro ciclo, compreende três vertentes principais: o monitoramento móvel, realizado através de equipamento de navegação autônoma do tipo *glider* e perfiladores acústicos de livre deriva; o monitoramento fixo costeiro, realizado através de observatórios submarinos (OS) rasos instalados em regiões costeiras da Bacia de Santos; e o monitoramento fixo oceânico, realizado com a instalação de linhas de fundeio instrumentadas (LFI) próximas a unidades de produção, rotas de navegação e em áreas com menor intensidade de atividades de E&P.

Este conjunto de dados vem sendo coletado e consolidado desde novembro de 2015. Além do considerável esforço amostral, também faz parte do escopo do PMPAS-BS a elaboração de mapas de ruído resultantes de modelos numéricos de propagação acústica calibrados e validados com dados medidos. Este amplo conjunto de informações e resultados permite uma visão completa e abrangente da paisagem acústica da Bacia de Santos e uma estimativa das principais tendências do ruído na região. Mais detalhes acerca do projeto podem ser encontrados nos relatórios técnicos anuais do PMPAS-BS, disponíveis no site comunicabaciadesantos.com.br.

Além dos dados do PMPAS-BS, foram utilizadas as informações obtidas por meio do Projeto de Monitoramento de Cetáceos na Bacia de Santos (PMC-BS), que, assim como o PMPAS-BS, também foi inicialmente elaborado em atendimento a demandas do processo de licenciamento do Etapa 2, sendo que atualmente

consta como condicionante ambiental de quase 20 licenças de operação de empreendimentos da PETROBRAS na Bacia de Santos.

O monitoramento realizado pelo PMC-BS é realizado por meio de múltiplas técnicas e abordagens, sendo elas: avistagem aérea, avistagem embarcada, monitoramento acústico passivo (MAP) e implantação de transmissores satelitais. Os dados gerados pelo PMC-BS têm contribuído para o melhor conhecimento sobre a distribuição desses animais na Bacia de Santos, além de questões de biologia e ecologia das espécies estudadas. Maiores informações sobre o projeto podem ser obtidas no site comunicabaciadesantos.com.br.

A paisagem acústica de uma região oceânica é resultante da sobreposição das mais variadas fontes de ruído, presentes no ambiente marinho, com o chamado ruído de fundo ou ruído ambiente (*background*), definido como tudo aquilo que sobra quando todos os sinais momentâneos, ocasionais e identificáveis são excluídos. As fontes sonoras podem ser tanto de origem natural, como sinais biológicos (biofonia) oriundos de organismos marinhos (vocalizações de baleias, golfinhos, o som dos peixes e organismos bentônicos) e o ruído ambiental (geofonia) associado a fenômenos naturais (vento, onda, precipitação, sismos, etc.), como de origem humana (antropofonia), o que inclui o tráfego de embarcações, *airguns* sísmicos, explosivos submarinos, estruturas *offshore* dentre outros. Desta forma, o termo “paisagem acústica” tem sido utilizado para descrever a relação entre determinado ambiente acústico e sua composição sonora, incluindo a biofonia, geofonia e antropofonia (**Figura II.5.1.1.2-1**) (PIJANOWSKI *et al.*, 2011).

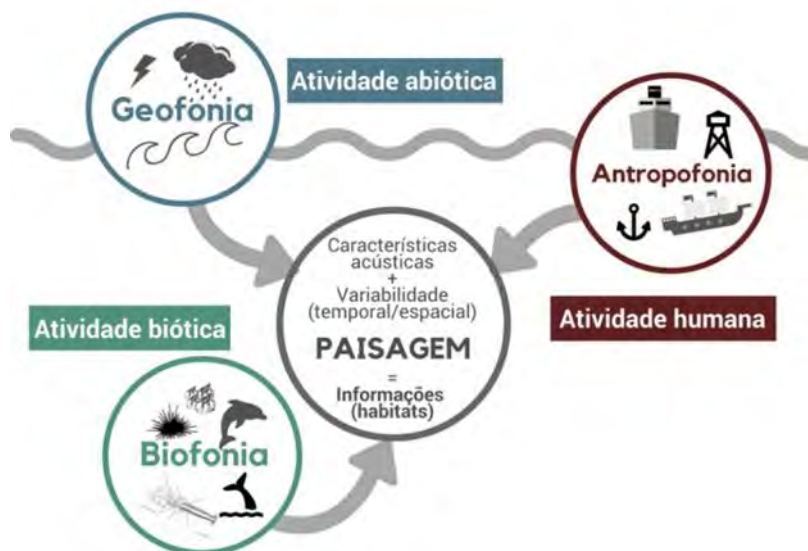


Figura II.5.1.1.2-1– O conceito de Paisagem Acústica Submarina.
Fonte: 4º RT do PMPAS-BS (Petrobras, 2020);
adaptada de ANDRADE (2018).

Além de diferenças quanto a sua natureza e origem, as variadas fontes de ruído que compõem a paisagem sonora possuem assinaturas acústicas típicas, o que permite identificar, em alguns casos, a contribuição de cada tipo de fonte ao ruído ambiente. Testadas empiricamente por décadas, as curvas de Wenz levam em consideração especificamente a contribuição global de variadas fontes sonoras, fornecendo uma estimativa da distribuição em frequência e da contribuição de energia para o nível de ruído ambiente oceânico (BOUFFAUT, 2019). Como as fontes de baixa frequência experimentam pouca atenuação, elas têm um potencial significativo para propagação de longo alcance. O campo de ruído ambiente de baixa frequência, portanto, pode ser um somatório de ruído em toda uma bacia oceânica (HILDEBRAND, 2009).

A **Figura II.5.1.1.2-2** apresenta as curvas de Wenz. Observa-se que a maior parte do ruído antropogênico se concentra na faixa do espectro inferior a 1000 Hz, com maior concentração de energia próximo às bandas de 63 e 125 Hz. O ruído geofônico associado a onda, vento e precipitações se concentra na banda de 500 Hz a 10 kHz enquanto que os ruídos de origem biológica podem ser encontrados em uma faixa bastante ampla do espectro. Por este motivo, os níveis de intensidade sonora (dB ref 1µPa) nas bandas de 63 e 125 Hz do espectro de 1/3 de oitava são

utilizados para monitorar tendências relacionados ao ruído antropogênico, de acordo com as recomendações das diretrizes internacionais para monitoramento da paisagem acústica (DEKELING *et al.*, 2014; JENSEN *et al.*, 2011). Já as bandas de 500 e 1.000 Hz ajudam a caracterizar a influência do ruído geofônico pois tendem a ser mais impactadas por estas fontes (JENSEN *et al.*, 2011; ROSS, 1976).

Desta forma, diferentes tipos de fontes são predominantes em cada uma das seguintes faixas de frequência (HILDEBRAND, 2009):

- Baixa (10 a 500 Hz): dominado por ruídos de origem antropogênica, sobretudo aquele irradiado de navios comerciais e embarcações. Como o ruído de baixa frequência sofre menos atenuação, este tipo de sinal pode se propagar por grandes distâncias;
- Média (500 Hz a 25 kHz): predominância de ruído natural com origem na agitação da superfície do oceano (arrebentação de ondas induzidas pelo vento e precipitação). Secundariamente, embarcações de pequeno porte e sonares de uso militar ou científico também contribuem nesta banda. Estas fontes sonoras têm efeitos mais localizados – da ordem de algumas dezenas de quilômetros – em função da maior atenuação sofrida nesta faixa de frequência;
- Alta (acima de 25 kHz): nesta faixa do espectro a atenuação é extrema de modo que a contribuição das fontes sonoras se limita às suas imediações. A agitação molecular da água na interface dos sensores é um exemplo de fonte nesta faixa do espectro.

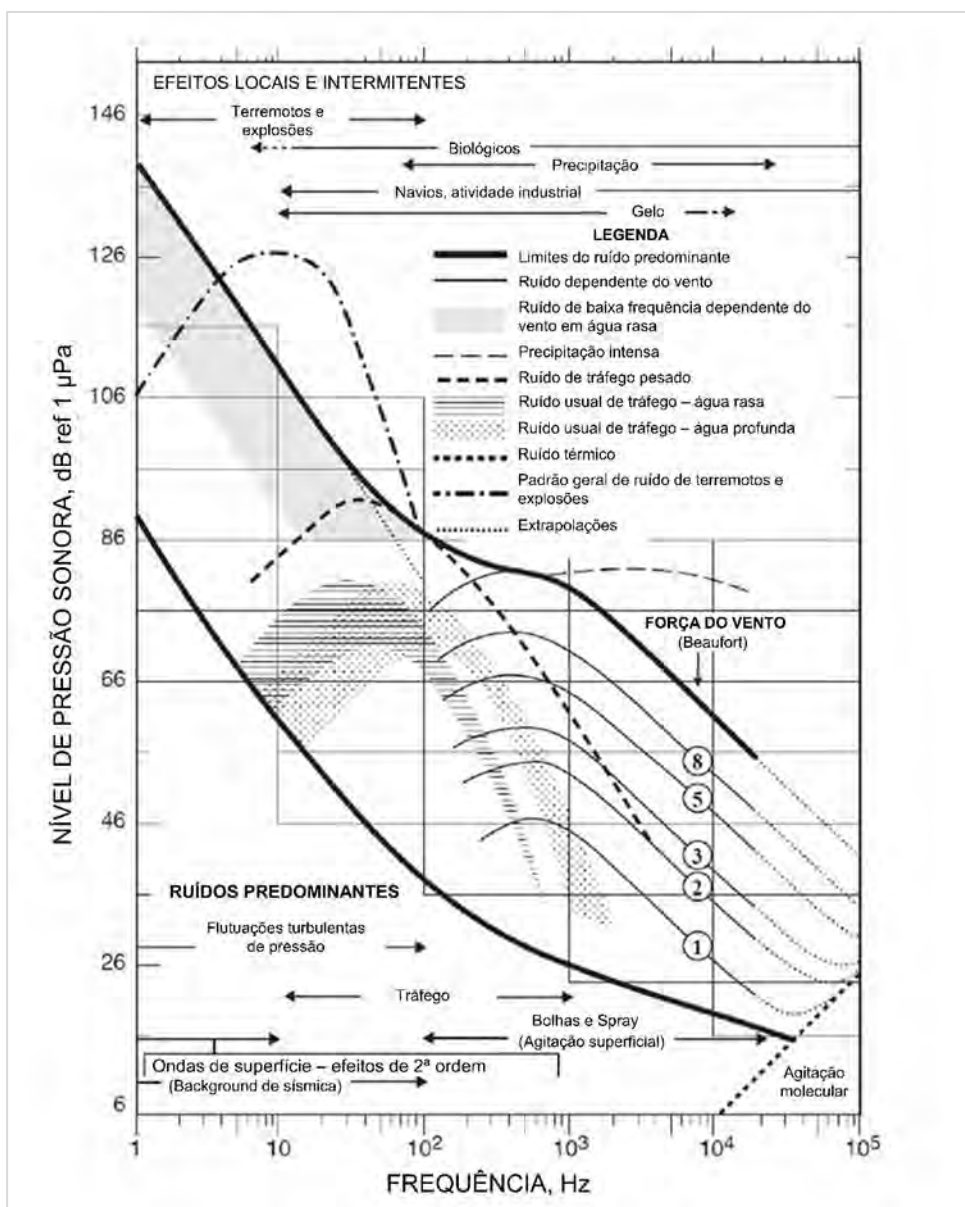


Figura II.5.1.1.2-2– Curvas de Wenz: distribuição em frequência das diferentes fontes de ruído hidroacústico. Adaptado de Kuperman and Roux (2007).

O som emitido por uma fonte se propaga no ambiente oceânico como uma onda mecânica através de sucessivas compressões e distensões do fluido na forma de uma perturbação no campo de pressão. Quanto maior a amplitude desta oscilação de pressão (P), maior a energia associada a esta fonte. O parâmetro acústico mais utilizado na caracterização da paisagem acústica submarina é o nível de pressão sonora (*Sound Pressure Level* - SPL) definido por:

$$SPL [dB \text{ ref } 1\mu\text{Pa}] = 20 \log \frac{P}{P_{ref}} \quad (1)$$

onde P é a amplitude de pressão (μPa), medida por um hidrofone ou estimada matematicamente, e P_{ref} a pressão de referência ($1\mu\text{Pa}$, para água). Para fins de caracterização da paisagem acústica o SPL associado a uma série temporal de pressão $P(t)$ é comumente integrado ao longo de um período de tempo T , uma vez que o interesse é no comportamento médio do ruído e não em sons impulsivos. Este procedimento resulta na chamada raiz quadrada da média dos quadrados da pressão sonora (SPL *Root Mean Square* – SPL_{RMS}) definido por:

$$SPL_{RMS} [dB \text{ ref } 1\mu\text{Pa}] = 20 \log \left(\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T P(t)^2} \right) \quad (2)$$

O nível de ruído dado pelo SPL_{RMS} pode ser estimado considerando uma faixa ampla do espectro de frequência (espectro *broadband*), como por exemplo de 10^0Hz a 10^4Hz , ou para faixas específicas do espectro, como as bandas centradas nas frequências de 63, 125, 500 e 1000 Hz do espectro de 1/3 de oitava. Com isso é possível comparar os níveis de energia contidos em diferentes faixas do espectro de frequência e inferir a magnitude da contribuição dos diferentes tipos de fonte para o ruído global.

A equação do sonar apresentada abaixo é utilizada para representar matematicamente o processo de propagação das ondas sonoras no oceano:

$$RL = SL - TL \quad (3)$$

onde RL (*Received Level*) é o nível sonoro recebido por um hidrofone posicionado a uma distância da fonte sonora, SL (*source level*) é o nível da fonte; TL (*transmission loss*) expressa a perda de transmissão, ou seja, o efeito da distância na atenuação do som e que é fortemente dependente da frequência, sendo os ruídos de baixa frequência os que sofrem menor atenuação. Todas as variáveis da equação são expressas em dB.

Próximo à fonte, o nível de pressão sonora é determinado basicamente pelas características da própria fonte. Contudo, ao se afastarem do ponto de geração, as ondas sonoras sofrem variados graus de atenuação e as características do ambiente tornam-se importantes. A estrutura de temperatura do oceano afeta os caminhos de propagação que o som seguirá, levando à interação com o fundo e a superfície do oceano, determinando a distância até a qual o som efetivamente contribuirá para o ruído ambiente (HILDEBRAND, 2009). O efeito das fontes de ruído sobre a paisagem acústica, portanto, não depende somente da sua distribuição espacial e energia, mas também do ambiente de propagação de som caracterizado por sua batimetria, bem como de propriedades hidro e geoacústicas da coluna d'água e do fundo marinho, respectivamente (ERBE *et al.*, 2015).

B. Características das Fontes

B.1. Antropofonia

Dentre os sinais de origem antropogênica, o ruído gerado pelo tráfego de embarcações é considerado um dos mais significativos e é a fonte de ruído predominante em frequências inferiores a 200 Hz (ROSS, 1976). A cavitação dos propulsores e seus harmônicos é a fonte mais intensa do ruído associado a grandes embarcações e sua assinatura acústica apresenta um espectro de banda larga que é modulado pela taxa de rotação das pás do motor (McKENNA *et al.*, 2012). A assinatura em frequência do ruído de embarcações depende de diversos fatores como o seu porte, sua velocidade, o nível de carregamento da embarcação e da natureza das operações que a embarcação esteja desenvolvendo (HILDEBRAND, 2009).

Na região oceânica da Bacia de Santos, o tráfego de embarcações é uma atividade relevante. O Projeto de Monitoramento do Tráfego de Embarcações da Bacia de Santos (PMTE-BS), implementado em atendimento à solicitação da CGPEG/IBAMA durante processo de licenciamento ambiental do Desenvolvimento da Produção e Escoamento Campo de Sapinhoá Norte (LO 1274/14), vem caracterizando desde 2013 a dinâmica das embarcações de apoio e navios aliviadores que atendem às necessidades logísticas envolvidas nas atividades de

instalação e operação das unidades de perfuração e produção da PETROBRAS. Além da presença de embarcações a serviço da PETROBRAS, cabe destacar que há uma presença significativa de navios a serviço de outras empresas e que tende a ser subestimada uma vez que o universo de embarcações monitoradas de terceiros se restringe àquelas de maior porte. Resultados de detecção de passagem de navios obtidos no escopo do PMPAS-BS mostram que esta presença é particularmente relevante nas regiões de acesso à terminais e infraestrutura portuária (PETROBRAS, 2020).

Os resultados mais recentes do PMTE-BS referentes ao ano base de 2019 são reproduzidos na **Figura II.5.1.1.2-3**. Nela é apresentada a densidade de navegação, estimada pela razão entre o somatório da extensão de todos os trajetos navegados dentro de células de 0.25 km² e suas respectivas áreas. Esta estimativa considera todo o universo de embarcações dotado do sistema AIS (*Automated Identification System*), o que inclui todas as embarcações a serviço da PETROBRAS e uma parcela de navios de terceiros.

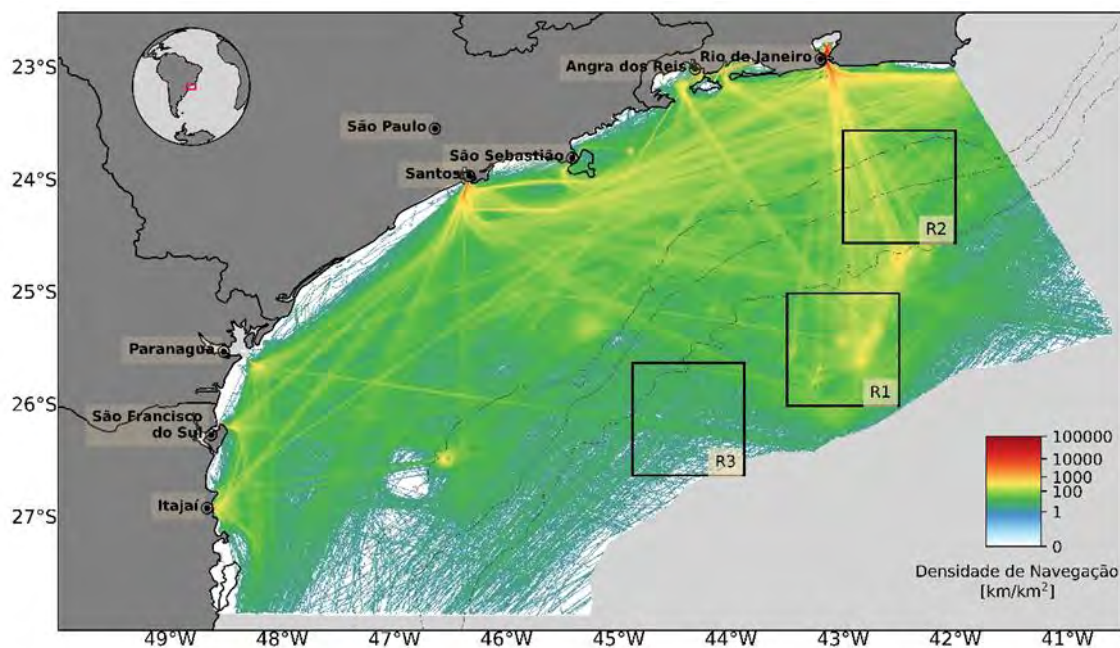


Figura II.5.1.1.2-3– Mapa de densidade de navegação das embarcações de apoio e alívio da PETROBRAS e das embarcações de terceiros na Bacia de Santos durante o ano de 2019. Os quadrados pretos delimitam regiões com níveis distintos de presença de embarcações e de atividades antropogênicas. As linhas cinza indicam as isóbatas de 200, 1000 e 2000 m. Adaptado de Petrobras (2019, 2020).

É possível verificar que a atividade de navegação está presente em quase toda a Bacia de Santos, porém, as regiões de densidade de tráfego mais significativo se concentram nas imediações de instalações portuárias e de estruturas *offshore* e em rotas bem definidas de navegação entre estas localidades. A assinatura de rotas comerciais intercontinentais cortando a Bacia de Santos em radiais de leste a oeste também é marcante.

A distribuição espacial da densidade de navegação permite destacar três regiões distintas em relação a presença e nível de exposição ao ruído antropogênico e que são apresentadas na **Figura II.5.1.1.2-3**. Estas três regiões de 1° de latitude por 1° de longitude e 12.000 km² de área podem ser descritas da seguinte forma:

- Região 1 (R1) – caracterizada por forte atividade de Exploração & Produção (E&P) da PETROBRAS e de outras empresas, o que inclui embarcações de apoio, de atividade de sísmica, perfuração e produção, localizada no centro da região Pré-Sal da Bacia de Santos,

compreendida nos limites geográficos de longitudes 42.5°W até 43.5°W e latitudes 25.0°S até 26.0°S;

- Região 2 (R2) – caracterizada por intenso tráfego de embarcações entre as regiões portuárias, sobretudo da Baía de Guanabara (RJ) para o Pré-Sal, tanto de embarcações da PETROBRAS como de terceiros, compreendida nos limites geográficos de longitudes 42.0°W até 43.0°W e latitudes 23.55°S até 24.55°S;
- Região 3 (R3) – área com menos atividades relacionadas à indústria de E&P, mas eventualmente sujeita à influência direta do ruído oriundo de rotas de navios e embarcações associados a outras atividades econômicas, compreendida nos limites geográficos de longitudes 43.88°W até 44.88°W e latitudes 25.62°S até 26.62°S.

A frota de navios a serviço da PETROBRAS comumente encontrada na Bacia de Santos contempla embarcações de apoio, como rebocadores, navios de abastecimento de plataformas, navios de recolhimento de óleo e navios aliviadores. Cada tipologia dessa possui uma assinatura acústica distinta, em função do seu porte e das características de sua operação. As áreas de maior densidade de tráfego associada a elas são:

- a região do polo Pré-sal, nas proximidades das unidades de produção e de perfuração,
- as proximidades das estruturas portuárias e rotas de acessos aos portos, local de prontidão de embarcação de emergência próxima ao porto de São Sebastião/SP, e no trajeto entre o porto do Rio de Janeiro e Niterói/RJ em direção ao Pré-Sal e à Bacia de Campos.

Além das embarcações de apoio e alívio, outras fontes associadas a distintas fases da atividade de E&P, como navios e *airguns* de sísmica, sondas e navios de perfuração e plataformas de produção, podem contribuir para o incremento dos níveis de ruído, ainda que de forma localizada e intermitente. De modo análogo ao ruído de navios, a assinatura acústica destas fontes varia conforme o seu porte e a tipologia da operação desenvolvida.

A **Figura II.5.1.1.2-4** ilustra exemplos de níveis de intensidade sonora a 1 m da fonte (*SL*) no espectro de 1/3 de oitava para diferentes fontes antropogênicas, incluindo plataformas de atividades de E&P e embarcações de diferentes

comprimentos de fora a fora (LOA). Os espectros das plataformas e sondas foram inferidos a partir de medições in situ conduzidas pelo Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM) e pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) na Bacia de Campos (PETROBRAS, 2009), enquanto os dados das embarcações foram obtidos do trabalho de MacGILLIVRAY *et al.* (2014). A redução do ruído medido para 1 m da fonte contém imprecisões pois em alguns casos o ruído medido nas imediações das unidades foi muito próximo do nível do ruído ambiente na região.

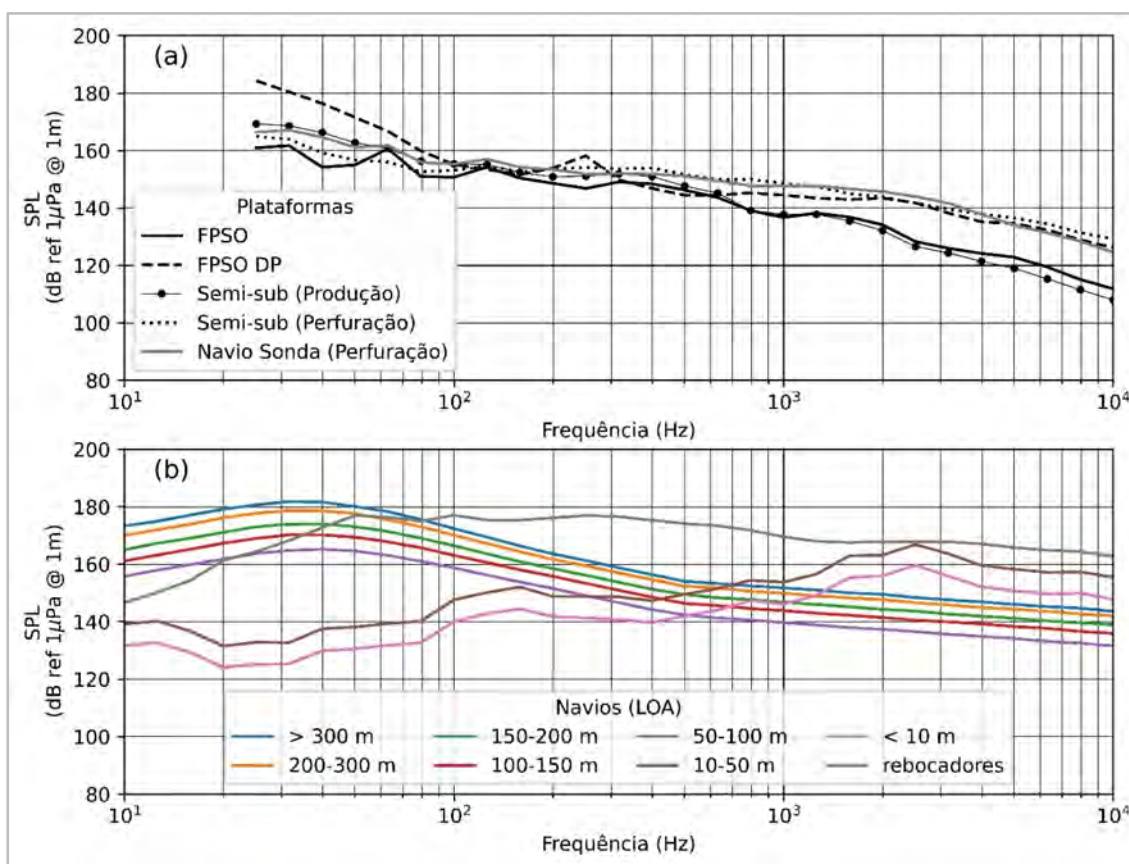


Figura II.5.1.1.2-4– Estimativas de intensidade sonora de diferentes fontes antropogênicas no espectro de 1/3 de oitava: (a) plataformas de exploração e produção de petróleo e gás (Petrobras, 2009); (b) navios de diferentes “comprimentos de fora a fora” (LOA) estimados por (MacGILLIVRAY *et al.*, 2014).

Os espectros de intensidade sonora das fontes mostram que tanto plataformas de produção quanto de perfuração e navios sonda possuem maior energia em baixa frequência, aproximadamente nas mesmas faixas que embarcações de médio e grande porte (abaixo de 500 Hz). Estas unidades, no entanto, são bem menos numerosas do que as embarcações. Portanto, o ruído associado ao tráfego de

embarcações configura-se como a fonte antropogênica predominante na Bacia de Santos.

B.2. Geofonia

O ruído gerado pelo vento é predominante na maior parte do oceano nas frequências entre 100 Hz e 20 kHz (ERBE *et al.*, 2015), sobretudo associado ao crescimento e colapso de ondas geradas no processo de transferência de energia do vento local para a superfície do oceano, o chamado sea ou mar local. Apesar deste ruído estar relacionado ao efeito de bolhas e à mistura causados pela arrebentação das cristas na superfície (“*white capping*”), os níveis de intensidade sonora costumam ser melhor correlacionados com o vento (DAHL *et al.*, 2007). Outra fonte de ruído de origem natural é aquele gerado pela chuva em função do impacto de gotas de água na superfície e do entranhamento e oscilação de bolhas, de modo que quanto mais intensa a precipitação, maior a energia produzida em frequências tão baixas quanto 500 Hz. Porém, o fenômeno de precipitação é mais localizado e intermitente de modo que o ruído associado ao vento tem sido a fonte geofônica mais relevante no que concerne a caracterização da paisagem acústica submarina em escala regional (DAHL *et al.*, 2007; ERBE *et al.*, 2016, 2015; HAVER *et al.*, 2019).

O clima de ventos na Bacia de Santos é marcado pela presença de ventos predominantes de nordeste, associados à presença do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em situações de “bom tempo”, ventos do quadrante sudoeste associados a ciclones e ventos de sudeste associados à alta migratória pós passagem de sistemas frontais. A contribuição dos forçantes atmosféricos para a paisagem acústica se dá em toda a extensão da Bacia de Santos. A **Figura II.5.1.1.2-5** mostra percentis de intensidade do vento na região oceânica da Bacia de Santos e respectivas estimativas dos estados de mar de acordo com a escala Beaufort da força do vento (UK METOFFICE, 2021) a partir de 20 anos de campos da reanálise atmosférica ERA5 (HERSBACH *et al.*, 2020). Os percentis apresentados representam valores que não são excedidos em 10, 50 e 90% do tempo.

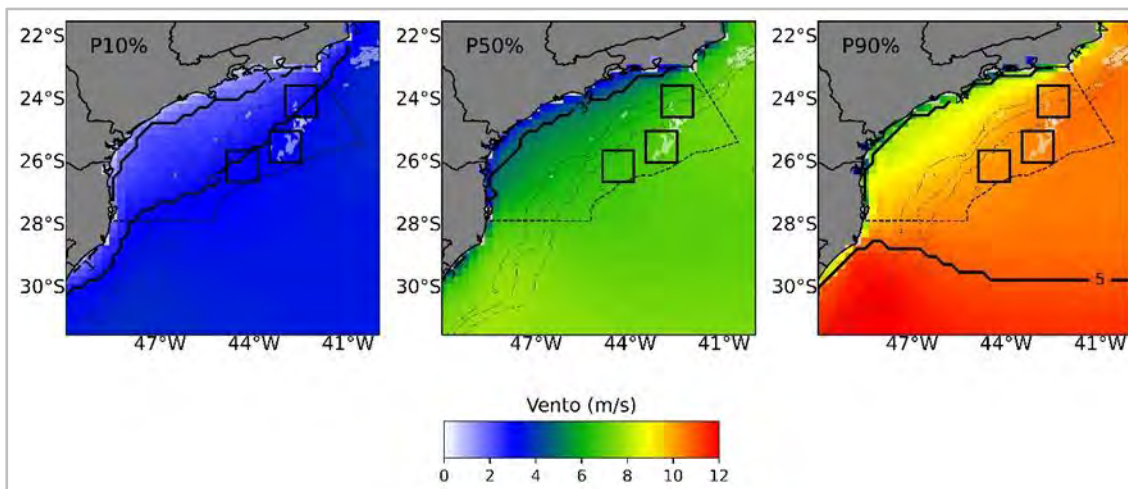


Figura II.5.1.1.2-5– Campo climatológico com percentis 10, 50 e 90% de não excedência de intensidade do vento a 10 m da superfície na região da Bacia de Santos para o período 2000-2020 a partir de resultados da reanálise ERA 5 (ECMWF). Os contornos cheios mostram o valor da escala Beaufort de força do vento (UK Metoffice), o polígono tracejado indica os contornos da Bacia de Santos, os quadrados pretos delimitam as regiões R1, R2 e R3 e os blocos de produção da PETROBRAS são apresentados em branco. As linhas cinza indicam as isóbatas de 200, 1000 e 2000 m.

Existe uma clara intensificação do regime de ventos e, conseqüentemente, de ondas geradas pelo vento, ao afastar-se da região costeira dos litorais de Rio de Janeiro e São Paulo em direção à região oceânica. Particularmente, as regiões Leste (E) e Leste-Sudeste (ESE) entre as latitudes de 26°S e 24°S e 44°W e 41°W, onde se localiza o polo Pré-Sal da Bacia de Santos, apresentam valores intensos de ventos com persistência de velocidades da ordem de 6 m/s na maior parte do tempo.

Em relação a sazonalidade, os meses de inverno e primavera são tipicamente os de maiores intensidades do vento, como ilustra a **Figura II.5.1.1.2-6**. Nela são apresentados os percentis 10, 50 e 90% da velocidade do vento computados dentro do perímetro da Bacia de Santos e os valores da escala Beaufort associados.

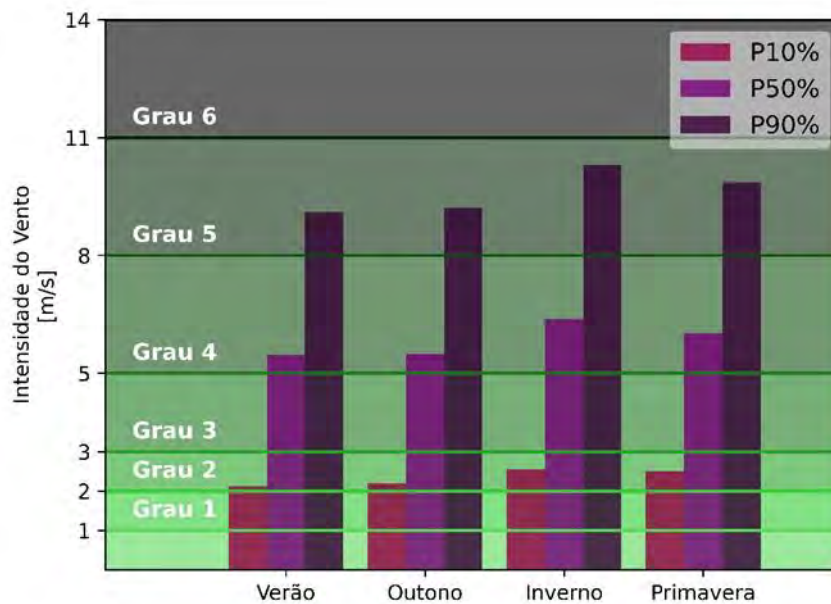


Figura II.5.1.1.2-6– Distribuição sazonal dos percentis 10, 50 e 90% de velocidade do vento no interior do perímetro da Bacia de Santos para o período 2000-2020 a partir de resultados da reanálise ERA 5 (ECMWF). As retas horizontais delimitam os intervalos associados aos graus da escala Beaufort de força do vento.

Contudo, a diferença absoluta entre os percentis de velocidade do vento nas diferentes estações do ano é da ordem de 1 m/s, de modo que graus iguais ou superiores a 4 na escala Beaufort são predominantes na maior parte do tempo.

B.3. Biofonia

O termo biofonia engloba os sons produzidos pelos animais, incluindo desde grandes cetáceos até invertebrados. No presente item, serão apresentadas informações sobre cetáceos e quelônios.

Os sons emitidos pelos cetáceos são diferentes para misticetos e odontocetos. Os misticetos produzem sons de baixa frequência (dezenas de Hz a vários kHz, com alguns sinais estendendo-se acima de 10 kHz), enquanto os sons produzidos pelos odontocetos são de alta frequência (algumas centenas de Hz a várias dezenas de kHz, podendo passar de 100 kHz em alguns casos) (SOUTHALL *et al.*,

2007). Estes sons podem ser associados a diversos comportamentos, como acasalamento, criação de filhotes, interação social, coesão do grupo e alimentação (ERBE *et al.*, 2015), além de ecolocalização (AU e HASTINGS, 2009). Os sons produzidos pelos mysticetos podem ser agrupados em duas categorias, melodias/canções e chamados (*calls*), enquanto os odontocetos emitem sons classificados em assovios, cliques e gritos pulsados (AU e HASTINGS, 2009).

Na Bacia de Santos, a ocorrência destes sinais biológicos vem sendo regularmente observada. A **Figura II.5.1.1.2-7** e a **Figura II.5.1.1.2-8** apresentam espectros contendo vocalizações de cetáceos registradas por *gliders* do PMPAS-BS, que foram analisadas pela equipe técnica do PMC-BS e apresentadas no 5º Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2020).

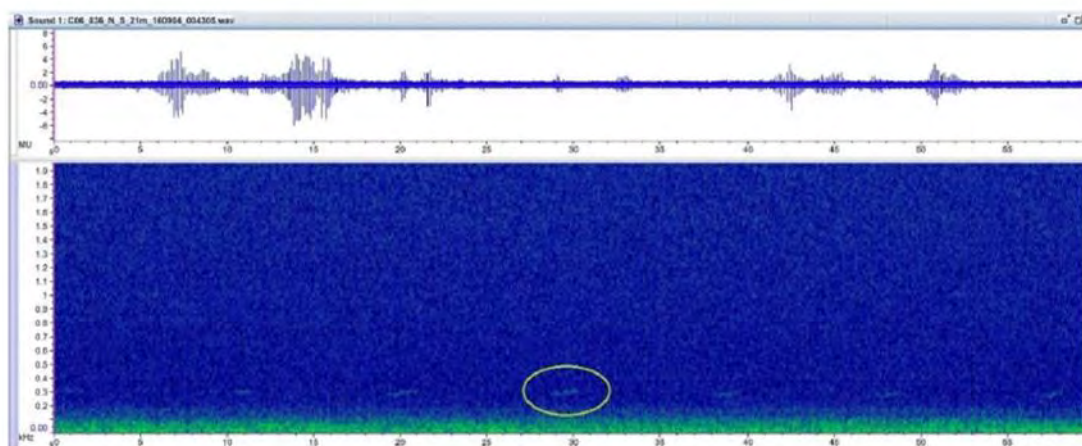


Figura II.5.1.1.2-7– Sequência de notas isoladas da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*), com uma nota indicada pelo círculo verde (Fonte: PETROBRAS, 2020).

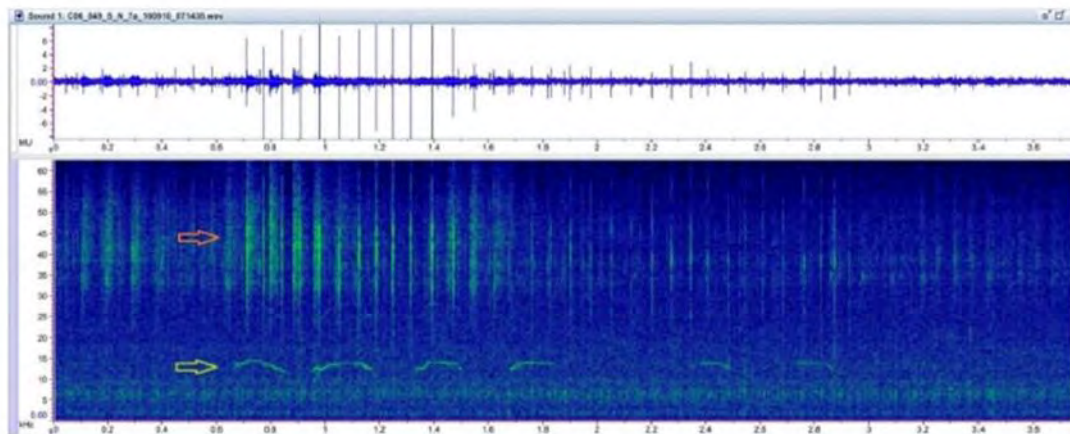


Figura II.5.1.1.2-8– Detecção acústica da família Delphinidae, com a ocorrência de assovios (indicados pela seta verde) e cliques de ecolocalização (indicados pela seta laranja) (Fonte: PETROBRAS, 2020).

O total de espécies registradas ao longo dos 5 anos de execução do PMC-BS (novembro de 2015 a março de 2020) foi de 27 espécies, sendo 19 de odontocetos e 8 de mysticetos, o que corresponde a 70% da riqueza registrada na literatura e bancos de dados existentes. Destas 27 espécies, 4 representaram 60,1% do total das detecções, sendo, portanto, as mais frequentes: baleia-jubarte, golfinho-pintado-do-Atlântico, golfinho-nariz-de-garrafa e a baleia-de-Bryde (PETROBRAS, 2020).

A **Figura II.5.1.1.2-9** à **Figura II.5.1.1.2-12** apresentam os mapas de distribuição potencial dessas espécies, previstos a partir de modelos de distribuição de espécies, que considera os números de detecções e características ambientais. Os resultados dos modelos apresentam valores de adequabilidade de habitat que vão de zero (habitat inadequado) até um (habitat totalmente adequado), ou seja, quanto mais próximo a um, maior é a probabilidade de determinada espécie ocorrer naquele local. Maiores detalhes sobre estes modelos podem ser encontrados no 5º Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2020). Nos mapas abaixo, a cor vermelha indica as regiões com maior probabilidade de ocorrência da espécie, enquanto a cor verde sinaliza as áreas com menor potencial de ocorrência.

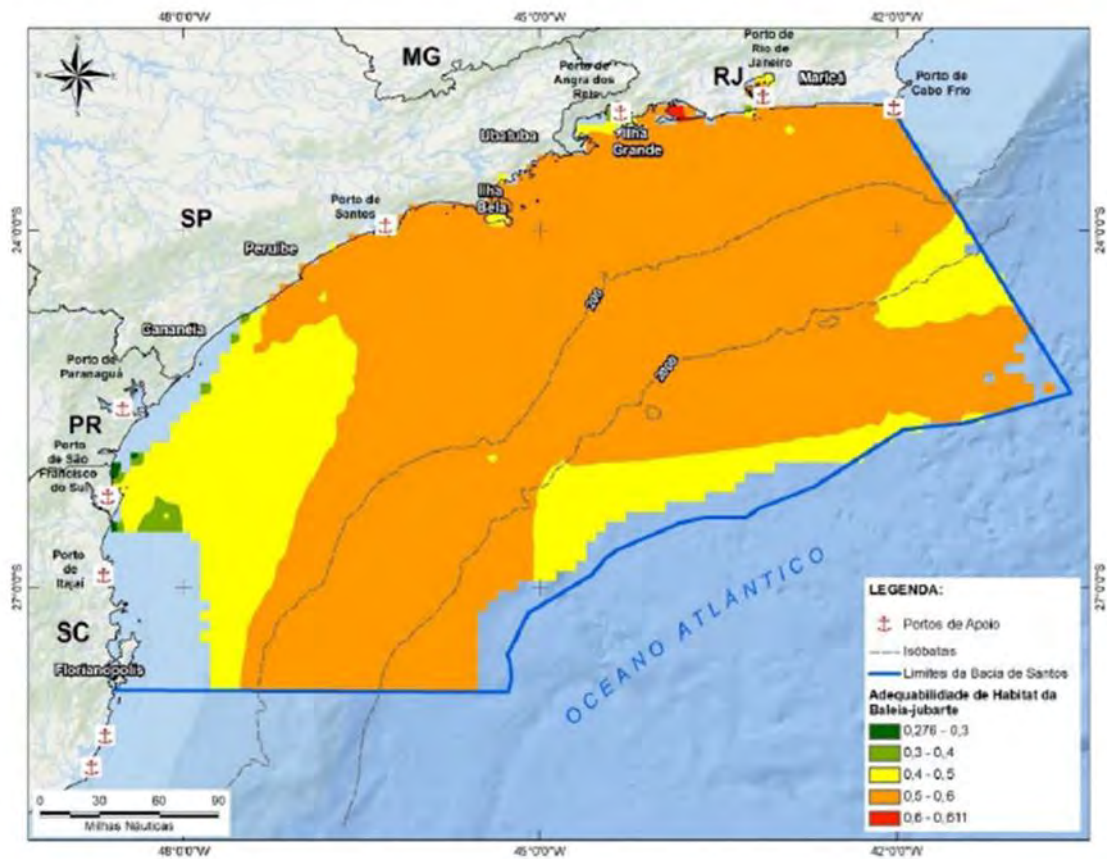


Figura II.5.1.1.2-10– Distribuição potencial da baleia-jubarte (*Megaptera novaeangliae*) na Bacia de Santos (Fonte: PETROBRAS, 2020).

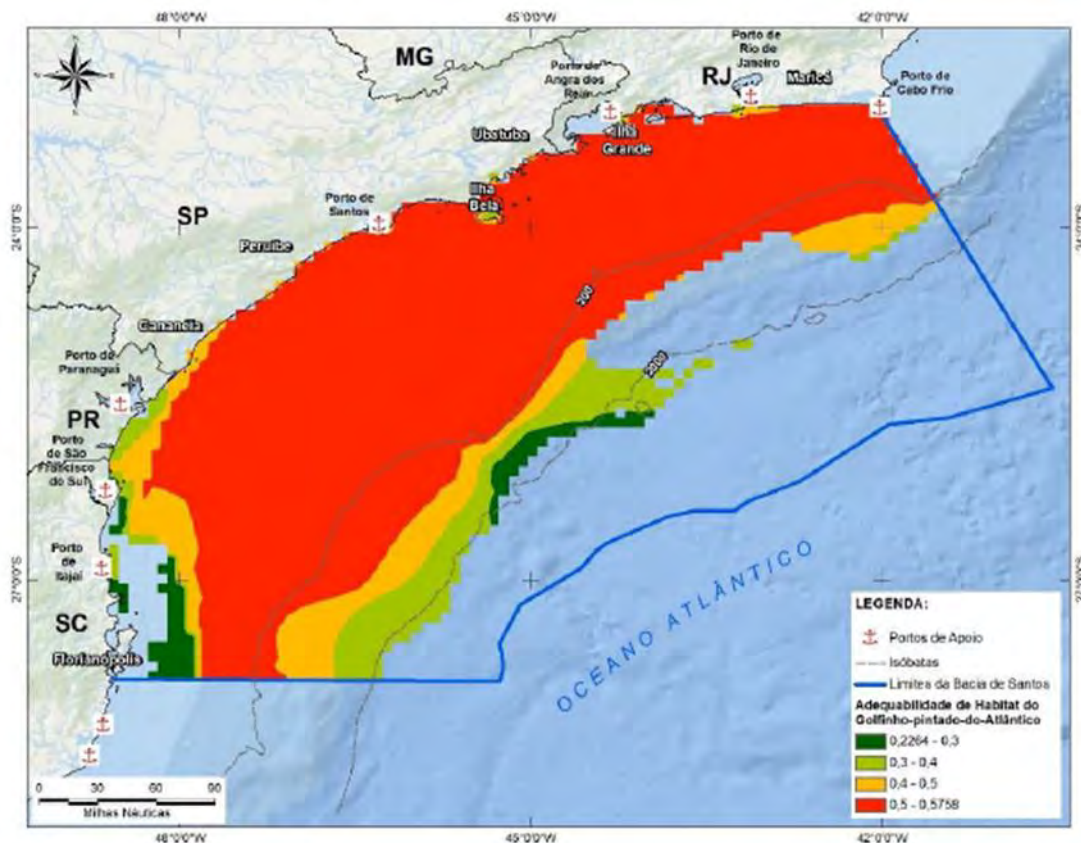


Figura II.5.1.1.2-11– Distribuição potencial do golfinho-pintado-do-Atlântico (*Stenella frontalis*) na Bacia de Santos (Fonte: PETROBRAS, 2020).

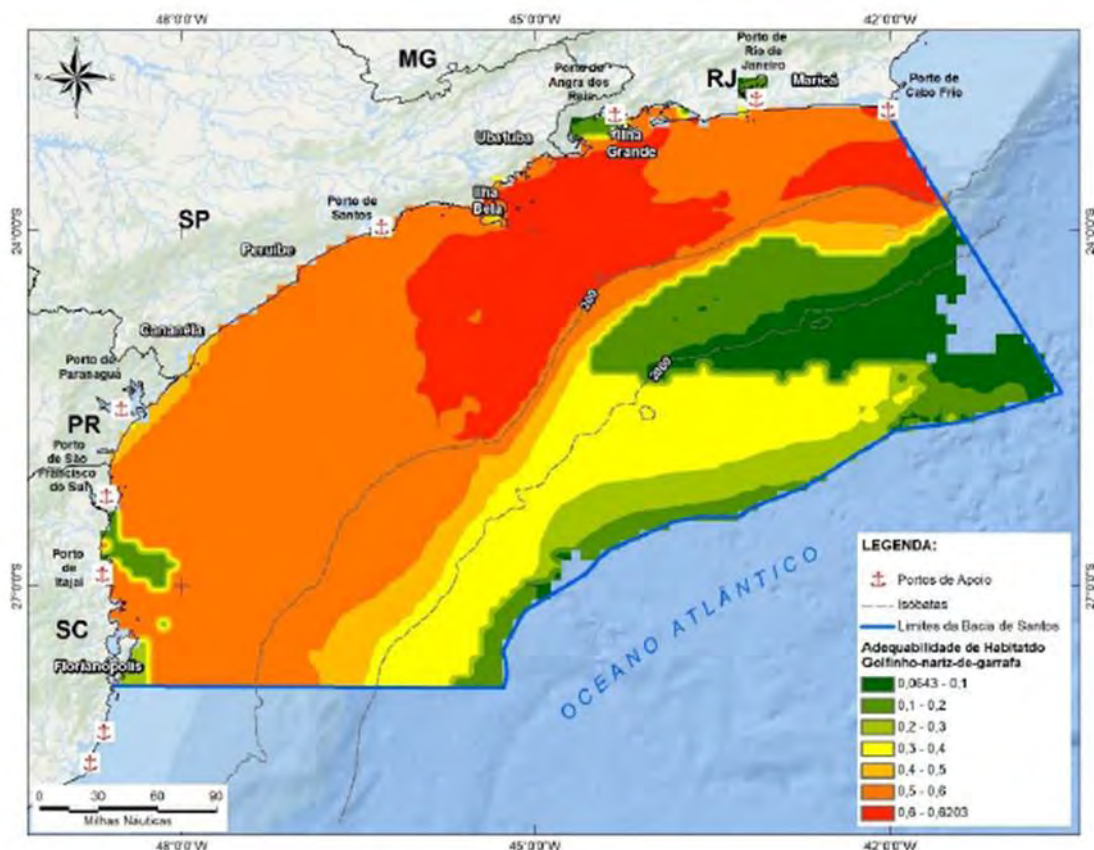


Figura II.5.1.1.2-12– Distribuição potencial do golfinho-nariz-de garrafa (*Tursiops truncatus*) na Bacia de Santos (Fonte: PETROBRAS, 2020).

Observa-se que as espécies baleia-de-Bryde e golfinho-pintado-do-Atlântico ocorrem na região da plataforma continental da Bacia de Santos, enquanto a baleia-jubarte e o golfinho-nariz-de-garrafa distribuem-se por toda a bacia, embora este último também seja mais comum na região da plataforma.

Em relação aos quelônios, cujos representantes principais são as tartarugas marinhas, das sete espécies existentes no mundo cinco são encontradas no Brasil e na Bacia de Santos: *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente), *Chelonia mydas* (tartaruga-verde), *Lepidochelys olivacea* (tartaruga-de-oliva), *Caretta caretta* (tartaruga-cabeçuda) e *Dermochelys coriacea* (tartaruga-de-couro). Não existem registros de sons produzidos por elas na literatura, contudo, elas conseguem detectar sons de baixa frequência, de 100 a 800 Hz, de acordo com a população (PRIDEAUX, 2016).

Para o processo de licenciamento da Sísmica do Cluster da Bacia de Santos (Processo IBAMA nº 02001.012428/2019-39), foram elaborados mapas de

distribuição espacial para duas espécies, tartaruga-cabeçuda e tartaruga-de-couro, que utilizam águas mais afastadas da costa e que tiveram o maior número de registro nos cruzeiros de avistagem do PMC-BS (PETROBRAS, 2020b). Os resultados são apresentados na **Figura II.5.1.1.2-13** e na **Figura II.5.1.1.2-14**.

A tartaruga-de-couro tem uma distribuição mais ampla na Bacia de Santos, enquanto a tartaruga-cabeçuda distribui-se pela plataforma continental.

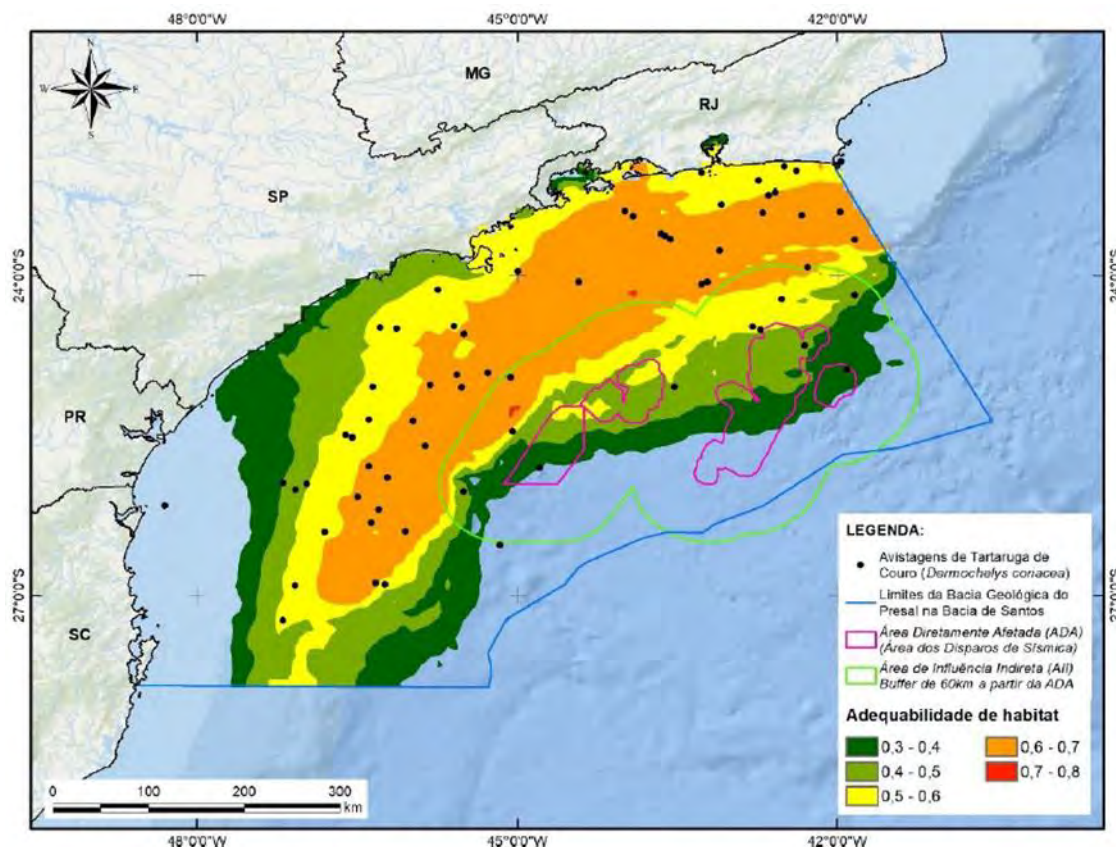


Figura II.5.1.1.2-13– Distribuição potencial da tartaruga-de-couro (*Dermochelis coriacea*) na Bacia de Santos, sobreposta pelo Cluster da sísmica e de sua área de influência (Fonte: PETROBRAS, 2020b).

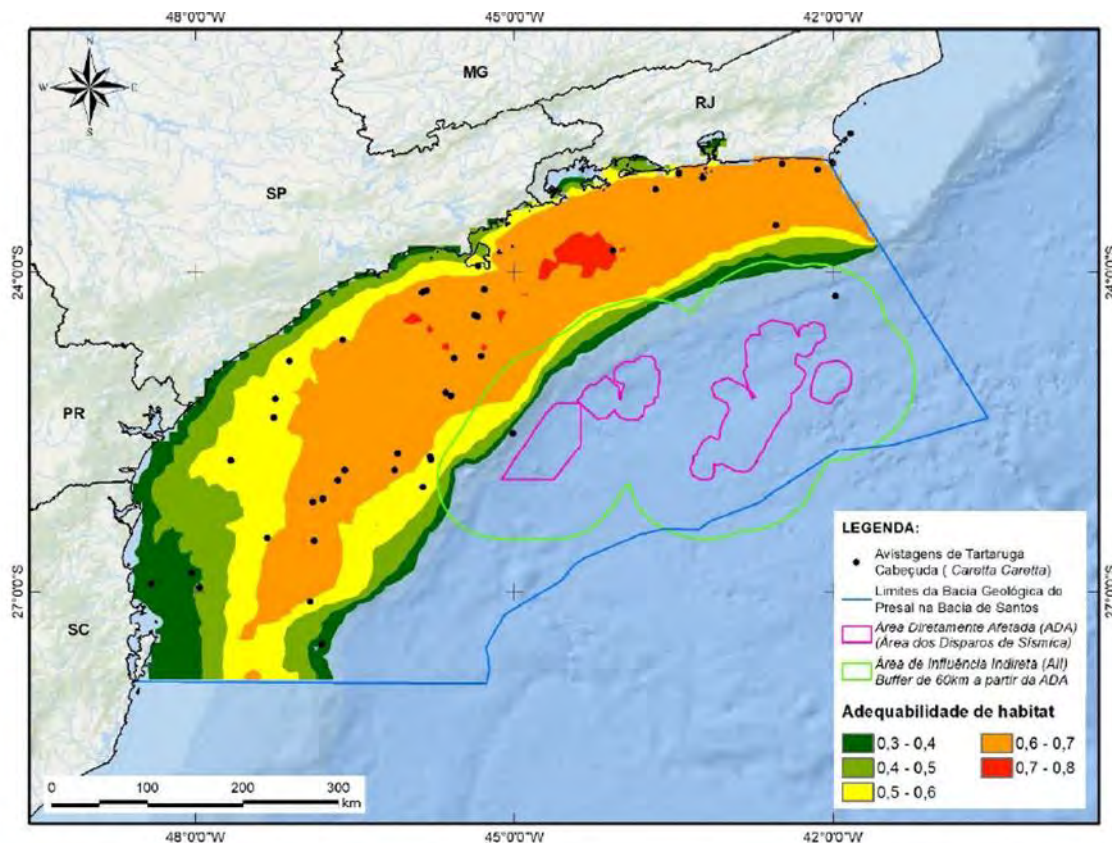


Figura II.5.1.1.2-14– Distribuição potencial da tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*) na Bacia de Santos, sobreposta pelo Cluster da sísmica e de sua área de influência (Fonte: PETROBRAS, 2020b).

C. Caracterização da Paisagem Acústica da Bacia de Santos

A **Figura II.5.1.1.2-15** apresenta mapas com a distribuição espacial da mediana dos valores de SPL (SPL_{50p}) medidos por *gliders* e perfiladores acústicos para as bandas centradas em 63, 125, 500 e 1000 HZ do filtro de 1/3 de oitava na região da Bacia de Santos para os primeiros 150 m de coluna d'água. Este conjunto de dados contempla as medições realizadas no âmbito do PMPAS-BS no período de novembro de 2015 a março de 2020. Para aumentar a consistência estatística o domínio foi subdividido em uma grade de 1/6 de grau (18 km) e todas as medições dentro de uma mesma célula foram consideradas no cálculo do SPL.

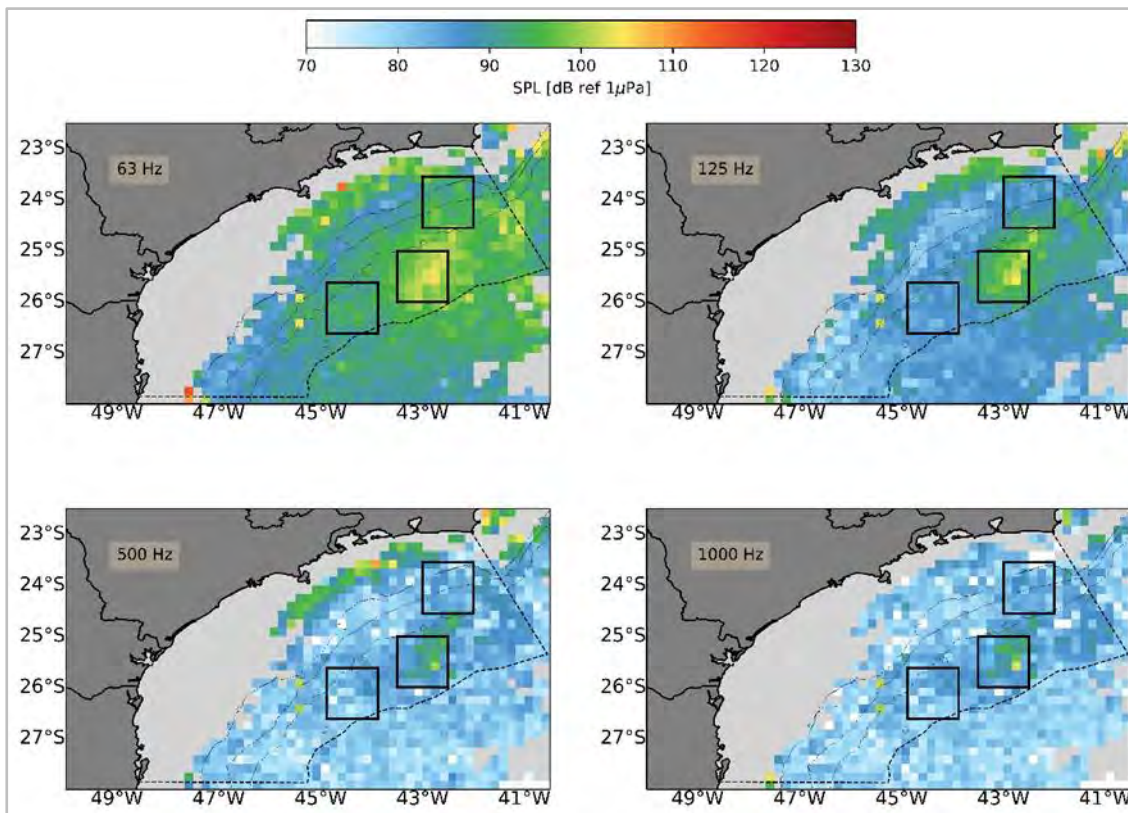


Figura II.5.1.1.2-15– Mapa do percentil 50% do SPL para o filtro de 1/3 de oitava centrado nas frequências de 63, 125, 500 e 1000 Hz. Os quadrados em preto delimitam as regiões R1, R2 e R3. Os valores se referem aos primeiros 150 m de profundidade e foram estimados a partir dos dados do monitoramento móvel do PMPAS-BS para o período de novembro de 2015 a março de 2020.

Existe uma tendência de incremento dos níveis de ruído próximo à região do polo Pré-sal (R1) e ao longo da plataforma continental da costa dos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, nas proximidades das rotas de embarcações entre locais com instalações e infraestrutura portuária. Valores mais elevados de SPL nesta região mais rasa se devem à reflexão de ondas sonoras associadas à passagem de navios no fundo marinho que, em função das menores profundidades na plataforma continental, experimentam menor atenuação. As regiões mais afastadas a leste e nordeste da Bacia de Santos também apresentam valores superiores de SPL em relação ao observado em regiões de menor atividade antropogênica, como a parte sul-sudoeste da bacia, em função da existência de rotas intercontinentais de transporte marítimo.

O valor médio do SPL mediano para a banda de 63 Hz do espectro de 1/3 de oitava na região do polo pré-sal (R1) é de 99.8 dB ref 1 μ Pa. A região 2 (R2), marcada pela presença de intenso tráfego de embarcações de apoio à serviço da atividade de E&P, e a região 3 (R3), fora da área de influência destas atividades, apresentam níveis de SPL menores, sendo a R2 mais ruidosa do que a R3. Os valores médios do SPL mediano destas duas áreas foram de 94.0 e 91.9 dB ref 1 μ Pa, respectivamente. Há, portanto, um incremento médio da ordem 5.8 e 7.9 dB na comparação do ruído na região R1 em relação às regiões R2 e R3, respectivamente.

Para a frequência de 125 Hz, a diferença entre a região R1 e as demais é maior, com uma diferença de 7.8 dB entre as regiões R1 e R2, e de 9.8 dB entre R1 e R3. Nas demais frequências avaliadas (500 e 1000 Hz) este mesmo comportamento é observado, indicando um aumento sistemático dos níveis de ruído na região do polo pré-sal e, em menor grau, nas regiões de trânsito de embarcações em relação aos valores observados em áreas de menor atividade antropogênica. A **Tabela II.5.1.1.2-1** apresenta estas estatísticas computadas para o valor do SPL nas diferentes regiões analisadas.

Tabela II.5.1.1.2-1 – Estatísticas de SPL_{50p} (dB ref 1 μ Pa) nos primeiros 150 m de lâmina d'água para as diferentes regiões selecionadas na Bacia de Santos: média, desvio padrão, mínimo, percentis (25%, 50% e 75%) e máximo.

Frequência	Parâmetro	R1	R2	R3
63 Hz	média	99.8	94.0	91.9
	desvio padrão	4.1	5.3	4.4
	mínimo	83.4	80.5	80.9
	25%	97.0	90.4	89.0
	50%	99.6	93.9	91.5
	75%	102.4	97.2	94.3
	máximo	114.9	118.3	114.3
125 Hz	média	96.1	88.2	86.3
	desvio padrão	4.6	5.9	4.5
	mínimo	79.9	71.4	72.3
	25%	93.0	84.0	83.3
	50%	96.0	88.2	86.8
	75%	99.2	92.0	89.4
	máximo	113.7	116.3	104.7

Continua

Tabela II.5.1.4-1 (Continuação)– Estatísticas de SPL50p (dB ref 1µPa) nos primeiros 150 m de lâmina d'água para as diferentes regiões selecionadas na Bacia de Santos: média, desvio padrão, mínimo, percentis (25%, 50% e 75%) e máximo.

Frequência	Parâmetro	R1	R2	R3
500 Hz	média	88.8	81.4	80.4
	desvio padrão	6.9	7.0	6.2
	mínimo	67.4	59.2	58.8
	25%	84.1	78.0	77.1
	50%	88.7	82.1	81.1
	75%	93.4	85.4	84.5
	máximo	114.1	115.4	104.3
1000 Hz	média	87.4	80.5	79.1
	desvio padrão	7.7	7.3	6.8
	mínimo	59.5	57.5	55.7
	25%	82.6	77.0	75.7
	50%	87.2	81.5	80.4
	75%	92.6	85.0	83.6
	máximo	115.4	112.8	102.4

Estas diferenças de até 10 dB no SPL das diferentes áreas analisadas são um reflexo direto da presença e concentração de embarcações nas imediações das medições acústicas realizados por *gliders* e perfiladores. O **Gráfico II.5.1.1.2-1**, que apresenta o percentual de medições acústicas em que há a presença de um determinado número de embarcações a uma distância de até 40 km, ilustra este fato. Enquanto a R1 apresenta uma concentração marcante de navios, onde mais de 50% das medições se dá com a presença de pelo menos 11 registros de AIS em uma janela de 30 minutos centrada no instante da medição acústica, somente cerca de 10% das medições na R3 conta com a presença de navios. A R2 apresenta uma situação intermediária, mas também registra um percentual elevado de medições acústicas, cerca de 86%, possivelmente influenciada pelo ruído de ao menos uma embarcação. Esta distribuição se dá em função da dinâmica das atividades desenvolvidas em cada área. As operações de apoio às plataformas de produção que ocorrem na R1, como as operações de alívio, inspeção e manutenção, recolhimento e lançamento de linhas, transbordo de cargas, contingência dentre outras fazem com que as embarcações permaneçam operando nesta mesma região geográfica por longos períodos de tempo. Já a R2, que

engloba a principal rota de navegação entre as plataformas de produção do Pré-sal e os portos do Rio de Janeiro e Niterói, é caracterizada por uma passagem intermitente, ainda que frequente, de navios.

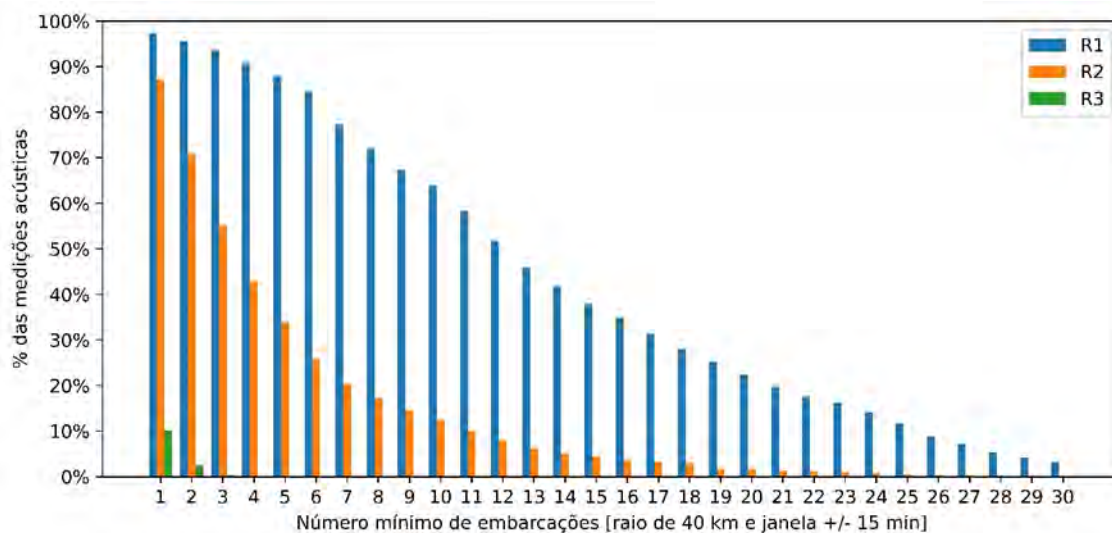


Gráfico II.5.1.1.2-1– Percentual das medições acústicas realizadas no âmbito do monitoramento móvel do PMPAS-BS com números variados de embarcações presentes em um raio de 40 km e considerando uma janela temporal de 15 minutos.

Desta forma, o aumento do SPL em baixa frequência observado na Bacia de Santos tem como origem mais provável as fontes de ruído antropogênicas. Já para as frequências médias a contribuição do ruído de fontes geofônicas precisa ser considerada.

Uma estimativa da influência do ruído causado pelo vento na Bacia de Santos para diferentes faixas do espectro é apresentada no **Gráfico II.5.1.1.2-2**. Nela é apresentada a variação do coeficiente de correlação entre os níveis de SPL e a intensidade do vento próximo ao ponto e ao instante de medição para diferentes faixas do espectro de 1/3 de oitava. Foram computados valores de correlação considerando os dados das distintas regiões de análise bem como de todo o seu conjunto.

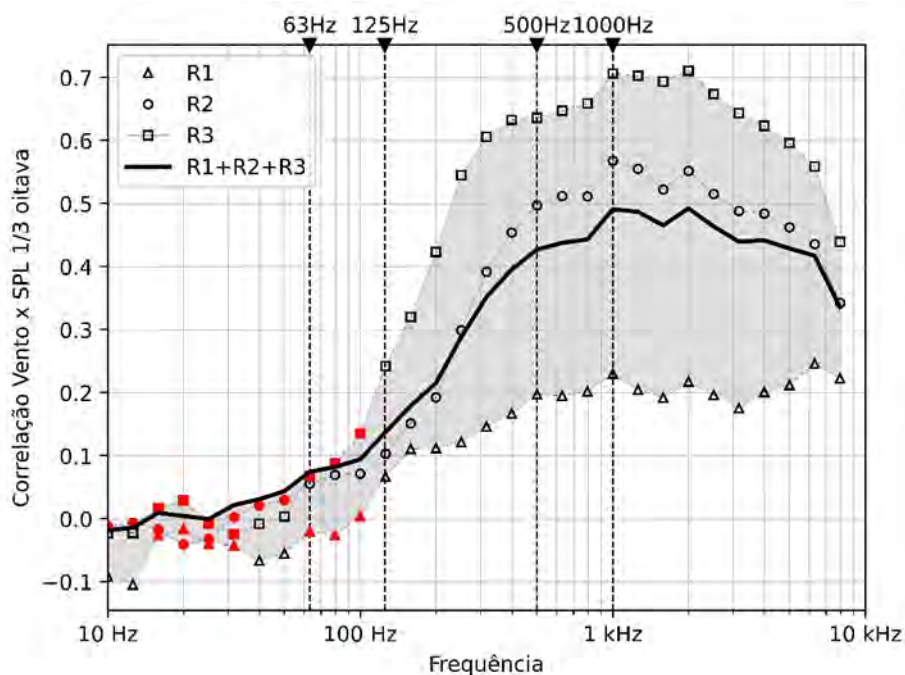


Gráfico II.5.1.1.2-2– Coeficiente de correlação de Spearman entre os valores de intensidade do vento e o SPL (dB ref 1 μ Pa) medido em distintas regiões da Bacia de Santos para diferentes frequências do filtro de 1/3 de oitava. As linhas verticais tracejadas indicam as frequências centrais de 63, 125, 500 e 1000 Hz. A linha preta mais grossa considera os valores das três regiões no cálculo da correlação enquanto que as demais linhas com marcadores – triângulo, círculo e quadrado – se referem às regiões R1, R2 e R3, respectivamente. Os marcadores pretos indicam que o valor da correlação possui significância estatística ao nível de 95%.

Os resultados mostram que existe uma correlação estatisticamente significativa do vento na Bacia de Santos com os níveis de intensidade sonora em frequências superiores a 125 Hz. A faixa do espectro de maior correlação se dá entre as frequências de 500 Hz e aproximadamente 9 kHz, sobretudo entre as frequências de 1kHz e 2 kHz. Para frequências superiores a 9 kHz a correlação aparenta uma tendência de queda, mas não é possível afirmar se esta perspectiva se mantém em função da resolução espectral dos sensores utilizados na coleta com os perfiladores. Contudo, este seria o comportamento mais provável, tendo em vista as curvas apresentadas no diagrama de Wenz (**Figura II.5.1.1.2-2**).

Um aspecto importante é que a magnitude da correlação varia amplamente conforme a região da Bacia de Santos, sendo que os maiores valores ocorrem na região R3, com correlação de até 0.7. Para a região R2 os valores máximos de correlação são da ordem de 0.56 e para a região R1 não passam de 0.25. Porém, a climatologia de ventos na Bacia de Santos não varia com tamanha amplitude entre estas regiões, conforme apresentado no item II.5.1.5.2 B, que justifique tais diferenças. Deste modo, a contribuição antropogênica de energia nas médias frequências existente em R1 e R2 atua como ruído estatístico e concorre para reduzir a correlação do SPL com o vento, ainda que este forçante atmosférico atue de modo quase homogêneo por toda a extensão da área profunda da Bacia de Santos.

As curvas de Wenz apresentadas na **Figura II.5.1.1.2-2** mostram que a contribuição do ruído gerado pelo vento é modulada pela magnitude do estado de mar (escala de Beaufort) e que está diretamente relacionada à intensidade e duração do vento. Ventos mais intensos tendem a elevar o estado de mar e, conseqüentemente, o nível ambiente de pressão sonora. Este aspecto também é observado nos valores de SPL medidos na Bacia de Santos.

A **Figura II.5.1.1.2-16** abaixo mostra como o ruído hidroacústico da Bacia de Santos se relaciona com a variação da intensidade do vento que atua na superfície do oceano. O eixo vertical mostra os valores de SPL (dB ref μ 1Pa) medidos por perfiladores e *gliders* acústicos e o eixo horizontal mostra os valores de velocidade do vento em escala logarítmica. Uma curva de tendência ajustada aos dados é representada pela linha laranja.

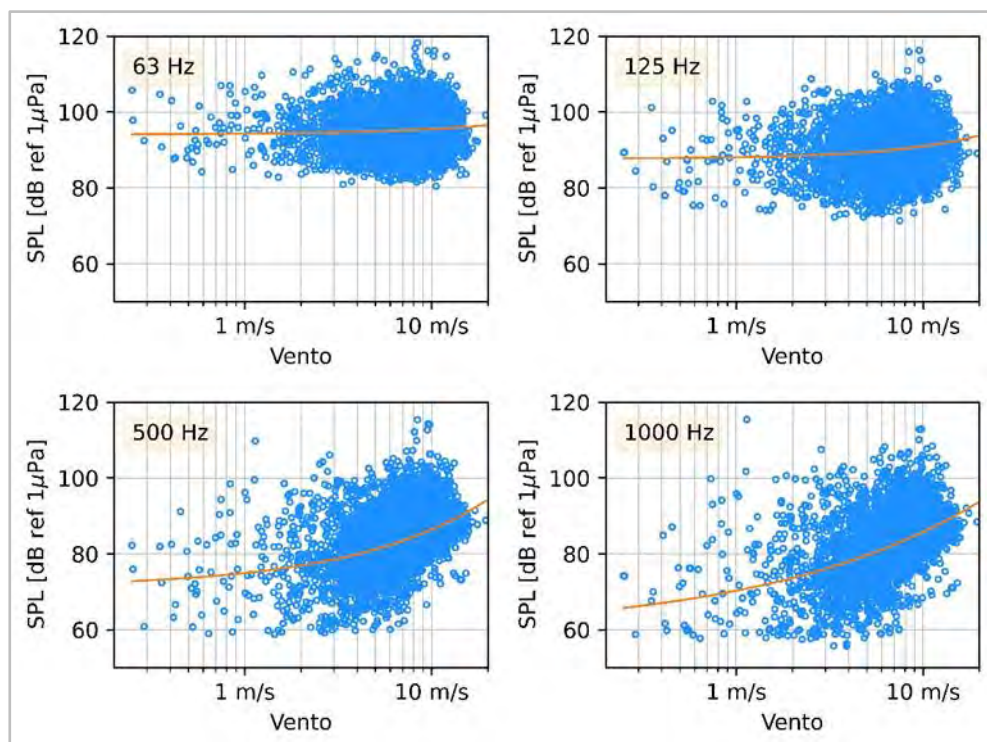


Figura II.5.1.1.2-16– Variação do SPL para as frequências de 63, 125, 500 e 1000 Hz do espectro de 1/3 de oitava para medições acústicas na Bacia de Santos em função da velocidade do vento. A linha laranja indica uma curva de tendência ajustada aos dados por uma função potência do tipo $y = a + bx^c$.

Constata-se que a variação do ruído em baixa frequência na Bacia de Santos é pouco afetada pelo vento mesmo para valores elevados de velocidade, como evidenciam os gráficos de SPL referente às frequências de 63 e 125 Hz. Neles é possível verificar que as variações de SPL e seu valor médio para diferentes intensidades são basicamente os mesmos, com uma ligeira tendência de aumento do SPL na frequência de 125 Hz para ventos superiores a aproximadamente 8 m/s. Para as frequências de 500 e 1000 Hz, como esperado, os níveis de ruído respondem ao aumento da intensidade do vento, porém, para valores acima de aproximadamente 1,5 m/s. Abaixo deste limiar, o ruído gerado pelo vento aparentemente não impacta nos valores de SPL nestas bandas particulares do espectro.

Uma estimativa mais precisa da contribuição das diversas fontes de ruído para a paisagem acústica submarina pode ser obtida comparando-se o conjunto dos espectros de SPL medidos em situações onde apenas um dos tipos de ruído está

presente com espectros obtidos na “ausência” de ambas as fontes. Um indicador possível para a presença do ruído antropogênico seria a existência de embarcações a uma distância máxima da posição e próximo do instante da medição acústica. A não ocorrência de embarcações nesta condição indicaria uma contribuição reduzida de fontes antropogênicas em comparação com outras fontes de ruído. Já um critério para a presença ou ausência de contribuições relevantes do ruído geofônico pode ser estipulado a partir do valor da velocidade do vento.

Para esta análise foi considerado um raio de 40 km e uma janela temporal de 30 minutos centrada no instante do registro acústico como critério de avaliação da presença ou ausência de uma ou mais embarcações e, portanto, do ruído antropogênico. As medições acústicas realizadas com intensidade do vento abaixo do limiar de 1.5 m/s foram consideradas como ausentes de fontes geofônicas e o oposto acima deste valor.

Os painéis (a) e (c) da **Figura II.5.1.1.2-17** apresentam comparações entre a mediana dos espectros de 1/3 de oitava obtidos na ausência de fontes predominantes (curva preta) e na presença de fontes antropogênicas (curva vermelha da **Figura II.5.1.1.2-17a**) e fontes geofônicas (curva azul da **Figura II.5.1.1.2-17c**). As envoltórias no entorno destas curvas delimitam os percentis 25 e 75% dos valores de SPL. Os espectros da **Figura II.5.1.1.2-17a** consideram apenas medições com vento inferior a 1.5 m/s e os espectros da **Figura II.5.1.1.2-17c** consideram somente medições sem presença de embarcações, conforme os critérios de ausência detalhados acima. As áreas em amarelo nos gráficos inferiores (**Figura II.5.1.1.2-17b** e **Figura II.5.1.1.2-17d**) indicam a diferença em dB entre as situações com a presença e ausência de cada uma das respectivas fontes.

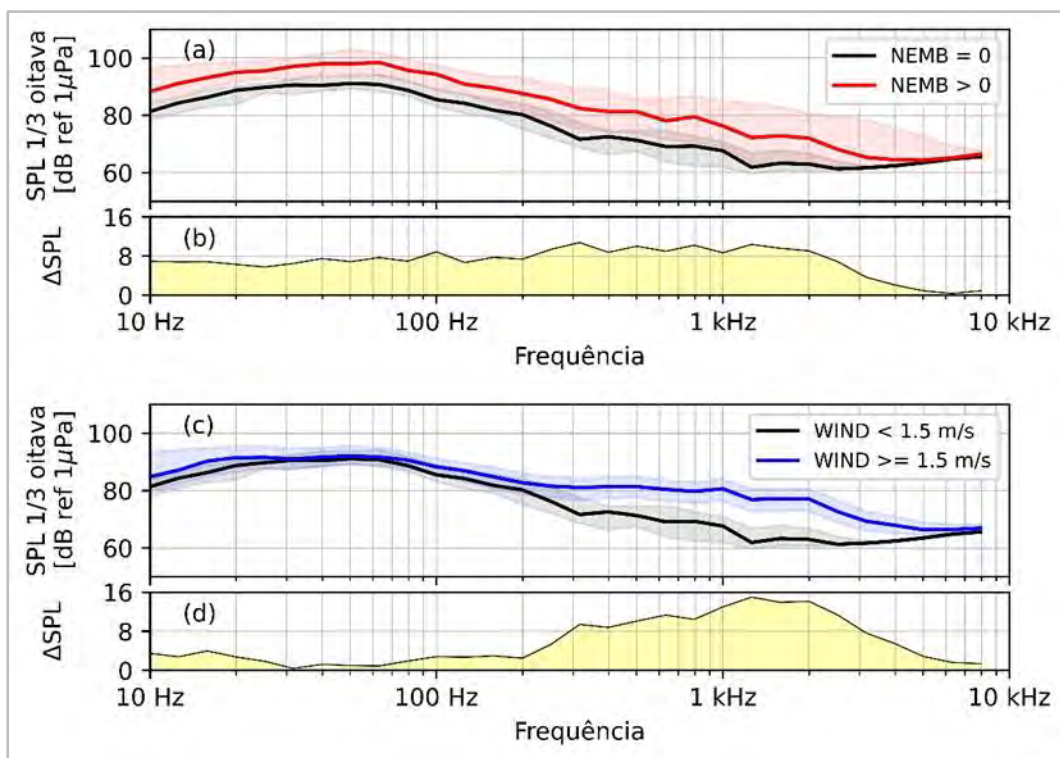


Figura II.5.1.1.2-17– Painel superior: (a) mediana dos espectros de 1/3 de oitava do SPL_{50p} para as medições com e sem a presença de embarcações em um raio de 40 km e vento inferior a 1.5 m/s; (b) diferença em dB entre as duas situações. Painel inferior: (c) espectros de 1/3 de oitava do SPL_{50p} para as medições sem presença de embarcações em um raio de 40 km com vento acima e abaixo de 1.5 m/s; (d) diferença em dB entre as duas situações. As linhas cheias grossas nos gráficos (a) e (c) indicam a mediana dos espectros e as envoltórias delimitam a região entre os percentis 25 e 75%.

Verifica-se que a presença de embarcações contribui, em termos do percentil 50%, para um aporte de ruído da ordem 8 dB para frequências abaixo de 2 kHz (**Figura II.5.1.1.2-17b**). Contudo, como o número de embarcações e a distância da fonte afetam a magnitude e o grau de atenuação do ruído, a região coberta pelas envoltórias dos espectros na **Figura II.5.1.1.2-17a** é grande refletindo alta variabilidade da energia recebida pelo sensor, especialmente em médias e altas frequências. Assim, o aporte estimado para o ruído antropogênico possui um elevado grau de incerteza associado. Acima de 5 kHz não se observam contribuições relevantes do ruído antropogênico.

Já a contribuição do ruído geofônico varia consideravelmente em função da frequência. Abaixo de 200 Hz os incrementos de SPL não ultrapassam 4 dB ao passo que entre as bandas de 300 Hz e 3 kHz estes valores variam entre 8 e 16 dB, com os maiores aportes se dando entre 1 e 2 kHz.

Desta forma, verifica-se que o ruído antropogênico parametrizado pela presença de embarcações contribui de modo aproximadamente uniforme aos níveis observados de SPL na Bacia de Santos com um aporte de cerca de 8 dB entre as frequências de 10 Hz e 2 kHz, embora as contribuições em média frequência sejam fortemente afetadas pela distância às fontes. Já o ruído de natureza geofônica, onde ventos superiores a 1.5 m/s são o principal componente, contribuem mais com o ruído entre as bandas de 500 e 10 kHz com aportes entre 8 e 16 dB.

No 5º Relatório Anual do PMC-BS (PETROBRAS, 2020), foram apresentados os resultados preliminares da modelagem de habitat considerando interferências antrópicas, que visa verificar a variação espacial no número de detecções de cetáceos em resposta a variáveis ambientais e antrópicas.

Para odontocetos, o modelo que apresentou o melhor resultado considerou quatro variáveis: gradiente de profundidade, distância da costa, intensidade do tráfego de embarcações da PETROBRAS e ruídos na faixa de 125 Hz, sendo que houve uma maior frequência de grupos de odontocetos em regiões com maior tráfego de embarcações da PETROBRAS, enquanto nas regiões com maior nível de ruído a frequência de grupos de odontocetos foi menor.

Já para mysticetos, as quatro variáveis consideradas no modelo com o melhor resultado foram: temperatura máxima, salinidade média, intensidade do tráfego de embarcações a serviço da PETROBRAS e nível de ruído a 125 Hz, sendo que ambas variáveis antrópicas afetaram negativamente a frequência de avistamentos de mysticetos.

Considerando a distribuição potencial das quatro espécies mais frequentes da Bacia de Santos, todas coincidem com região 2 (R2), marcada pela presença de intenso tráfego de embarcações de apoio à serviço da atividade de E&P. Já para a região 1 (R1), caracterizada por forte atividade de E&P da PETROBRAS e de outras empresas, apenas duas espécies apresentam distribuição sobrepostas, baleia-jubarte e golfinho nariz-de-garrafa, sendo que este último a probabilidade é menor,

considerando que a sua distribuição potencial é mais alta na região da plataforma continental.

No caso das tartarugas marinhas, a distribuição potencial da tartaruga-cabeçuda e da tartaruga-de-couro, assim como ocorreu para as quatro espécies mais frequentes de cetáceos, foi coincidente com a região 2, sendo que apenas a tartaruga-de-couro ocorre em parte da região 1, em menor probabilidade.

D. Conclusões

A paisagem acústica submarina da Bacia de Santos é resultante da sobreposição de contribuições de fontes naturais (geofonia e biofonia) e antropogênicas. A magnitude da contribuição de cada fonte depende não somente de suas características, mas também das propriedades físicas da água, da batimetria e, também, da distância ao ponto de medição do ruído hidroacústico.

O ruído associado ao tráfego de embarcações é a principal fonte antropogênica existente na Bacia de Santos. As áreas com maior presença de embarcações ocorrem nas imediações das plataformas de produção do polo Pré-sal e nas rotas de navegação para a região portuária da Baía de Guanabara (RJ). Nestas regiões foi verificado que em mais de 80% das medições acústicas há a presença de uma ou mais embarcações.

O ruído gerado pelo vento é a fonte de origem geofônica de maior relevância na Bacia de Santos. Com ventos predominantes superiores a 6 m/s, a contribuição deste tipo de ruído se dá em toda a extensão da Bacia de Santos, com ventos mais intensos ocorrendo nas regiões mais profundas da BS (profundidades superiores a 200 m). O vento observado na Bacia de Santos correlaciona-se fortemente com os níveis de SPL medidos por perfiladores e *gliders* acústicos em frequências superiores a 500 Hz e particularmente para as frequências entre 1 e 2 kHz. Contudo, a presença de embarcações interfere no cômputo da correlação reduzindo seu valor. A contribuição do ruído gerado pelo vento é modulada por sua intensidade e o limiar para o qual foi observada uma correlação com os níveis sonoros foi de 1.5 m/s.

A distribuição espacial dos níveis de SPL nas bandas de 63, 125, 500 e 1000 Hz do filtro de 1/3 de oitava indicam um aumento sistemático do ruído na região do

polo pré-sal e, em menor grau, nas regiões de trânsito de embarcações em relação aos valores observados em áreas de menor atividade antropogênica. A magnitude destes incrementos é de até 10 dB para a frequência de 125 Hz.

De forma geral, as fontes antropogênicas contribuem para o ruído ambiente em baixa frequência (10 a 500 Hz), embora sua assinatura acústica típica também apresente energia em bandas mais altas do espectro. Já o ruído geofônico contribui na faixa média do espectro (500 a 25 kHz). Espectros de SPL medidos na Bacia de Santos seguem este comportamento. A presença de embarcações contribui de modo aproximadamente uniforme aos níveis observados de SPL na Bacia de Santos com um aporte de cerca de 8 dB entre as frequências de 10 Hz e 2 kHz. Já o ruído de natureza geofônica, onde ventos superiores a 1.5 m/s são o principal componente, fornece importantes contribuições ao ruído ambiente entre as bandas de 500 e 10 kHz com incrementos que variam de 8 a 16 dB.

A faixa de frequência do espectro de 1/3 de oitavas de maior importância para a distribuição das espécies de cetáceos foi a de 125 Hz, sendo a correlação com o número de detecções negativa, tanto para mysticetos quanto para odontocetos. Dentre as quatro espécies de cetáceos mais frequentes, a que possui maior probabilidade de sobreposição de área de ocorrência com a região de maior atividade de E&P na Bacia de Santos é a baleia-jubarte, sendo que todas possuem sobreposição com a região de tráfego de embarcações mais intenso.