

**Resposta ao Parecer Técnico**  
**Nº 02022.000417/2015-34 COEXP/IBAMA**

Diagnóstico de Meio Físico (Meteorologia e Oceanografia),  
Modelagem do Derrame de Óleo no Mar e Descarte de  
Cascalhos e Fluidos de Perfuração para os Blocos  
BM-CAL-11 e 12, Bacia de Camamu-Almada

Revisão 00

Março / 2017



A TETRA TECH é responsável pelo conteúdo do presente relatório incluindo: tecnologias, metodologias, especificações técnicas, desenhos, figuras, cópias, diagramas, fórmulas, modelos, amostras, e fluxogramas.

A utilização deste material deverá ser compatível com o escopo do projeto/trabalho contratado, fazendo-se expressa menção ao nome da TETRA TECH como autora do estudo. Da mesma forma, quando a equipe técnica da TETRA TECH for incorporada na equipe técnica da empresa contratante, esta deverá ser mencionada, e referenciada, como: “consultores da TETRA TECH”. Qualquer dúvida ou alteração desta conduta deverá ser discutida entre o cliente e a TETRA TECH.

PETROBRAS/TETRA TECH, 2017. Resposta ao Parecer Técnico Nº 02022.000417/2015-34 COEXP/IBAMA: Diagnóstico de Meio Físico (Meteorologia e Oceanografia), Modelagem do Derrame de Óleo no Mar e Descarte de Cascalhos e Fluidos de Perfuração para os Blocos BM-CAL-11 e 12, Bacia de Camamu-Almada. Documento Técnico, Revisão 00. In: PETROBRAS/EGIS. *Resposta ao Parecer Técnico 02022.000417/2015-34 COEXP/IBAMA – Atividade de Perfuração Marítima nos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12*. Março de 2017. Anexo 3. 77pp.





## ÍNDICE GERAL

I	RESPOSTAS/COMENTÁRIOS.....	I-1
II	BIBLIOGRAFIA .....	II-1
III	EQUIPE TÉCNICA .....	III-1

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Localização dos parâmetros meteorológicos analisados.....	I-6
<b>Figura 2</b> – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de reanálise do NCEP (NCEP1) para o período de 1961 a 2010. ....	I-13
<b>Figura 3</b> – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de Aracaju/METAR para o período de 2008 a 2010. ....	I-14
<b>Figura 4</b> – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de Salvador/METAR para o período de 2008 a 2010. ....	I-15
<b>Figura 2</b> – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para dezembro a fevereiro obtidos a partir de dados do NODC. ..	I-18
<b>Figura 3</b> – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para março a maio obtidos a partir de dados do NODC. ....	I-19
<b>Figura 4</b> – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para junho a agosto obtidos a partir de dados do NODC. ....	I-19
<b>Figura 5</b> – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para setembro a novembro obtidos a partir de dados do NODC. ..	I-20
<b>Figura 6</b> – Seção vertical de densidade. Valores médios para dezembro a fevereiro obtidos a partir de dados do NODC. As linhas indicam os núcleos das massas d’água. ...	I-21
<b>Figura 7</b> – Seção vertical de densidade. Valores médios para março a maio obtidos a partir de dados do NODC. As linhas indicam os núcleos das massas d’água. ....	I-21
<b>Figura 8</b> – Seção vertical de densidade. Valores médios para junho a agosto obtidos a partir de dados do NODC. As linhas indicam os núcleos das massas d’água. ....	I-22
<b>Figura 9</b> – Seção vertical de densidade. Valores médios para setembro a novembro obtidos a partir de dados do NODC. As linhas indicam os núcleos das massas d’água. ...	I-22
<b>Figura 10</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de dezembro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ....	I-23
<b>Figura 11</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de janeiro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ...	I-24
<b>Figura 12</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para os meses de fevereiro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ....	I-25

<b>Figura 13</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de março. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ...	I-26
<b>Figura 14</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de junho. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ....	I-27
<b>Figura 15</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de julho. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. I-28	I-28
<b>Figura 16</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de agosto. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ...	I-29
<b>Figura 17</b> – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês setembro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura. ....	I-30
<b>Figura 18</b> - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o verão a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010. ....	I-32
<b>Figura 19</b> -Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o outono a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010. ....	I-32
<b>Figura 20</b> - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o inverno a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010. ....	I-33
<b>Figura 21</b> - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para a primavera a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010. ....	I-33
<b>Figura 22</b> - Diagrama de refração de ondas com períodos de 6,5 segundos e altura de 1,5 m provenientes dos quadrantes SE (A) e S-SE (B) ao longo da costa da Bahia. O retângulo vermelho envolve as Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12, localizadas entre os municípios de Camamu e Ilhéus. ....	I-34
<b>Figura 23</b> - Diagrama de refração de ondas com períodos de 5 segundos e altura de 1 m provenientes dos quadrantes NE (A) e E (B) ao longo da costa da Bahia. O retângulo vermelho envolve das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12, localizados entre os municípios de Camamu e Ilhéus. ....	I-35
<b>Figura 24</b> – <b>(Figura III-3)</b> Histograma direcional dos vetores de vento NCEP Ilhéus para (a) verão (janeiro a março de 2004) e (b) inverno (junho a agosto de 2004). ....	I-43
<b>Figura 25</b> – <b>(Figura C-1)</b> Intensidade média mensal do vento a 925hPa para o período de 1979 a 2008 e para o ano de 2004. ....	I-48
<b>Figura 29</b> – Mapa do levantamento do ambiente costeiro incorporada os contornos de terra (grade land-water) para a modelagem de deriva de óleo, no verão e inverno. ....	I-53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Informações dos parâmetros meteorológicos analisados.....	I-5
<b>Tabela 2</b> -Constantes e parâmetros físicos utilizados no OILMAP – dados de entrada. I-40	I-40
<b>Tabela 3</b> - Informações dos dados de entrada utilizados na modelagem hidrodinâmica. ....	I-41
<b>Tabela 4</b> - Espessura máxima de óleo retido na costa, para três classes de viscosidade. (CSE/ASA/BAT, 1986). ....	I-54
<b>Tabela 5</b> - Tempo de remoção do óleo da linha de costa (CSE/ASA/BAT, 1986). ....	I-55
<b>Tabela 6</b> – Parâmetros considerados nas simulações probabilísticas de derrames de óleo para o Bloco BM-CAL-11, Bacia de Camamu-Almada. ....	I-56
<b>Tabela 7</b> - Parâmetros considerados nas simulações probabilísticas de derrames de óleo para o Bloco BM-CAL-12, Bacia de Camamu-Almada. ....	I-57
<b>Tabela 8 (Tabela III-4)</b> - Características da diluição da pluma na coluna d’água para o Bloco BM-CAL-11, Fase II.....	I-62
<b>Tabela 9 (Tabela III-5)</b> - Características da diluição da pluma na coluna d’água para o Bloco BM-CAL-11, Fase III.....	I-63
<b>Tabela 10 (Tabela III-6)</b> - Características da diluição da pluma na coluna d’água para o Bloco BM-CAL-12, Fase II.....	I-63
<b>Tabela 12 (Tabela III-7)</b> - Características da diluição da pluma na coluna d’água para o Bloco BM-CAL-12, Fase III.....	I-63

## I RESPOSTAS/COMENTÁRIOS

Apresentam-se, a seguir, comentários às solicitações do Parecer Técnico 02022.000417/2015-34 COEXP/IBAMA, referente ao diagnóstico do meio físico (itens de meteorologia e oceanografia), modelagem de dispersão de óleo e modelagem do descarte de cascalhos e fluidos de perfuração para o os Blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12, localizados na Bacia de Camamu-Almada.

### II.5 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Este item apresenta as respostas dos questionamentos realizados sobre o diagnóstico do meio físico (meteorologia e oceanografia) apresentado em dezembro de 2011 para atendimento do item II.5.1.1 do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 02/2011.

#### II.5.1.1 – Meteorologia

*Em linhas gerais a caracterização meteorológica da região do Bloco BM-CAL-11 e 12 atende às solicitações do Termo de Referência nº 02/2011. No sentido de se complementar as informações com relação às características meteorológicas da região, apenas algumas correções, esclarecimentos e considerações se fazem necessárias.*

**Solicitação/Questionamento 01:** *É importante que na introdução seja abordada a caracterização climática da região, contextualizando a área de estudo, incluindo a influência dos fenômenos como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS).*

**Resposta/Comentários 01:** Segue abaixo texto introdutório descrevendo os principais sistemas atmosféricos que afetam o clima local, incluindo fenômenos como ENOS.

A porção do Nordeste Brasileiro (NEB) que se estende do litoral da Bahia ao Rio Grande do Norte, onde se encontra a área de enfoque deste trabalho, possui clima classificado como litorâneo úmido (CAVALCANTI *et al.*, 2009). As principais

características meteorológicas desta região são determinadas pela sua localização em baixa latitude, sendo influenciadas por sistemas atmosféricos em diferentes escalas.

As escalas espaciais dos fenômenos atmosféricos podem ser classificadas em macroescala, também denominada de escala sinótica, quando os sistemas possuem extensão maior que 1000 km, mesoescala quando a extensão é entre 10 e 1000 km, e microescala quando menor que 10 km.

Os sistemas atmosféricos com maior influência sobre a área de estudo ocorrem em macroescala, destacando-se a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's) e sistemas frontais. Em mesoescala destaca-se a circulação de brisas marítimas e terrestres, enquanto em microescala pode-se mencionar a ocorrência de trombas d'água.

Os sistemas atmosféricos atuantes na região de estudo em cada uma destas escalas são descritos a seguir, sendo sua influência sobre os parâmetros meteorológicos discutida ao longo deste diagnóstico.

### ***Sistemas Meteorológicos de Macroescala***

A circulação atmosférica é influenciada principalmente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em escala sinótica. A ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e do hemisfério sul, sendo sua sazonalidade caracterizada por um deslocamento para sul durante o verão do hemisfério sul, chegando à posição aproximada de 2°S a 4°S entre os meses de fevereiro e abril, e para norte durante o inverno, chegando a até aproximadamente 14°N entre agosto e outubro (FERREIRA & MELLO, 2005).

Outro sistema relacionado nesta escala é a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que pode influenciar principalmente a porção sul do Nordeste Brasileiro. A ASAS se intensifica com regularidade, avançando de sudeste para noroeste a partir do final do verão no hemisfério sul, atingindo sua máxima intensidade em julho e declinando até janeiro (CAVALCANTI et al., 2009).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's) são também sistemas de escala sinótica atuantes na região Nordeste do Brasil, definidos como sistemas fechados de

baixa pressão que se formam na alta troposfera (GAN & KOUSKY, 1982). O centro desse tipo de sistema é caracterizado por mínima presença de nuvens e movimento descendente de ar, o que impede a formação de nuvens e leva a condições de céu claro. Suas bordas, porém, apresentam ascendência de ar gerando nuvens precipitantes, principalmente na direção de deslocamento do vórtice. Os VCAN's são classificados na literatura como baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a periferia. Ocasionalmente, os vórtices ciclônicos intensificam-se para baixo na vertical e podem refletir no campo de pressão em superfície (CAVALCANTI, 1982).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que penetram na região Nordeste do Brasil formam-se no oceano Atlântico, principalmente entre os meses de novembro e março. Sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro e seu tempo de vida varia, em média, entre 7 a 10 dias, conforme apresentado por GAN & KOUSKY (1982).

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é caracterizado por anomalias positivas (El Niño) ou negativas (La Niña) de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial (CPTEC, 2017), com efeitos também na região do Atlântico, embora menos intensos.

A influência do fenômeno El Niño sobre o Nordeste brasileiro e região adjacente do Atlântico se dá de forma moderada, podendo afetar os seguintes aspectos: leve aumento da temperatura da água, diminuição da precipitação e intensificação dos ventos zonais (ventos de E). Estas influências podem ocorrer, ainda que de forma indireta, no primeiro semestre do ano, em função da presença da ZCIT ao sul do Equador. No segundo semestre do ano não são conhecidas influências significativas do El Niño sobre a região. Note-se que a descrição de impactos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a costa leste do Brasil apresenta pouca documentação na literatura especializada, devido justamente à sua baixa influência sobre os aspectos climáticos da região.

### ***Sistemas Meteorológicos de Mesoescala***

Além dos sistemas de escala sinótica, que definem a condição predominante do vento e determinam o regime pluviométrico, a região de estudo está sujeita a

fenômenos conhecidos em mesoescala, como o próprio ciclo diurno de aquecimento radiativo e as circulações de brisa geradas por este aquecimento diferenciado, que ocorre entre a superfície terrestre e a superfície do mar (ALMEIDA, 1999). Nas regiões costeiras, em dias de pouca nebulosidade, a circulação dos ventos ocorre do oceano em direção ao continente no período da tarde (brisa marítima) e do continente para o oceano durante a madrugada (brisa terrestre).

As brisas terrestre e marítima, porém, nem sempre são percebidas claramente no nordeste do Brasil, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano (FERREIRA & MELLO, 2005). Via de regra, as brisas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade do vento. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio (VAREJÃO-SILVA, 2001). No entanto as brisas marinhas exercem influência sobre o regime de precipitação, sendo um fator importante para a formação de chuvas na área litorânea do Nordeste brasileiro.

### ***Sistemas Meteorológicos de Microescala***

Em microescala um dos fenômenos menos conhecido são as trombas d'água, que em função do aumento da presença humana na região de estudo e do acesso a meios de divulgação, tem sido relatado com mais frequência.

A tromba d'água é um fenômeno meteorológico semelhante ao tornado que se forma sobre uma superfície de água, com um curto ciclo de vida, da ordem de alguns minutos, e está associada a ventos em média de 30 nós (GOLDEN, 1974). Consiste na formação de um vórtice intenso, visível sob a forma de uma nuvem colunar, como um funil estreito, que gira rapidamente em volta de si mesma, ligando a superfície da água à base de uma nuvem cumuliforme (nuvem de tempestade).

Embora tenha o aspecto de um tornado, os danos causados pelas trombas d'água não costumam ser grandes em virtude dos ventos associados. Do ponto de vista observacional, não há uma estatística oficial da ocorrência das trombas d'água, apenas alguns relatos e fotos da incidência destes fenômenos sobre a área de estudo em meios não oficiais (mídia).

**Solicitação/Questionamento 02:** “Solicita-se a rerepresentação da Figura II.5.1.1-1 de maneira que a localização das coordenadas de coleta e o polígono da área de abrangência dos dados meteorológicos seja apresentada em um ou diversos mapas, em escala adequada, de forma a favorecer a visualização da distribuição espacial das informações.”

**Resposta/Comentários 02:** A Figura II.5.1.1-1 é rerepresentada na Figura 1 para melhor visualização da localização dos dados analisados. Vale ressaltar que os dados do NCEP foram rerepresentados na Figura 1 indicando o ponto de análise, que representa o ponto central da célula de grade a qual este se refere, e que foi ilustrada na Figura II.5.1.1-1. Além disso, a Tabela II.5.1.1-1 é rerepresentada na Tabela 1 contendo correções quanto às coordenadas e períodos dos dados.

**Tabela 1 - Informações dos parâmetros meteorológicos analisados.**

DADO	Tipo	PARÂMETROS	COORDENADAS	DATUM	PERÍODO	
NCEP-1	Reanálise	Vento 10m, Temperatura e Pressão	14,30°S e 37,50°W	<i>Spherical Earth</i>	1948 a 2010	
NCEP-2		Temperatura e Pressão	14,30°S e 39,40°W	<i>Spherical Earth</i>	1948 a 2010	
NCEP-3		Umidade Relativa	15,00°S e 37,50°W	<i>Spherical Earth</i>	1948 a 2010	
NCEP-4		Vento 10m	12,40°S e 35,60°W	<i>Spherical Earth</i>	1948 a 2010	
GPCP	Estimativa de precipitação por satélite	Precipitação	13,80°S e 38,80°W	<i>Spherical Earth</i>	1979 a 2010	
INMET Salvador	Estação de superfície	Temperatura, Precipitação, Evaporação, Umidade Relativa e Pressão	13,00°S e 38,50°W	WGS84	1961 a 1990	
INMET Ilhéus		Temperatura, Umidade Relativa e Pressão	14,80°S e 39,06°W	WGS84	2003 a 2010	
PETROBRAS Manati		Vento 10 m		13,47°S e 38,82°W	WGS84	2008 a 2010
METAR Aracaju				10°59'S e 37°04'W	WGS84	2008 a 2010
METAR Ilhéus				14°49'S e 39°02'W	WGS84	2008 a 2010
METAR Salvador				12°54'S e 38°19'W	WGS84	2008 a 2010

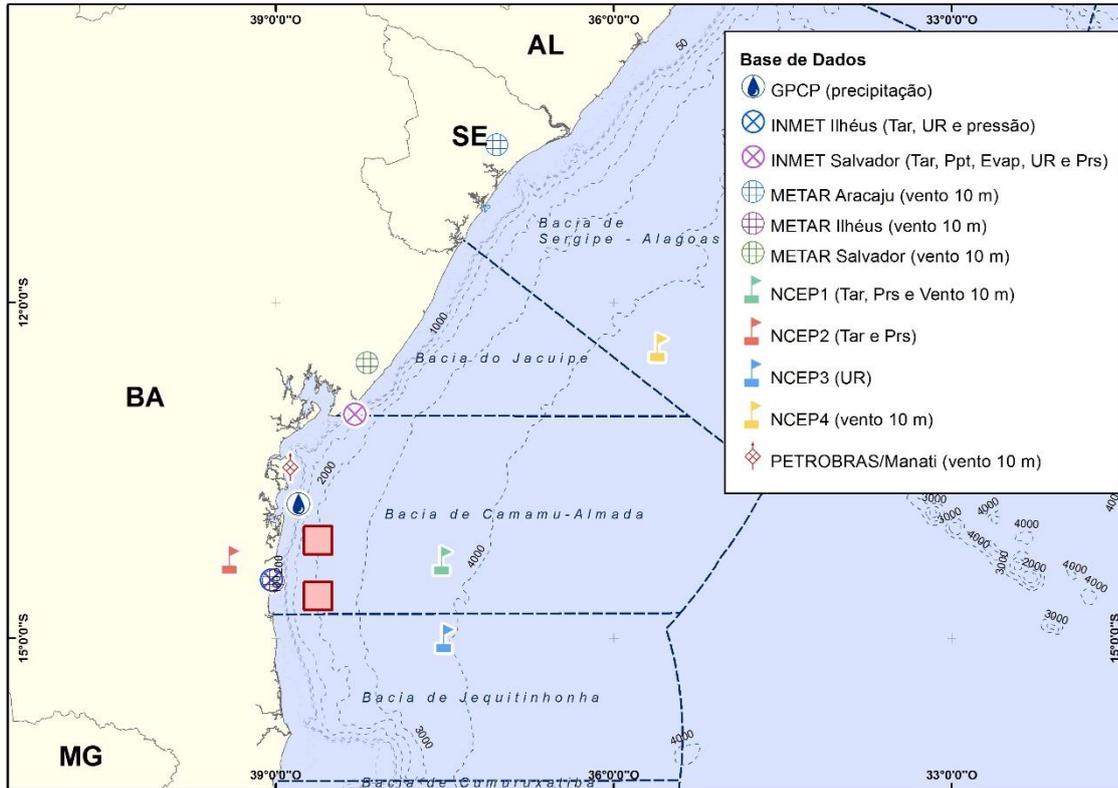


Figura 1 – Localização dos parâmetros meteorológicos analisados.

**Solicitação/Questionamento 03:** *“Os dados de temperatura do ar NCEP1, NCEP2, INMET Salvador e INMET Ilhéus foram apresentados com padrões diferentes. Dos dados NCEP foram apresentados mapas climatológicos de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro) e inverno (Junho, Julho, Agosto) para o período de 1948 a 2010 e gráfico de Climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal (1948 a 2010). Do INMET Salvador foi apresentada a Climatologia da temperatura média, máxima e mínima mensal (1961 a 1990) e do INMET Ilhéus foi apresentada somente a climatologia da temperatura média mensal (2003 a 2010). Os dados não foram comparados e interpretados, apenas brevemente descritos. Para uma melhor caracterização os dados deverão ser comparados e suas diferenças interpretadas considerando o período amostrado, efeito da maritimidade, dentre outros fatores. É recomendável a utilização de tabelas para comparação dos resultados.”*

**Resposta/Comentários 03:** Para análise da temperatura do ar foram utilizados dados da Reanálise II do NCEP e também dados medidos em estações costeiras do INMET.

Os dados do NCEP foram utilizados para avaliação da distribuição espacial da temperatura, uma vez que são disponibilizados em domínio global. Além disso, foram avaliados dados obtidos em uma célula de grade oceânica (NCEP-1), a fim de caracterizar a variação mensal da temperatura na região dos blocos, e em uma célula costeira (NCEP-2), para comparação com os dados medidos em estações de superfície costeiras. Conforme ressaltado, porém, estes dados em célula de grade representam uma média espacial na área da célula.

É importante notar que cada um dos conjuntos de dados foi analisado de acordo com a sua disponibilidade à época da elaboração do estudo. Desta forma, os dados no NCEP foram avaliados em todo o seu período disponível, sendo este de 1948 a 2010. Já os dados do INMET foram obtidos pelo conjunto de Normais Climatológicas para a estação de Salvador desde 1961 até 1990 e dados históricos para a estação de Ilhéus, desde 2003 a 2010.

A temperatura média do ar varia entre aproximadamente 21°C e 25°C ao longo do ano tanto nas estações costeiras do INMET em Salvador e em Ilhéus quanto nos dados avaliados no ponto NCEP-2 (ponto costeiro da grade de reanálise). Nestes conjuntos de dados costeiros os meses mais quentes ocorrem entre janeiro e março, onde a curva de máxima temperatura indicam valores de até 30°C em Salvador, e os mais frios entre

julho e agosto, onde a linha de temperaturas mínimas chegou a 16°C, também nesta estação de coleta de dados.

Já o ponto NCEP-1, localizado sobre região oceânica, apresenta um padrão com temperaturas mais elevadas que os pontos costeiros e com uma menor variação da temperatura média do ar ao longo do ano, entre aproximadamente 24°C e 27°C. Além disso, a amplitude entre máximas e mínimas mensais também é menor se comparada às estações costeiras, mantendo-se com uma diferença de aproximadamente 2° C ao longo de todo ano. Esta diferença se dá devido à localização deste ponto de análise sobre o oceano.

**Solicitação/Questionamento 04:** *“Da mesma maneira os dados de Precipitação, Evaporação, Umidade relativa e pressão atmosférica não foram adequadamente comparados e interpretados. Solicita-se que mapas, tabelas, diagramas e gráficos sejam amplamente utilizados, assim como o adequado tratamento estatístico dos dados disponíveis.”*

**Resposta/Comentários 04:** A seguir são apresentadas discussões e análises acerca de cada um dos parâmetros solicitados.

### Precipitação

Segundo Molion e Bernardo (2000), os mecanismos dinâmicos de grande escala são responsáveis por cerca de 30% a 80% das chuvas no Nordeste do Brasil (dependendo do local), enquanto mecanismos de meso e micro escalas respondem pelo restante. Os autores destacam os sistemas frontais e a zona de convergência intertropical (ZCIT) em escala sinótica; perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios, complexos convectivos e brisas marítima e terrestre em mesoescala; e circulações orográficas e pequenas células convectivas na microescala.

Nobre & Melo (2001), apontam os principais fenômenos que influenciam a variabilidade intrasazonal da precipitação nesta região como:

- Oscilações de 30-60 dias, conhecidas como Oscilações de Maden-Julian (KOUSKY & KAYANO, 1994);

- Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's);
- Linhas de instabilidade associadas à brisa marítima;
- Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Os dados de precipitação analisados são compostos pelo produto GPCP, que consiste em uma estimativa de precipitação por satélite, e dados das Normais Climatológicas do INMET em Salvador. É importante notar que nas normais são fornecidos apenas valores médios mensais, não sendo, portanto, possível obter máximos e mínimos mensais para o parâmetro precipitação.

O padrão sazonal da precipitação observado em ambos os conjuntos de dados é coerente, porém os volumes médios mensais registrados em Salvador mostram-se maiores. Esta diferença se explica devido à metodologia de composição da base GPCP, com resolução espacial de 2,5°, de forma que os volumes obtidos em um ponto de grade podem sofrer certa atenuação devido ao processo de interpolação espacial, ou seja, o processo para obter um único valor para representar uma grande área.

A variação anual da precipitação apresenta os meses mais chuvosos entre abril e junho, com volumes acima de 300 mm/mês segundo os dados do INMET e de 120 mm/mês no ponto de análise do GPCP. Os menores volumes mensais ocorrem nos meses de setembro e outubro, com valores em torno de 100 mm/mês.

### Evaporação

A evaporação ao nível da superfície é influenciada, principalmente, por três parâmetros: a disponibilidade de água (sendo, portanto, mais abundante sobre os oceanos do que sobre regiões continentais e sendo também diretamente influenciado pela precipitação no local), a incidência de radiação solar (fonte de energia necessária para gerar a evaporação) e intensidade dos ventos (condições de calmaria de ventos favorecem a evaporação). A relação entre estes fatores, conforme descrito, ocorre de forma complexa.

Para este parâmetro foram usados os dados a partir das Normais Climatológicas em Salvador, que disponibilizam apenas valores médios de evaporação. A descrição foi realizada a partir da análise gráfica do parâmetro, que permitiu identificar uma

variação anual. Os aspectos sobre evaporação na porção litorânea do nordeste brasileiro e região oceânica adjacente são pouco abordados na literatura, sendo dado enfoque a este parâmetro na região do semiárido. Portanto, a evaporação foi descrita através de valores médios mensais, de 29 anos de dados coletados. A taxa de evaporação em Salvador é menor nos meses de maior umidade relativa, abril e maio.

### Umidade Relativa

É importante notar que o parâmetro umidade relativa do ar não se refere à quantidade absoluta de vapor de água presente na atmosfera (em massa ou volume), mas sim à relação entre a quantidade de vapor e a capacidade da atmosfera de reter este vapor (por isso sua unidade é dada em porcentagem). Assim, a umidade relativa indica o quão próxima a atmosfera está do seu estado de saturação, de forma que sob a condição de precipitação a umidade relativa possui valor de 100%. Dadas condições de temperatura semelhantes, onde a capacidade de retenção de vapor pela atmosfera não sofra alterações, o fator de evaporação de água pela superfície influenciará o valor da umidade relativa do ar.

O parâmetro de umidade relativa do ar é pouco discutido na literatura na porção litorânea do nordeste brasileiro e região oceânica adjacente, pois assim como para evaporação o enfoque a este parâmetro é discutido na região do semi-árido.

Para o parâmetro Umidade Relativa, foram utilizados dados das Normais Climatológicas em Salvador, que indicam uma variabilidade anual bem definida, com valores elevados em abril e maio e inferiores em setembro, que é portanto coerente com a curva gerada para os dados da reanálise do NCEP. Este comportamento se opõe ao apresentado pela evaporação, que apresenta valores mínimos no período de abril e maio.

A curva apresentada pela série de 2003 a 2010 da estação de Ilhéus apresenta comportamento anual não muito bem definido, devido à menor duração da série. Ainda assim, é possível observar uma elevação da umidade relativa nos meses de março e outubro.

## Pressão

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 da 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 & ALVES, 1991).

Por este motivo, assim como apresentado no documento de diagnóstico, os maiores valores de pressão atmosférica foram observados nos meses de inverno, com máximos em julho e agosto.

**Solicitação/Questionamento 05:** *Os dados de vento foram satisfatoriamente apresentados, porém sua descrição foi baseada principalmente na divisão de períodos sazonais. Por ser um parâmetro importante e se tratar de um dado de entrada do modelo hidrodinâmico e de dispersão de óleo, solicita-se que os dados utilizados na modelagem sejam apresentados mensalmente na forma de rosa de ventos além dos stick plot das séries temporais. Foi informado que o campo de vento utilizado como forçante do modelo hidrodinâmico foi gerado a partir de uma composição entre séries temporais pontuais de dados costeiros obtidos junto à INFRAERO/METAR e resultados extraídos de Reanálise modelos meteorológicos NCEP/NCAR, abrangendo todo o domínio considerado na modelagem hidrodinâmica. Solicita-se que sejam apresentados os dados de entrada após a composição realizada.*

**Resposta/Comentários 05:** Os dados de vento utilizados como dado de entrada na modelagem de dispersão de óleo, das fontes NCEP e METAR, foram apresentados e analisados no Diagnóstico de Meteorologia através de gráficos *stick plot* mensais (Figuras II.5.1.1-30 até II.5.1.1-34). Além disso, estes mesmo dados também foram analisados através de histogramas direcionais para cada estação do ano, conforme

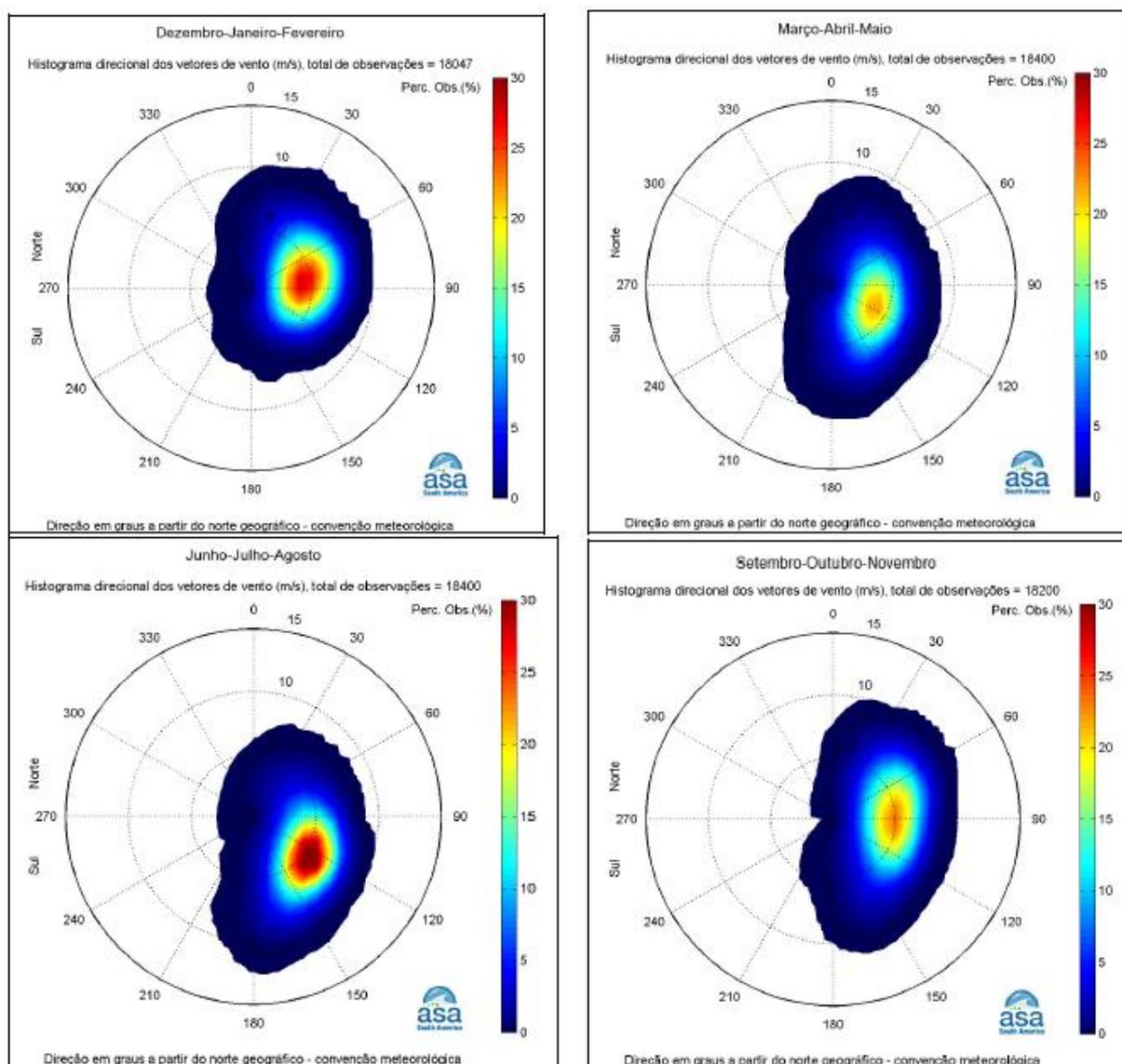
Figura II.5.1.1-22 (NCEP), Figura II.5.1.1-24 (METAR/Aracajú), Figura II.5.1.1-25 (METAR/Salvador) e Figura II.5.1.1-26 (METAR/Ilhéus).

A partir da análise destas figuras pode-se observar uma reduzida variabilidade sazonal nos pontos do NCEP, Aracajú e Salvador, com ventos mais de E na primavera (setembro, outubro e novembro) e verão (dezembro, janeiro e fevereiro), e ventos provenientes de E/SE no outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto), conforme o deslocamento sazonal dos giros atmosféricos de grande escala. Para o ponto de análise de Ilhéus, o regime de ventos apresenta-se relativamente diferenciado, com ventos predominantes dos quadrantes de NE e SW, possivelmente devido à mudança na orientação da linha de costa nesta região.

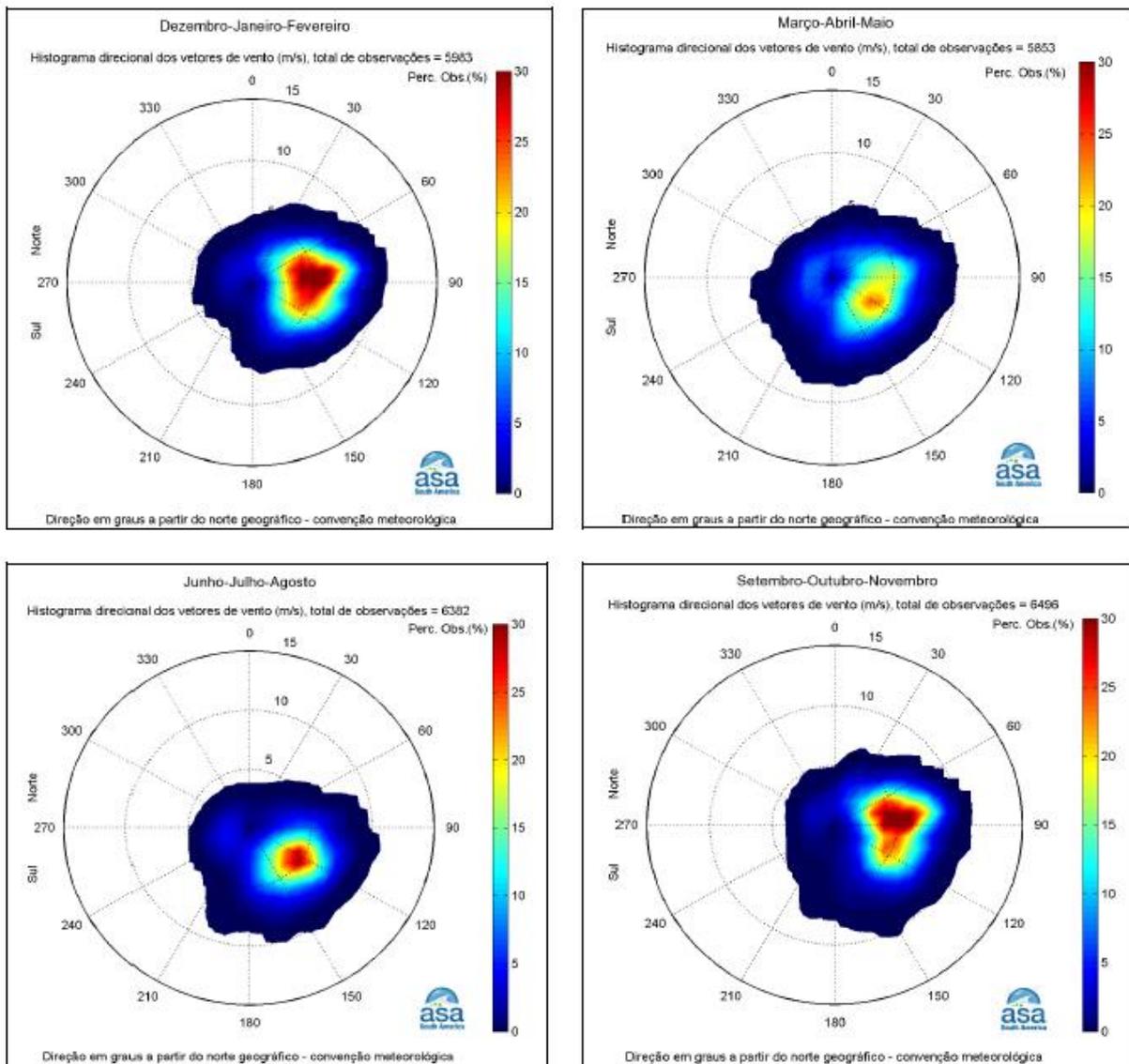
Desta forma, a apresentação dos dados em histogramas direcionais sazonais facilita a interpretação, pois permite observar uma variabilidade sazonal para cada estação do ano, coerente com os períodos de modelagem. A apresentação de análises mensais geraria um volume elevado de informação que dificultaria a interpretação/comparação dos padrões locais, uma vez que são diversos os pontos e bases de análise utilizadas.

**Solicitação/Questionamento 06:** *A partir da Figura II.5.1.1-30 à Figura II.5.1.1-34 não foi possível observar, conforme escrito, que ocorre boa concordância entre dados e resultados de reanálise. Para conseguir fazer esta comparação é necessário que os dados das diferentes fontes sejam plotados em um mesmo diagrama mês a mês ou em rosa dos ventos ou histograma direcionais em uma mesma figura.*

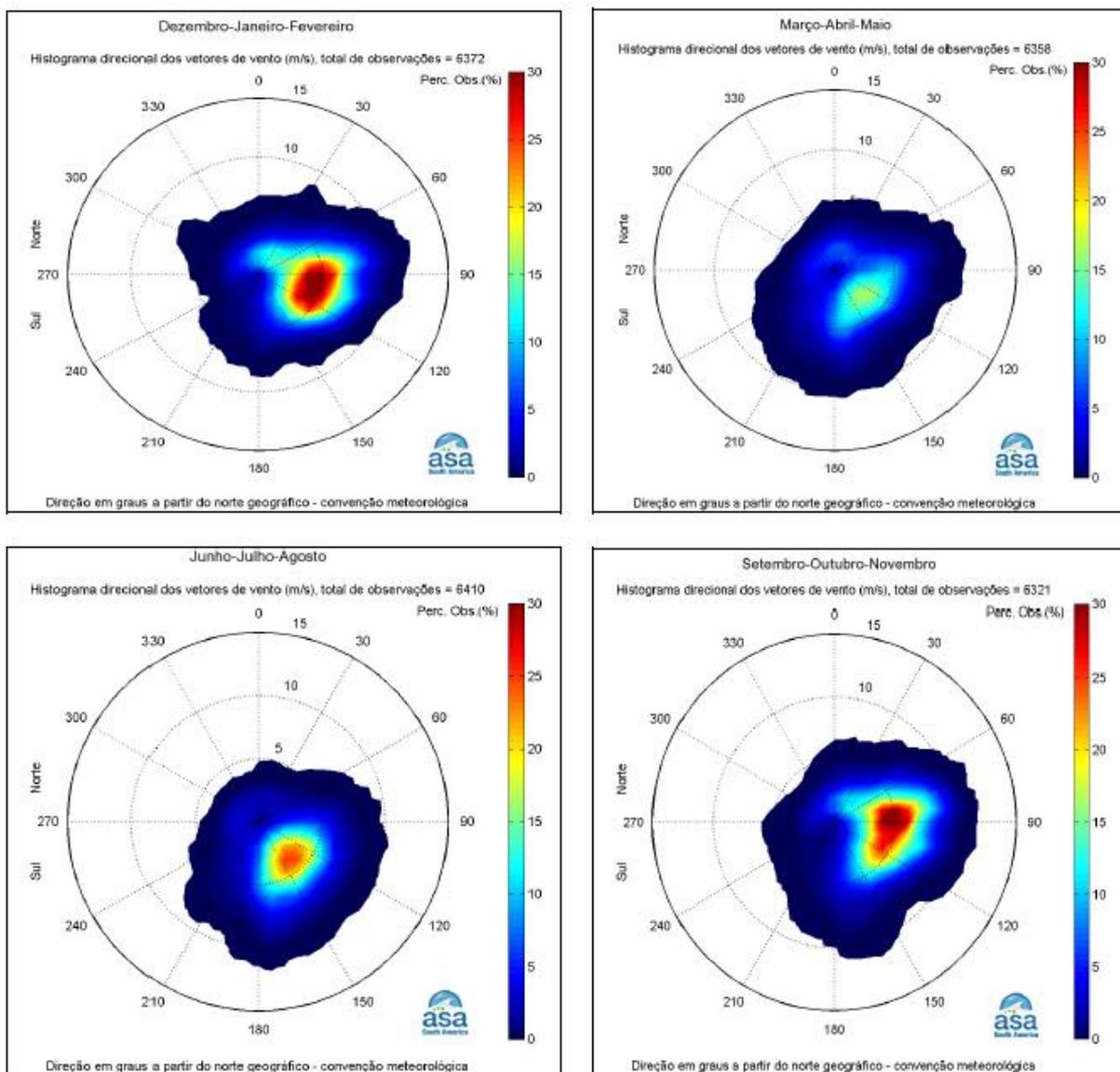
**Resposta/Comentários 06:** Essa comparação pode ser observada através da análise dos histogramas direcionais sazonais que foi complementada na Resposta/Comentários 05, onde discutiu-se que a reanálise do NCEP apresenta variabilidade semelhante aos dados medidos em Aracajú e Salvador, como visto na análise da Figura II.5.1.1-22, Figura II.5.1.1-24 e Figura II.5.1.1-25 apresentadas no Diagnóstico de Meteorologia, rerepresentadas na sequência nas Figura 2, Figura 3 e Figura 4 .



**Figura 2** – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de reanálise do NCEP (NCEP1) para o período de 1961 a 2010.



**Figura 3** – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de Aracaju/METAR para o período de 2008 a 2010.



**Figura 4** – Histogramas direcionais sazonais dos vetores do vento de Salvador/METAR para o período de 2008 a 2010.

**Solicitação/Questionamento 07:** A interpretação e integração entre as variáveis meteorológicas é fundamental para uma melhor caracterização da região de estudo. Todas as variáveis estão relacionadas e é importante esta abordagem no estudo.

**Resposta/Comentários 07:** A relação entre os parâmetros meteorológicos foi abordada nas respostas aos questionamentos anteriores, quando do detalhamento das discussões dos padrões de variáveis atmosféricas.

### II.5.1.3 – Oceanografia

*Em linhas gerais a caracterização oceanográfica da região do Bloco BM-CAL-11 e 12 atende às solicitações do Termo de Referência Nº 02/2011. No sentido de se complementar as informações com relação parâmetros oceanográficos da região, apenas algumas considerações se fazem necessárias.*

**Solicitação/Questionamento 08:** *Os perfis apresentados de Olavo et. al. (2005), no âmbito do Programa REVIZEE para a Zona Econômica Exclusiva Central Brasileira, que abrange a área de influência das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 devem ser comparados com os perfis verticais apresentados de temperatura potencial das outras fontes referenciadas.*

**Resposta/Comentários 08:** Os perfis apresentados por Olavo *et al.* (2005) indicam temperaturas superficiais entre 23° e 25°C no inverno e entre 27° e 28°C verão, com uma camada de mistura mais profunda no inverno, em que o topo da termoclina é marcado em aproximadamente 100 m de profundidade (Figura II.5.1.3-3).

Através dos perfis gerados através dos dados dos Cruzeiros WOCE (A08-172/178) para o mês de abril, pode-se notar que o topo da termoclina encontra-se a uma profundidade entre 50 e 60 m (Figura II.5.1.3-43 e Figura II.5.1.3-44). Esta é profundidade intermediária e representativa de um período de transição de verão para inverno, em que o topo da termoclina encontra-se próximo à superfície e em torno 100 m, respectivamente, conforme apresentado por Olavo *et al.* (2005).

Comportamento semelhante ao descrito por Olavo *et al.* (2005) também foi encontrado a partir dos perfis gerados com dados coletado com o navio RV Seaward Johnson, em que para os dois pontos de coleta a profundidade da termoclina encontra-se em aproximadamente 100 m (Figura II.5.1.3-47 e Figura II.5.1.3-48), uma vez que estes foram coletados em agosto, representando a condição de inverno.

**Solicitação/Questionamento 09:** *Solicita-se que seja apresentado um detalhamento para o perfil 1, que se encontra mais próximo a área dos blocos, de temperatura potencial e sigma theta a partir dos resultados do modelo OCCAN para a observação da termoclina sazonal e permanente e das picnoclinas, e que estes dados sejam comparados com os perfis apresentados de CTD coletados a bordo no R/V Seward Johnson, fornecidos pela PETROBRAS.*

**Resposta/Comentários 09:** Tanto nos perfis de CTD quanto nas seções, observa-se que a termoclina, haloclina e picnoclina estão presentes em todas as estações do ano. Estas feições são caracterizadas graficamente nos perfis verticais pontuais onde observa-se maior inclinação das linhas de temperatura, salinidade e densidade. Já nas seções, as feições destacadas acima podem ser identificadas pela região de elevado gradiente da propriedade, ou com maior variação nas cores, que representam a escala da propriedade.

Tanto nos perfis verticais quanto nas seções verticais a termoclina é encontrada entre as profundidades de 50 a 600 metros aproximadamente. Da superfície até o nível de 600 metros a temperatura varia entre 24°C e 5°C; entre 600 metros e 1500 metros a temperatura apresenta diminuição para aproximadamente 4°C; entre 1500 metros e 3500 metros, aumenta novamente para aproximadamente 5°C e diminuindo até aproximadamente 1°C.

Quanto à densidade, o comportamento é o mesmo que o observado na temperatura, tanto nos perfis verticais pontuais quanto na seção 01.

Tanto na seção 01 do modelo OCCAM quanto nos perfis, observam-se as feições de maior gradiente em profundidades semelhantes, desde aproximadamente 40 até 600 m.

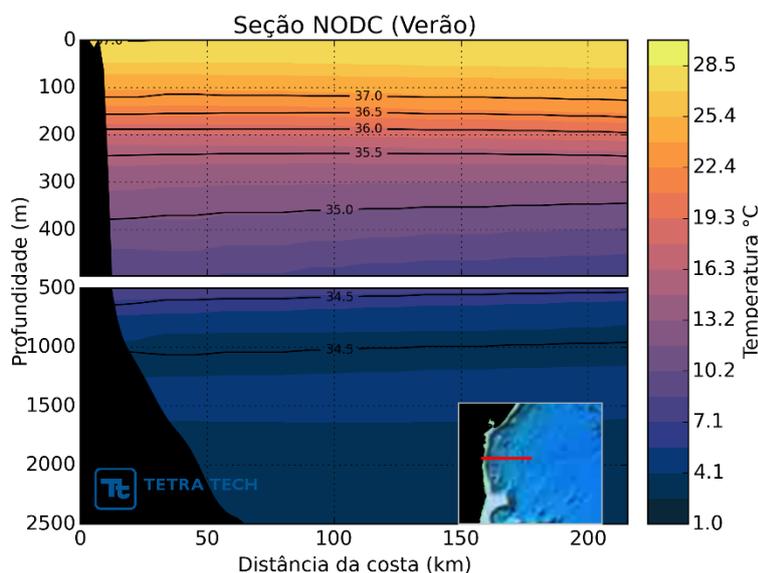
Quanto à reapresentação dos dados de temperatura e densidade da água do mar, devido a data do projeto OCCAN, os mesmos encontram-se indisponíveis em função da desativação do projeto. Para a apresentação de detalhe nas camadas superiores, são apresentados seções verticais sazonais gerados a partir da climatologia do NODC<sup>1</sup>

---

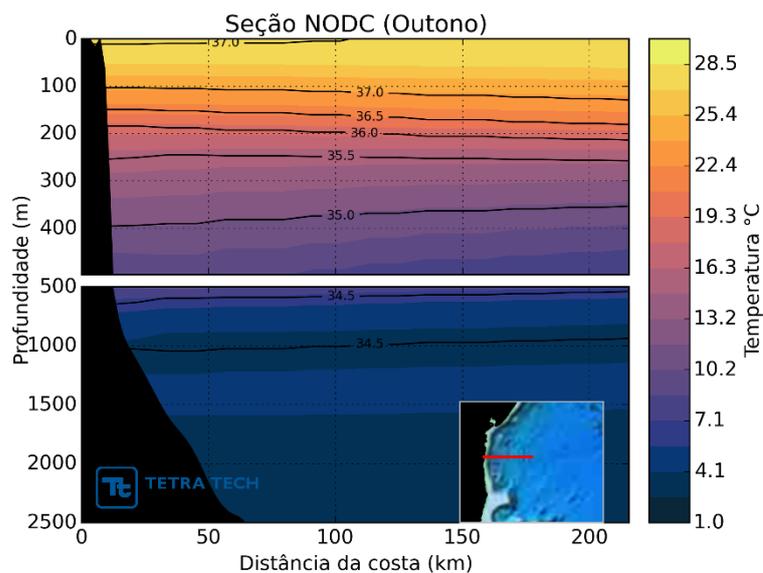
<sup>1</sup> National Oceanographic Data Center. Conjunto de dados fornecidos pela NOAA. Disponível em: <[http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/qd\\_ts01.html](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA01/qd_ts01.html)>.

da NOAA, para as mesmas coordenadas da seção 1 do OCCAN. Esta climatologia tem abrangência global, com resolução espacial de  $0,25^\circ$  e vertical em 33 níveis.

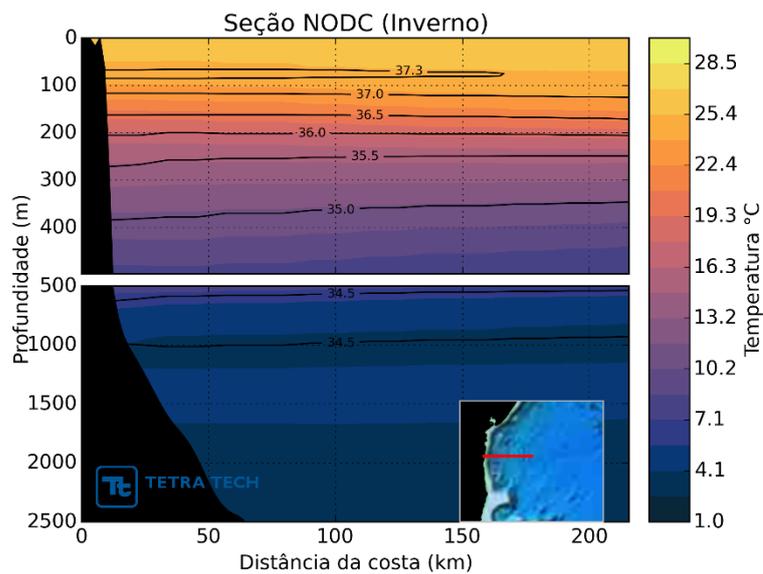
Nas regiões superficiais verificam-se valores de salinidade superiores a 37, o que indica a presença da Água Tropical na região de estudo. O período de verão e outono apresentam temperaturas mais elevadas, acima de  $28^\circ\text{C}$ , enquanto o inverno apresenta máximas próximo de  $26^\circ\text{C}$ , ambos na camada de superfície. As temperaturas superficiais de inverno são coerentes com aquelas encontradas nos dados de CTD fornecidos pela PETROBRAS, de aproximadamente  $25,1^\circ$  para o mês de agosto. Estas diferenças refletem o aquecimento diferenciado da superfície do mar pela radiação solar, que é mais intensa durante o verão. Observa-se também que as variações sazonais de temperatura ao longo da coluna d'água são mais significativas entre aproximadamente 100 e 200 m, uma vez que estão associadas à profundidade da camada de mistura.



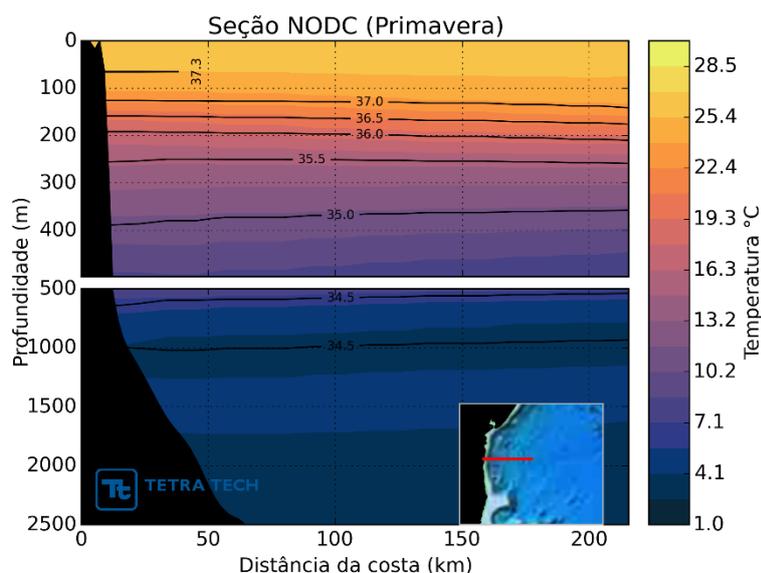
**Figura 5** – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para dezembro a fevereiro obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude  $37^\circ$  a  $39^\circ\text{W}$ , latitude  $14^\circ30'\text{S}$ ).



**Figura 6** – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para março a maio obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S).

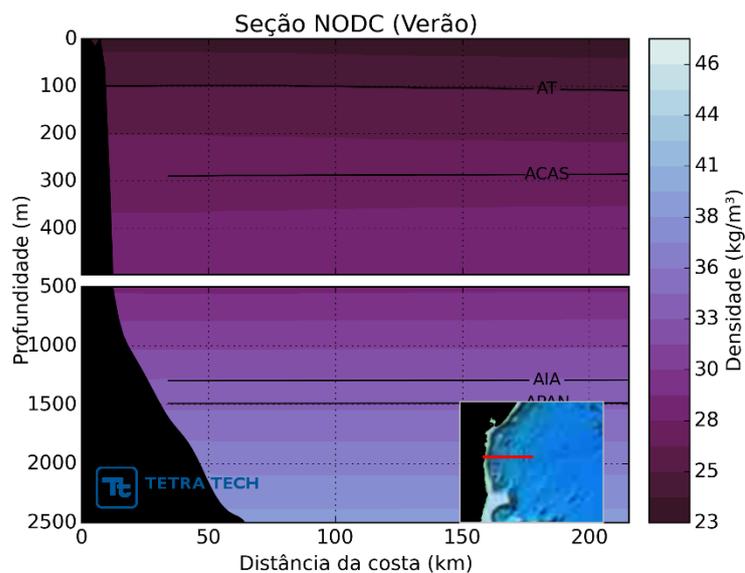


**Figura 7** – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para junho a agosto obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S).

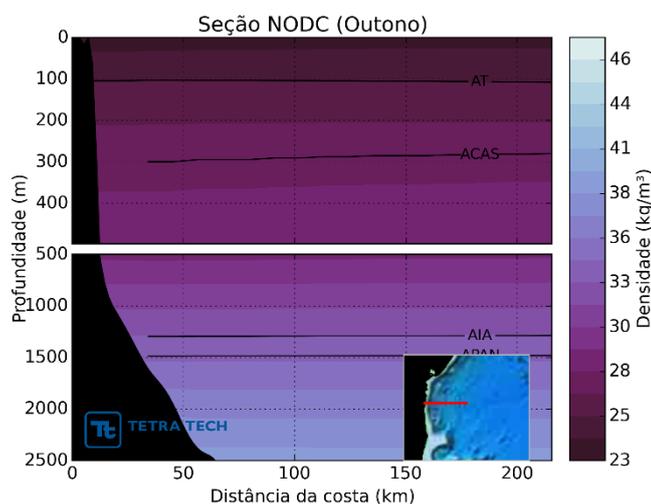


**Figura 8** – Seção vertical de temperatura, com contornos de salinidade sobrepostos. Valores médios para setembro a novembro obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S).

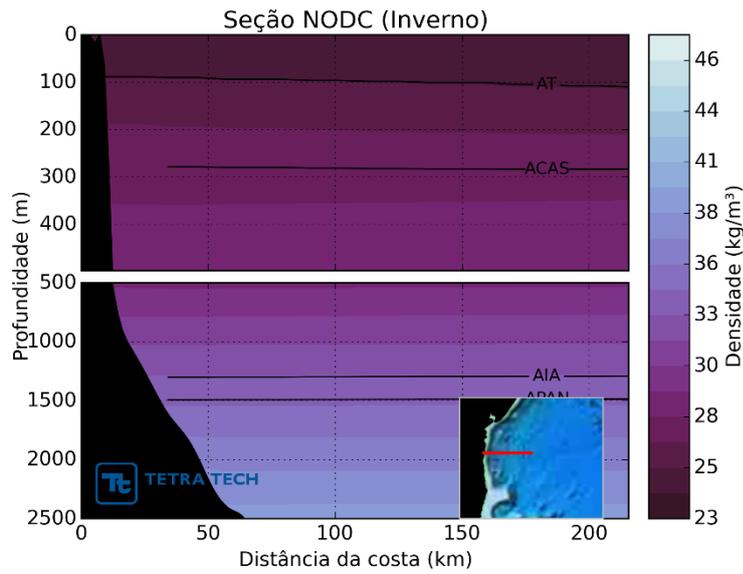
Em seguida, seções médias sazonais de densidade são apresentadas para a mesma radial nas Figura 9 a Figura 12. Nestas seções, as variações sazonais de densidade acompanham principalmente as variações de temperatura nas camadas superficiais, e as variações de salinidade nas camadas profundas. As menores densidades ocorreram na camada superficial durante o período de verão (aproximadamente  $24 \text{ kg/m}^3$ ), mesmo período em que foram observados os máximos superficiais de temperatura. A densidade aumenta com a profundidade e é possível notar o núcleo das massas d'água AT, ACAS, AIA e APAN em aproximadamente 100 m, 300 m, 1400 e 1600 m de profundidade, respectivamente.



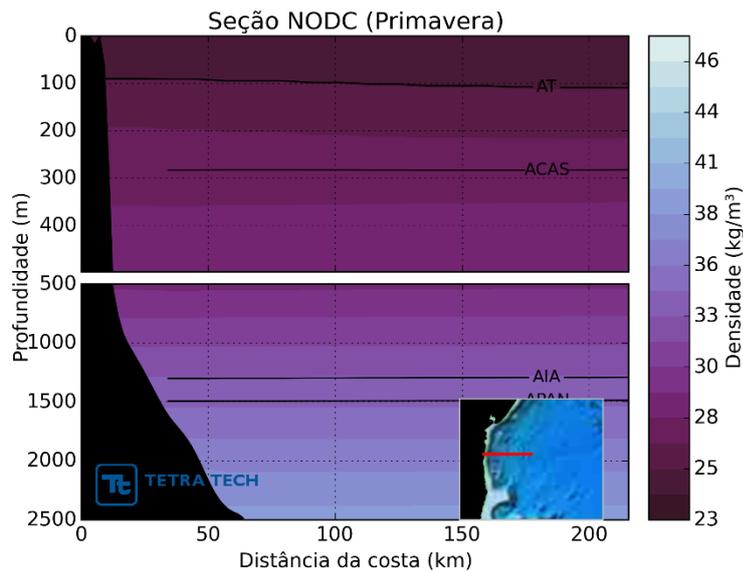
**Figura 9** – Seção vertical de densidade. Valores médios para dezembro a fevereiro obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S). As linhas indicam os núcleos das massas d'água.



**Figura 10** – Seção vertical de densidade. Valores médios para março a maio obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S). As linhas indicam os núcleos das massas d'água.



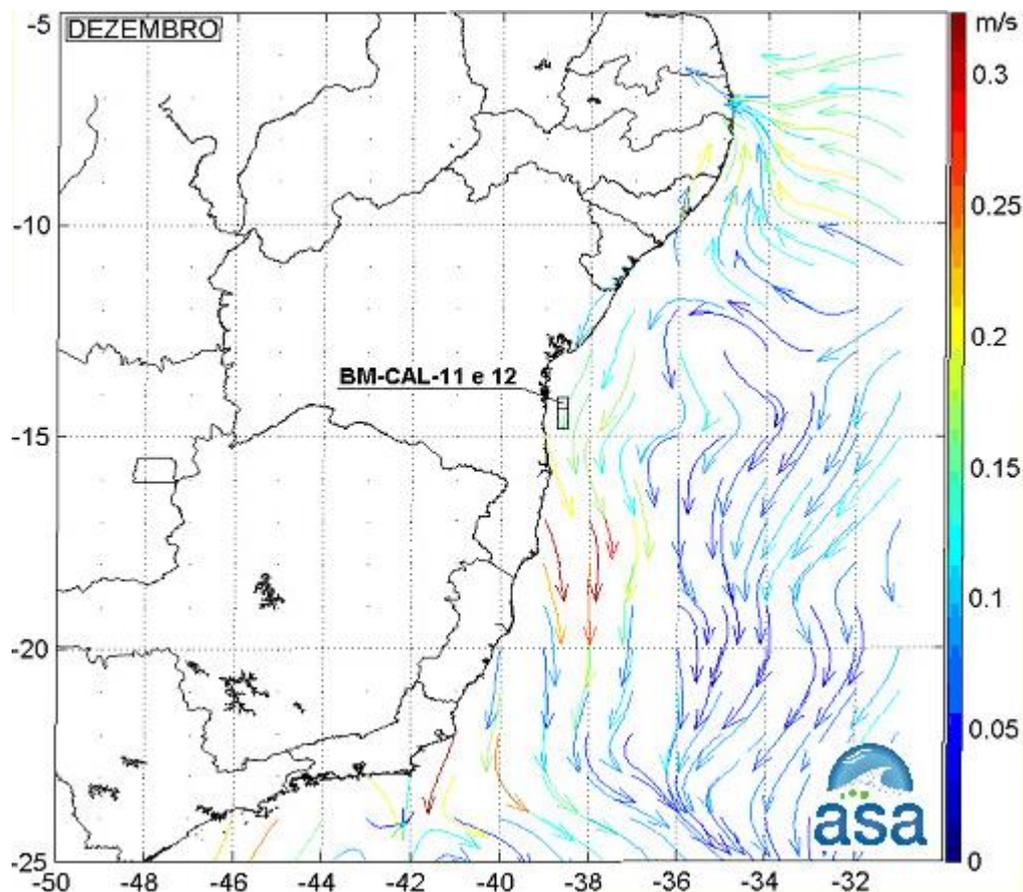
**Figura 11** – Seção vertical de densidade. Valores médios para junho a agosto obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S). As linhas indicam os núcleos das massas d'água.



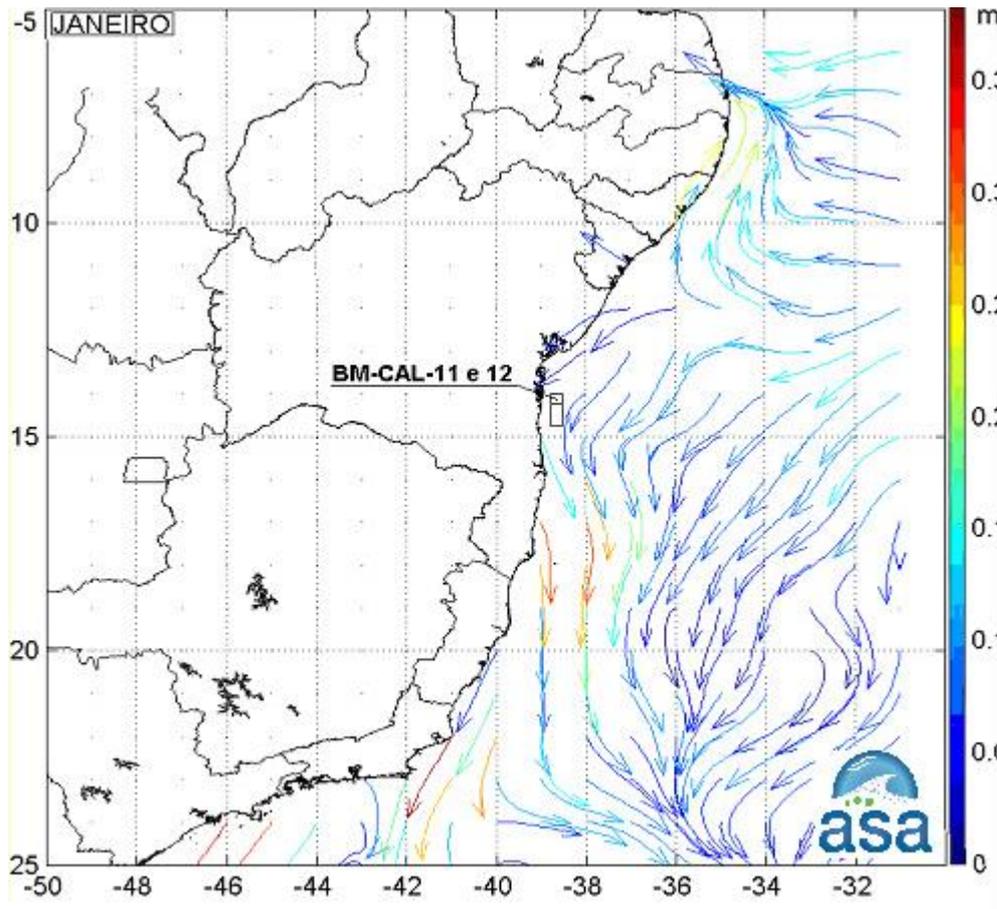
**Figura 12** – Seção vertical de densidade. Valores médios para setembro a novembro obtidos a partir de dados do NODC na posição da seção 01 (longitude 37° a 39°W, latitude 14°30'S). As linhas indicam os núcleos das massas d'água.

**Solicitação/Questionamento 10:** *Solicita a rerepresentação das Figura II.5.1.3-67 e Figura II.5.1.3-68 em escala maior para melhor visualização dos campos de correntes próximos à superfície.*

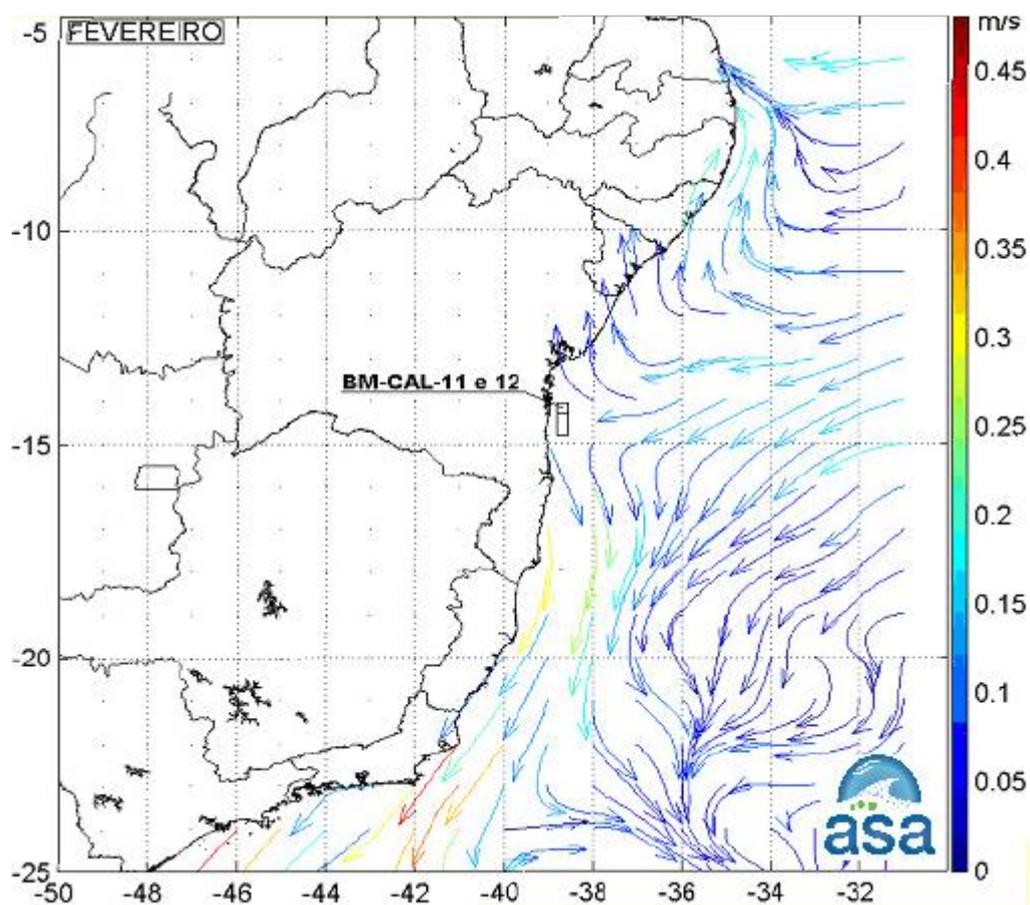
**Resposta/Comentários10:** As Figuras II.5.1.3-67 e II.5.1.3-68 do documento original são rerepresentadas individualmente a seguir na Figura 13 a Figura 20, com maior tamanho, afim de melhorar a visualização das mesmas. Vale lembrar que os dados utilizados para a elaboração dos campos climatológicos têm resolução espacial de 1° x 1°. Processos gráficos que resultem num aumento desta resolução geram apenas resultados de interpolação, que modificam o sinal do dado fornecido pela base Lumpkin & Garraffo (2005).



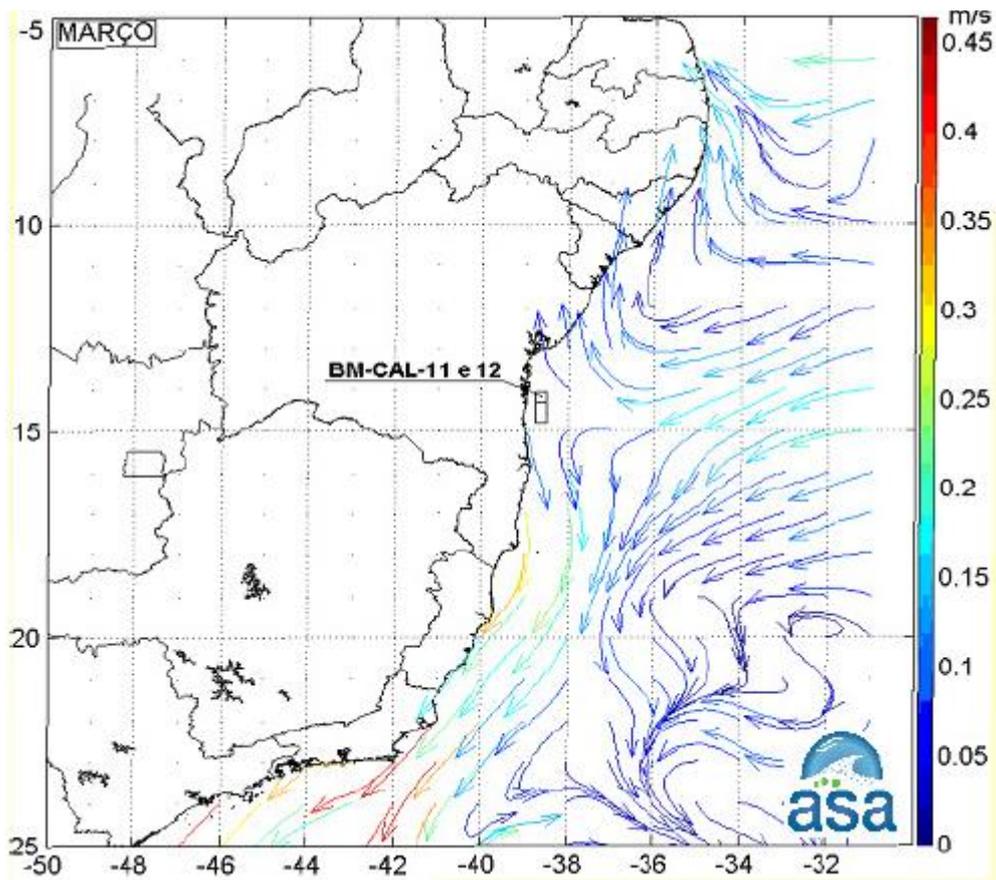
**Figura 13** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de dezembro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



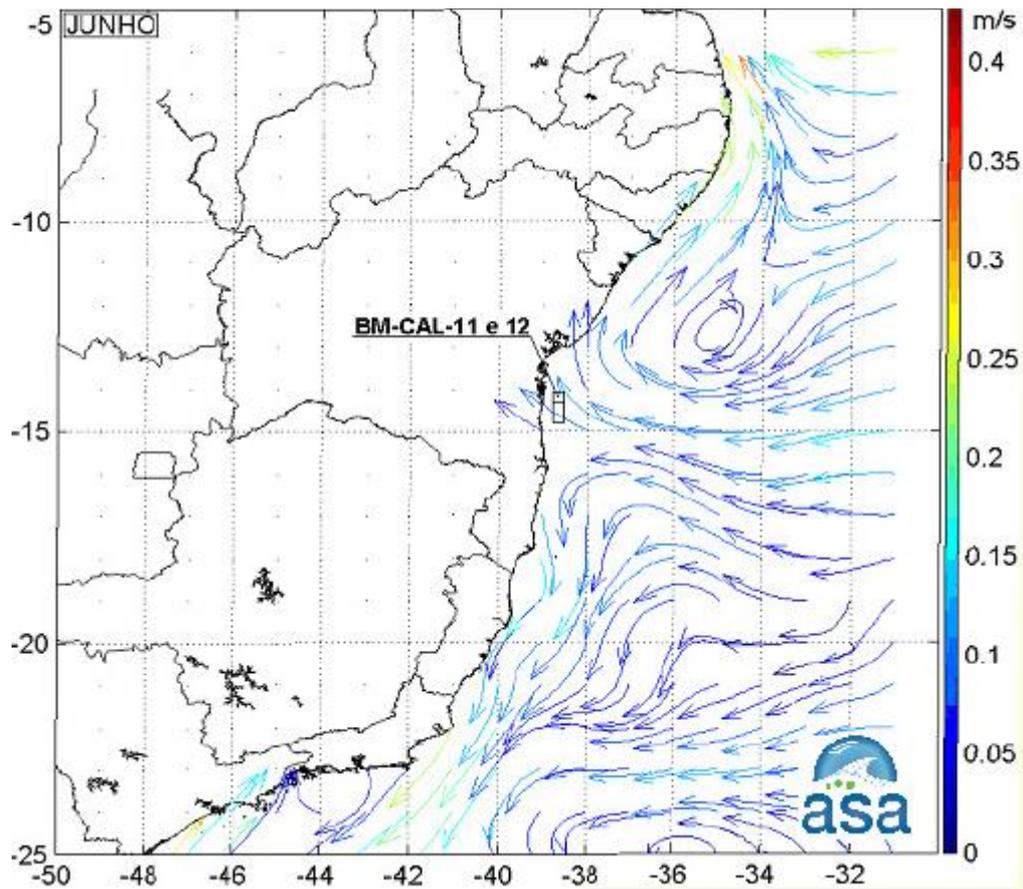
**Figura 14** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de janeiro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



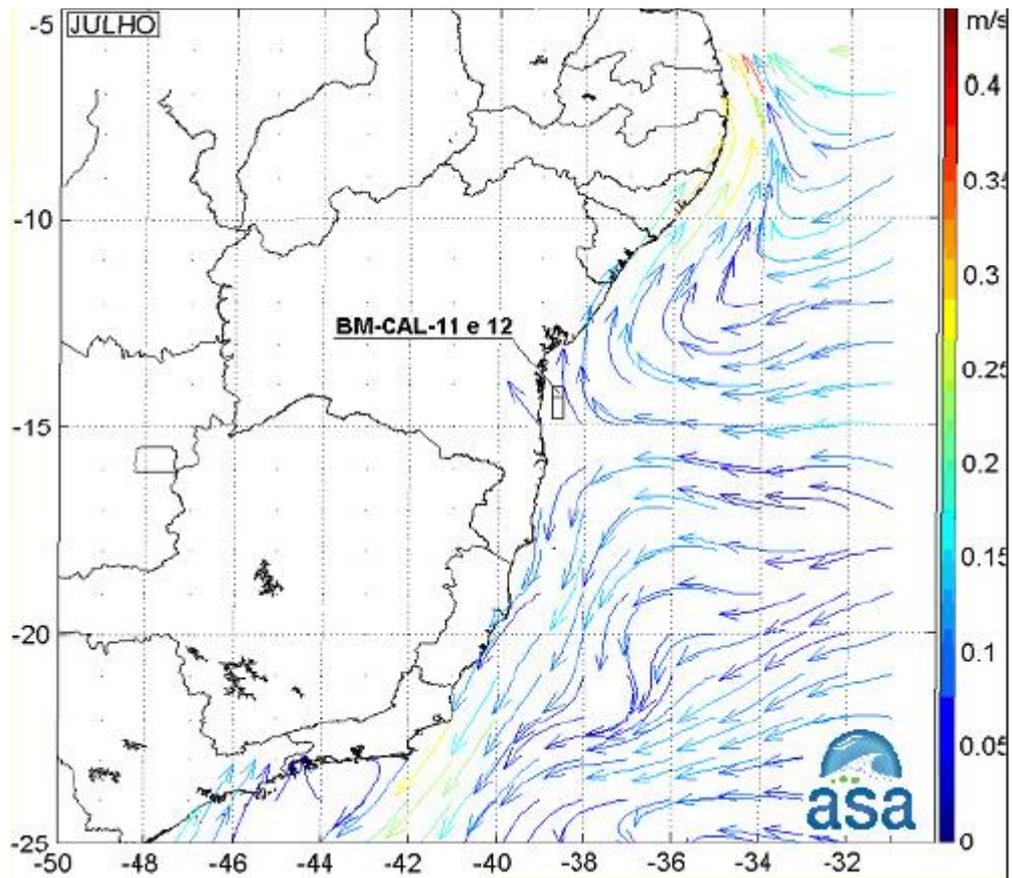
**Figura 15** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para os meses de fevereiro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



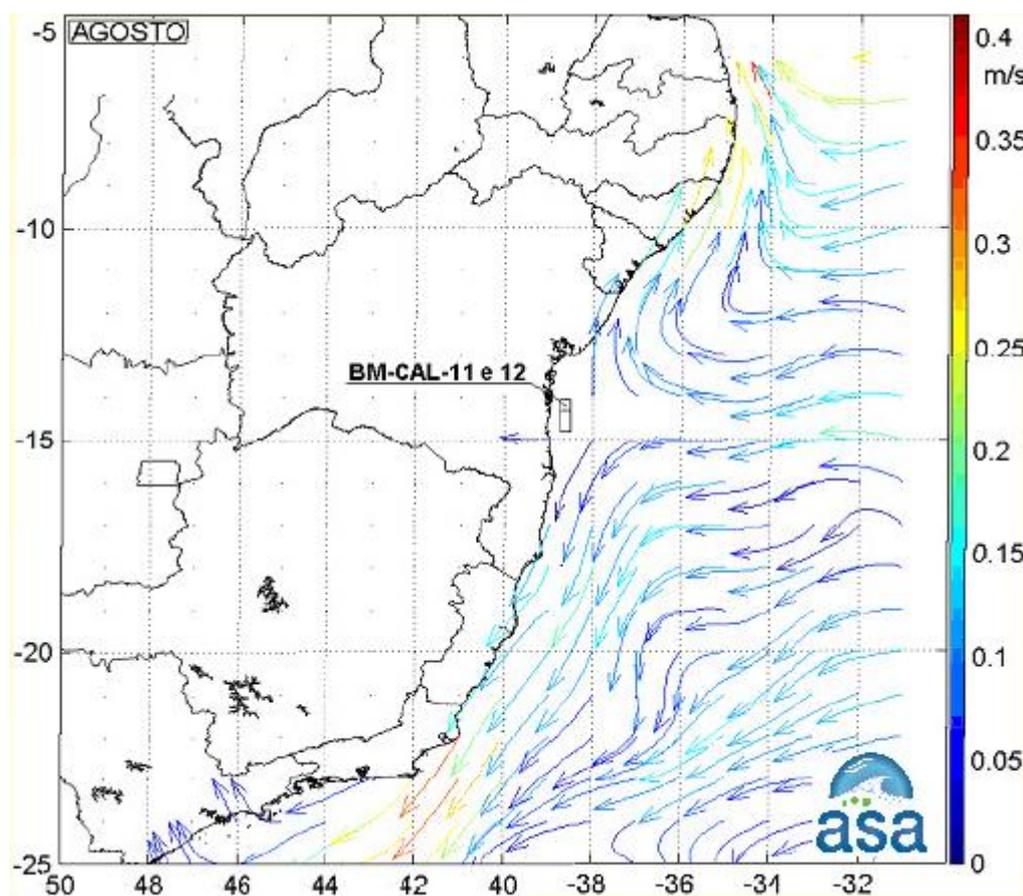
**Figura 16** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de março. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



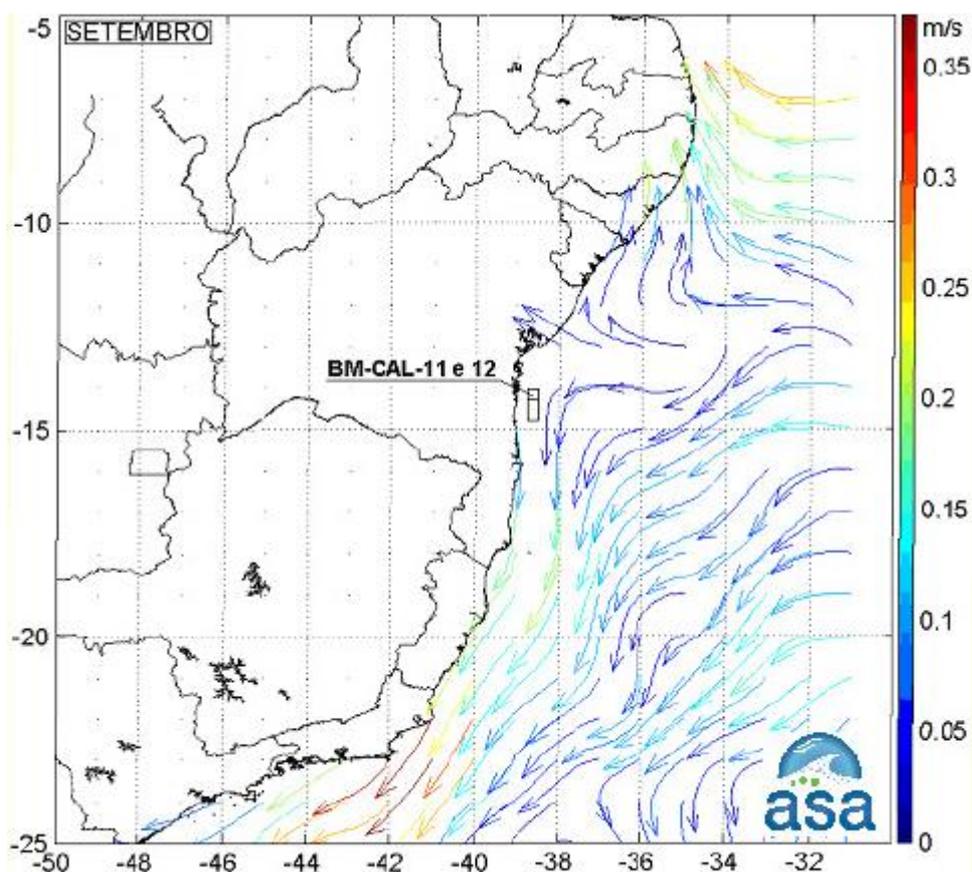
**Figura 17** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de junho. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



**Figura 18** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de julho. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



**Figura 19** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês de agosto. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.



**Figura 20** – Médias mensais climáticas da circulação próxima à superfície para o mês setembro. Localização das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12 indicada na figura.

**Solicitação/Questionamento 11:** Uma vez que os blocos BM-CAL-11 e 12 situam-se em região aonde ocorre a bifurcação da Corrente Sul Equatorial (BiCSE), e que a BiCSE ocorre a nível superficial, picnoclinico (água central) e subpicnoclinico (água intermediária) em latitudes distintas, um detalhamento maior da variação das correntes com a profundidade no presente estudo se faz necessária. Solicita-se a apresentação de perfis verticais de correntes para os diferentes períodos sazonais. As fontes apresentadas não foram suficientes para a caracterização das correntes em profundidade na área dos blocos, aonde as profundidades variam de 1100 a 2400m.

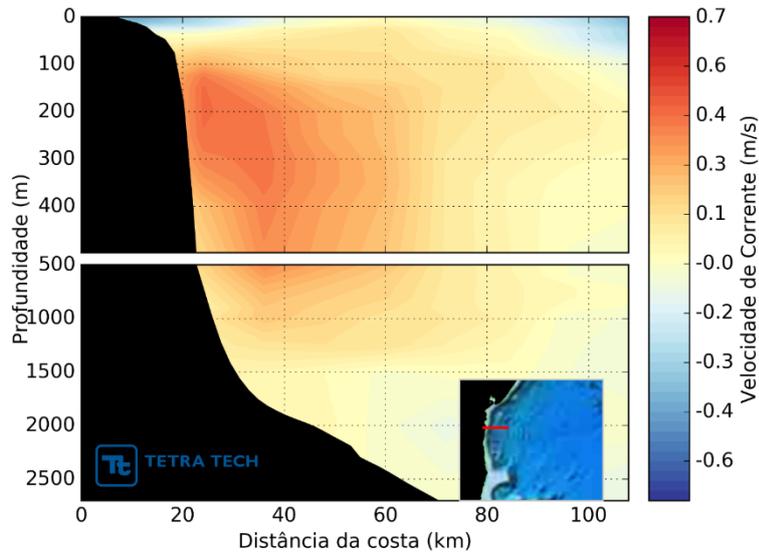
**Resposta/Comentários 11:** Da Figura 21 até a Figura 24 são apresentadas seções verticais do modelo HYCOM posicionadas perpendiculares à direção principal das

correntes que cruzam a área dos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12. Os valores na escala de cores indicam a média das correntes para o verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e primavera (setembro a novembro) entre os pontos  $39,00^{\circ}\text{W} / 14,50^{\circ}\text{S}$  e  $38,00^{\circ}\text{W} / 14,50^{\circ}\text{S}$ , sendo esta a mesma latitude da seção 1, utilizada na análise dos perfis de temperatura (OCCAM e NODC), e cuja localização é ilustrada em cada Figura. Os valores negativos correspondem às correntes que seguem no sentido sul, enquanto os positivos referem-se às correntes que seguem no sentido norte.

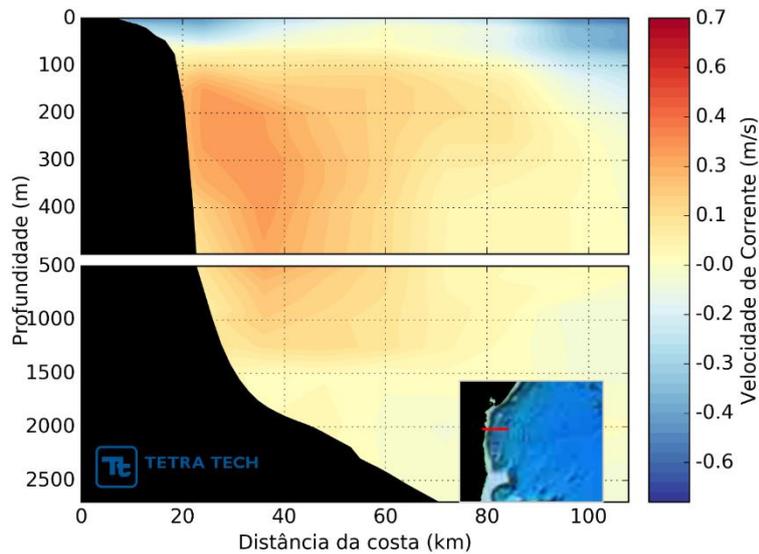
Em todos os períodos sazonais observa-se um fluxo predominantemente para sul na superfície. Nos períodos de primavera e inverno, este fluxo predominante para sul na camada superficial até aproximadamente 100 m de profundidade, é marcado por velocidades negativas de 0,3 m/s em média, chegando a valores negativos de até 0,6 m/s. Como discutido na análise dos campos espaciais, esse fluxo refere-se ao sinal da Corrente do Brasil, ainda próxima à sua região de formação.

Na análise dos campos espaciais, a Bifurcação da Corrente Sul Equatorial se encontra mais ao norte no verão e outono (Figura 21 e Figura 22), o que resulta num fluxo superficial para sul menos intenso na região ao largo dos blocos. Esse padrão se inverte no inverno e primavera (Figura 23 e Figura 24), com a identificação de velocidades médias superficiais mais intensas do que nas estações anteriores devido ao posicionamento da BICSE.

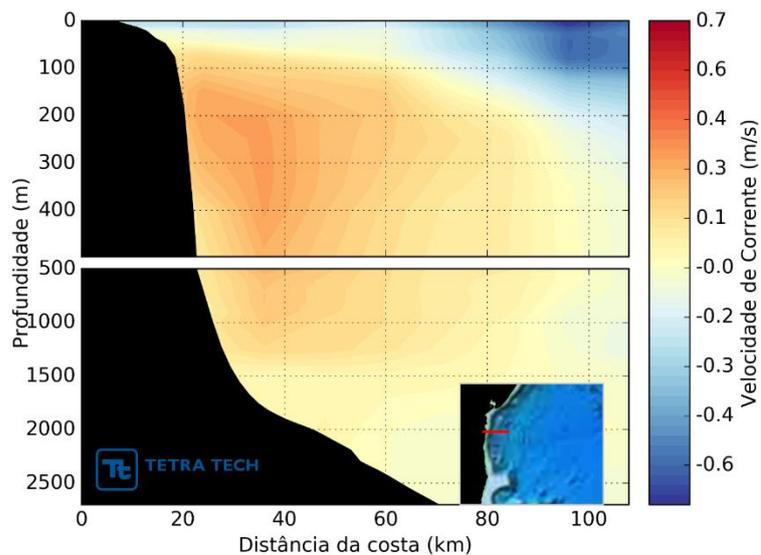
Entre 200 e 500 m de profundidade, nota-se em todas as sazonalidades o núcleo para norte da Subcorrente Norte do Brasil. Esta é resultante da Bifurcação da Corrente Sul Equatorial em níveis intermediários, que ocorre próximo à latitude de  $15^{\circ}\text{S}$ . À esta corrente estão associadas velocidades médias da ordem de 0,3 m/s.



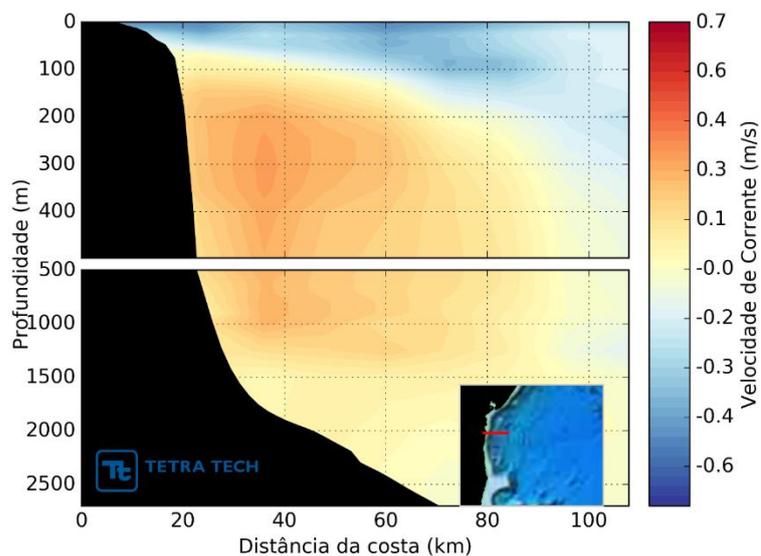
**Figura 21** - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o verão a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010.



**Figura 22** - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o outono a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010.



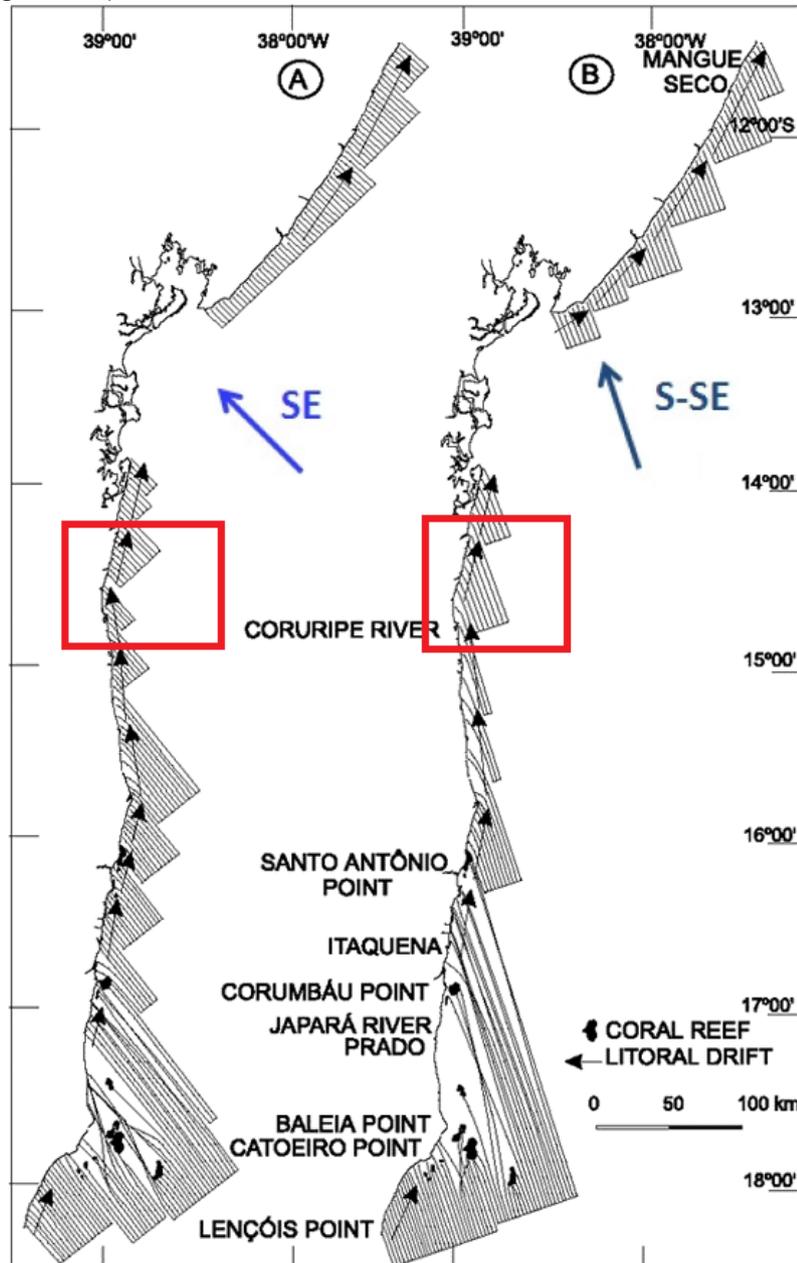
**Figura 23** - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para o inverno a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010.



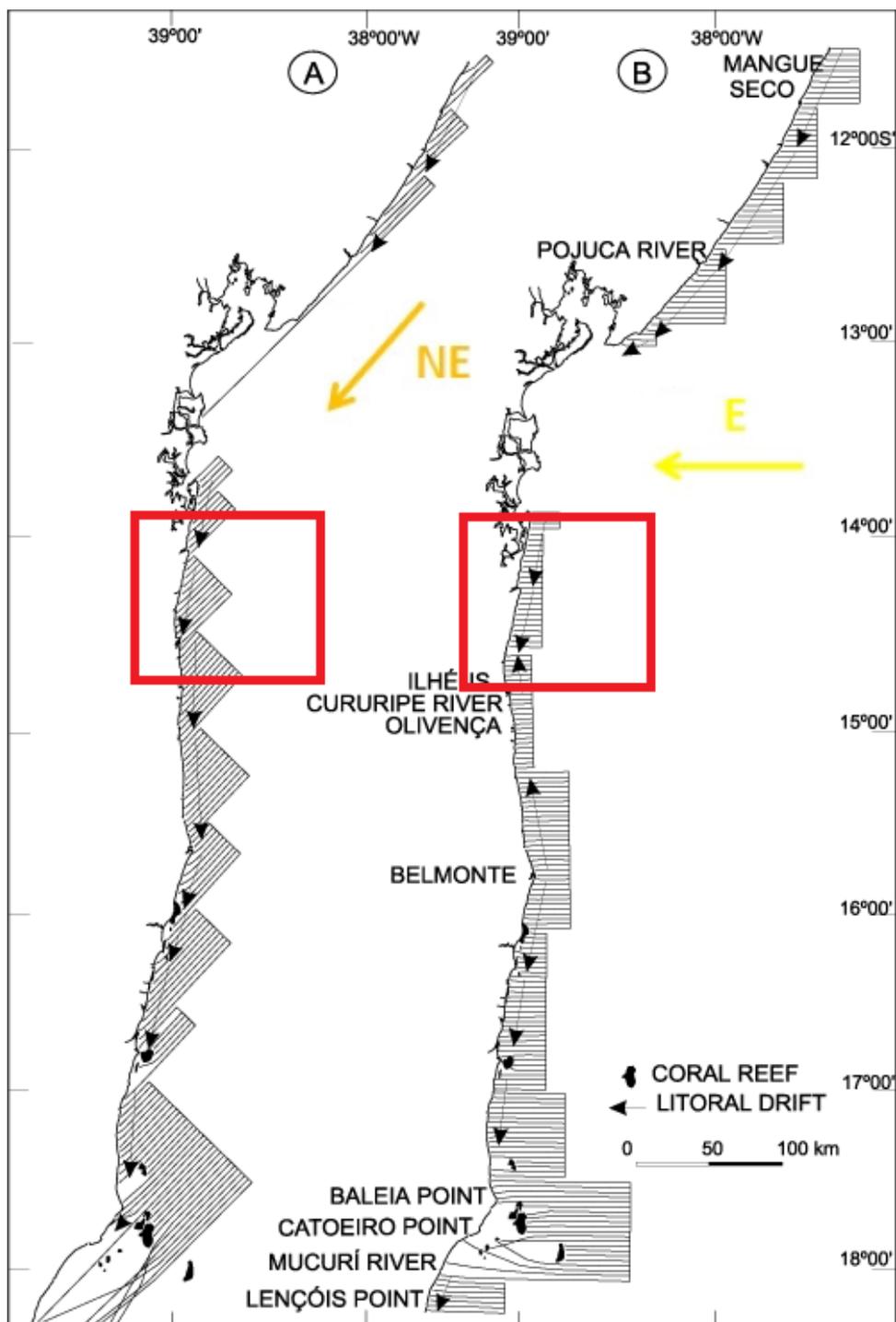
**Figura 24** - Seção zonal de velocidade média em 14,5°S para a primavera a partir dos resultados do modelo HYCOM Consortium. Período de 2004 a 2010.

**Solicitação/Questionamento 12:** Solicita-se que as figuras II.5.1.3-96 e II.5.1.3-96 sejam rerepresentadas em melhor resolução para a visualização do Diagramas de refração de ondas.

**Resposta/Comentários 12:** Figuras em melhor resolução rerepresentadas a seguir (Figura 25 e Figura 26).



**Figura 25** - Diagrama de refração de ondas com períodos de 6,5 segundos e altura de 1,5 m provenientes dos quadrantes SE (A) e S-SE (B) ao longo da costa da Bahia. O retângulo vermelho envolve as Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12, localizadas entre os municípios de Camamu e Ilhéus.



**Figura 26** - Diagrama de refração de ondas com períodos de 5 segundos e altura de 1 m provenientes dos quadrantes NE (A) e E (B) ao longo da costa da Bahia. O retângulo vermelho envolve das Concessões BM-CAL-11 e BM-CAL-12, localizados entre os municípios de Camamu e Ilhéus.

## **II.6.1 – MODELAGEM DA DISPERSÃO DE ÓLEO E CASCALHO E FLUIDO DE PERFURAÇÃO**

**Solicitação/Questionamento 13:** *Todas as referências bibliográficas utilizadas deverão ser mencionadas no texto e relacionadas no capítulo próprio. Solicita-se que as referências completas, citando os autores, os responsáveis, o local em que estão armazenados ou caminho (endereço http ou ftp) e a data em que os dados foram acessados ou obtidos devem ser apresentados.*

**Resposta/Comentários 13:** Esclarece-se que foram apresentadas no item **Bibliografia** dos relatórios de Modelagem do Descarte de Cascalhos e Fluidos de Perfuração e de Dispersão de Óleo todas as referências bibliográficas utilizadas para a confecção dos mesmos. E, do mesmo modo, todas as fontes de obtenção dos dados (como batimetria, campos de ventos, correntes de correntes, etc.) são apresentadas ao longo dos respectivos textos.

**Solicitação/Questionamento 14:** *Solicita-se que as informações sobre as limitações do modelo hidrodinâmico e de transporte de óleo sejam incluídas no estudo.*

**Resposta/Comentários 14:** Na modelagem hidrodinâmica da Rev.00 do Relatório de Modelagem de Dispersão de Óleo foi implementado o modelo *Princeton Ocean Model* – POM, desenvolvido por Blumberg e Mellor na década de 1980, que é um modelo de equações primitivas que possui um esquema de grade limitado às grades ortogonais. O POM utiliza, como coordenada vertical, a coordenada sigma, que segue o terreno. O uso deste tipo de coordenadas vertical, requer que as variações na coluna d'água sejam pequenas, do contrário acarreta erros no cálculo dos gradientes de pressão que podem afetar significativamente o movimento de ondas internas, o transporte de massa do sistema, além de eventualmente levar a subestimava de intrusões salinas nas regiões de plataforma, em função de grandes inclinações no terreno.

Segue resumo das premissas e limitações do modelo OILMAP utilizado no estudo em referência:

- ✓ Para elaboração de cenários de deriva para acidentes com petróleo deve ser definido um conjunto de duas grades computacionais, sobrepostas ao mapa digital da área de estudo. Uma das grades, compreendendo apenas a região de água, define o campo de circulação, podendo neste caso ser baseada em resultados de um modelo hidrodinâmico implementado na região de estudo. A outra grade (*land-water*) define quais as células ou blocos correspondem à área de terra e quais à área de água, com a interface definida pela linha de costa. A linha de costa é representada por uma série de blocos que limita a extensão em que a mancha de óleo pode se movimentar em uma determinada direção, dependendo do tipo de costa (e.g. manguezais, costões rochosos, praias);
- ✓ A grade de cálculo da probabilidade do modelo apresenta limitação numérica de 1.000 células no eixo X e 1.000 células no eixo Y, distribuídas de forma regular;
- ✓ O modelo de deriva de óleo prevê o transporte e intemperismo do óleo a partir de derrames instantâneos e contínuos. As estimativas demonstram a localização e massa do óleo *versus* o tempo. O modelo estima a variação temporal da cobertura de área, espessura da mancha e viscosidade do óleo. O modelo também estima o balanço da massa de óleo ou a quantidade de óleo sobre a superfície do mar, na coluna de água, evaporado, na costa, e fora da área de estudo *versus* o tempo. Os processos de transformações biogeoquímicas no modelo incluem dispersão, evaporação, entranhamento, dispersão natural ou por suspensão e emulsificação;
- ✓ A advecção e a dispersão são os processos físicos associados ao deslocamento e espalhamento do óleo, resultantes da ação combinada do vento, das ondas, da maré e dos fluxos induzidos por gradiente de densidade. O processo de advecção é modelado usando uma formulação lagrangiana e o processo de dispersão é modelado usando uma formulação do tipo deslocamento aleatório (*random walk*). A dispersão e o espalhamento da mancha são representados no modelo pela formulação

espesso-fino de Mackay *et al.* (1980a, 1982), utilizando-se a abordagem de mancha espessa dos mesmos autores;

- ✓ O processo de evaporação baseia-se na formulação analítica parametrizada em termos de exposição à evaporação (MACKAY *et al.*, 1980b, 1982). O modelo de Exposição à Evaporação (STIVER & MACKAY, 1984) é uma aproximação analítica para a previsão do volume evaporado. O modelo utiliza informações da curva de destilação para estimar os parâmetros necessários à equação analítica;
- ✓ Os processos de entranhamento são modelados utilizando-se a formulação de Delvigne & Sweeney (1988) que, explicitamente, representa índices de injeção de óleo para dentro da coluna d'água por gotículas de óleo. O coeficiente de entranhamento, como uma função da viscosidade do óleo, baseia-se em Delvigne & Hulsen (1994).
- ✓ O processo de emulsificação do óleo, em função de perdas de evaporação e alterações na porcentagem de água na mistura, baseia-se em Mackay *et al.* (1980a, 1982) e depende da composição do óleo e do estado do mar. O método de emulsificação de Mackay *et al.* (1982) é implementado através dos valores dos parâmetros de entrada do coeficiente de viscosidade do *mousse* e uma taxa de emulsificação que podem ser usados para diminuir a taxa em que a emulsificação está prevista para ocorrer.
- ✓ A interação do óleo com o litoral e a linha de costa é modelada com base em uma versão simplificada de Reed *et al.* (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependendo do tipo da costa e de um índice de remoção exponencial;
- ✓ Modelo bidimensional (estima a quantidade de óleo entranhada na coluna d'água, no entanto, não calcula a trajetória em subsuperfície);
- ✓ Pode ser utilizado somente um único valor de temperatura da água e um valor de temperatura do ar para realizar os cálculos do intemperismo do óleo ao longo de toda a simulação, ou seja, a temperatura não apresenta variação no tempo e no espaço;
- ✓ Coeficiente de arrasto de vento é fixo para todo o domínio espacial;
- ✓ Arquivos em inglês e que devem ser traduzidos;

- ✓ A utilização de um número superior a 3.000 partículas torna o cenário “pesado” e inviabiliza as rodadas.

As limitações dos modelos utilizados na elaboração da Rev.01 do Relatório de Modelagem de Dispersão de Óleo, apresentada no Anexo18 de PETROBRAS/EGIS (2017), são apresentadas no Anexo B.

**Solicitação/Questionamento 15:** *Pede-se que que sejam apresentadas tabelas com os parâmetros e constantes físicas e numéricas utilizadas nos processos de modelagem de circulação hidrodinâmica e de dispersão de óleo.*

**Resposta/Comentários 15:** A Tabela 2 apresenta um resumo dos dados de entrada utilizados no modelo de dispersão de óleo, para o cálculo dos parâmetros de advecção, dispersão horizontal, espalhamento, evaporação, entranhamento, emulsificação e interação com a linha de costa, relativos à Rev.00 do Estudo de Modelagem de Dispersão de Óleo.

As tabelas com parâmetros utilizados na Rev.01 do Estudo de Modelagem de Dispersão de Óleo, apresentada no Anexo18 de PETROBRAS/EGIS (2017), são apresentadas na Tabela II-1 e Capítulo II

**Tabela 2 - Constantes e parâmetros físicos utilizados no OILMAP – dados de entrada.**

ADVECÇÃO		
CONSTANTE	DESCRIÇÃO	VALOR UTILIZADO NO MODELO
$\Delta t$	Passo de tempo	60 minutos
$\alpha$	0 para derrame de superfície 1 para derrame de subsuperfície	0
$\beta$	0 para derrame sem blowout 1 para derrame com blowout	0
$C_1$	Fator de deriva (%).	3,5
$D_x$	Coefficiente de dispersão horizontal na direção Leste-Oeste (m/s <sup>2</sup> )	10
$V_m$	Volume de óleo de uma partícula (m <sup>3</sup> )	0,02 - cenário pequeno (8 m <sup>3</sup> ) 0,25 - cenário médio (200 m <sup>3</sup> ) 1,04 – VCP óleo cru (3.000 m <sup>3</sup> ) 1,46 – VCP diesel (4.210,17 m <sup>3</sup> )
$n$	Número de partículas usadas para representar a superfície da mancha	300 - volume pequeno (8 m <sup>3</sup> ) 800 - volume médio (200 m <sup>3</sup> ) 2880 – VCP diesel (4.210,17 m <sup>3</sup> ) 2880 – VCP óleo cru (3.000 m <sup>3</sup> )
$T$	Temperatura do ambiente (K)	299,43 inverno 300,47 verão
$T_G$	Gradiente da curva de destilação	241,32 (diesel) / 790,00 (óleo cru)
$T_0$	Ponto de ebulição inicial (K)	453,77 (diesel) / 410,00 (óleo cru)
$A$	Constante adimensional da curva de evaporação do óleo	15,99 (diesel) / 5,20 (óleo cru)
$B$	Constante adimensional da curva de evaporação do óleo	16,25 (diesel) / 10,80 (óleo cru)
$u$	Viscosidade do óleo (cP)	1,15 (diesel) / 382,67 (óleo cru)
$\rho$	Densidade do óleo (g/cm <sup>3</sup> )	0,869 (diesel) / 0,865 (óleo cru)
$A_{lg}$	Área de um elemento de grade (m <sup>2</sup> )	8.492.500,0 (verão) / 8.294.000 (inverno)
$w_i$	Largura do elemento de grade atingido pelo óleo (m)	2.150 (verão) / 2.200 (inverno)
$L_{gt}$	Comprimento do elemento de grade atingido pelo óleo (m)	3.950 (verão) / 3.770 (inverno)
$K_1$	Taxa de espalhamento constante (s <sup>-1</sup> )	Calculado internamente pelo modelo (não fornecido no Manual do Usuário ou Manual Técnico)
$H$	Constante da Lei de Henry	Calculada conforme a Equação 15 do Anexo D do Relatório de Modelagem de Óleo
$R$	Constante universal dos gases	Valor setado internamente no modelo (não fornecido no Manual do Usuário ou Manual Técnico)
$C^*$	Constante empírica de entranhamento que depende do tipo de óleo e do estado do tempo	Calculada conforme a Equação 18 do Anexo D do Relatório de Modelagem de Óleo
$C_0$	Constante de emulsificação	-0,65
$C_1$	Constante empírica (2x10 <sup>-6</sup> para o óleo emulsificado; 0 para outros)	2x10 <sup>-6</sup> (óleo cru) / 0 (diesel)
$C_2$	Constante que controla a quantidade máxima de água	0,7 (para óleo combustível pesado e óleo cru)
$C_4$	Constante (1 para óleo leve e 10 para óleo pesado)	10 (óleo cru) / 1 (diesel)
$d_{50}$	diâmetro da partícula do óleo	Calculada conforme a Equação 19 do Anexo D do Relatório de Modelagem de Óleo

## II. Modelagem Hidrodinâmica

**Solicitação/Questionamento 16:** *Solicita-se que todas as informações das fontes e período dos dados de entrada utilizados na modelagem hidrodinâmica sejam organizados em uma tabela.*

**Resposta/Comentários 16:** Apresenta-se a seguir a Tabela 3, com informações dos dados utilizados na modelagem hidrodinâmica.

**Tabela 3 - Informações dos dados de entrada utilizados na modelagem hidrodinâmica.**

PARÂMETRO	DADO	COORDENADAS	DATUM	PERÍODO
VENTO	NCEP1 (vento 10 m)	14,30°S e 37,50°W	<i>Spherical Earth</i> <sup>2</sup>	01-01-2004 a 31-01-2004
	METAR Ilhéus (vento 10 m)	14°49'S e 39°02'W	WGS84	2008 a 2010
	METAR Salvador (vento 10 m)	12°54'S e 38°19'W	WGS84	2008 a 2010
MARÉ	FEMAR - Barra de Camamu	13°55,0'S e 39°00,1'W	-	13-jan a 04-fev 1959
	CSR3	9°S a 22°S e de 42°W a 30°W	WGS84	01-01-2004 a 31-01-2004
TEMPERATURA	OCCAN	9°S a 22°S e de 42°W a 30°W	WGS84	01-01-2004 a 31-01-2004
CORRENTE	PETROBRAS - BMJ-1	15°04'59,3"S; 38°43'50,6"W	SIRGAS 2000	08-mar a 20-mai 2004

<sup>2</sup> O NCEP utiliza um geoide denominado "*Spherical Earth*" (comunicação pessoal: ESRL/PSD Data Management <esrl.psd.data@noaa.gov>). Este possui valores diferentes para os parâmetros semieixo maior e achatamento, quando comparado com os do WGS 84.

*Spherical earth*: semieixo maior = 6.371.200 m e achatamento = 0;

WGS 84: semieixo maior = 6.378.137 m e achatamento = 1/298,257223563.

Esta aproximação da forma da Terra a uma esfera (*i.e.* com semieixos iguais) é geralmente utilizada para a simplificação das transformações de coordenadas.

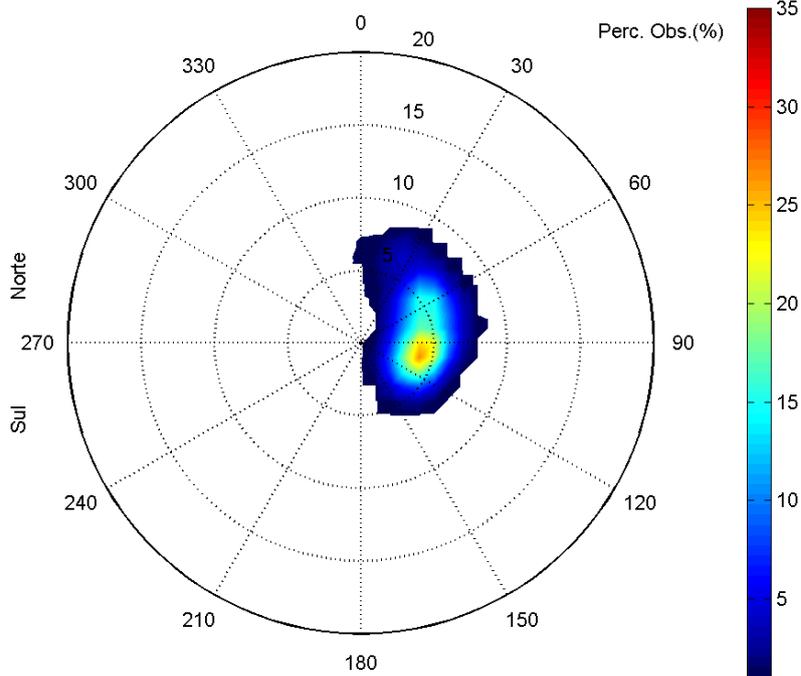
<sup>3</sup> Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

(<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas/principal.htm>).

**Solicitação/Questionamento 17:** *Na figura II.2 não foi possível a visualização do Campo de vento NCEP projetado na grade do modelo hidrodinâmico. Pede-se a rerepresentação da mesma com um detalhamento maior da região dos blocos.*

**Resposta/Comentários 14:** A Figura II.2 é apenas uma ilustração do campo de vento projetado na grade do modelo hidrodinâmico. Para avaliação de maiores detalhes do vento na região dos blocos, sugere-se visualizar os histogramas direcionais NCEP apresentados na Figura III-3, rerepresentada na Figura 27, abaixo.

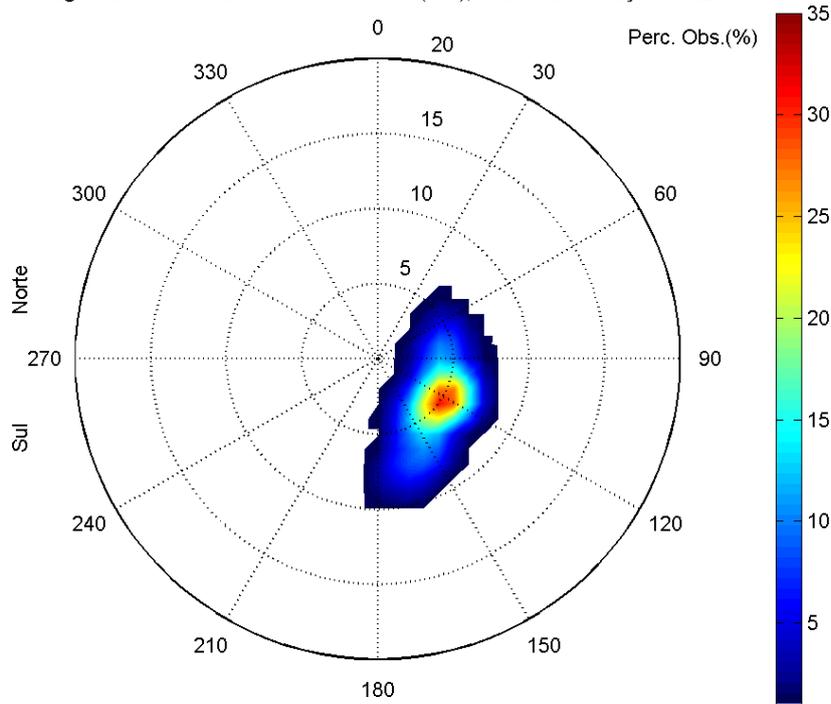
Histograma direcional dos vetores de vento (m/s), total de observações = 2184



Direção em graus a partir do norte geográfico - convenção meteorológica

**(a)**

Histograma direcional dos vetores de vento (m/s), total de observações = 2208



Direção em graus a partir do norte geográfico - convenção meteorológica

**(b)**

**Figura 27 – (Figura III-3) Histograma direcional dos vetores de vento NCEP Ilhéus para (a) verão (janeiro a março de 2004) e (b) inverno (junho a agosto de 2004).**

**Solicitação/Questionamento 18:** *Solicita-se que seja explicado como foi realizado o tratamento dos dados de ventos para a entrada no modelo, uma vez que no item II.2.2 foi informado que o campo de vento utilizado como forçante do modelo hidrodinâmico foi gerado a partir de uma composição entre séries temporais pontuais de dados costeiros obtidos junto à INFRAERO/METAR e resultados extraídos de Reanálise dos modelos meteorológicos NCEP/NCAR, abrangendo todo o domínio considerado na modelagem hidrodinâmica.*

**Resposta/Comentários 18:** O processo de incorporação dos dados METAR foi realizado com a utilização de um filtro de interpolação otimizado, aplicado sobre um raio de influência em torno do ponto onde ocorreu observação. O campo de influência do vento pontual é construído através de uma função de decaimento senoidal com a distância, conforme a equação  $x_{i,j} = v_m \cdot \sin(R_{i,j})$ . Em que  $x_{i,j}$  é a representação espacial da informação do vento METAR (campo de vento METAR),  $v_m$  é o valor do vento METAR medido originalmente, separados em componentes meridional ( $v$ ) e zonal ( $u$ ),  $R$  é o raio em relação à posição da estação METAR.

O campo de vento METAR ( $x_{i,j}$ ), distribuído em função do raio de distância da estação, é então interpolado para cada instante de tempo e integrado ao campo de vento original do NCEP através de médias ponderadas, permitindo assim que a nova base de vento composta represente de maneira mais adequada o padrão de circulação local.

**Solicitação/Questionamento 19:** *No item II.3 na discretização do domínio foi explicado que para o modelo hidrodinâmico a grade geral gerada para o litoral da Bahia possui resolução espacial média de 2,5 Km na área de foco, porém posteriormente foi informado que com relação à grade do modelo hidrodinâmico, os extremos de resolução espacial são: 4,7 km £ Eixo X £ 23,8 km e 2,9 km £ Eixo Y £ 20,2 km. Solicita-se explicação sobre a resolução da grade utilizada no modelo hidrodinâmico.*

**Resposta/Comentários 19:** O valor de 2,5km foi um erro de digitação durante a elaboração do relatório técnico. A célula de melhor resolução na área de estudo é de 4,7km X 2,9km.

**Solicitação/Questionamento 20:** *Foi realizada avaliação do modelo através da capacidade deste em reproduzir as marés e as correntes. A avaliação das marés foi satisfatória.*

*Os resultados da avaliação das correntes no ponto BMJ-1, com medição em superfície para o período de verão não foram considerados satisfatórios e não foi suficiente para qualificar o modelo, além disto se trata somente de um ponto no talude, não muito próximo aos blocos com medições na superfície e no período somente de verão.*

*Além da avaliação anterior foi realizada outra comparação para avaliar a capacidade do modelo em reproduzir eventos de reversões da corrente no inverno, em região de plataforma. Apesar do modelo ter reproduzido satisfatoriamente a intensidade média das correntes comparadas, a diferença nas direções encontradas foi relevante para os resultados do modelo.*

**Resposta/Comentários 20:** A avaliação dos resultados do modelo hidrodinâmico a partir dos dados de correntes medidos no ponto BM-J-1 foi determinada pela disponibilidade de dados na região à época da elaboração do estudo bem como pela equivalência entre o período de medição e o período de rodada do modelo hidrodinâmico de modo que pudesse ser elaborada uma avaliação quantitativa dos resultados. A análise espectral das componentes do movimento demonstrou que a frequência e intensidade dos fenômenos estão bem representadas pelo modelo e que, portanto, ele mostra-se adequado para o fim a que se destina.

Para avaliar a capacidade do modelo em reproduzir eventos de reversões da corrente no inverno, em região de plataforma, também foi realizada uma comparação qualitativa dos resultados da simulação aos dados medidos em 2003 (ponto ADP, em 13°35,7'S e 38°49,03'W, Figura II-14 do relatório). O intuito desta comparação é evidenciar, de forma qualitativa, que a simulação numérica é capaz de representar inversões no padrão de correntes, também observado nos dados medidos. Este

processo, portanto, está contido na dinâmica do modelo numérico. A diferença na direção mencionada no parecer ocorre uma vez que os dados não são concomitantes ao período simulado. Além disso, esta diferença é aceitável quando se trata da avaliação de modelos numéricos oceânicos, em que estão incluídos processos de diferentes escalas de variabilidade.

**Solicitação/Questionamento 21:** *Solicita-se a reapresentação das Figuras II-18, II-19 e II-26 com melhor resolução e com detalhamento da área do bloco para permitir uma melhor visualização das mesmas. Foram apresentados resultados do modelo de secções verticais da componente v da velocidade de corrente ao longo da costa, e comparado a informações gerais da literatura sobre a circulação da região. Comparações mais específicas são importantes para uma melhor validação do modelo.*

**Resposta/Comentários 21:** As Figuras II-18 e II-19 foram reapresentadas individualmente neste Parecer na Resposta/Comentários 10, especificamente nas Figura 13 a Figura 20, com maior tamanho a fim de melhorar a visualização, conforme solicitado. Por se tratar de um projeto de 2011, infelizmente não temos acesso ao modelo numérico utilizado nesta data, o que inviabiliza a reapresentação da Figuras II-26.

**Solicitação/Questionamento 22:** *A modelagem hidrodinâmica utilizou uma grade que não representa adequadamente as regiões costeiras. O litoral desta região é marcado pela presença de terraços marinhos, praias, costões rochosos, restingas, manguezais e recifes costeiros. Neste litoral encontra-se a Baía de Todos os Santos que é uma das maiores e mais importantes de toda a costa brasileira, com extensas áreas de manguezais, muitos pequenos estuários, praias e lagunas além da Baía de Camamu que possui particularmente recifes ainda pouco conhecidos. Nos resultados da modelagem probabilística e determinística são observadas probabilidades de ocorrência de toque de óleo na costa atingindo a Baía de Todos os Santos e a Baía de Camamu, entretanto os resultados apresentados não contemplam impacto no interior*

*destes ambientes. Entende-se que por se tratar de áreas sensíveis e vulneráveis as mesmas devem ser incluídas na grade utilizada no modelo hidrodinâmico.*

**Resposta/Comentários 22:** Para representação dos estuários e lagunas as células do modelo hidrodinâmico foram extrapoladas para o interior destas feições permitindo que o material fosse deslocado para o interior destas reentrâncias da costa.

No entanto, ressalta-se que um novo modelo hidrodinâmico foi implementado nesta região (TETRA TECH, 2016), com resolução adequada para representar estas feições. Este novo modelo foi utilizado na modelagem atualizada de derrame de óleo para os Blocos BM-CAL-11 e 12.

### III. Modelagem de Derrame de Óleo

Antes de respondermos aos questionamentos, gostaríamos de ressaltar que o estudo analisado é antigo, tendo sido realizado há mais de seis anos. Assim, muitos desenvolvimentos e atualizações para a região da Bacia de Camamu-Almada foram realizados/implementadas.

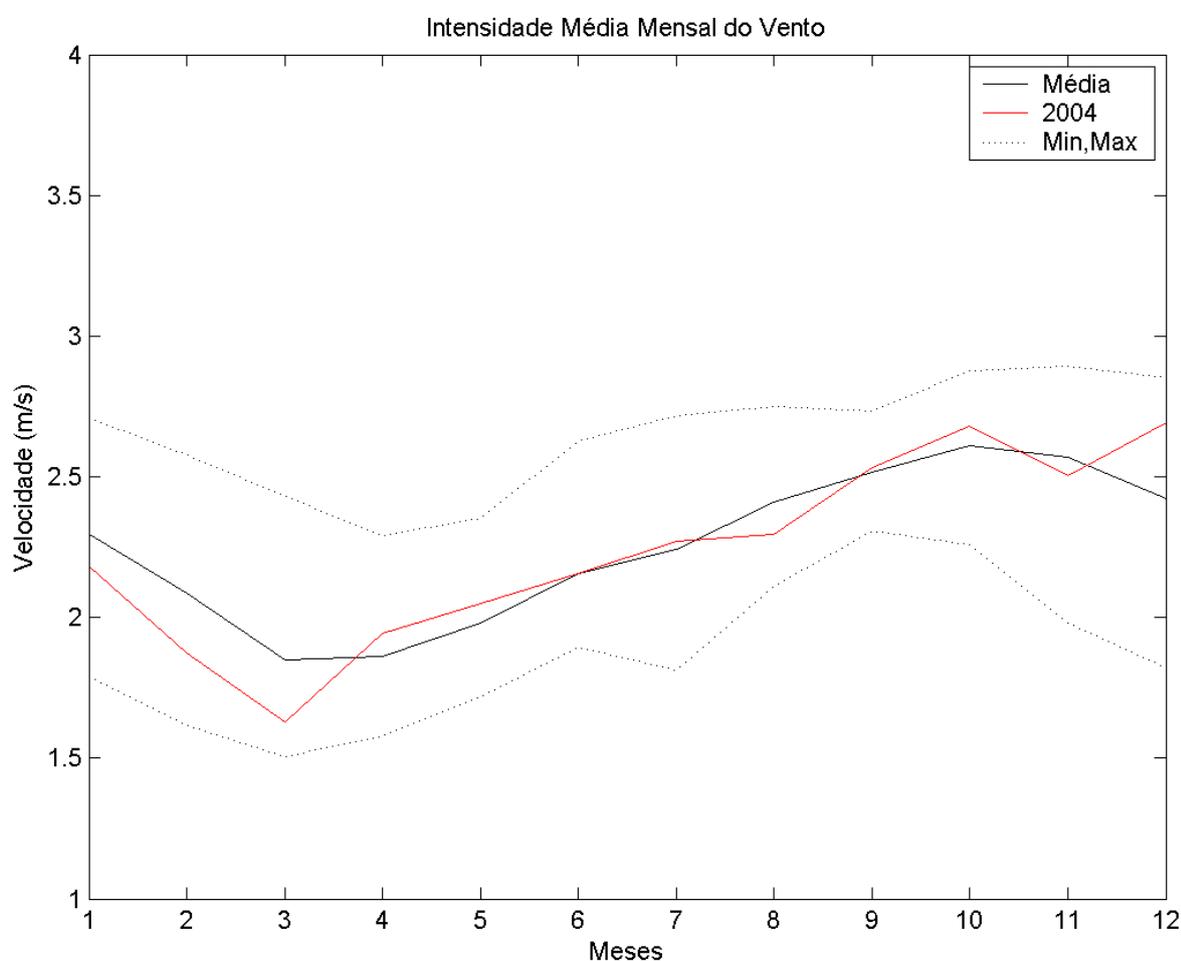
**Solicitação/Questionamento 23:** *No item III.3 da modelagem “resumo dos cenários simulados” foi sugerido que a escolha do ano fosse baseada no estudo estatístico de uma série longa de vento de reanálise para a região de interesse remetendo a escolha do período sazonal para o anexo C. No anexo C a escolha do ano é explicada por:*

- 1. “Representatividade dos padrões dinâmicos típicos para a região” Esta explicação não foi devidamente justificada. Como o próprio autor sugere a escolha do ano deve ser baseada em estudo estatístico.*
- 2. “Disponibilidade de séries temporais simultâneas de ventos, de elevação de superfície e de correntes medidas na região de interesse, necessárias para forçar, calibrar e avaliar o modelo hidrodinâmico”. Foi escolhido o ano de 2004 por ser o ano que a empresa possui dados de correntes.*

*Esta justificativa também não é aceita uma vez que é possível a Empresa conseguir dados de correntes para outros períodos.*

*Solicita-se que a escolha do ano seja mais bem embasada tecnicamente, com apresentação de estudos estatísticos.*

**Resposta/Comentários 23:** Acreditamos que o Anexo C apresentou as análises estatísticas solicitadas, uma vez que foi feita uma comparação dos dados de vento do ano de 2004 com a climatologia de 30 anos. A Figura C-1, reproduzida abaixo, indica que a intensidade média mensal em 2004 se manteve próxima à média dos 30 anos analisados, indicando que o mesmo é um ano representativo dos padrões dinâmicos médios da região, apropriado para ser utilizado nas simulações de derrame de óleo.



**Figura 28 – (Figura C-1) Intensidade média mensal do vento a 925hPa para o período de 1979 a 2008 e para o ano de 2004.**

**Solicitação/Questionamento 24:** *No estudo foram definidas duas grades land-water com dimensões de 200x150 pontos, sendo uma utilizada nas simulações de verão e a outra de inverno. Solicita-se informações sobre a resolução das grades utilizadas.*

**Resposta/Comentários 24:** As resoluções das grades land-water são:

- verão = 2,15 x 3,95 km,
- inverno = 2,20 x 3,77 km.

**Solicitação/Questionamento 25:** *O volume e tipo de óleo para as condições de blowout considerados na modelagem de dispersão de óleo nos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12 são questionadas posteriormente, na análise do anexo F neste parecer. Solicita-se a apresentação dos resultados dos testes probabilísticos realizados com diferentes números de simulações para a identificação do número de simulações ideal, que no presente estudo foi de 600 simulações.*

*Nos resultados das simulações probabilísticas para o bloco BM-CAL-11 foi observado que ocorre probabilidade de toque na costa em todos os cenários simulados, sendo a maior extensão (646 km) proveniente do cenário do poço Xangô, com derrame de óleo cru 1-BAS-140D, volume de pior caso no verão e, o menor tempo de toque (15 horas) foi encontrado no cenário do poço Oxalá, com volume de pior caso no verão, tanto para diesel marítimo quanto para o óleo cru.*

**Resposta/Comentários 25:** Infelizmente, como este projeto foi elaborado há mais de seis anos, não existem mais os resultados dos testes realizados para a definição do número de simulações, pois não era usual guardar os resultados dos testes. No entanto, para o novo estudo de modelagem de derrame de óleo adotado para os Blocos BM-CAL-11 e 12, o número de simulações adotado foi de 1.000 simulações.

**Solicitação/Questionamento 26:** *Nos resultados das simulações probabilísticas para o bloco BM-CAL-12 foi observado que ocorre probabilidade de toque na costa em todos os cenários simulados, sendo a maior extensão (975 km) proveniente do cenário do poço Évora com derrame de óleo cru 1-BAS-140D, volume de pior caso, no verão e, o*

*menor tempo de toque (28 horas) foi encontrado no cenário do poço Fonte da Telha, com volume de pior caso no verão, tanto para diesel marítimo quanto para o óleo cru. Nestes resultados ocorre pequena probabilidade de toque no Arquipélago de Abrolhos. A maior probabilidade de toque no Arquipélago de Abrolhos é proveniente de vazamento do poço Além Tejo com derrame de óleo cru 1-BAS-140D, volume de pior caso, no verão, atingindo uma extensão de 873,83 Km.*

*Na lista apresentada de municípios com probabilidade de toque na costa não constam todos os municípios do litoral com probabilidade de toque de óleo. Provavelmente este fato deve-se a estes não estarem contemplados na grade hidrodinâmica utilizada. Pede-se rever as listas apresentadas.*

**Resposta/Comentários 26:** Após a revisão solicitada, conclui-se que, as tabelas dos municípios apresentadas no estudo estão corretas apresentando todos os municípios com probabilidade de toque do óleo dentro das premissas atingíveis de acordo com o ano que o estudo foi apresentado. O modelo hidrodinâmico utilizado no estudo não resolve com eficiência as áreas adjacentes, baías e principais estuários da região do estudo. Porém, esse fato não afeta significativamente os resultados da modelagem de óleo alcançando as áreas de praias de municípios litorâneos na interface costa-oceano com probabilidade de toque do óleo.

Ressalta-se, ainda, que um novo modelo hidrodinâmico foi implementado para melhor representação das baías e estuários da região do estudo (TETRA TECH, 2016), com resolução adequada para representar estas feições. Este novo modelo foi utilizado na modelagem atualizada de derrame de óleo dos Blocos BM-CAL-11 e 12.

**Solicitação/Questionamento 27:** *A interpretação dos mapas de balanço de massa foi parcial, favor incluir na interpretação o percentual de massa de óleo acumulado na costa e na coluna d'água. Não houve a representação dos demais processos no balanço de massa, como dispersão, sedimentação e degradação. Solicita-se complementação e esclarecimento.*

**Resposta/Comentários 27:** Conforme solicitado, segue abaixo texto complementar com a interpretação dos balanços de massa no que se refere aos percentuais de óleo na costa e na coluna d'água para os cenários determinísticos críticos de menor tempo de chegada de óleo na costa e em condições meteorológicas e oceanográficas mais frequentes.

Para o óleo Diesel Marítimo observa-se que, no geral, a evaporação é o principal processo da retirada do óleo na superfície da água, com um valor acima de 65% (verão e inverno) da massa total ao final da simulação, seguida da interação do óleo com a linha de costa, que atinge até 30% de todo o óleo no sistema. Já o óleo entranhado na coluna d'água (dispersado de forma particulada e dissolvida), chega ao final da simulação com valores inferiores a 5%. Comparando-se os volumes simulados, observa-se que quanto maior o volume derramado maior o percentual de óleo na costa.

Já para o óleo tipo 1-BAS-140D, um óleo cru mais viscoso, com potencial de evaporação muito inferior ao óleo Diesel Marítimo, a evaporação deixa de ser o principal processo de retirada do óleo na superfície da água, mas sim a interação do óleo com a costa que atinge até aproximadamente 70% enquanto a evaporação atinge somente 30%. A taxa de óleo na coluna d'água também continua inferior a 5% ao final da simulação.

Quanto à representação dos processos de dispersão, entranhamento, sedimentação e degradação, são apresentadas considerações a seguir.

Sobre dispersão, como apresentado no Anexo D do relatório Rev.00, no OILMAP a dispersão, juntamente com a advecção, é um processo físico associado ao deslocamento e espalhamento do óleo, resultantes da ação combinada do vento, das ondas, da maré e dos fluxos induzidos por gradiente de densidade. Assim, o óleo presente na superfície representa o óleo dispersado neste compartimento.

Por sua vez, a parcela do óleo presente na coluna d'água representa a parcela do óleo que foi entranhado. O processo de emulsificação não é representado no balanço de

massa, uma vez que o mesmo equivale às alterações na porcentagem de água presente no óleo e não representa um compartimento de presença do óleo, como superfície ou coluna d'água.

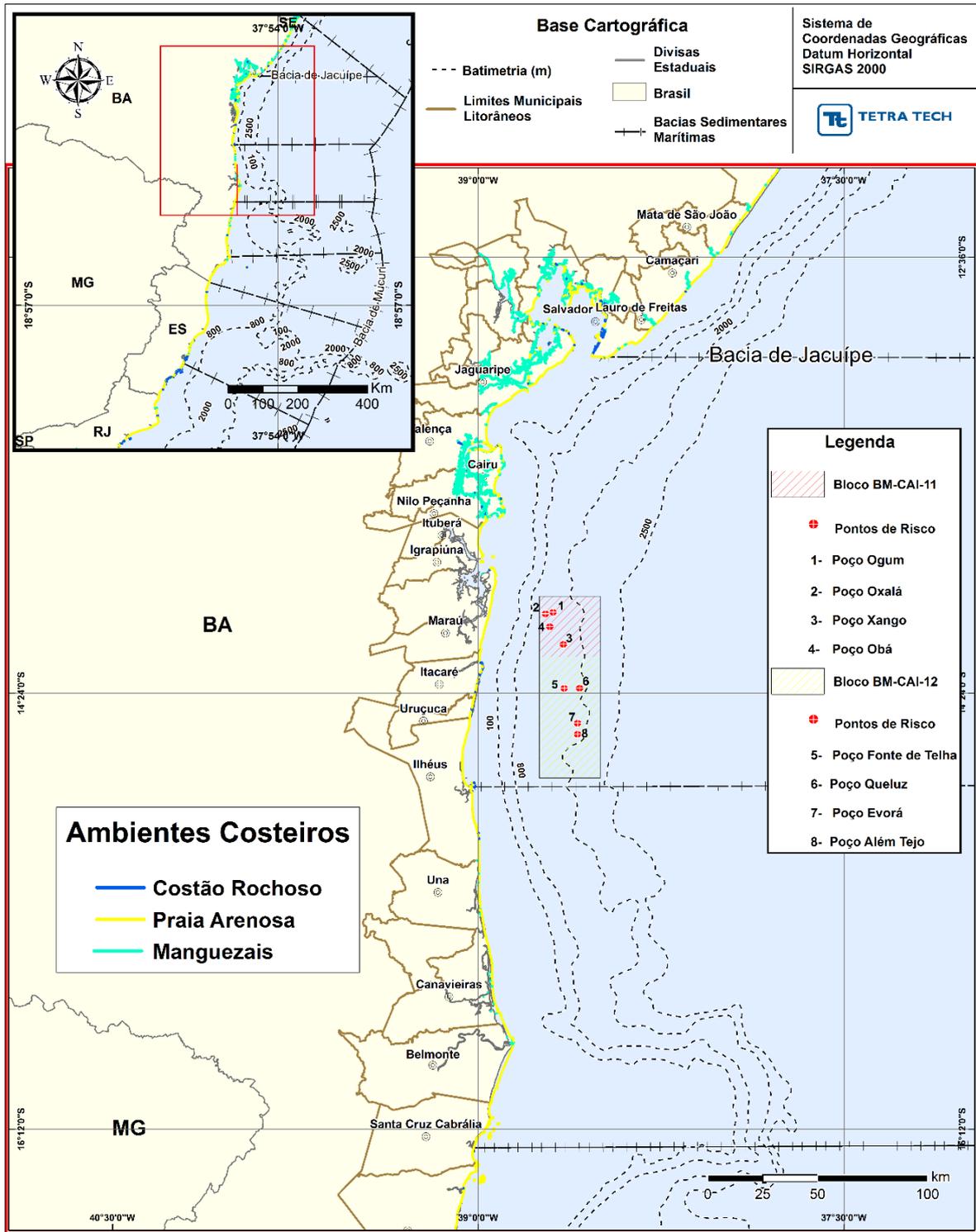
O processo de sedimentação não foi estimado pois, como o modelo considera um valor único de material em suspensão para toda uma região e a área de estudo engloba desde a região costeira até regiões mais profundas, optou-se por não se considerar este módulo na modelagem em questão.

A degradação é expressa em forma de vários parâmetros intempéricos que ocorrem ao longo da simulação, como por exemplo, a emulsificação, dissolução, porém, na versão utilizada do modelo não existe uma saída específica só para degradação, de forma a ser apresentado no balanço de massa.

Reitera-se que o estudo de Modelagem de Dispersão de Óleo foi revisado e é reapresentado no Anexo 18 de PETROBRAS/EGIS (2017).

**Solicitação/Questionamento 28:** *No anexo D consta a descrição do sistema de modelos OILMAP. Solicita-se que sejam apresentados em mapa os tipos de costa utilizados na modelagem e os valores utilizados para representar a capacidade de retenção de óleo na costa. Pede-se ainda que sejam informados a localização considerada para o vazamento do óleo, se fundo ou superfície, o número de partículas e o passo de tempo utilizados para a modelagem em questão. Estes valores podem estar presentes na tabela solicitada anteriormente.*

**Resposta/Comentários 28:** Ressalta-se que, pelo fato da versão do modelo de óleo utilizado na Rev.00 deste estudo não estar mais disponível, torna-se impossível a reexportação da grade *land-water* utilizada no estudo com os tipos de ambientes costeiros incorporadas. No entanto, a Figura 29 mostra um mapa do levantamento dos tipos de ambientes costeiros existentes na região do estudo que foram incorporados na grade *land-water* para as simulações do derrame de óleo.



**Figura 29** – Mapa do levantamento do ambiente costeiro incorporada os contornos de terra (grade land-water) para a modelagem de deriva de óleo, no verão e inverno.

Segue abaixo o esclarecimento de como o modelo realiza a interação do óleo com o tipo de ambiente costeiro. No OILMAP, a interação do óleo com o litoral é realizada através da grade *land-water*. Para cada célula da grade *land-water* definida como terra, pode-se atribuir um tipo de costa com diferente capacidade de retenção do óleo. Na Tabela 4 são apresentados os tipos de costa simulados no OILMAP, a espessura máxima do óleo retido por tipo de costa.

**Tabela 4 - Espessura máxima de óleo retido na costa, para três classes de viscosidade. (CSE/ASA/BAT, 1986).**

TIPO DE COSTA	ESPESSURA DO OLEO (mm) RETIDO NA COSTA POR TIPO DE ÓLEO		
	Leve (<30 cSt)	Médio (30-2.000 cSt)	Pesado (>2.000 cSt)
1. Costão exposto	0,5	2	2
2. Plataforma rochosa	0,5	2	2
3. Areia fina	4	17	25
4. Areia grossa	4	17	25
5. Mistura areia/cascalho	2	9	15
6. Cascalho	2	9	15
7. Planície de maré exposta	3	6	10
8. Costão abrigado	1	5	10
9. Planície de maré abrigada	6	30	40
10. Pântano/mangue	6	30	40
11. Geleira	2	4	6

Tipos de óleos: Leve: Querosene, Gasolina, Óleo Diesel - Médio: Óleo Cru Médio e Leve e Óleo Bunker Leve - Pesado: Óleo Cru Pesado e Óleo Bunker Pesado

No estudo em questão foram consideradas na grade somente costas tipo areia, manguezais e costões rochosos.

A partir da definição do tipo de costa, o modelo OILMAP calcula a capacidade máxima de retenção do óleo por elemento de célula. Esta interação do óleo com a linha de costa é modelada com base em uma versão simplificada de Reed *et al.* (1989), que formula o problema em termos de uma capacidade de retenção dependente do tipo da costa e de um índice de remoção exponencial.

O óleo depositado na linha de costa é exponencialmente removido com o tempo. Na Tabela 5 é apresentado o tempo de remoção do óleo para cada tipo de costa.

**Tabela 5 - Tempo de remoção do óleo da linha de costa (CSE/ASA/BAT, 1986).**

TIPO DE ÓLEO	TEMPO DE REMOÇÃO (DIAS)
1. Costão exposto	1
2. Plataforma rochosa	1
3. Areia fina	1,67 – 10 (~5)
4. Areia grossa	1,67 – 10 (~5)
5. Mistura areia/cascalho	2 – 20 (~10)
6. Cascalho	2 – 20 (~10)
7. Planície de maré exposta	1
8. Costão abrigado	20 – 100 (~50)
9. Planície de maré abrigada	100 – 1000 (~500)
10. Pântano/mangue	100 – 1000 (~500)
11. Geleira	1

Seguem as tabelas solicitadas abaixo com informações adicionais dos parâmetros de entrada do modelo de óleo, já apresentadas na Tabela 2.

Reitera-se que o estudo de Modelagem de Dispersão de Óleo foi revisado e é reapresentado no Anexo 18 de PETROBRAS/EGIS (2017).

**Tabela 6 – Parâmetros considerados nas simulações probabilísticas de derrames de óleo para o Bloco BM-CAL-11, Bacia de Camamu-Almada.**

BLOCO/POÇO	PRODUTO	PROFUNDIDADE DO DERRAME	VOLUME (m³)	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	PASSO DO TEMPO	NÚMERO DE PARTÍCULAS	ESTAÇÃO DO ANO
BMCAL11_XANGO	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			3.000,0	30 dias	60 dias	60 min	2880	
BMCAL11_OGUM	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			3.000,0	30 dias	60 dias	60 min	2880	
BMCAL11_OXALA	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			3.000,0	30 dias	60 dias	60 min	2880	
BMCAL11_OBA	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			3.000,0	30 dias	60 dias	60 min	2880	

**Tabela 7 - Parâmetros considerados nas simulações probabilísticas de derrames de óleo para o Bloco BM-CAL-12, Bacia de Camamu-Almada.**

BLOCO/POÇO	PRODUTO	PROFUNDIDADE DO DERRAME	VOLUME (m <sup>3</sup> )	DURAÇÃO DO DERRAME	TEMPO DE SIMULAÇÃO	PASSO DO TEMPO	NÚMERO DE PARTÍCULAS	ESTAÇÃO DO ANO
BMCAL12_ALEMTEJO	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0	30 dias	60 min	800		
			3.000,0		60 dias	60 min	2880	
BMCAL12_EVORA	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0	30 dias	60 min	800		
			3.000,0		60 dias	60 min	2880	
BMCAL12_FTELHA	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0	30 dias	60 min	800		
			3.000,0		60 dias	60 min	2880	
BMCAL12_QUELUZ	DIESEL MARÍTIMO	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0			60 min	800	
			4.210,17			60 min	2880	
	1-BAS-140D	Superfície (0 m)	8,0	Instantâneo	30 dias	60 min	300	Verão/Inverno
			200,0	30 dias	60 min	800		
			3.000,0		60 dias	60 min	2880	

**Solicitação/Questionamento 29:** *Solicita-se que seja apresentada uma tabela única em papel A3 com os resultados das modelagens probabilísticas para o óleo diesel marítimo e óleo 1-BAS-140D, no período de verão e inverno contendo os municípios atingidos, probabilidade, tempo mínimo de toque (horas) e volume máximo na costa. Apresentar também animação datada dos resultados das simulações determinísticas, com representação dos vetores de vento e de corrente, e os arquivos tipo shapefile (.shp) utilizados para gerar os mapas da simulações determinísticas.*

**Resposta/Comentários 29:** A tabela única integrada em papel A3, relativa à Rev.00 desse estudo, com os resultados das modelagens probabilísticas para cada produto simulado no período de verão e inverno contendo os municípios atingidos por óleo, apresentado valores críticos de probabilidade, tempo mínimo de toque (horas) e volume máximo de óleo na costa (m<sup>3</sup>/m) está sendo enviada junto mídia digital que acompanha esse Parecer Técnico.

As animações e os arquivos shapesfiles (.shp) foram produzidos considerando somente cenários mais críticos que justificam a menor tempo de toque de óleo na costa e aos cenários determinísticas das condições meteorológicas e oceanográficos mais frequentes conforme justificados no relatório da modelagem de óleo Rev.00. Os arquivos correspondes estão sendo enviados junto a mídia digital que acompanha esse Parecer Técnico.

**Solicitação/Questionamento 30:** *A modelagem de óleo demonstrou ocorrer probabilidade de toque de óleo na costa em todos os cenários simulados. Uma vez que a grade hidrodinâmica utilizada não representou adequadamente as regiões costeiras da Baía de Todos os Santos e da Baía de Camamu, como avaliado anteriormente na análise da modelagem hidrodinâmica, a deriva do óleo ficou limitada a grade hidrodinâmica, não representando corretamente os municípios afetados e os volumes reais que chegam na costa. Com base nos resultados das modelagens de deriva de óleo apresentados para todos os poços, observa-se que os poços Fonte da Telha e Além Tejo (BM-CAL-12) e Oxalá e Xangô (BM-CAL-11) representam bem a região dos*

*blocos, sendo cada ponto em uma extremidade do bloco e em distâncias diferentes da costa.*

*Considerando principalmente a revisão da validação da modelagem hidrodinâmica, da grade do modelo hidrodinâmico, assim como a revisão das características e volume do óleo vazado no blowout nos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12, sugere-se que as modelagens hidrodinâmica e de dispersão de óleo sejam refeitas considerando todas as solicitações descritas ao longo do parecer.*

*Em caso de novas modelagens de dispersão de óleo, estas poderão ser refeitas somente para os poços Fonte da Telha e Além Tejo (BM-CAL-12) e Oxalá e Xangô (BM-CAL-11), uma vez que pelos resultados apresentados estes poços representam satisfatoriamente a área de estudo. Na modelagem de óleo, o toque de óleo no elemento de grade adjacente ao que representa costa, área sensível e Unidades de Conservação (UCs) deverá ser considerado como toque nestas áreas.*

*Solicita-se um detalhamento da modelagem de óleo das regiões da Baía de Todos os Santos e de Camamu.*

*Ressalta-se a importância da revisão do tipo de óleo e do volume de blowout, para que os valores utilizados sejam os que mais se aproximem das características esperadas do reservatório, conforme questionados neste parecer na análise do anexo F.*

*Todos os estudos que utilizam os resultados da modelagem, como a análise de risco ambiental e plano de emergência individual deverão ser revistos com a apresentação de nova modelagem.*

**Resposta/Comentários 30:** Um novo estudo de modelagem numérica foi elaborado para os Blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12 e é apresentado no Anexo 18 de PETROBRAS/EGIS (2017).

## ANEXO F – JUSTIFICATIVA TÉCNICA PARA AS CARACTERÍSTICAS DO ÓLEO E CONDIÇÕES DE BLOWOUT

**Solicitação/Questionamento 31:** *Solicita-se que a empresa justifique o uso dos hidrocarbonetos da acumulação BAS140 como modelo para a modelagem de dispersão.*

*Solicita-se que a empresa discorra acerca da continuidade lateral dos reservatórios e informe a eventual ligação entre os prospectos a serem perfurados.*

*Solicita-se o envio de mapa de variações de gradientes geotérmicos ocorrentes nos blocos e áreas vizinhas aos poços em licenciamento. O mapa deve apresentar os contornos dos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12, representados.*

*Solicita-se o motivo da discrepância entre as vazões de surgência distintas entre os dois poços usados para a avaliação do volume de óleo em caso de ocorrência de blowout e se a distinção entre as vazões dos poços devem-se a variações petrofísicas ou variações na evolução geotérmica distinta dos reservatórios, no caso destes serem isolados uns dos outros.*

**Resposta/Comentários 31:** Esclarece-se que o estudo de Modelagem de Dispersão de Óleo para os blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12 foi revisto e que as considerações acerca do tipo de óleo e volume de *blowout* previstos para a área constam no Anexo E da Rev.01 deste estudo, apresentado no Anexo 18 de PETROBRAS/EGIS (2017).

## MODELAGEM DE DESCARTE DE CASCALHO E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO PARA OS BLOCOS BM-CAL-11 E BM-CAL-12, BACIA DE CAMAMU-ALMADA

*A seguir será indicada a análise dos resultados das simulações apresentadas para o descarte de cascalho e fluidos de perfuração.*

**Solicitação/Questionamento 32:** *Para melhor compreensão da elaboração do estudo e consequente análise dos resultados, deve ser indicada a data de início de cada simulação (cascalhos e fluidos, em cada fase) e a duração das simulações, bem com os parâmetros utilizados nestas, conforme indicado no item A2 do estudo.*

**Resposta/Comentários 32:** Todos os dados de entrada foram apresentados no Capítulo II do relatório, exceto pelos parâmetros abaixo:

- Número de partículas: 10.000,
- Passo de tempo: 10 minutos,
- Coeficiente de dispersão horizontal: 10 mm<sup>2</sup>/s,
- Coeficiente de dispersão vertical: 0,001 mm<sup>2</sup>/s.

Com relação à duração das simulações, conforme apresentado no Subitem II.3.5 do relatório, para as fases sem *riser*, já que os descartes são efetuados junto à cabeça do poço, a duração da simulação considerada foi igual à duração do descarte adicionada de dois dias. E para as fases com *riser*, como as partículas devem percorrer toda a coluna d'água para se depositarem, a duração da simulação para cada fase foi igual à duração do descarte adicionada de cinco dias. A duração dos descartes foi apresentada nas tabelas II-12 a II-19 do relatório.

Com relação aos parâmetros da modelagem efetuada com o modelo MUDMAP, segue abaixo um resumo:

Data de início das simulações – período de verão: 10/01/2004 – 15h

Data de início das simulações – período de inverno: 13/07/2004 – 15h

Resolução da grade habitat: 2 km x 2 km

**Solicitação/Questionamento 33:** *Adotando-se a premissa que os resultados do descarte de cascalho foram obtidos para uma simulação determinística, a área impactada deve ser identificada como um raio a partir da extensão máxima obtida para a espessura de 1mm ao redor do ponto de descarte para cada poço. A partir desse resultado, deve ser reavaliado o impacto do soterramento sobre a megafauna bentônica apresentada no estudo.*

**Resposta/Comentários 33:** A resposta a esse questionamento, que se refere à identificação e avaliação de impactos, é apresentada em PETROBRAS/EGIS (2017).

**Solicitação/Questionamento 34:** *Para os resultados de descarte de fluidos de perfuração, solicita-se que seja indicado o tempo e o raio a partir do ponto de descarte, que se encontrarão sob concentrações acima de cada limite estabelecido no estudo (CL50, CENO. 5 mg/L e 1 mg/L), adotando-se a mesma premissa anterior.*

**Resposta/Comentários 34:** O raio (distâncias até o critério ambiental e concentrações de parada de 5 mg/L e 1 mg/L) foi apresentado nas Tabelas III-4 e III-5 para o Bloco BM-CAL-11 e Tabelas III-6 e III-7 para o Bloco BM-CAL-12, reapresentadas a seguir.

**Tabela 8 (Tabela III-4) - Características da diluição da pluma na coluna d'água para o Bloco BM-CAL-11, Fase II.**

CENÁRIO	TIPO DE FLUIDO	CONCENTRAÇÃO FINAL (mg/L)	DISTÂNCIA ATÉ CLC50 (m)	DISTÂNCIA ATÉ 5 mg/L (m)	DISTÂNCIA ATÉ 1 mg/L (m)
Oxala_FII_VER_STA	STA	0,08	<0,5	4,0	4,5
Oxala_FII_VER_INV	STA	0,04	<0,5	4,1	4,6

**Tabela 9 (Tabela III-5) - Características da diluição da pluma na coluna d'água para o Bloco BM-CAL-11, Fase III.**

CENÁRIO	TIPO DE FLUIDO	CONCENTRAÇÃO FINAL (mg/L)	DISTÂNCIA ATÉ CENO (m)	DISTÂNCIA ATÉ 5 mg/L (m)	DISTÂNCIA ATÉ 1 mg/L (m)
Oxala_FIII_VER_BRMUL	BR-MUL	0,19	0,7	0,8	1,0
Oxala_FIII_INV_BRMUL	BR-MUL	0,14	<0,5	0,5	0,6

**Tabela 10 (Tabela III-6) - Características da diluição da pluma na coluna d'água para o Bloco BM-CAL-12, Fase II.**

CENÁRIO	TIPO DE FLUIDO	CONCENTRAÇÃO FINAL (mg/L)	DISTÂNCIA ATÉ CLC50 (m)	DISTÂNCIA ATÉ 5 mg/L (m)	DISTÂNCIA ATÉ 1 mg/L (m)
Fonte_Telha_FII_VER_STA	STA	0,12	<0,5	4,8	5,7
Fonte_Telha_FII_INV_STA	STA	0,16	<0,5	4,8	5,7

**Tabela 11 (Tabela III-7) - Características da diluição da pluma na coluna d'água para o Bloco BM-CAL-12, Fase III.**

CENÁRIO	TIPO DE FLUIDO	CONCENTRAÇÃO FINAL (mg/L)	DISTÂNCIA ATÉ CENO (m)	DISTÂNCIA ATÉ 5 mg/L (m)	DISTÂNCIA ATÉ 1 mg/L (m)
Fonte_Telha_FII_VER_BRMUL	BR-MUL	0,10	1,3	1,4	1,5
Fonte_Telha_FII_INV_BRMUL	BR-MUL	0,10	1,3	1,4	1,5

Com relação à duração, conforme informado no capítulo IV de “Considerações Finais”:

“As altas concentrações localizam-se muito próximas do ponto de descarte e sua permanência na coluna d'água está limitada ao período do próprio descarte.”

Desta forma, para as fases sem *riser* a duração máxima é 243,4 horas (referente à Fase II do Poço Além Tejo) e para as fases com *riser* é de 451,2 horas (referente à Fase III do Poço Xangô).



---

## II BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A.C.P, 1999. Um estudo de brisa marinha e estabilidade atmosférica na região de Cabo Frio-RJ. Monografia – IGEO/UFRJ.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S. & SILVA, M. G. A. J., 2009. Tempo e Clima no Brasil. 463p. **Oficina de Textos**, São Paulo-SP.

CAVALCANTI, I.F.A. 1982. Alguns aspectos da circulação da atmosfera próximo à América do Sul e interações com a região Antártica. São José dos Campos, **INPE**. (INPE-3308-PRE/618).

CPTEC, 2017. Condições de neutralidade no pacífico equatorial. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br>. Último acesso em: 10 de março de 2017.

CSE/ASA/BAT, 1986. Development of a coastal oil spill smear model. Phase 1: analysis of available and proposed models. Prepared for Mineral Management Service by Coastal Science & Engineering, Inc. (CSE) with Applied Science Associates, Inc. (ASA) and Battelle New England Research Laboratory (BAT).

FERREIRA, A. G. & MELLO, N. G. S., 2005. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, p. 15-28.

GAN, M. A. & KOUSKY, V. E., 1982. Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. São José dos Campos, **INPE**. (INPE -2579-PRE/227)

GOLDEN, J.H., 1974. The Life Cycle of Florida Keys' Waterspout. **Journal of Applied Meteorology**, vol 13, p. 676-692.

LUMPKIN, R.; GARRAFFO, Z., 2005. Evaluating the Decomposition of Tropical Atlantic Drifter Observations. **J. Atmos. Oceanic Techn.** | 22, 1403-1415.

MOLION, L. C. B. & BERNARDO, S. O., 2000. Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1334 – 1342.

NOBRE, P. & MELO, A. B. C., 2001. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Climanálise** (São José dos Campos, Brasil).

PETROBRAS/EGIS. Resposta ao Parecer Técnico 02022.000417/2015-34 COEXP/IBAMA – Atividade de Perfuração Marítima nos blocos BM-CAL-11 e BM-CAL-12. Março de 2017.

REED M., E. GUNDLACH, & T. KANA, 1989. A coastal zone oil spill model: development and sensitivity studies, *Oil and Chemical Pollution*, Vol. 5, p. 411-449.

TETRA TECH, 2016. Modelagem Hidrodinâmica para a Região das Bacias de Camamu-Almada e Jequitinhonha. Relatório Técnico, Revisão 03 (01 de dezembro de 2016). 148 pp+Anexos.

VAREJÃO-SILVA, M. A, 2001. **Meteorologia e Climatologia**. PAX Gráfica e Editora Ltda., 2ª Edição, 532 p.

VIANELLO, R. L. & ALVES, A.R., 1991 **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imp. Universitária. 449 p.

### III EQUIPE TÉCNICA

#### Equipe da empresa consultora Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.

<b>Profissional</b>	Ana Carolina R. Lammardo
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafa / Ma. Oceanografia Geológica
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável (1.609 AOCEANO)
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF: 216.695.528-29)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS (exceto MODELAGEM DE ÓLEO - ANEXO E)
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Bruno António Duarte Passa
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafo
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF 844.997.370-87)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	MODELAGEM DE ÓLEO (exceto MODELAGEM DE ÓLEO - ANEXO E)
<b>Assinatura</b>	

<b>Profissional</b>	Bruno Scherr Martins
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafo / Me. Engenharia Oceânica
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF: 121.680.647-09)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO (OCEANOGRAFIA)
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Gabriel Clauzet
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Físico / Dr. Oceanografia Física
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF: 188.764.658-20)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS (exceto MODELAGEM DE ÓLEO - ANEXO E)
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Mariana Lino Gouvêa
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Meteorologista
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	5069291950 (CREA-SP)
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5489811
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO (METEOROLOGIA)
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Pedro Fabiano M. Sarmento
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafo
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF 303.524.648-36)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS (exceto MODELAGEM DE ÓLEO - ANEXO E)
<b>Assinatura</b>	_____

<b>Profissional</b>	Tito Conte
<b>Empresa</b>	Tetra Tech Engenharia e Consultoria Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanógrafo
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF 391.812.538-69)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	MODELAGEM HIDRODINÂMICA
<b>Assinatura</b>	_____

#### Equipe da Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS.

<b>Profissional</b>	Rodrigo Gil Alves de Toledo
<b>Empresa</b>	Why Serviços Técnicos Ltda.
<b>Formação</b>	Oceanólogo
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	Não aplicável
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF 369.330.608-70)
<b>Responsável pelo(s) Capítulo(s)</b>	TODOS (Revisão), MODELAGEM DE ÓLEO - ANEXO F
<b>Assinatura</b>	_____





Ministério do Meio Ambiente  
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis  
CADASTRO TÉCNICO FEDERAL  
CERTIFICADO DE REGULARIDADE - CR



<b>Registro n.º</b>	<b>Data da consulta:</b>	<b>CR emitido em:</b>	<b>CR válido até:</b>
5489811	17/03/2017	17/03/2017	17/06/2017

**Dados básicos:**

CPF: 307.992.618-82

Nome: MARIANA LINO GOUVÊA

**Endereço:**

logradouro: RUA MIGUEL TELES JUNIOR 276 AP

N.º: 43 Complemento:

Bairro: CAMBUCI Município: SAO PAULO

CEP: 01540-040 UF: SP

**Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA**

<b>Código CBO</b>	<b>Ocupação</b>	<b>Área de Atividade</b>
2133-15	Meteorologista	Prognosticar fenômenos meteorológicos
2133-15	Meteorologista	Obter dados meteorológicos
2133-15	Meteorologista	Tratar dados meteorológicos
2133-15	Meteorologista	Desenvolver sistemas computacionais na área de meteorologia
2133-15	Meteorologista	Gerenciar projetos na área meteorologia

Conforme dados disponíveis na presente data, CERTIFICA-SE que a pessoa física está em conformidade com as obrigações cadastrais do CTF/AIDA.

A inscrição no Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental – CTF/AIDA constitui declaração, pela pessoa física, do cumprimento de exigências específicas de qualificação ou de limites de atuação que porventura sejam determinados pelo respectivo Conselho de Fiscalização Profissional.

O Certificado de Regularidade emitido pelo CTF/AIDA não desobriga a pessoa inscrita de obter licenças, autorizações, permissões, concessões, alvarás e demais documentos exigíveis por instituições federais, estaduais, distritais ou municipais para o exercício de suas atividades, especialmente os documentos de responsabilidade técnica, qualquer o tipo e conforme regulamentação do respectivo Conselho de Fiscalização Profissional, quando exigíveis.

O Certificado de Regularidade no CTF/AIDA não produz qualquer efeito quanto à qualificação e à habilitação técnica da pessoa física inscrita.

<b>Chave de autenticação</b>	MLRF5AQ415G1AEQE
------------------------------	------------------