

**Resposta ao PAR. 02022.000627/2016-11**  
**UAL/IBAMA - Atividade de Perfuração Marítima**  
**no Bloco BM-PAMA-8**

**Anexo II.5.1.3-1- Resposta aos questionamentos**  
**referentes aos itens II.5.1.3 – Oceanografia, Anexo II.6-1**  
**Modelagem de Descarte de Cascalho e Fluido de**  
**Perfuração e Anexo II.6-2 Modelagem do Transporte e**  
**Dispersão de Óleo no Mar**

**Volume Único**

Revisão 00

Março/2017



**E&P**







## ÍNDICE GERAL

I.INTRODUÇÃO .....	1
II.QUESTIONAMENTOS.....	1
II.1.ITEM II.5.1.3 – OCEANOGRAFIA .....	1
II.1.1. Questão 1 .....	1
II.1.2. Questão 2 .....	2
II.1.3. Questão 3 .....	6
II.2.ITEM ANEXO II.6-1 MODELAGEM DE DESCARTE DE CASCALHO E FLUIDO DE PERFURAÇÃO .....	7
II.2.1. Questão 1 .....	7
II.3.ITEM ANEXO II.6-2 MODELAGEM DO TRANSPORTE E DISPERSÃO DE ÓLEO NO MAR8	
II.3.1. Item Anexo II.6.2.1 – Modelagem Hidrodinâmica .....	8
II.3.1.1. Questão 1 .....	8
II.3.1.2. Questão 2.....	9
II.3.1.3. Questão 3.....	10
II.3.1.4. Questão 4.....	10
II.3.1.5. Questão 5.....	11
II.3.1.6. Questão 6.....	14
II.3.2. Item Anexo II.6.2.2 – Modelagem de Dispersão do Óleo.....	22
II.3.2.1. Questão 1 .....	22
II.3.2.2. Questão 2.....	24
II.3.2.3. Questão 3.....	27
II.3.2.4. Questão 4.....	29
II.3.2.5. Questão 5.....	32
II.3.2.6. Questão 6.....	32
III.REFERÊNCIAS.....	34
IV.EQUIPE TÉCNICA .....	1



## I. Introdução

Este documento apresenta as respostas aos questionamentos referentes aos itens II.5.1.3, Anexo II.6-1 e Anexo II.6-2 do Parecer Técnico 02022.000627/2016-11 UAL/IBAMA, referente ao processo de Licenciamento Ambiental da atividade de perfuração marítima no Bloco BM-PAMA-8.

## II. Questionamentos

### II.1. Item II.5.1.3 – Oceanografia

#### II.1.1. Questão 1

*Para demonstrar a justificativa da não influência do fundo no regime de ondas na área do bloco, situado numa região de profundidades que variam entre 800 e 3400 metros, a empresa utilizou a Teoria Linear de Ondas. Tal teoria diz que o comprimento de ondas em águas profundas é função direta do período desta, de acordo com a equação:*

$$L = 1,56 T^2$$

*sendo L o comprimento de onda e T o período.*

*Foi informado também que a profundidade a partir da qual as ondas começam a sofrer influência do fundo marinho depende diretamente do seu comprimento. O período máximo observado no local é de aproximadamente 14,88 segundos, conforme observado no estudo, Tabela II.5.1.3-14, para o mês de dezembro. A partir desses valores e os aplicando à equação supracitada, concluiu-se que o comprimento de onda máximo observado seria de 345,41 metros. Foi considerado também que as ondas começariam a sofrer interferência do fundo marinho em profundidades que correspondem a  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda, que no caso seria de 86,35 metros. Todavia, em outras bibliografias é dito que a interferência do fundo oceânico passa a ser insignificante em profundidades superiores a equivalente metade do seu comprimento. Neste caso, apenas profundidades superiores a 172,71 metros possibilitaria uma análise menos acurada do fundo na região do bloco. Em ambos os casos, nota-se que as profundidades encontradas são bem inferiores às encontradas no bloco PAMA-8,*

*e que estas não sofreriam influência do fundo marino. Porém, cabe ressaltar que a segunda abordagem apresentada é bem mais conservadora que a primeira, usada como justificativa pela empresa, e que em alguns casos pode fazer bastante diferença na consideração ou não da influência do fundo marinho nas ondas.*

**Resposta:**

De fato, existem diferentes considerações sobre quando a onda passa a ter interferência do fundo, isto é, sai da classificação de *águas profundas*. Estas diferenças estão relacionadas à equação de dispersão de onda e, conseqüentemente, a sua função tangente hiperbólica.

De acordo com Falnes (2004), a relação comprimento de onda e profundidade para águas profundas depende da acurácia desejada, em que pode se assumir que a profundidade é no mínimo  $\frac{1}{3}$  ou  $\frac{1}{2}$  do comprimento de onda. Já Kundu e Cohen (2002) admitem que a onda pode ser classificada de águas profundas se a profundidade é maior que 28% do comprimento de onda.

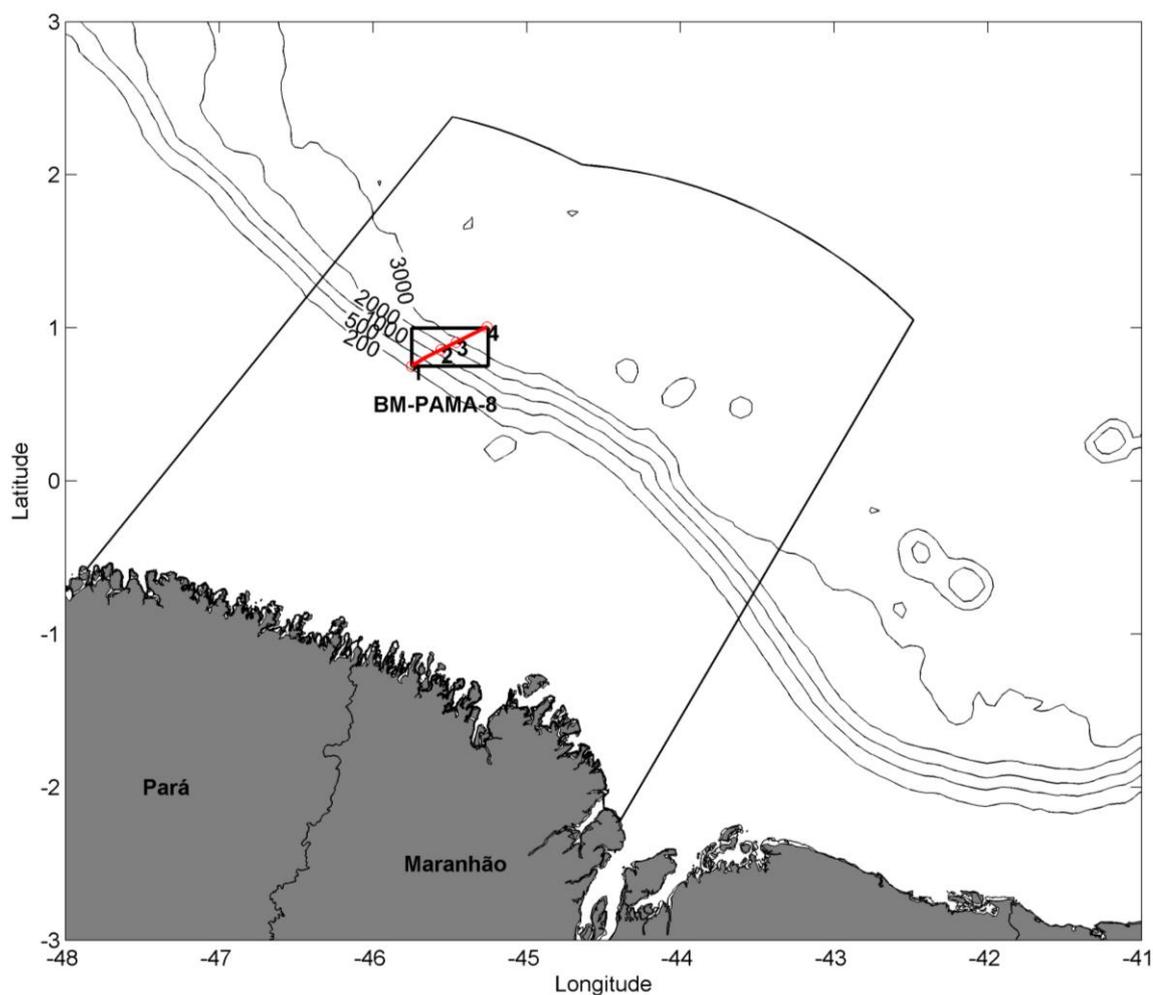
Visto essas diferentes considerações, trabalhos futuros deverão considerar a abordagem sugerida por essa coordenação.

### **II.1.2. Questão 2**

*Foram escolhidos dois pontos diametralmente opostos nos limites do bloco PAMA-8, um dentro outro fora da plataforma continental, para estudar a importância da corrente de maré na província do bloco através da análise espectral. Foram consideradas as séries de elevação, velocidade e do espectro de velocidade. A partir deste estudo, conclui-se que há uma transição gradual da influência da maré exercida no campo de corrente superficial, que na plataforma continental é maior e no oceano profundo menor. Indaga-se a possibilidade de utilização de mais pontos para esta análise ao longo da linha diagonal imaginária traçada entre os dois pontos apresentados. Esta análise representaria melhor essa transição, pois mostraria a influência da maré no campo de corrente superficial ao longo do eixo de transição de batimetria na área do bloco.*

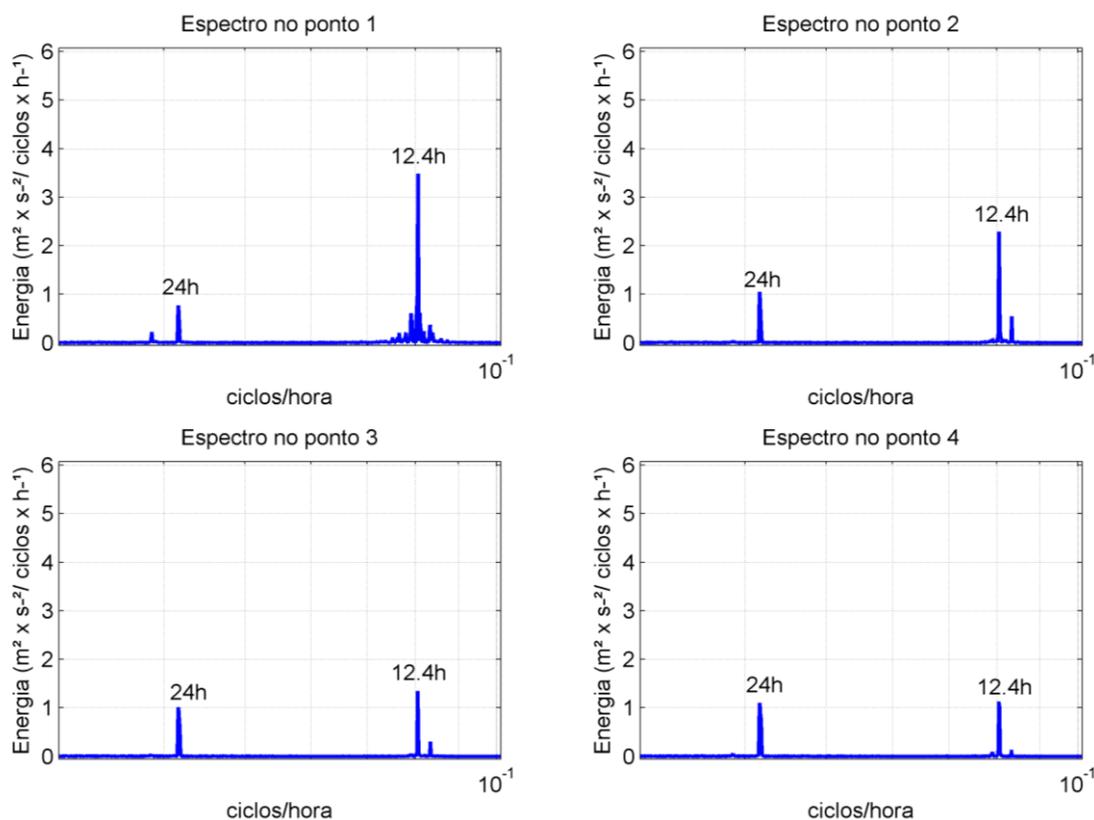
Resposta:

Com o objetivo de atender ao questionamento, foram realizadas análises em mais dois pontos intermediários ao longo da linha diagonal imaginária traçada entre os dois pontos previamente apresentados. Os pontos utilizados na análise são apresentados a seguir (Figura II.1.2-1):



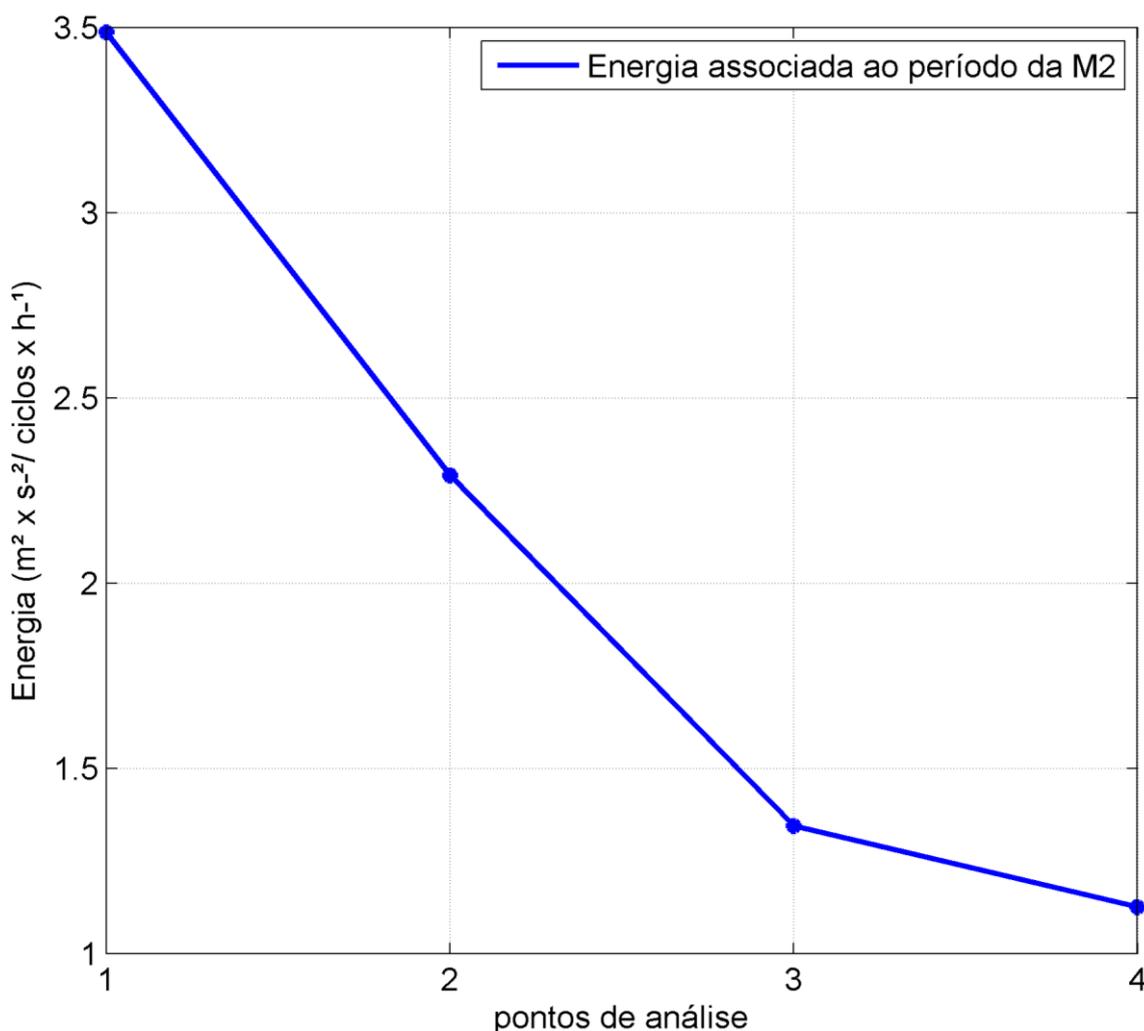
**Figura II.1.2-1 - Pontos de grade utilizados na análise.**

Foram obtidos os espectros de velocidade na superfície para os 4 pontos analisados e são apresentados na **Figura II.1.2-2 (Espectro da velocidade em superfície)**, com um *zoom* nas frequências principais da maré (12 e 24 horas).



**Figura II.1.2-2:** Espectro da velocidade em superfície para os quatro pontos analisados.

Adicionalmente, o valor de energia para o período de 12,4 horas (período da componente M2) foi extraído dos espectros de cada ponto e são apresentados na **Figura II.1.2-3**.



**Figura II.1.2-3** - Energia associada ao período da M2 (12,4 horas) para cada ponto analisado.

Nota-se que a energia associada à componente harmônica da maré 'M2' ao longo do transecto analisado decai gradualmente do ponto mais próximo da costa para o ponto mais distante.

A influência da onda de maré nos campos hidrodinâmicos se dá na forma de um fluxo oscilatório, perpendicular a orientação da costa, com período de aproximadamente 12 h. Na maré enchente as correntes são direcionadas para a costa e na vazante para o oceano. Essa influência na circulação é proporcional a amplitude da maré, ou seja, é maior em áreas mais rasas e próximas da costa.

### **II.1.3. Questão 3**

*Conforme solicitado, foi feita a correção na legenda da figura II.5.1.3-19, que agora é a figura II.5.1.3.17.*

*De acordo com o sugerido, para uma melhor análise do regime de ondas na região, foram realizadas análises com os dados do modelo em diferentes condições de onda e períodos do ano. Conforme, concluído ocorrem ondas mais energéticas em média durante o período chuvoso e com direção de nordeste, já no período seco, ondas de leste. Tal comparação trouxe um ganho para o estudo, enriquecendo a discussão. Foi questionada a diferença de aproximadamente 1,5 metros na elevação da maré entre dois pontos, um da estação maregráfica da Ilha dos Irmãos (FEMAR) e outro da série obtida com os dados do modelo global de marés FES95. Nas figuras apresentadas não era possível identificar as profundidades e distâncias dos pontos a costa e entre eles.*

*Para corrigir este item a empresa apresentou as coordenadas, as profundidades e as distâncias entre os pontos. É possível notar na Figura II.5.1.3-82 que os pontos estão bem distantes entre si, como informado, 240 km. O ponto da estação maregráfica da Ilha dos Irmãos (FEMAR) está num profundidade de 5 metros, e se encontra fixa na costa. Já o ponto selecionado na grade do modelo global de marés FES95, está a 228 km da costa, com profundidade local de 3000 metros. Na análise se conclui que a análise feita para o ponto extraído do modelo é a mais realista, visto que o Bloco BM-PAMA-8 está em domínio oceânico. Contudo, questiona-se a objetividade na comparação do regime de marés entre dois pontos com distâncias da costa e profundidades locais tão diferentes, uma vez que o regime de marés é influenciado pelo fundo marinho e consequente distância da costa.*

#### Resposta:

A comparação entre o ponto de grade do FES95 utilizado no estudo e a estação maregráfica da Ilha dos Irmãos (FEMAR) foi feita em atendimento a um questionamento do Parecer Técnico 366/11, transcrito a seguir:

*“Mesmo estando o bloco distante de qualquer outra estação maregráfica, os dados podem ser comparados e discutidos e, as diferenças observadas podem ser analisadas, de modo a ampliar a qualidade do estudo.”*

## **II.2. Item Anexo II.6-1 Modelagem de Descarte de Cascalho e Fluido de Perfuração**

### **II.2.1. Questão 1**

*Conforme apresentado, a empresa concluiu através do estudo da Modelagem de Dispersão de Cascalho e Fluido Perfuração, realizada para o poço Tambaqui, que teve seus resultados replicados para os poços Pirarucu e Tambacu, com o objetivo de se obter resultados mais conservadores, que os impactos no assoalho oceânico abrangem uma região de 15 km no entorno dos poços e um depósito de até 1,09 m, porém a área potencialmente impactada pelo material descartado pela atividade, considerando o limiar de 1 mm, compreende a região com raio de 1,6 km. A distância máxima alcançada pela pluma de sólidos na coluna d'água foi de 23 km. O tempo de permanência da pluma após o término do descarte, é inferior a 1 dia.*

*Ainda assim, a empresa não apresentou a comparação entre os volumes de cascalhos gerados no antigo projeto e no projeto mais recente para o programa exploratório do bloco BM-PAMA-8 solicitada em pareceres anteriores. Essa comparação deveria apontar em que medida tais diferenças influenciam nos resultados da modelagem apresentada.*

#### **Resposta:**

Não foi apresentada a comparação entre os resultados dos dois estudos pois não seria pertinente, uma vez que a diferença entre eles não se dá apenas pela alteração da volumetria de cascalhos e fluidos, mas também pela utilização de diferentes modelos de dispersão, campos de correntes e períodos das simulações, por exemplo.

Com a atualização nos projetos de poços previstos, na Rev.01 do estudo de modelagem (PETROBRAS/PROOCEANO, 2014) as simulações foram conduzidas considerando a volumetria do poço Tambaqui, que prevê a perfuração em sete fases, e de um poço de investigação. O volume total a ser descartado, nesse caso, corresponde a 1155,54 m<sup>3</sup> de cascalhos e 5691 m<sup>3</sup> de fluidos de perfuração. Já nas simulações conduzidas na Rev.00 do estudo de modelagem (PETROBRAS/ASA, 2009) foi considerada a volumetria do poço 1-PAS-28, que previa a perfuração em cinco fases, totalizando 623 m<sup>3</sup> de cascalhos e 2261m<sup>3</sup> de fluidos de perfuração descartados. Portanto, houve um aumento de 532,54 m<sup>3</sup> no volume de cascalhos e 3430 m<sup>3</sup> no volume de fluidos.

Apesar do aumento na volumetria dos poços considerados nos estudos de modelagem, os resultados não podem ser comparados uma vez que os estudos adotaram premissas diferentes.

## **II.3. Item Anexo II.6-2 Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar**

### **II.3.1. Item Anexo II.6.2.1 – Modelagem Hidrodinâmica**

#### **II.3.1.1. Questão 1**

*A tabela II.6.1.1.2.-1 Parâmetros e constantes utilizadas no modelo hidrodinâmico apresentada foi considerada satisfatória.*

*No documento Resposta ao Parecer Técnico 213/13 é informado que a resolução utilizada foi de 0,05°, e que teria aproximadamente 6,5 km. Já na revisão do estudo é informado que essa resolução teria aproximadamente 5,5 km. Solicita-se correção.*

#### **Resposta:**

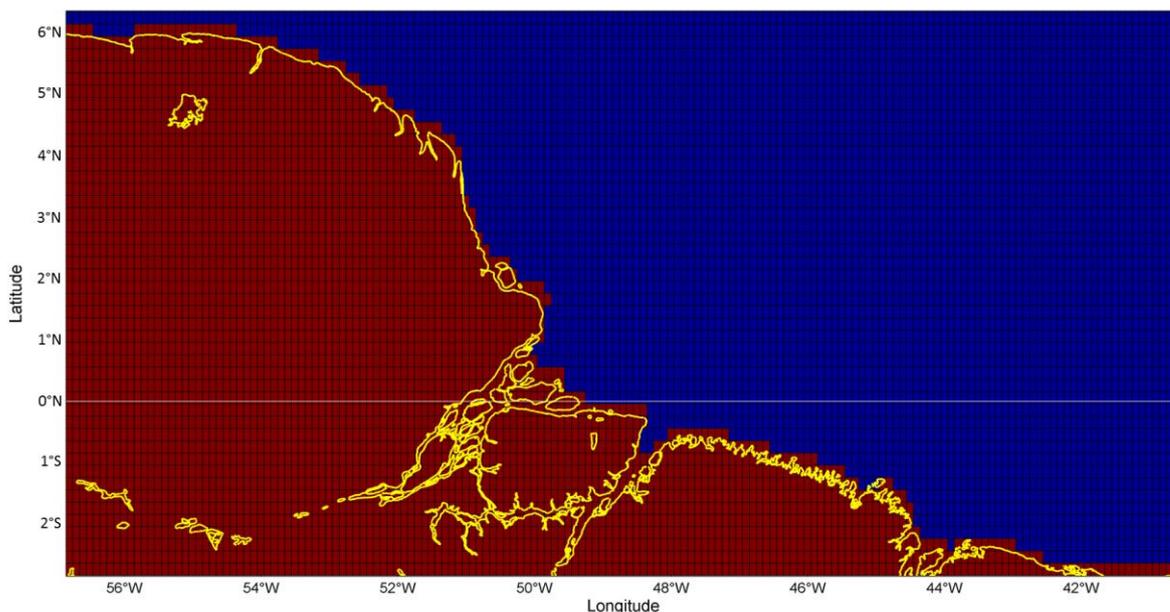
Houve um equívoco no documento de resposta ao Parecer Técnico 213/03. O valor correto é 5,5 km, como apresentado na revisão do documento.

### II.3.1.2. Questão 2

A figura II.6.1.1.3-2 reapresentada na Rev 02 do RCA é diferente da figura 1 apresentada no documento Resposta ao Parecer Técnico 213/13, em relação ao zoom. Solicita-se a confirmação correta.

#### Resposta:

Houve um equívoco entre as figuras dos documentos. A figura apresentada no documento de resposta ao Parecer Técnico 213/13 (**Figura II.3.1.2-1 - Detalhamento da linha da costa**) é a mais atual, reapresentada a seguir. O domínio do modelo hidrodinâmico se estende de 2,84° S a 10,55° N e de 40,50° W a 56,86° W. O zoom apresentado tem como objetivo focar apenas a região com costa.



**Figura II.3.1.2-1** - Detalhamento da representação da linha de costa pela grade do modelo hidrodinâmico (grade-mãe). Os retângulos em vermelho representam as células consideradas como terra pelo modelo, e a linha amarela mostra a linha de costa da região. A linha do Equador é apresentada com a cor branca.

### **II.3.1.3. Questão 3**

*A resposta ao questionamento sobre a topografia e a batimetria foi considerado satisfatório.*

*Na REV02 do RCA foi informado que os dados do NCEP foram tratados do período de março de 2008 a dezembro de 2012, no entendo a modelagem hidrodinâmica com o modelo numérico ROMS foi realizada de março de 2012 a março de 2013. Ou seja, o tratamento dos dados não cobriu o período de janeiro a março de 2013. Solicita-se revisão desta informação.*

#### Resposta:

A informação foi apresentada de maneira equivocada. Para este estudo foram tratados 5 anos de dados completos (março de 2008 a março de 2013), para subsidiar a definição dos dois períodos com características distintas na direção do vento.

### **II.3.1.4. Questão 4**

*A informações que constam no item II.6.1.1.5.4 não permitem avaliar se foram considerados os efeitos das elevadas amplitudes de maré no acoplamento entre oceano e plataforma adjacente para a região em questão (interação entre feições oceanográficas distintas). Solicita-se revisão.*

#### Resposta:

A avaliação da qualidade da representação da maré pelo modelo hidrodinâmico é apresentada no item II.6.1.1.6.3, no qual foram comparados os resultados do modelo com dados observados em seis estações maregráficas em regiões distintas do domínio. A análise dos resultados mostrou índices de concordância entre 0,74 e 0,98, considerados satisfatórios.

Adicionalmente, a representatividade no modelo hidrodinâmico das correntes geradas pela maré pode ser observada a partir da comparação do espectro de energia no domínio da frequência das séries de corrente observada e modelada, apresentada no item II.6.1.1.6.1. Correntes.

Conforme descrito do Diagnóstico de Oceanografia, as correntes de maré são de grande importância no regime hidrodinâmico sobre a plataforma continental e à medida que se avança sentido *offshore*, como na região do bloco BM-PAMA-8, ocorre a dominância do sinal da Corrente Norte do Brasil.

#### **II.3.1.5. Questão 5**

*Foi solicitado que a empresa apresentasse os valores médios mensais da vazão dos rios e o período referente a esta média considerados na modelagem. Solicita-se revisão.*

#### Resposta:

Na Tabela II.3.1.5-1 e Tabela II.3.1.5-2, são apresentados os valores médios mensais da vazão dos rios e o período referente a esta média, conforme solicitado.

Os dados das estações apresentadas foram utilizados por Dai & Trenberth (2002) para gerar uma grade global de 1° de resolução com médias mensais da descarga de rios. Esta grade global é utilizada pelo modelo MyOcean para representar as vazões dos rios e, ao ser assimilado a partir da técnica de *nudging* tri-dimensional nos resultados do modelo regional desenvolvido para este estudo (ROMS) passa estas informações para nosso estudo regional.

**Tabela II.3.1.5-1** - Valores de vazão mensal (m<sup>3</sup>/s) para cada estação utilizada em Dai & Trenberth (2002) que se encontram no domínio de modelagem. Apresentam-se também as datas (no formato “AAAAMM”) iniciais e finais do conjunto de dados com as quais se calcularam as médias de cada estação. Fonte: Dai & Trenberth (2002).

Estação	Data inicial	Data Final	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Obidos	192712	200611	138653,8	162120,9	186807,1	213044,0	231647,1	230662,5	215300,8	187520,6	150183,2	114865,6	107218,7	118930,8
Tucuruí	195501	200612	14188,3	19903,4	23320,3	22529,5	14507,0	7131,6	4487,9	3490,2	3041,8	3378,3	5005,4	8336,3
Jatoba	197301	199803	13838,9	17564,1	20354,5	19658,1	14619,4	8573,6	5748,9	4451,4	4228,2	4706,1	5895,7	8813,3
Altamira	197105	199801	9545,9	15273,7	20640,4	20845,2	15860,8	7262,6	3377,8	1821,1	1281,1	1366,9	2208,8	4492,3
Langa Tabbe	195101	199512	1250,7	1261,1	1726,8	2716,5	3579,9	2842,0	2399,1	1410,7	747,5	462,6	274,9	674,0
Maripa	195304	199601	727,1	1014,9	1220,6	1546,4	1648,6	1246,1	881,7	534,4	311,0	211,7	230,3	458,7
Sao Francisco	196808	200612	524,8	874,9	1315,7	1864,3	2234,0	1958,7	1400,3	963,3	588,0	359,3	262,9	264,0
Porto Plato	195201	200612	582,1	999,9	1457,0	1825,3	1912,6	1552,8	1131,1	777,5	457,8	275,1	189,1	250,2
Badajos	197105	200612	447,4	607,7	785,2	973,0	983,9	763,2	576,1	460,6	386,4	343,8	323,5	339,6
Cantanhede	196305	200612	150,4	327,0	558,0	776,3	470,0	137,8	76,2	54,6	43,3	44,5	51,9	77,4
Fazenda Paq.	197301	198904	192,1	326,9	557,3	780,2	997,5	1019,1	751,7	510,1	328,1	188,5	111,1	112,7
Alto Bonito	197207	199912	312,6	582,3	925,7	1093,1	1028,4	564,9	320,1	233,5	181,7	152,5	138,4	164,7
Retiro Santo	198407	199404	186,3	261,3	335,1	312,5	518,6	393,7	215,8	132,1	70,5	42,9	32,5	88,4
Camopi	196001	196512	134,7	215,5	204,8	208,2	293,5	283,8	214,8	144,7	80,8	109,8	49,6	64,2
Degrad-Roch	195601	198312	95,0	144,9	182,9	240,1	323,3	282,2	194,1	115,4	55,1	25,8	19,0	35,1

**Tabela II.3.1.5-2** - Valores de vazão mensal (m<sup>3</sup>/s) para as estações utilizadas em Dai & Trenberth (2002) que se encontram no domínio de modelagem. Apresentam-se também as datas (no formato “AAAAMM”) iniciais e finais do conjunto de dados com as quais se calcularam as médias de cada estação. Fonte: Dai & Trenberth (2002).

Estação	Data inicial	Data Final	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bom Jardim	196501	199912	75,2	142,8	240,7	304,5	285,7	187,5	120,7	83,8	61,8	45,6	38,5	39,2
jusante da i.	197010	199704	90,9	152,8	214,5	233,0	245,2	173,2	130,3	97,0	70,8	64,8	62,2	72,7
Boca do Inf.	197304	199803	24,6	73,3	158,8	274,1	383,9	280,8	169,4	88,5	49,8	30,2	17,1	16,7
Ramos	197906	198207	87,7	164,0	179,3	305,7	290,0	221,3	145,0	84,9	55,6	13,2	5,2	7,2
Arapari	197206	199803	30,7	75,0	169,0	237,7	304,2	213,0	150,6	80,1	44,8	29,3	17,2	18,9
Fazenda Boa	198110	198412	77,3	105,9	139,7	177,4	172,1	124,8	88,8	74,0	67,3	59,4	59,1	59,8
Alto Turi	197201	199912	48,6	106,0	176,1	217,7	189,4	95,0	48,0	27,5	16,2	11,7	10,6	13,3
Tararua-Pon	197508	199912	54,0	126,4	181,9	212,7	164,4	78,1	43,2	26,8	14,4	7,7	6,1	9,2
Cafezal	198503	199912	54,8	71,5	108,9	141,1	123,2	80,0	55,9	45,0	38,7	35,3	34,4	37,3
Tartarugal	199704	199912	20,7	60,8	117,9	164,0	149,3	94,2	91,6	57,9	17,3	10,5	8,2	8,1
Maracacume	197201	199912	29,4	94,9	155,2	180,0	153,7	60,0	27,3	13,1	6,8	4,0	3,2	7,4
Pancada	198210	199110	33,6	47,3	56,2	73,6	87,2	89,9	63,5	42,1	29,0	19,3	16,6	18,7
Nova Mocaju	196411	197112	13,1	31,3	65,0	81,5	85,1	60,0	53,2	37,7	25,7	13,6	9,6	8,3
Acampamento	198907	199607	27,4	39,4	43,0	55,1	55,8	58,5	48,2	38,2	24,5	18,8	14,3	16,5
Cooperativa	199707	199912	18,0	23,7	23,6	57,0	53,2	44,3	24,6	16,3	6,8	3,6	2,5	4,2
Br-316	198110	199912	11,1	25,8	38,7	48,2	40,3	21,5	11,8	5,9	3,0	2,1	2,2	3,0

### II.3.1.6. Questão 6

*Solicita-se apresentação dos dados de temperatura obtidos pelos fundeios DEVON, PAMA 1500 e PAMA 200 instalados na área de interesse.*

**Resposta:**

Para atender ao questionamento, da Figura II.3.1.6-1 a Figura II.3.1.6-4 são apresentadas as séries temporais de temperatura obtidas dos fundeios PAMA-200 e PAMA-1500. As séries de temperatura obtidas dos fundeios da DEVON são apresentadas da Figura II.3.1.6-5 a Figura II.3.1.6-12. Informações sobre as profundidades e datas das medições são apresentadas na Tabela II.3.1.6-1.

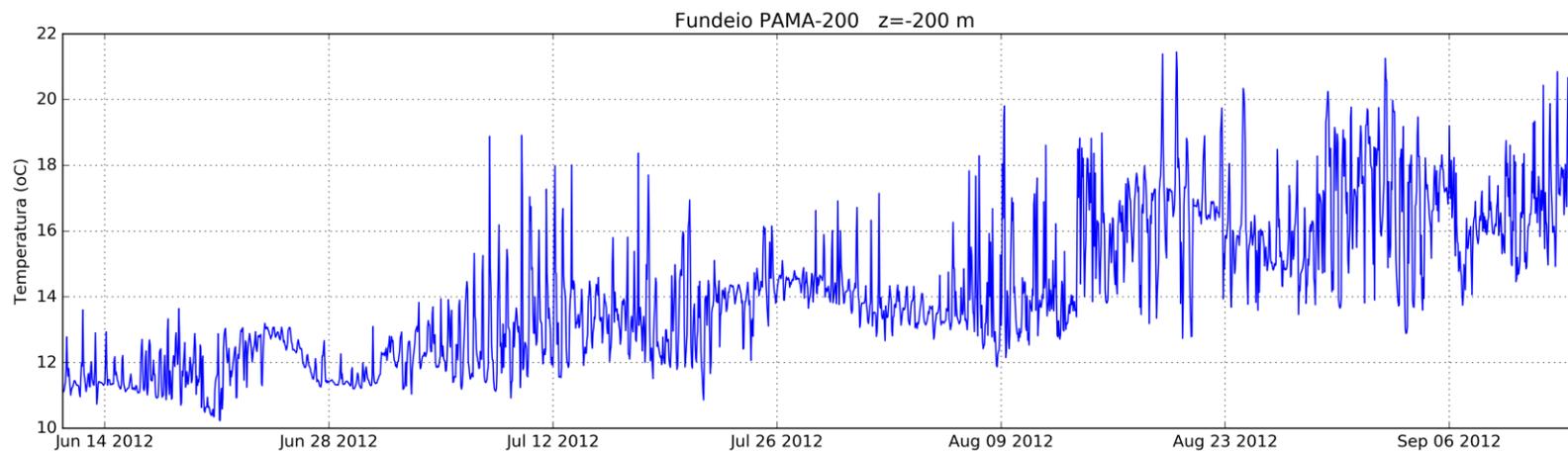
**Tabela II.3.1.6-1** – Profundidades e datas de início e fim de cada série de temperatura.

Fundeio	Profundidade (m)	Data inicial	Data Final
PAMA-200	200	10/06/2012	13/09/2012
PAMA-1500	800	10/06/2012	25/12/2012
PAMA-1500	1200	10/06/2012	25/12/2012
PAMA-1500	1495	10/06/2012	25/12/2012
DEVON	400	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	632	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	892	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	1162	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	1432	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	1703	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	1973	14/04/2008	20/02/2009
DEVON	2244	14/04/2008	20/02/2009

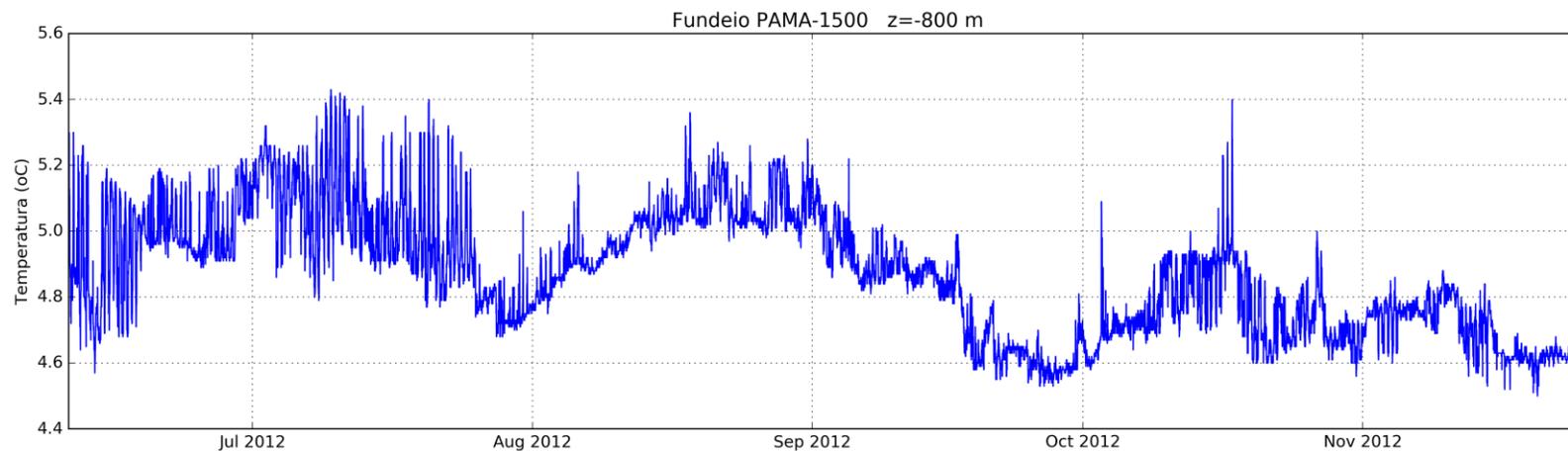
A série mais rasa, obtida pelo fundeio PAMA-200 (Figura II.3.1.6-1), demonstra que houve um aumento da profundidade da camada de mistura entre junho e setembro de 2012. No início da série, as temperaturas estão em torno de 12° C, típicas da porção superior da termoclina. Ao final de agosto e em setembro são observadas temperaturas com média próxima a 17° C e maior variabilidade. Esses valores e a maior variabilidade indicam que a profundidade de medição está próxima ao limite entre a termoclina e a camada de mistura.

À medida que a profundidade de medição aumenta, há diminuição da temperatura, e menor variação ao longo das séries. Em 1500 m de profundidade, a temperatura média é de  $\sim 4^{\circ}\text{C}$ , com amplitude máxima de  $0,6^{\circ}\text{C}$ .

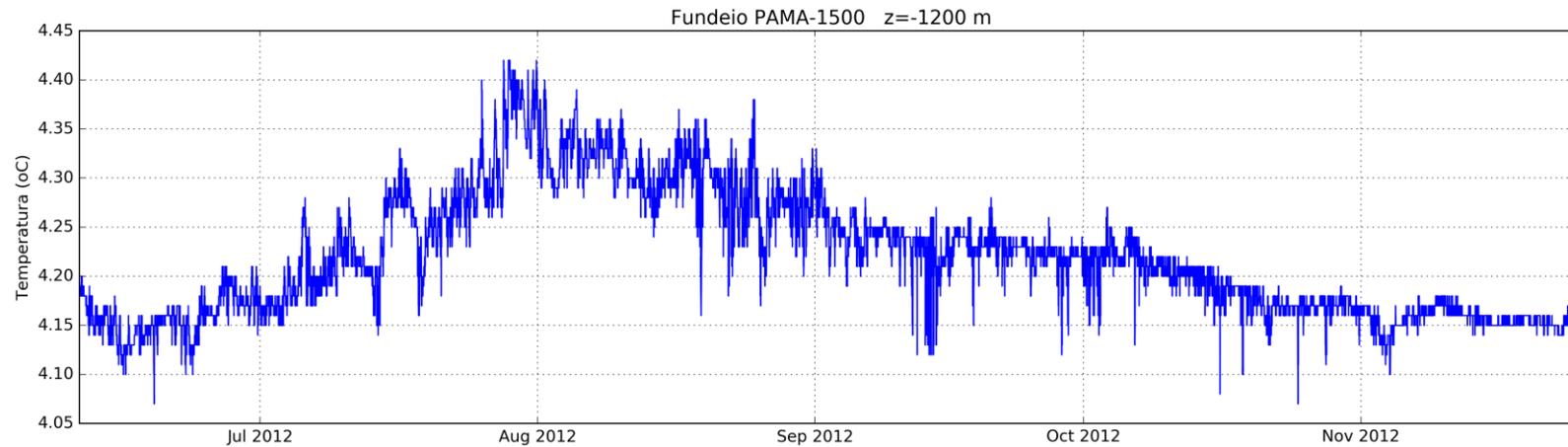
Os dados de temperatura medidos no fundeio da DEVON foram coletados entre as profundidades de 400 m e 2444 m (Figura II.3.1.6-5 a Figura II.3.1.6-12). Há uma diminuição gradual nos valores de temperatura com o aumento da profundidade. Em 400 m de profundidade a temperatura esteve próxima a  $8^{\circ}\text{C}$  ao longo do período de coleta, podendo atingir até  $11^{\circ}\text{C}$ . Em 2244 m a temperatura varia de 3 a  $3,3^{\circ}\text{C}$ .



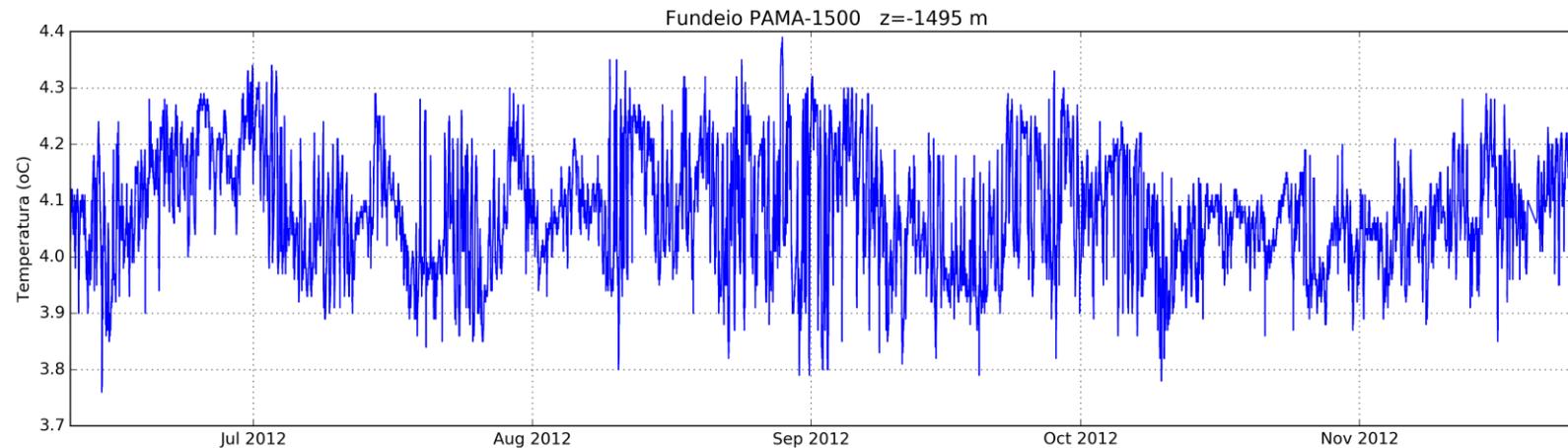
**Figura II.3.1.6-1 – Série temporal de temperatura obtida do Fundeio PAMA-200 a 200 m de profundidade.**



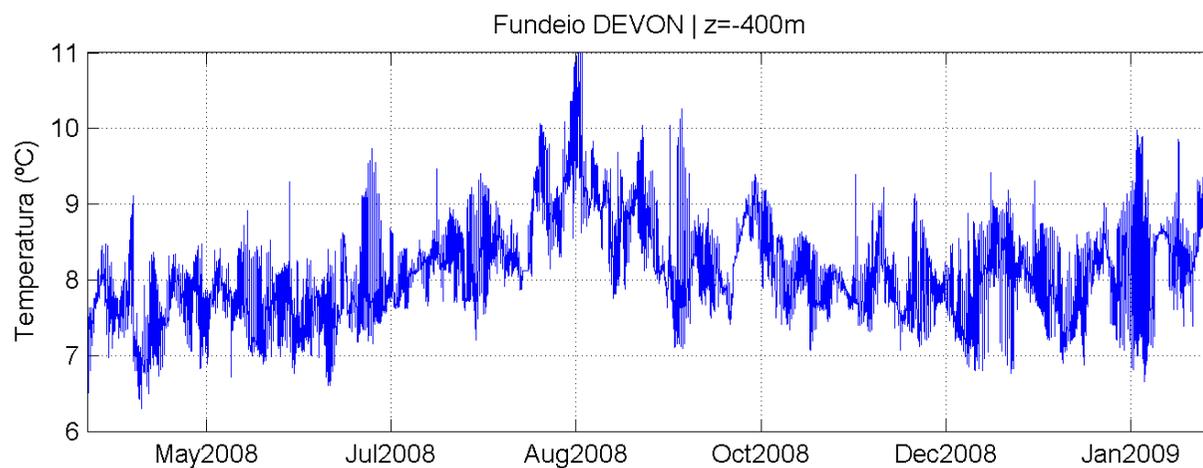
**Figura II.3.1.6-2 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio PAMA-1500 a 800 m de profundidade.**



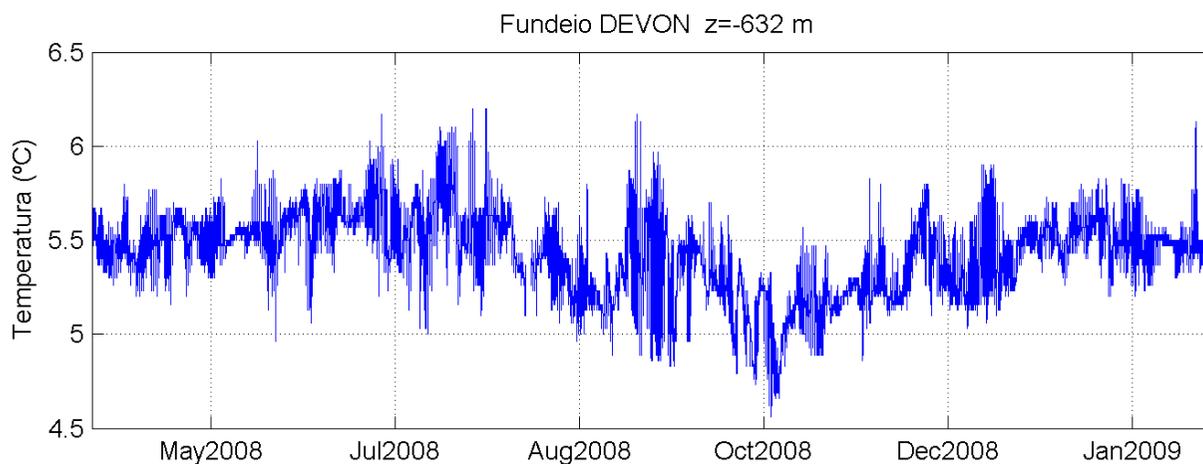
**Figura II.3.1.6-3 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio PAMA-1500 a 1200 m de profundidade.**



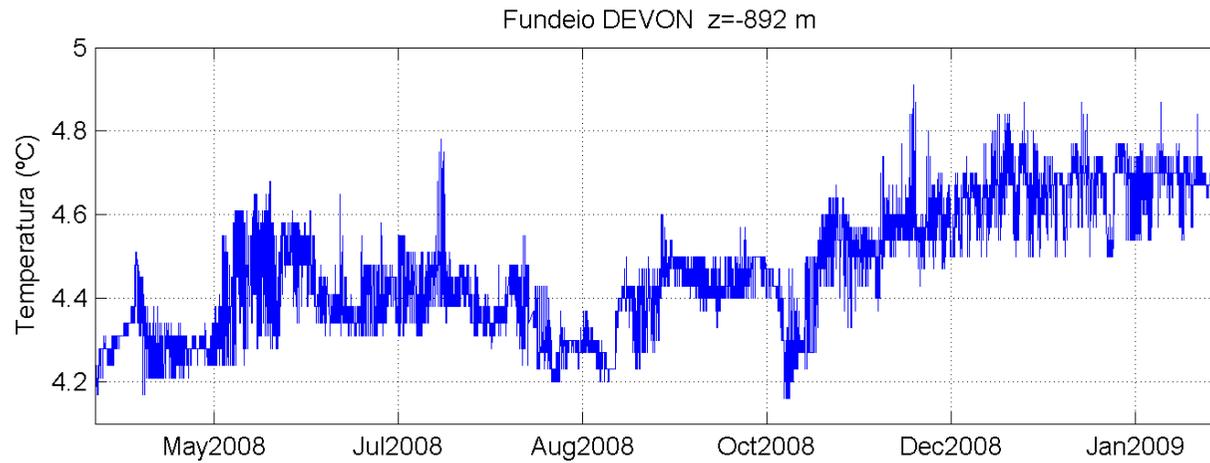
**Figura II.3.1.6-4 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio PAMA-1500 a 1495 m de profundidade.**



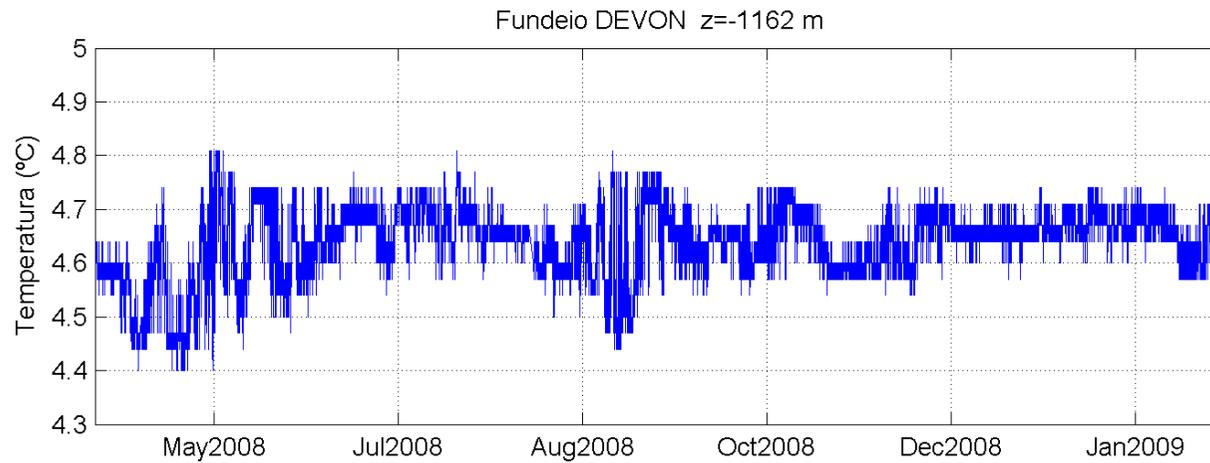
**Figura II.3.1.6-5 - Série temporal de temperatura obtida do ADCP - DEVON na profundidade de 400 m.**



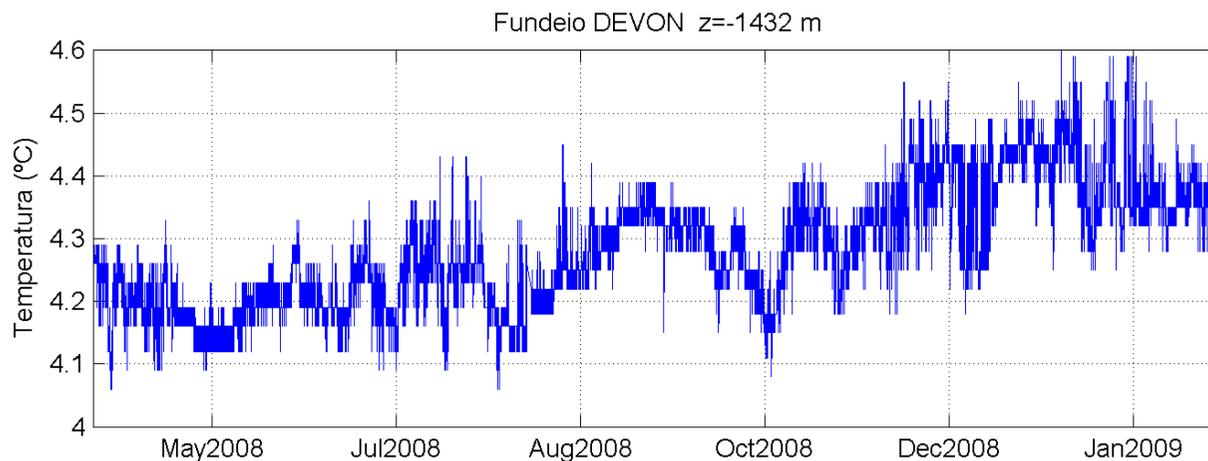
**Figura II.3.1.6-6 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 632 m.**



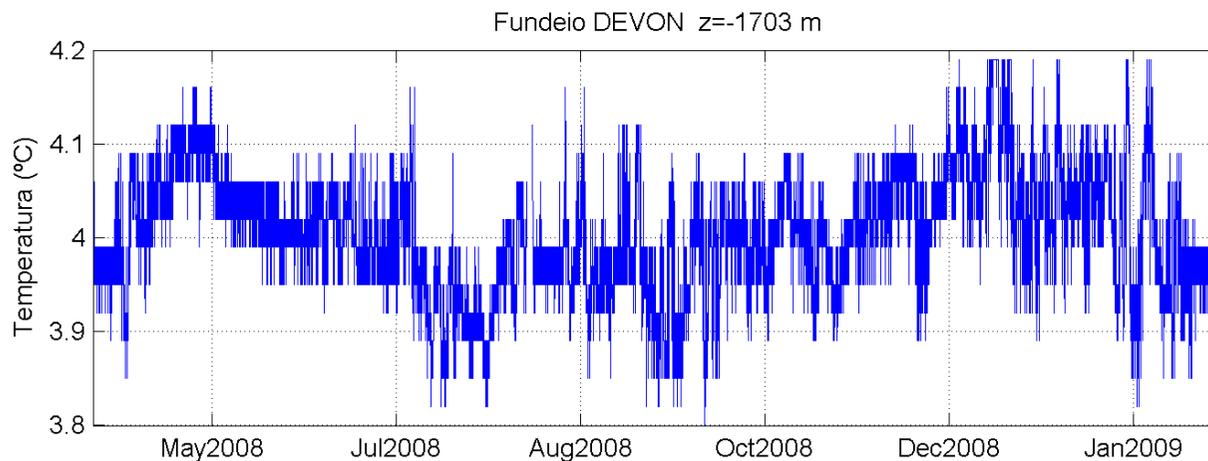
**Figura II.3.1.6-7 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 892 m.**



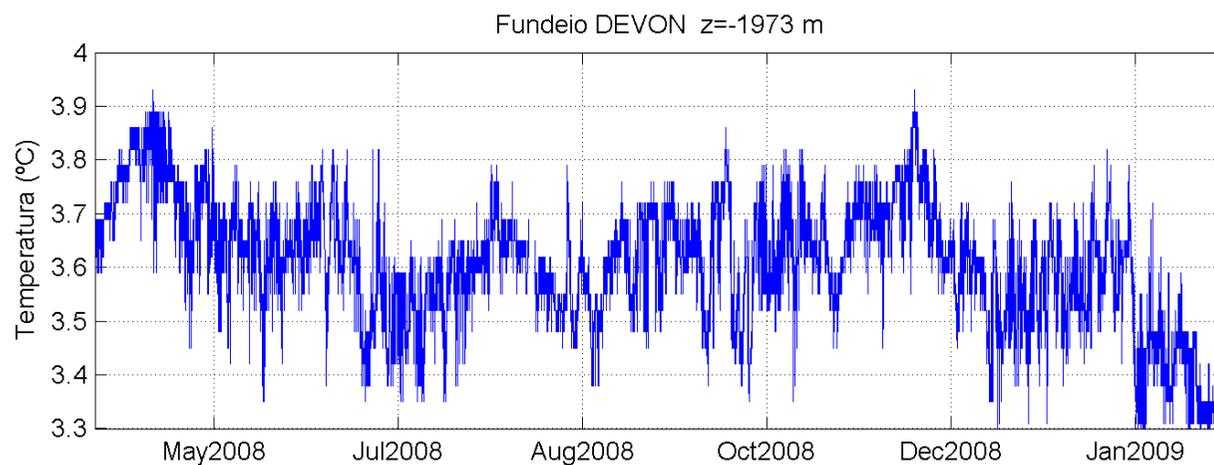
**Figura II.3.1.6-8 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 1162 m.**



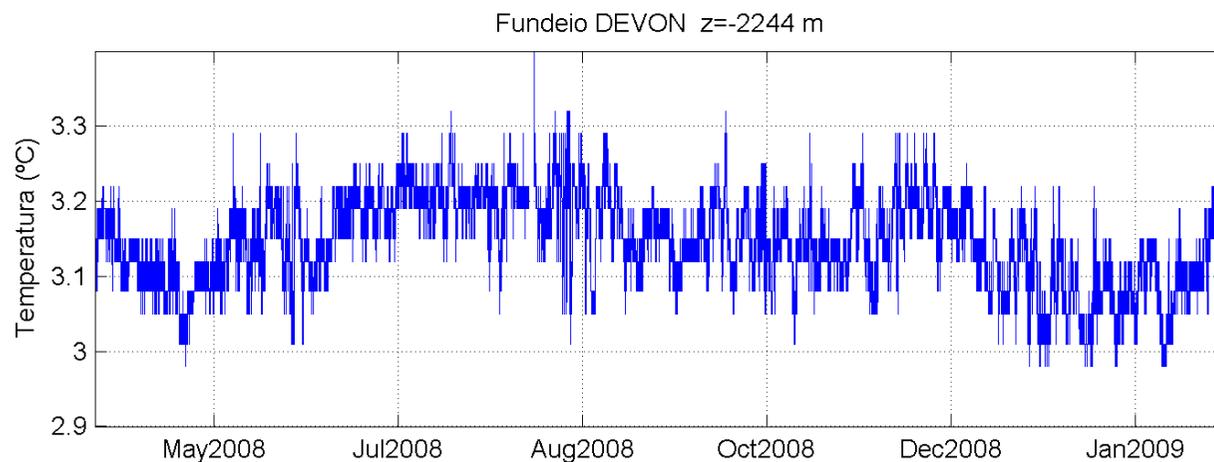
**Figura II.3.1.6-9 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 1432 m.**



**Figura II.3.1.6-10 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 1703 m.**



**Figura II.3.1.6-11 - Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 1973 m.**



**Figura II.3.1.6-12 – Série temporal de temperatura obtida do Fundeio DEVON na profundidade de 2244 m.**

## **II.3.2. Item Anexo II.6.2.2 – Modelagem de Dispersão do Óleo**

### **II.3.2.1. Questão 1**

*De acordo com o gráfico da Figura II.6.1.2.6-2 – Derivada da curva do Erro Médio Quadrático a derivada do erro quadrático de 400 simulações chega mais perto de zero, logo 400 simulações seria um número mais indicado do que 300 simulações, número escolhido. Solicita-se mais esclarecimentos sobre o não uso de 400 simulações que representariam melhor a variabilidade ambiental da região de estudo.*

#### **Resposta:**

Com relação à variabilidade ambiental, é observado nos diagnósticos de Oceanografia e Meteorologia (item II.5.1) que as principais alterações nos padrões da região tem caráter sazonal, tal como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Corrente Norte do Brasil e sua retroflexão. Como as simulações foram feitas para um período de 5 anos com dois períodos sazonais de 6 meses cada, teríamos uma simulação a cada ~3 dias, sendo que o vazamento ocorre de maneira contínua ao longo de 30 dias. Desta forma, entendemos que as manchas de óleo simuladas foram submetidas a toda extensão de dados ambientais que foram utilizados.

Entendemos a preocupação desta coordenação em aumentar a precisão das modelagens probabilísticas. Evidentemente que quanto maior for o número de simulações maior será o universo amostral e, conseqüentemente, maior será a precisão das variáveis estocásticas. No entanto, em qualquer aproximação numérica, por uma questão de viabilidade computacional, é imperativa a adoção de truncamentos, desde que estes não comprometam a qualidade do resultado final. Neste sentido, entendemos que, como foi apresentado no item II.6.1.2.6, a escolha por 300 simulações não compromete a avaliação dos resultados probabilísticos apresentados.

A seguir é rerepresentada a Tabela II.6.1.2.6-1, mostrando a evolução do Erro Médio Quadrático à medida que se aumenta o número simulações, na qual se

pode observar que *a partir de 200 simulações já se observa uma tendência de assíntota da avaliação da diferença.*

**Tabela II.6.1.2.6-1 – Erro médio quadrático em função do número de simulações.**

Número de Simulações	Erro Médio Quadrático
10	2,01
20	1,42
30	1,23
40	1,11
50	0,76
75	0,64
100	0,55
125	0,45
150	0,44
200	0,32
250	0,28
300	0,26
350	0,24
400	0,21
450	0,20

Assim, em 300 simulações a diferença média entre os valores de probabilidade dessa rodada com a de 500 simulações é de 0,26%. Um aumento do número de simulações para 400 traria um ganho de precisão muito pequeno nos valores de probabilidade. Conforme apresentado este ganho seria 0,26% para 0,21% na comparação com uma rodada com 500 simulações.

É importante destacar que o número de 500 simulações não é o valor ideal, ou o que represente a totalidade das possibilidades de trajetórias de óleo. Este valor é apenas um número arbitrário que consideramos bastante alto, tendo em vista a variabilidade ambiental da região e o custo computacional para execução das simulações. Além disso, também podemos fazer a seguinte interpretação do decaimento do erro médio quadrático: Se o erro médio quadrático nos mapas de probabilidades obtidos com 300 e 500 simulações é 0,26%, podemos inferir que teríamos um erro médio quadrático ainda menor se fizéssemos a comparação de mapas de probabilidades com 500 simulações com mapas de probabilidades com um número ainda maior de simulações.

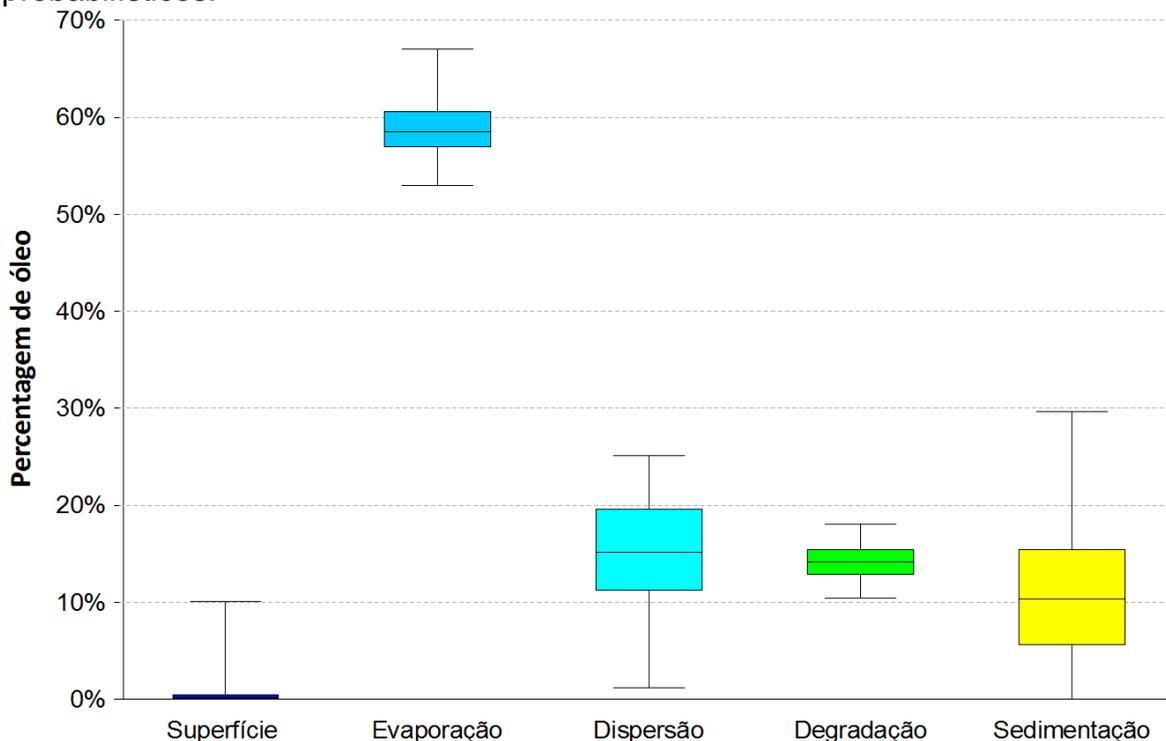
Em resumo, consideramos que um aumento do número de simulações resultaria em diferenças muito pequenas nos resultados probabilísticos e estas diferenças não trariam diferenças significativas para o estudo.

### II.3.2.2. Questão 2

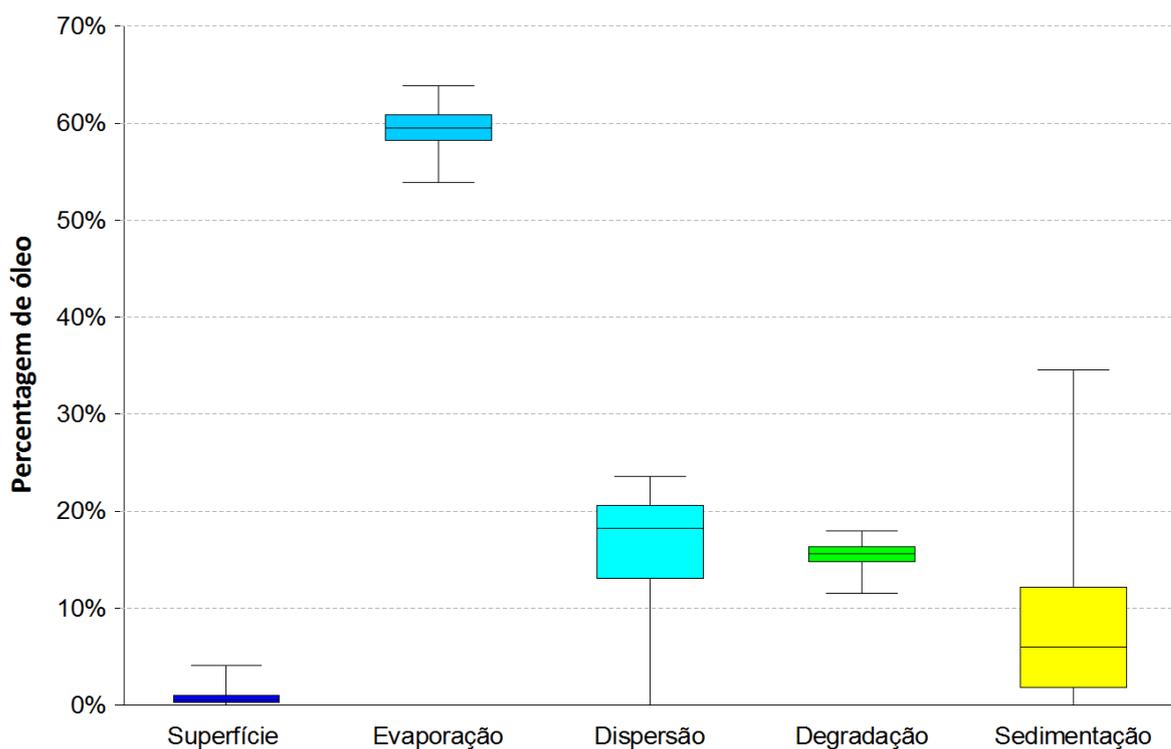
*Não foram apresentados os gráficos de balanço de massa após as simulações probabilísticas para os cenários de inverno e verão, conforme fora relatado no item II.6.1.2.6. Resultados.*

#### Resposta:

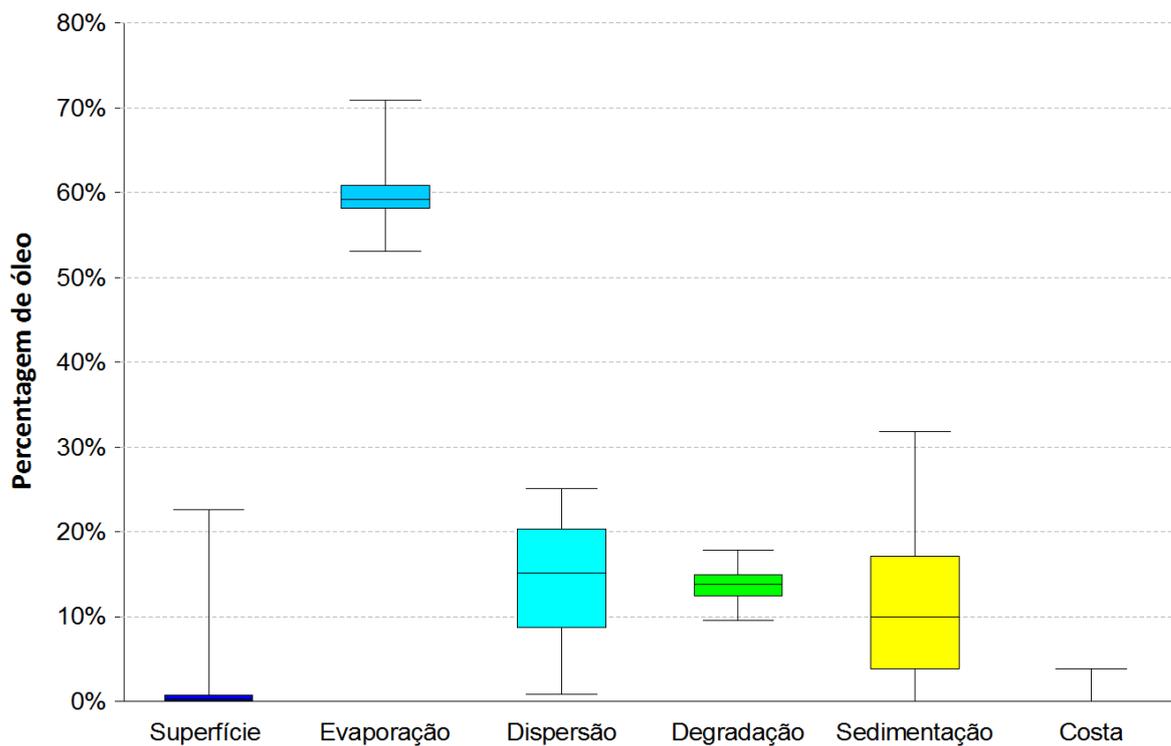
A seguir são apresentadas as figuras de balanço de massa dos resultados probabilísticos.



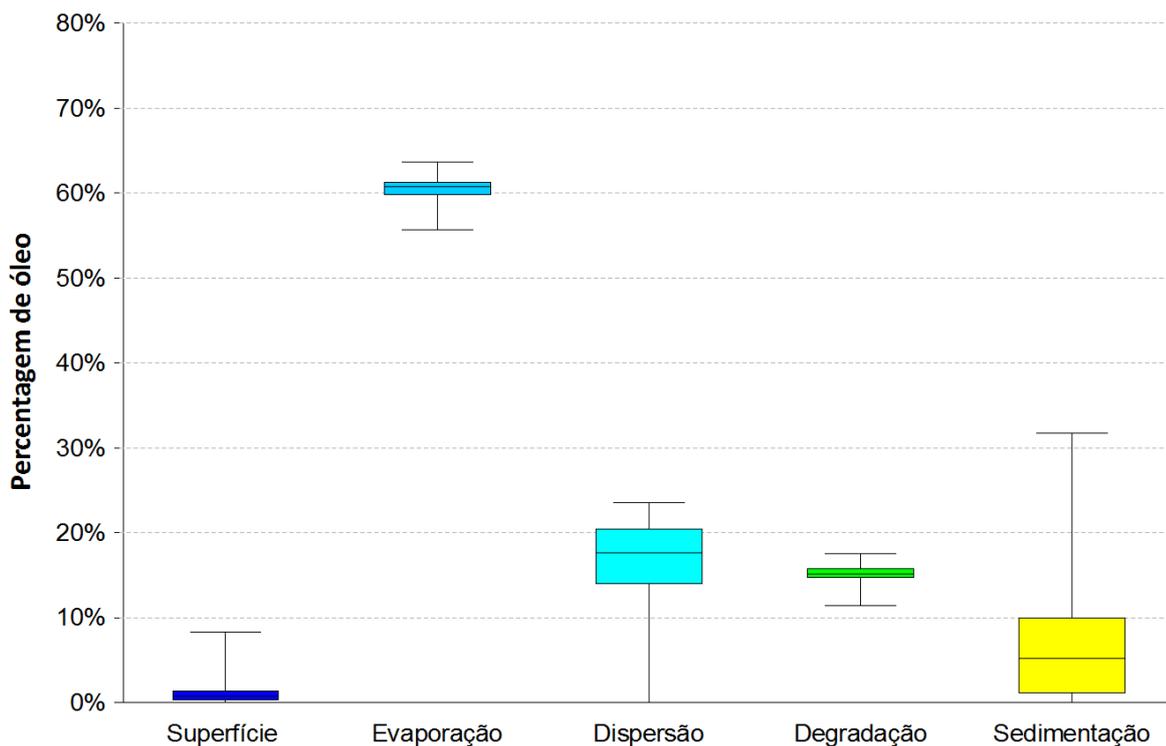
**Figura II.3.2.2-1 – Balanço de massa para o vazamento de 8 m<sup>3</sup> no cenário de verão.**



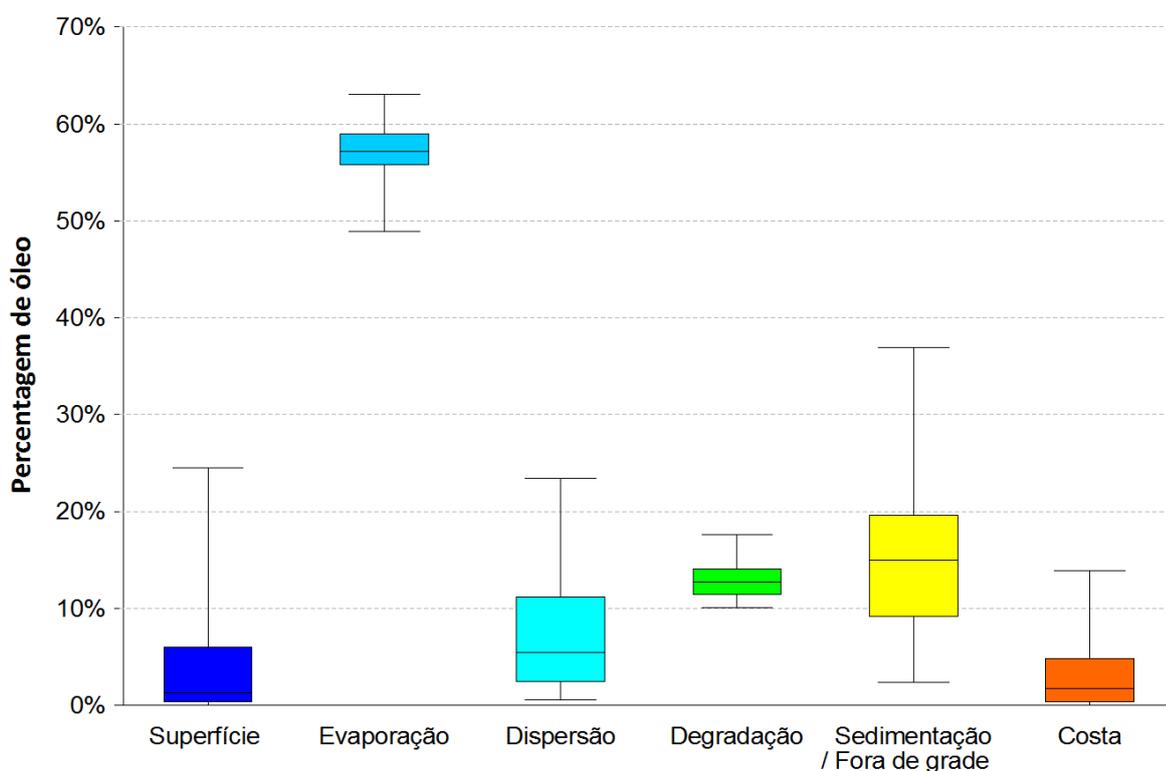
**Figura II.3.2.2-2 – Balanço de massa para o vazamento de 8 m³ no cenário de inverno.**



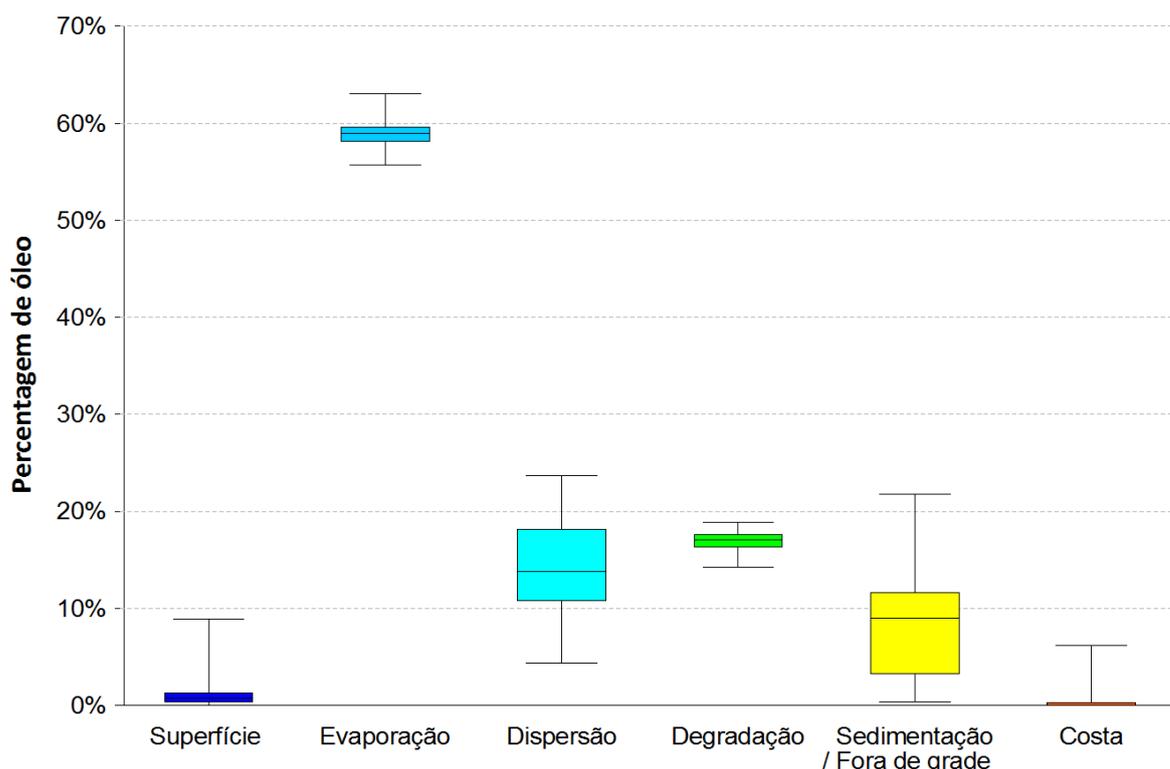
**Figura II.3.2.2-3 – Balanço de massa para o vazamento de 200 m³ no cenário de verão.**



**Figura II.3.2.2-4 – Balanço de massa para o vazamento de 200 m³ no cenário de inverno.**



**Figura II.3.2.2-5 – Balanço de massa para o vazamento de blowout no cenário de verão.**



**Figura II.3.2.2-6** – Balanço de massa para o vazamento de blowout no cenário de inverno.

Ao observar as figuras, nota-se que a evaporação foi o principal processo de intemperismo ao longo das simulações, com mediana variando de 59% a 61%, seguido da degradação e da sedimentação, com medianas entre 5 e 16%. A dispersão na coluna d'água apresentou valores entre 0 e 25%. A porcentagem de óleo retido na costa, nas simulações em que ocorreram toque, teve valor máximo de 14% na simulação de *blowout* no cenário de verão. Enquanto o óleo remanescente em superfície, ao final das simulações, é inferior a 25% com mediana próxima de 1%.

### II.3.2.3. Questão 3

Comparando os estudos apresentados no ano de 2014, um referente a renovação da Licença de Perfuração n° 87/2009 do Bloco Marítimo PAMA-3, processo n° 02022.009382/2002, e outro referente ao estudo de modelagem revisão 02 para o Bloco Marítimo PAMA-8, processo n° 02022.004731/06, foi identificado que ambos utilizam o mesmo óleo de referência, do Campo de

*Piranema – SEAL, o mesmo domínio de modelagem, o mesmo ano de modelagem, mesmo volume de pior caso e a mesma base hidrodinâmica. Observando os gráficos dos balanços de massa de óleo das simulações, nas condições de verão e inverno, para ambos os estudos, foi possível notar diferenças substanciais, principalmente a evaporação. Com base nos dados utilizados era de se esperar resultados próximos dos balanços de massa. Solicitam-se esclarecimentos.*

**Resposta:**

A seguir é apresentada a tabela com os valores dos processos de intemperismo do óleo ao fim das simulações determinísticas (60 dias) nos estudos de modelagem de dispersão de óleo nos blocos BM-PAMA-8 e BM-PAMA-3.

**Tabela II.3.2.3-1 – Processos de intemperismo do óleo ao fim das simulações determinísticas dos estudos de modelagem de dispersão de óleo nos blocos BM-PAMA-8 e BM-PAMA-3.**

Processo do óleo ao final da simulação	BM-PAMA-8			BM-PAMA-3		
	Condição crítica	Condição Meteo-Oceanográfica		Condição crítica	Condição Meteo-Oceanográfica	
		Verão	Inverno		Verão	Inverno
Evaporação	55,5	56,1	57,6	55,5	53	55
Dispersão	2,4	4,3	14,8	5	8	23
Degradação	14,4	15,6	17,6	12	13,6	17

Como pode ser percebido, não se observa diferenças excessivas entre as simulações realizadas para ambos os estudos, principalmente a evaporação. A maior diferença observada é no processo de dispersão (isto é, óleo na coluna d'água) entre as simulações em condição meteo-oceanográfica frequente de inverno, onde a diferença é de ~8%. Essa diferença pode ser atribuída aos pontos de vazamentos distintos, em que estão submetidos a diferentes valores das forçantes (corrente e vento).

Porém, ao se observar a Figura II.3.2.2-6 observa-se que dentro do universo de simulações com as mesmas características, a dispersão pode variar próximo de 20% entre seu valor mínimo e máximo.

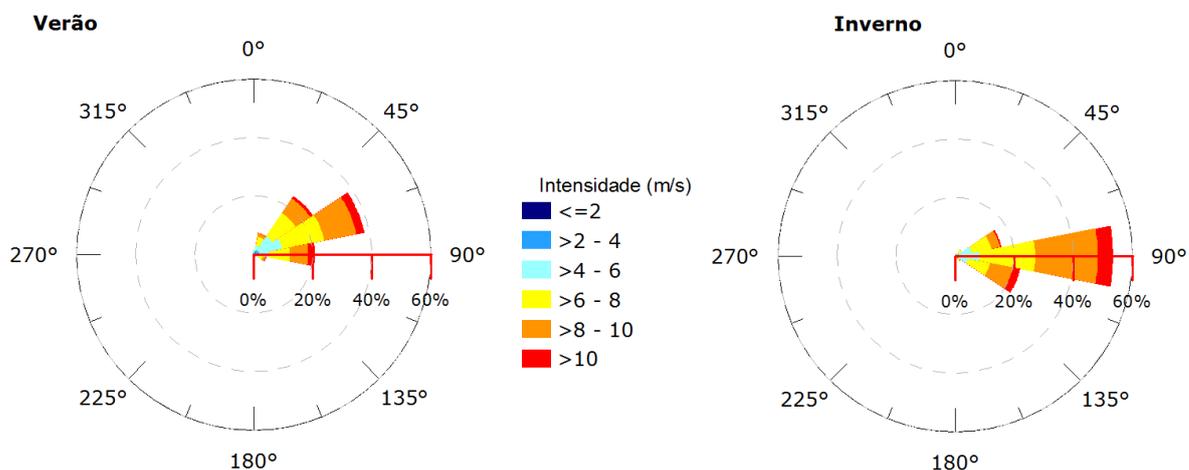
#### II.3.2.4. Questão 4

Os resultados apresentaram altas probabilidades de toque de óleo na costa, porém apresentou tempos mínimos de toque elevados. As altas evaporações apresentadas nos gráficos de balanço de massa podem explicar os tempos mínimos de toque serem tão altos. Solicitam-se comentários sobre o ponto levantado.

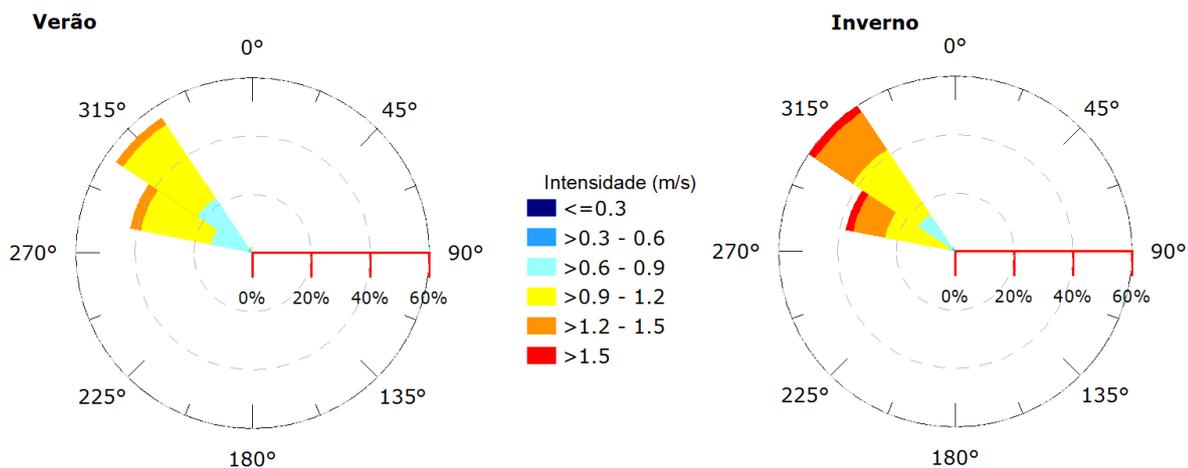
#### Resposta:

Com base nos resultados apresentados, não é simples determinar a relação entre o tempo mínimo de toque na costa e os valores de evaporação do óleo. O modo mais usual de interpretação dos tempos de toque é a verificação dos agentes transportadores das manchas de óleo, isto é, as correntes e os ventos.

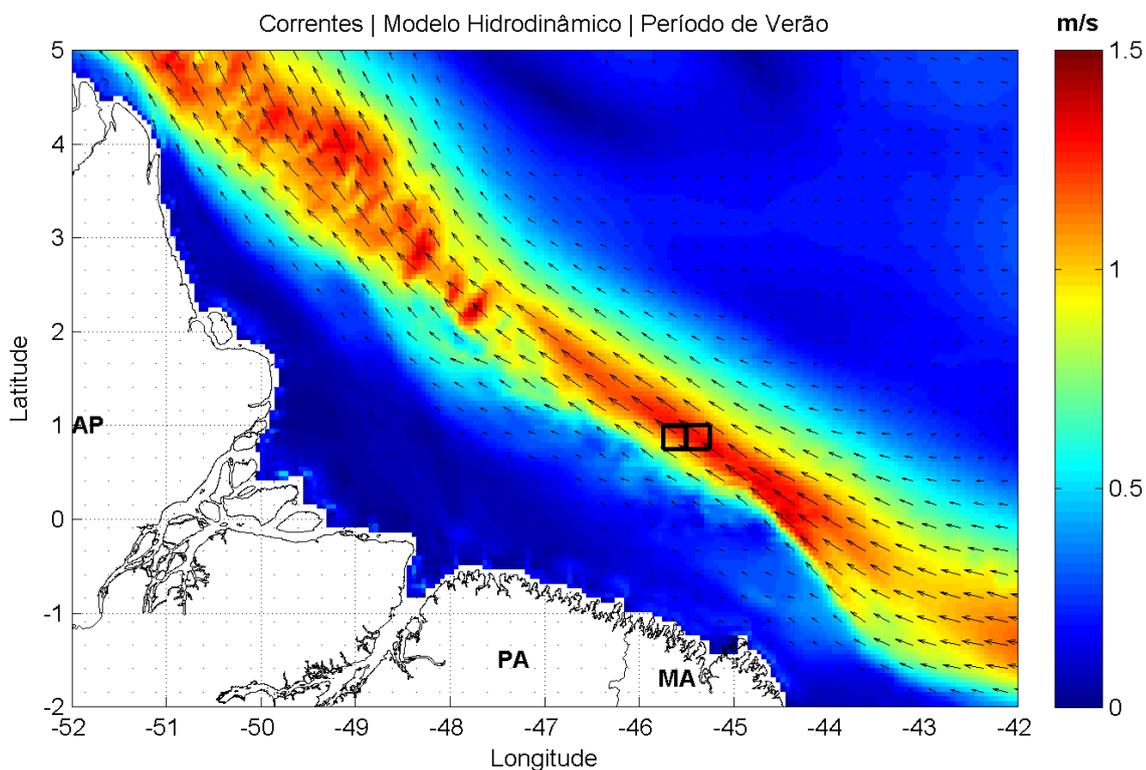
A caracterização mensal dos dados de vento utilizado já foi apresentada no estudo (item II.6.1.2.5). Desta forma, é apresentada a seguir a rosa de vento sazonal para o ponto mais próximo do ponto de vazamento. São também apresentadas as rosas de corrente e os mapas médios de velocidade de corrente para os períodos sazonais considerados (Figuras II.3.2.4-1 a II.3.2.4-4).



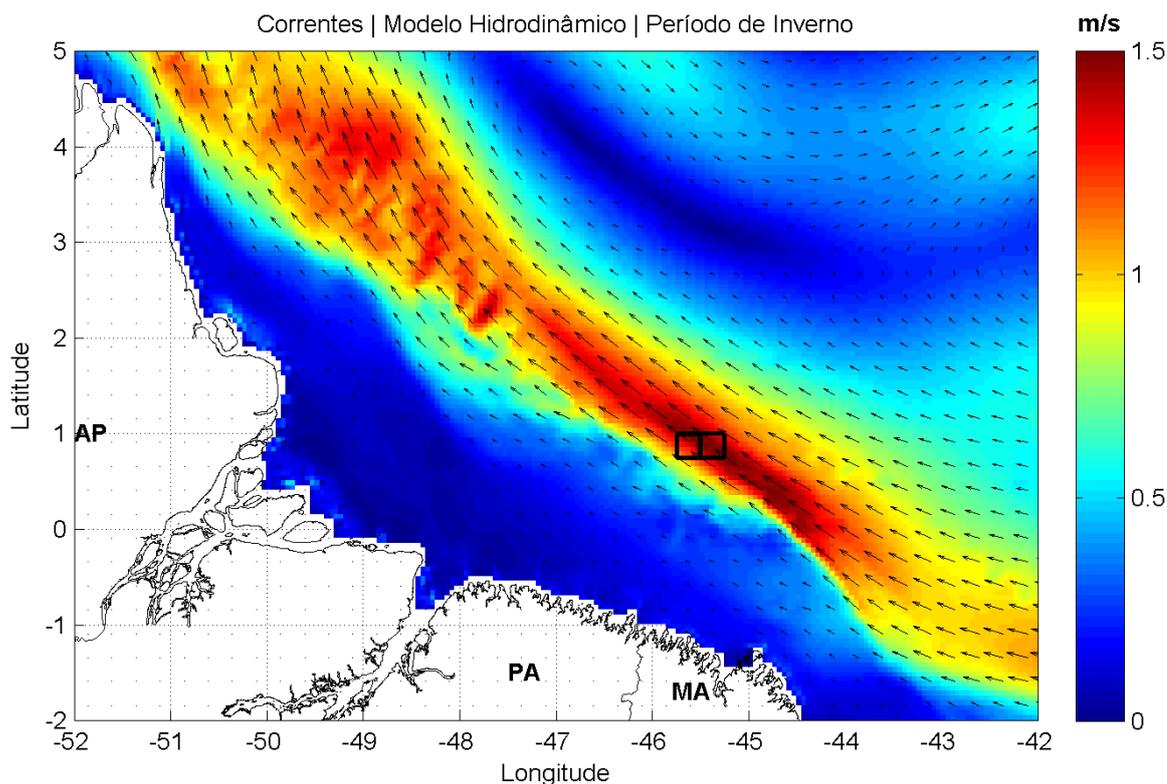
**Figura II.3.2.4-1** – Rosas de ventos para o ponto mais próximo do ponto de vazamento com base nos períodos sazonais considerados.



**Figura II.3.2.4-2** – Rosas de correntes para o ponto mais próximo do ponto de vazamento com base nos períodos sazonais considerados.



**Figura II.3.2.4-3** – Mapa de correntes médias para o período sazonal denominado verão.



**Figura II.3.2.4-4** – Mapa de correntes médias para o período sazonal denominado inverno.

Ao se observar as rosas e os mapas de corrente que o bloco do BM-PAMA-8 está sob a influência direta da Corrente Norte do Brasil com valores, em média, superiores 0,9 m/s na direção noroeste (aproximadamente paralelo com a orientação da costa). Em contrapartida, o vento assume o papel de agente transportador para costa, uma vez que uma das suas componentes é ortogonal a costa, principalmente no período de verão.

Com isso, ao levar esses dois fatores em consideração, pode se afirmar que os tempos mínimos de toque mais alongados estão relacionados à obstrução que a Corrente Norte do Brasil gera no transporte de óleo para costa a partir do ponto de vazamento considerado, devido aos seus valores elevados de velocidade e sua direção paralela. Porém, uma vez que a mancha de óleo sai da influência da CNB devido à permanência do vento, este direciona o óleo para costa.

### **II.3.2.5. Questão 5**

*Considerando os resultados apresentados nas modelagens para o vazamento instantâneo de 200 m<sup>3</sup> e para vazamento contínuo de 13350 m<sup>3</sup>, vazando por 30 dias, 445 m<sup>3</sup>/dia, e que a massa de óleo que chega na costa no cenário de blowout representa 3,4% do total vazado (subitem II.6.3.5), e que 200 m<sup>3</sup> representa 1,5% do volume de blowout, conclui-se que os tempos mínimos apresentados para os cenários de pior caso podem estar superdimensionados. Solicitam-se esclarecimentos.*

#### Resposta:

Assim como afirmado na questão anterior, não é simples determinar a relação entre o tempo mínimo de toque na costa e o volume vazado. Não há uma relação linear entre o aumento do volume vazado e a diminuição do tempo de toque.

Na verdade, a relação mais inequívoca é entre o volume vazado/regime de vazamento e o tamanho da área de probabilidade de presença de óleo. E mesmo dessa relação há de considerar outros aspectos, tal como a taxa de vazamento entre os casos a se analisar.

Dessa forma, consideramos que não é adequado supor que os tempos estejam superdimensionados de acordo com o volume vazado, uma vez que o aumento ou a diminuição da quantidade vazada, por si só, não geram um incremento ou redução de velocidade de deslocamento nas manchas de óleo.

### **II.3.2.6. Questão 6**

*Foi informado no item II.6- Avaliação de Impacto da revisão 01 do RCA, subitem II.6.3.5, que foram elaboradas 100 diferentes simulações para cada cenário (verão e inverno) nos diferentes volumes de vazamento: 8 m<sup>3</sup>, 200 m<sup>3</sup> e o cenário de pior caso, 445 m<sup>3</sup>/dia ao longo de 30 dias. Já no item II.6.1 Modelagem Hidrodinâmica e de Dispersão de Óleo da revisão 01 do RCA, subitem II.6.1.2.6, foi informado que o modelo OSCAR fez 300 simulações para cada cenário nos diferentes volumes. Solicitam-se esclarecimentos sobre esta informação.*

*A modelagem de óleo realizada para a região do Bloco Marítimo PAMA-8 apresentou probabilidade de toque na costa já para simulações de 200 m<sup>3</sup> no*

*cenário de verão. Esse resultado é importante para destacar a importância de uma estrutura de resposta a vazamentos adequada para a dinâmica local e relevância ambiental da região, que propicia a deriva do óleo para a costa para vazamentos com mais chances de ocorrer. O modelo apresentou também altas probabilidades de toque de óleo na costa nos cenários de verão e inverno para pior caso. E também probabilidade de toque de óleo em Unidades de Conservação para ambos os cenários.*

Resposta:

No subitem II.6.3.5 do item II.6-Avaliação de Impacto da revisão 01 do RCA foi apresentado o valor errôneo de simulações. O número correto de simulações probabilísticas para cada período sazonal em cada situação de vazamento foi de 300, como apresentado no subitem II.6.1.2.6 do relatório de Modelagem do Transporte e Dispersão de Óleo no Mar.

### III. Referências

DAI, A. AND TRENBERTH, K. E.: Estimates of freshwater discharge from continents: latitudinal and seasonal variations, J. Hydrometeorol., 3, 660–687, 2002.

KUNDU, P. K.; COHEN, I. M. Fluid Mechanics: Second Edition. Academic Press: 2002. 730 pp.

FALNES, J. Ocean Waves and Oscillating Systems. Cambridge University Press: 2004. 275 pp.

PETROBRAS/ASA. Modelagem do Descarte de Cascalhos e Fluidos de Perfuração para o Bloco BM-PAMA-8, Bacia do Pará-Maranhão. 2009. Revisão 00.

PETROBRAS/PROOCEANO. Simulação do Descarte de Cascalho e Fluido de Perfuração no Bloco BM-PAMA-8. 2014. Volume 1. Revisão 1.

## IV.EQUIPE TÉCNICA

### *Equipe Técnica da empresa Prooceano*

<b>Profissional</b>	Marcelo Montenegro Cabral
<b>Empresa</b>	PROOCEANO
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	2010110225 - CREA/RJ
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	5621594
<b>Responsável pela(s) Seção(ões)</b>	Todas
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Gabriel Vieira de Carvalho
<b>Empresa</b>	PROOCEANO
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	-
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF: 124.540.657-46)
<b>Responsável pela(s) Seção(ões)</b>	Todas
<b>Assinatura</b>	-----

<b>Profissional</b>	Henery Ferreira Garção
<b>Empresa</b>	PROOCEANO
<b>Registro no Conselho de Classe</b>	-
<b>Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental</b>	Não aplicável (CPF: 116.991.707-03)
<b>Responsável pela(s) Seção(ões)</b>	Todas
<b>Assinatura</b>	-----

## **Equipe Técnica da PETROBRAS**

<b>Profissional</b>	Rodrigo Gil Alves de Toledo
<b>Empresa</b>	Why Serviços Técnicos Ltda.
<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 pela(s) Seção(ões)</b>	Todas (Revisão)
<b>Assinatura</b>	_____