



Relatório Técnico [rev.00]

Resposta ao Parecer Técnico nº 055/17

Atividade de Perfuração Marítima | Blocos
FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127 | Bacia da Foz do
Amazonas

Preparado por: PROOCEANO

Preparado para: Total E&P do Brasil

20 de março de 2017

Prooceano

Av. Rio Branco, 311/1205 – Centro

CEP 20.040-009 – Rio de Janeiro – RJ

Tel./Fax + 55 21 2532.5666

www.prooceano.com.br

© PROOCEANO 2017

The copyright in this document is vested in Prooceano. This document may only be reproduced in whole or in part, or stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means electronic, mechanical, photocopying or otherwise, with the prior permission of PROOCEANO.

Os direitos autorais deste documento são propriedade da PROOCEANO. Este documento somente poderá ser reproduzido inteiro ou em partes, ou armazenado, ou transmitido em qualquer forma, ou por quaisquer meios: eletrônico, mecânico, fotocópia ou qualquer outro modo, com a permissão prévia da PROOCEANO.

Controle de revisão

Revisão nº 01

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Proceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Proceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Sumário

1. Introdução	9
2. Questionamentos	9
2.1. Modelagem Hidrodinâmica (Item II.8.2-1).....	9
2.2. Modelagem da Dispersão de Óleo (Item II.8.2.2).....	18
3. Referências Bibliográficas	58

Índice de Imagens

Figura 1: Campo médio de TSM obtido do OSTIA para o período chuvoso.	10
Figura 2: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.	10
Figura 3: Campo médio de TSM obtido do OSTIA para o período seco.	11
Figura 4: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.	11
Figura 5: Campo médio de TSM obtido do MyOcean para o período chuvoso.	12
Figura 6: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.	12
Figura 7: Campo médio de TSM obtido do MyOcean para o período seco.	13
Figura 8: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.	13
Figura 9: Trajetória do derivador 03.	15
Figura 10: Trajetória do derivador 07.	16
Figura 11: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita).	19
Figura 12: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita).	20
Figura 13: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita).	21
Figura 14: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita).	22
Figura 15: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita).	23
Figura 16: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita).	24
Figura 17: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita).	25
Figura 18: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita).	26

Figura 19: Valores de autocorrelação para as componentes U e V de velocidade da corrente no ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento do bloco FZA-M-86.	31
Figura 20: Valores de autocorrelação para as componentes U e V de velocidade da corrente no ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento do bloco FZA-M-125-127.	32
Figura 21: Balanço de massa para a simulação crítica de tempo mínimo de toque para o ponto de risco do bloco FZA-M-86. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	37
Figura 22: Área varrida para a simulação crítica de tempo mínimo de toque para o ponto de risco do bloco FZA-M-86. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	38
Figura 23: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de verão. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	40
Figura 24: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	41
Figura 25: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	42
Figura 26: Mapa de probabilidade e presença de óleo na coluna d'água em diferentes profundidades para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.	43
Figura 27: Balanço de massa para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para nos cenários de verão e inverno. Acima simulação com biodegradação e abaixo simulação com a biodegradação desligada.	44
Figura 28: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto no bloco FZA-M-86 no cenário de verão.	50
Figura 29: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto no bloco FZA-M-86 no cenário de inverno.	51

Figura 30: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 no cenário de verão.....	52
Figura 31: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 no cenário de inverno.....	53
Figura 32: Localização dos pontos usados para geração dos perfis verticais na região dos fundeios do WOCE, e dos blocos FZA-M-125 e 127.....	56
Figura 33: Circulação oceânica esquemática nas proximidades da Bacia da Foz do Amazonas. As setas com linhas cheias representam a circulação superficial, as pontilhadas a circulação subsuperficial. Os números circulados indicam o transporte. Fonte: Adaptado de Johns <i>et al.</i> (1998).	57

Índice de Tabelas

Tabela 1: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores.....	14
Tabela 2: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores para o período entre julho e dezembro.	19
Tabela 3: Índice de Wilmot das comparações modelo/derivadores para o período de julho a dezembro.	26
Tabela 4: Tabelas dos resultados probabilísticos para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para nos cenários de verão e inverno. Acima simulação com biodegradação e abaixo simulação com a biodegradação desligada.....	45

Equipe técnica

Nome: Marcelo Montenegro Cabral

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5621594

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: _____

Nome: Henery Ferreira Garção

Registro no Conselho de Classe:

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3790998

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: _____

Nome: Felipe Lobo Mendes Soares

Registro no Conselho de Classe:

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 3811578

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

Assinatura: _____

1. Introdução

Este documento visa responder ao item II.8.2 (Modelagem da Dispersão de Óleo e de Dispersão de Efluentes) do Parecer Técnico nº 55/2017 de 10 de fevereiro de 2017 do Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Perfuração Marítima nos Blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127, Bacia da Foz do Amazonas - Revisão 01.

2. Questionamentos

2.1. Modelagem Hidrodinâmica (Item II.8.2-1)

2.1.1 Questionamento 1

“Os questionamentos sobre o uso dos dados da Reanálise I do NCEP/NCAR foram sanados. Conforme solicitado, foram feitas mais considerações a respeito da pluma do Rio Amazonas. As solicitações sobre as localizações das estações maregráfica da FEMAR foram atendidas.

No item que trata sobre a TSM, foram apresentados os campos médios de TSM do OSTIA, do ROMs e do MyOcean para os períodos seco e chuvoso. Foram mostrados dois mapas de TSM do ROMs para o período seco e dois para o período chuvoso, que mostram padrões diferentes no mesmo período sazonal. Solicita-se esclarecimentos.”

Resposta:

Na verdade, os padrões são bastante similares, entretanto, as escalas de cores das comparações ROMs/OSTIA e ROMs/MyOcean apresentadas estavam diferentes. Para sanar as dúvidas, as figuras foram reelaboradas para permanecerem na mesma escala.

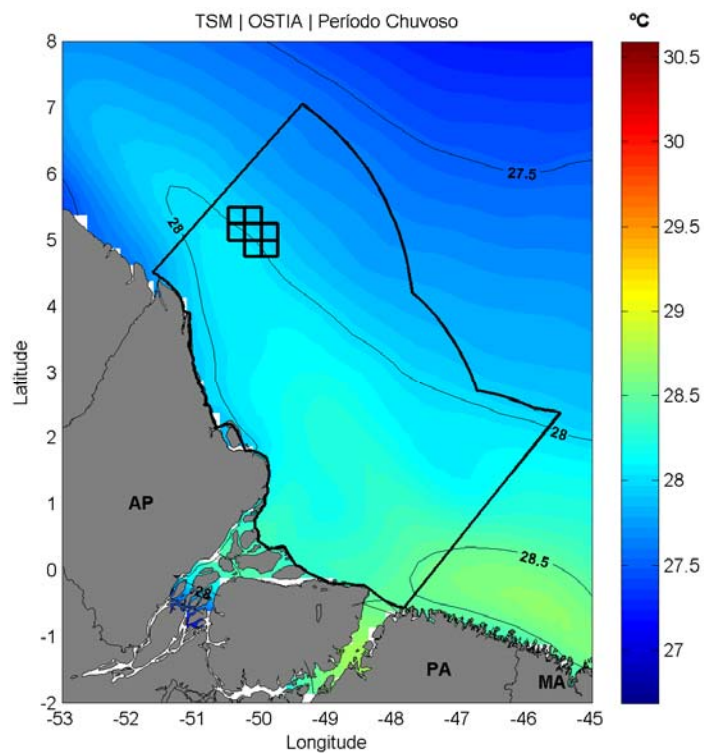


Figura 1: Campo médio de TSM obtido do OSTIA para o período chuvoso.

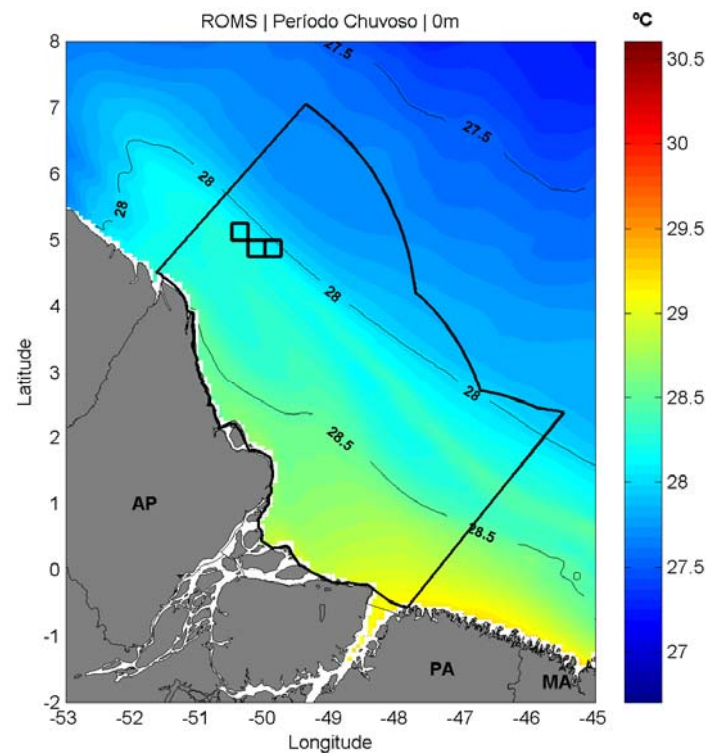


Figura 2: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.

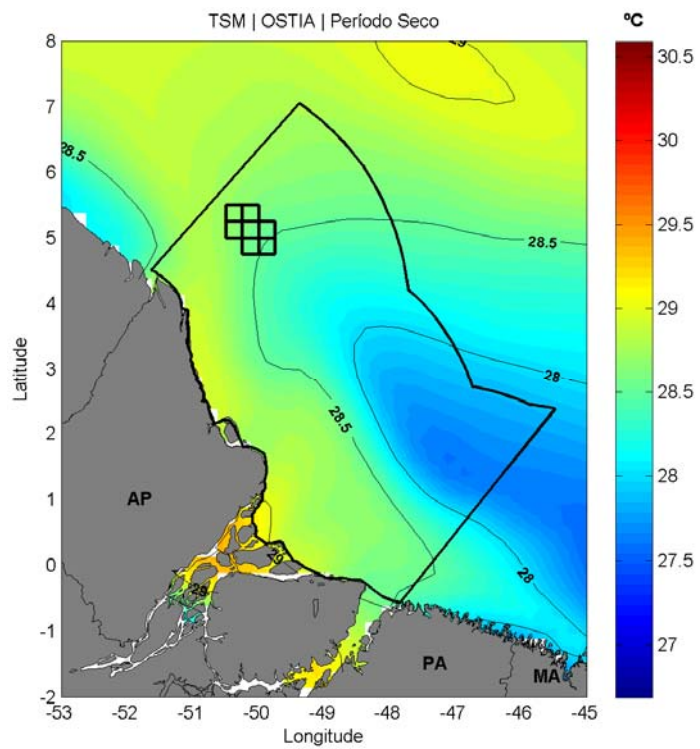


Figura 3: Campo médio de TSM obtido do OSTIA para o período seco.

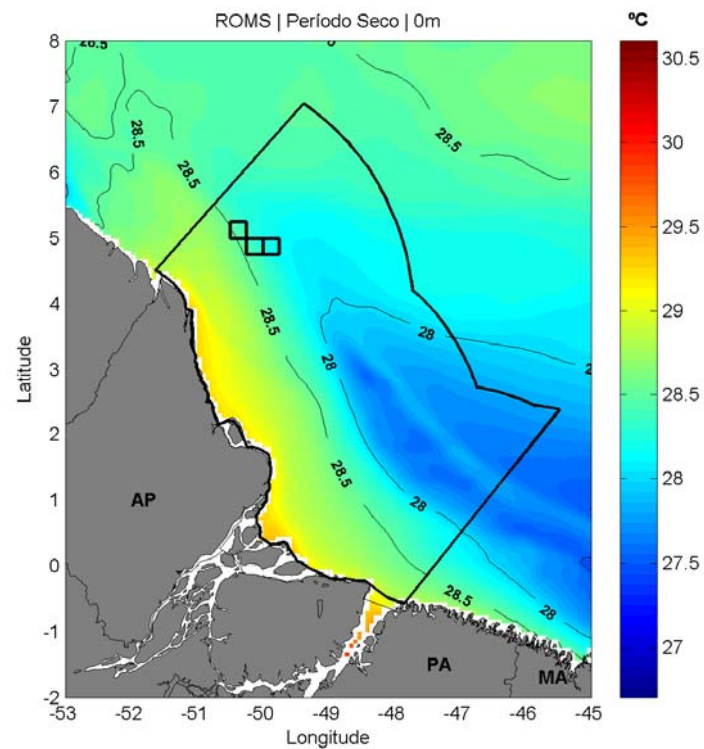


Figura 4: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.

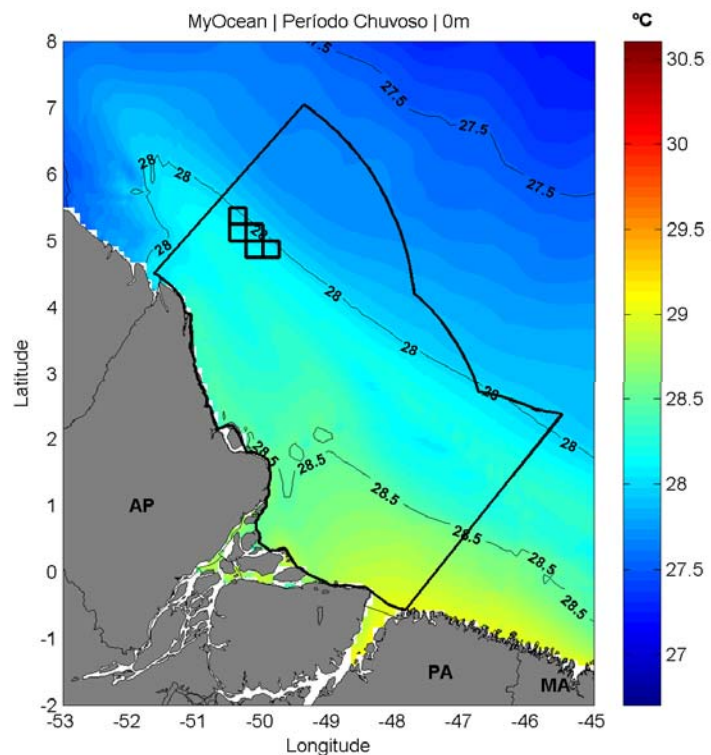


Figura 5: Campo médio de TSM obtido do MyOcean para o período chuvoso.

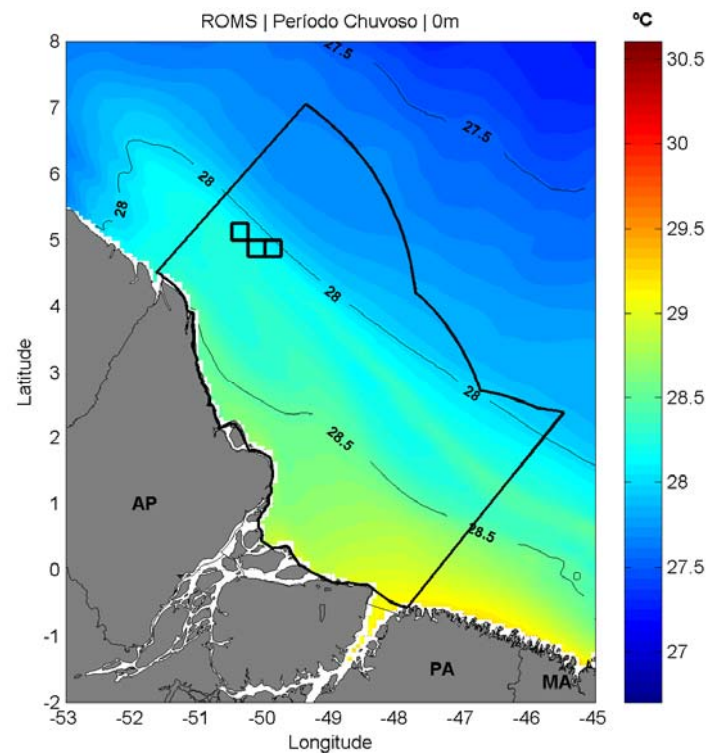


Figura 6: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.

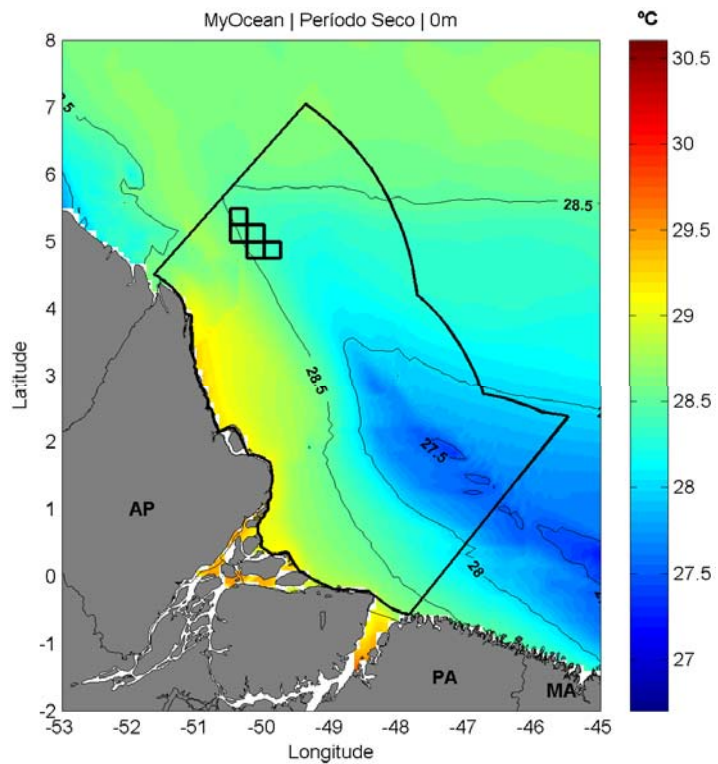


Figura 7: Campo médio de TSM obtido do MyOcean para o período seco.

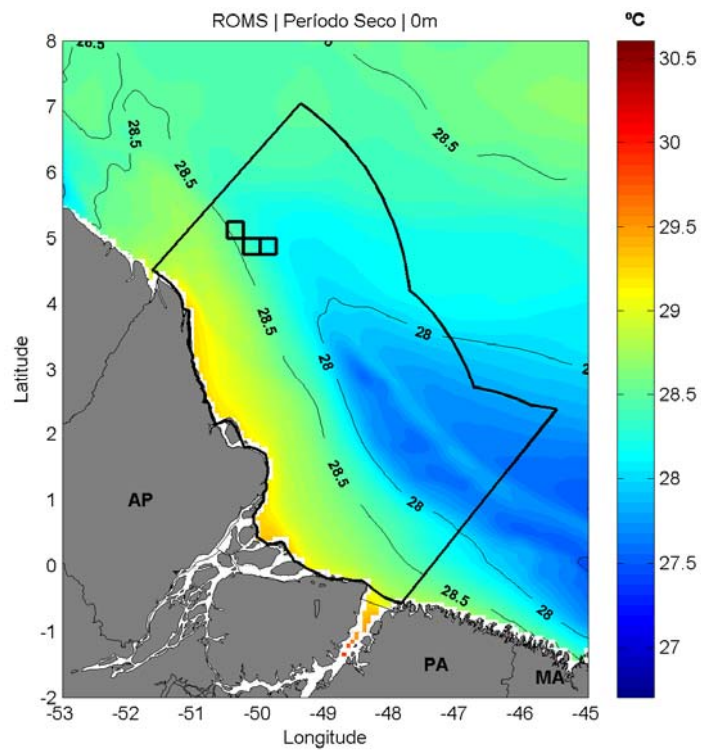


Figura 8: Campo médio de TSM obtido do ROMS para o período chuvoso.

2.1.2 Questionamento 2

“Na resposta ao questionamento sobre as condições meteorológicas e oceanográficas dos períodos para os quais foram lançados os derivadores, foram apresentados gráficos do tipo stickplot para as condições de corrente e vento para cada derivador. Para auxiliar na análise, utilizou-se as trajetórias descritas pelos derivadores apresentados na Revisão 00 do EIA da Total. Notou-se que na revisão 01 foram apresentados dois derivadores a mais, sobre os quais não se conhece o ponto de partida, de chegada e nem a trajetória. Solicita-se a apresentação das trajetórias de todos os derivadores para os quais foram apresentados os gráficos do tipo stickplot para corrente e ventos na Revisão 01 do estudo.”

Resposta:

Na análise comparativa apresentada na Revisão 00 dois derivadores acabaram sendo descartados da avaliação por estarem com suas trajetórias sempre muito próximas ao contorno do modelo. Em modelos de área limitada e contornos abertos, os contornos podem apresentar resultados ruidosos, que normalmente são descartados das análises.

Na elaboração da resposta ao Parecer Técnico 219/16, estes derivadores foram erroneamente incorporados na análise. Os derivadores adicionados são os de número 03 e 07 da resposta ao Parecer Técnico 219/16.

As informações sobre as trajetórias dos dois derivadores podem se observadas na Tabela 1, na Figura 9 e na Figura 10.

Tabela 1: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores.

Derivador	Data Inicial	Longitude	Latitude	Data Final	Longitude	Latitude
3	06/06/2013	47,29°W	14,48° N	21/06/2013	50,87°W	14,06° N
7	26/12/2012	50,17°W	13,10° N	23/01/2013	54,87°W	12,26° N

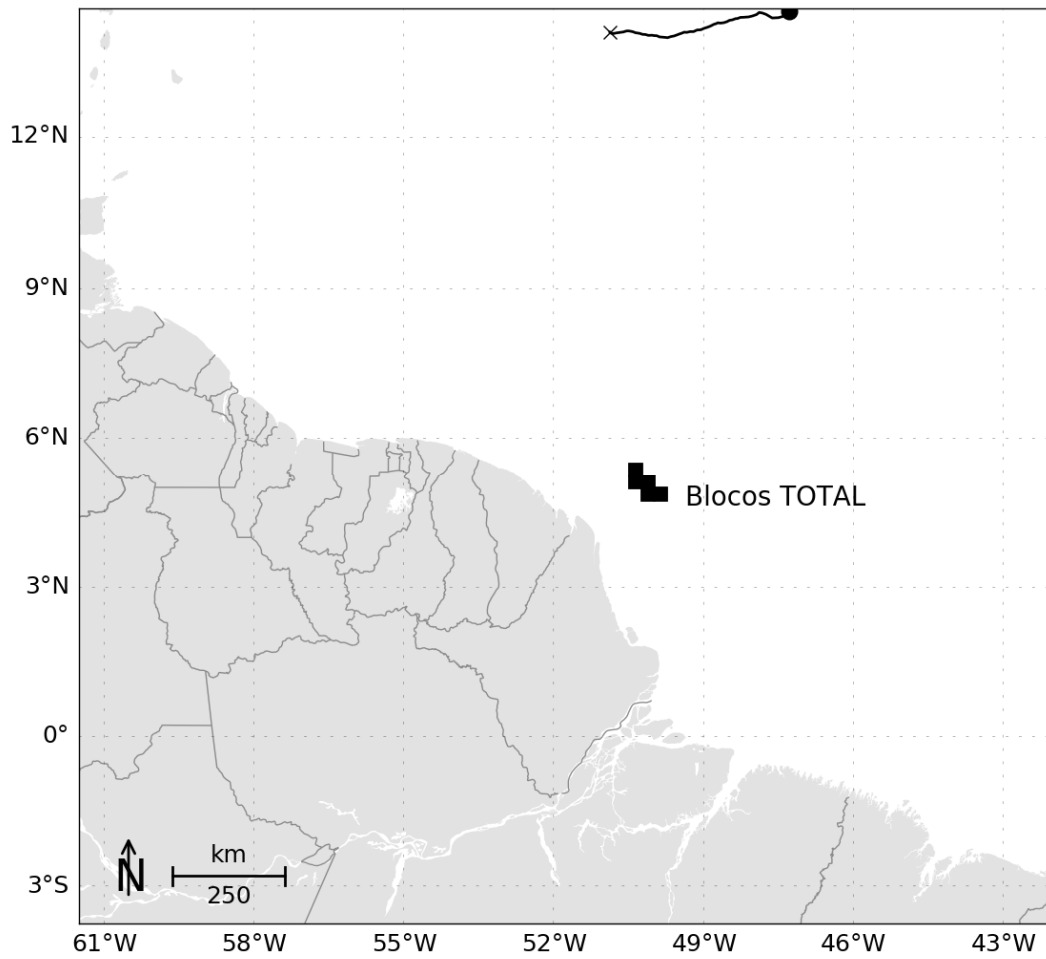


Figura 9: Trajetória do derivador 03.

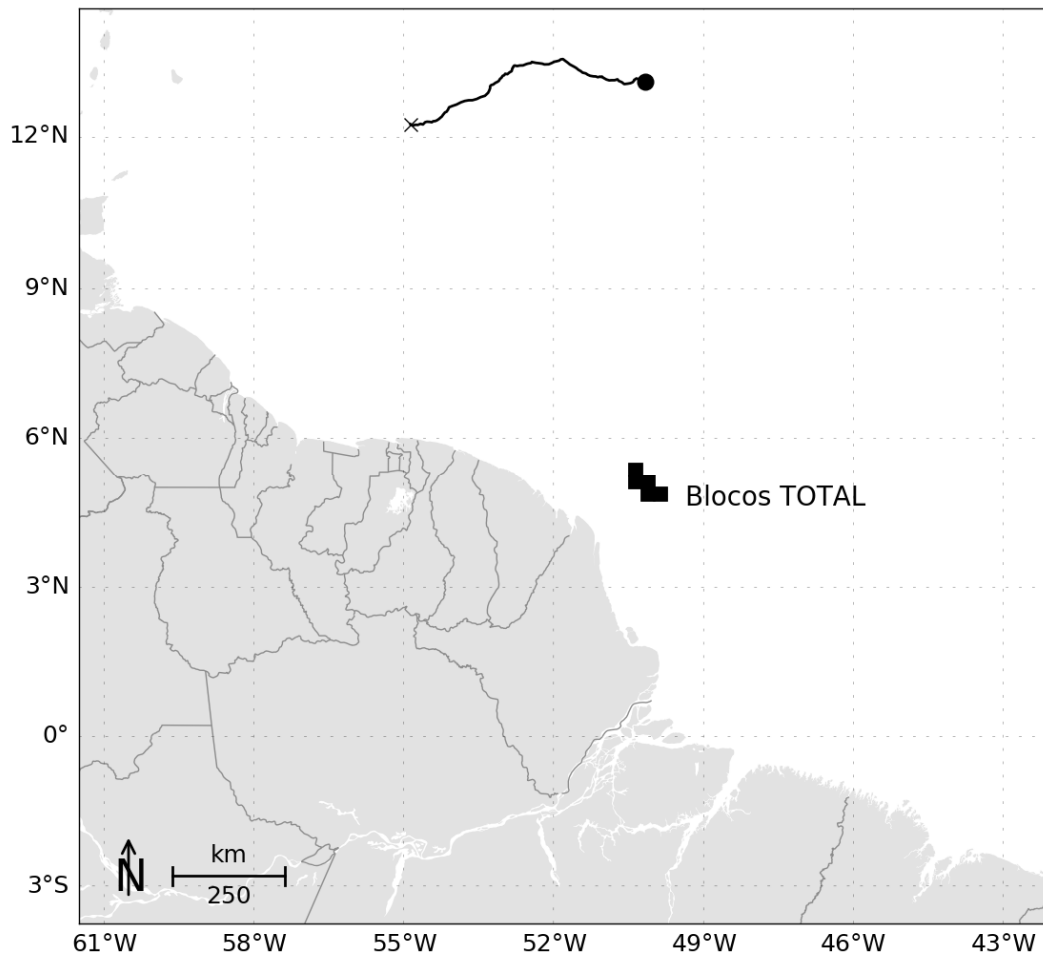


Figura 10: Trajetória do derivador 07.

2.1.3 Questionamento 3

“Na última frase de conclusão do questionamento a respeito das condições meteorológicas e oceanográficas dos períodos para os quais foram lançados os derivadores, ‘Em resumo, os ventos e as correntes mudam porque o derivador atinge posições diferentes’, dá a entender que os dados de vento usados para elaborar o stickplot são provenientes dos derivadores e não do NCEP como informado. Solicita-se maior detalhamento.

Os questionamentos sobre ondas e sobre a Contra Corrente Norte do Brasil foram atendidos.”

Resposta:

Os dados de ventos usados para elaborar os gráficos do *stickplots* apresentados na resposta do Parecer Técnico 219/16 foram **provenientes do NCEP**. Infelizmente os derivadores **não medem a velocidade do vento**. As informações enviadas pelos derivadores são suas posições em intervalos de tempo, onde pode se inferir as velocidades de corrente.

A finalidade da frase questionada é informar que os derivadores variam sua posição no espaço ao longo do tempo em que descreverem suas trajetórias. Desta forma, foi feita apenas uma ressalva de que quando os derivadores variam sua posição são submetidos a ventos em locais distintos. Assim, variações nas direções e intensidades dos ventos devem ser interpretadas como variações espaço-temporais, e não como uma simples série temporal.

2.2. Modelagem da Dispersão de Óleo (Item II.8.2.2)

2.2.1 Questionamento 1

“No estudo foi informado que o modelo hidrodinâmico ROMs foi avaliado através dos parâmetros maré, temperatura da superfície do mar, estrutura termohalina e correntes superficiais e de fundo. Os dados de maré foram obtidos das estações maregráficas da FEMAR e os dados da TSM obtidos do MyOcean, ambos para o período de janeiro de 2013 a dez de 2013. Já a estrutura termohalina foi comparada com os dados de climatologia do WOA 13 para o período da modelagem, que conforme informações na página 45 da revisão 00, foi de dezembro de 2012 a fevereiro de 2014. Os dados de corrente superficiais foram avaliados através da observação dos dados de correntes obtidas de derivadores lagrangianos de superfície do GDP para o período compreendido entre dezembro de 2012 e junho de 2013, contemplando apenas o período sazonal caracterizado como chuvoso. As comparações de corrente em profundidade foram feitas com base de dados do WOCE que contempla um arranjo de linhas de fundeios na bacia norte do Brasil. Foi informado que estes fundeios foram efetuados em épocas distintas: de setembro de 1989 a outubro de 1990; de outubro de 1990 a setembro de 1991; de outubro de 1992 a fevereiro de 1993.

Assim sendo, o único método para avaliar as correntes superficiais, além dos dados do MyOcean que são usados para forçar o modelo hidrodinâmico ROMs, são os dados de correntes dos derivadores lagrangianos de superfície do GDP para apenas o período considerado como chuvoso.

Também foi observado que dentre todos os períodos, utilizados para os parâmetros que avaliaram o comportamento do modelo hidrodinâmico, apenas o ano de 2013 foi comum a estes, sendo que no caso das correntes superficiais os dados foram até junho de 2013.”

Resposta:

No momento da elaboração do estudo somente estavam disponíveis na base de dados do GDP informações até junho de 2013. Assim, as comparações somente foram possíveis para o período chuvoso.

Para atender ao questionamento, foram obtidos novos dados de derivadores, oito ao todo, que passaram pelo domínio de modelagem durante o período de julho a dezembro. As informações sobre as trajetórias são apresentadas na Tabela 2, e da Figura 11 a Figura 18 são apresentadas as trajetórias de cada derivador, bem como as comparações das séries de correntes do ROMS para cada derivador.

Tabela 2: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores para o período entre julho e dezembro.

Derivador	Data Inicial	Longitude	Latitude	Data Final	Longitude	Latitude
01	01/07/2013	59,41°W	10,29°	07/07/2013	61,49°W	14,50°
02	28/07/2013	42,01°W	14,34°	18/10/2013	60,23°W	14,49°
03	10/07/2013	42,04°W	9,32°	13/12/2013	61,45°W	13,96°
04	17/08/2013	42,01°W	1,39°	30/08/2013	42,42°W	6,38°
05	02/12/2013	42,08°W	1,26°	22/12/2013	47,34°W	0,59°
06	04/11/2013	42,06°W	1,11°	07/11/2013	43,49°W	0,85°
07	18/11/2013	42,00°W	0,17°	30/12/2013	57,30°W	9,68°
08	01/07/2013	45,84°W	6,45°	23/07/2013	42,08°W	5,61°

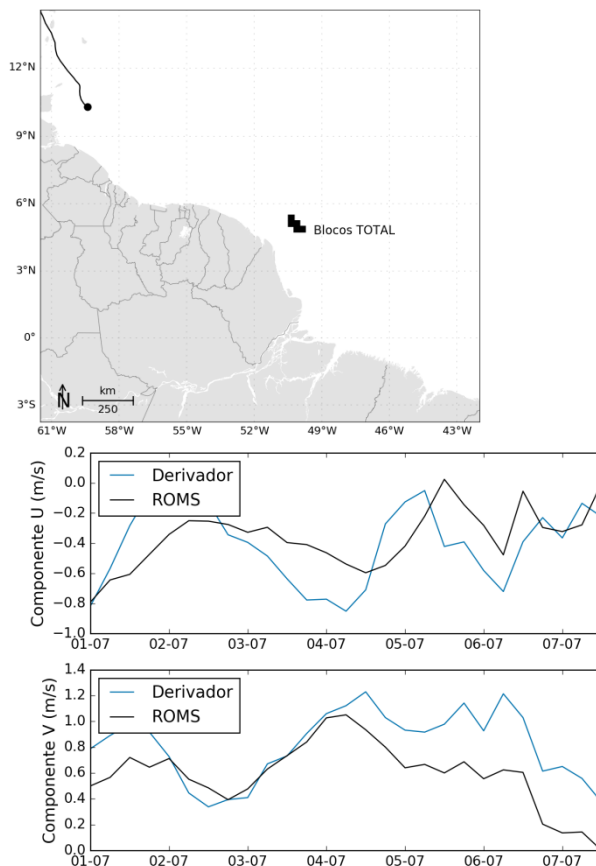


Figura 11: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita).

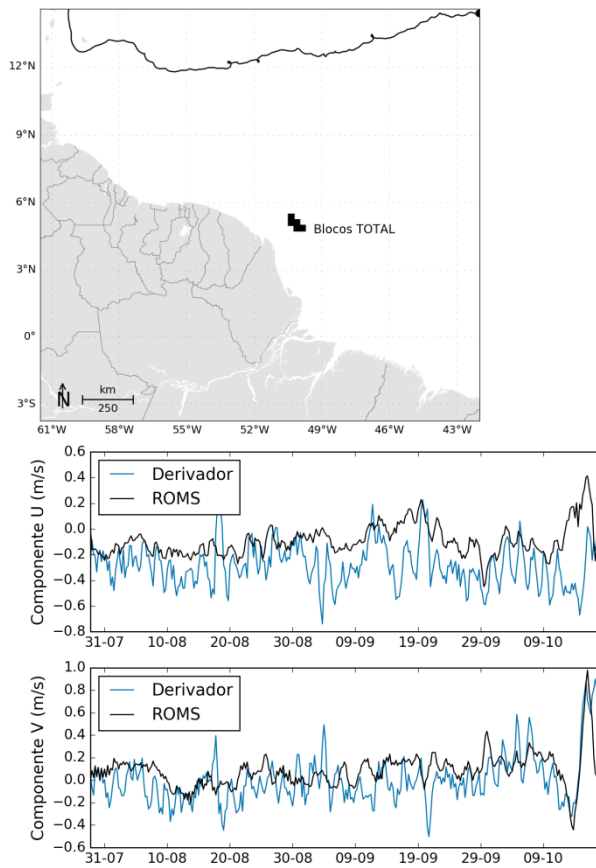


Figura 12: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita).

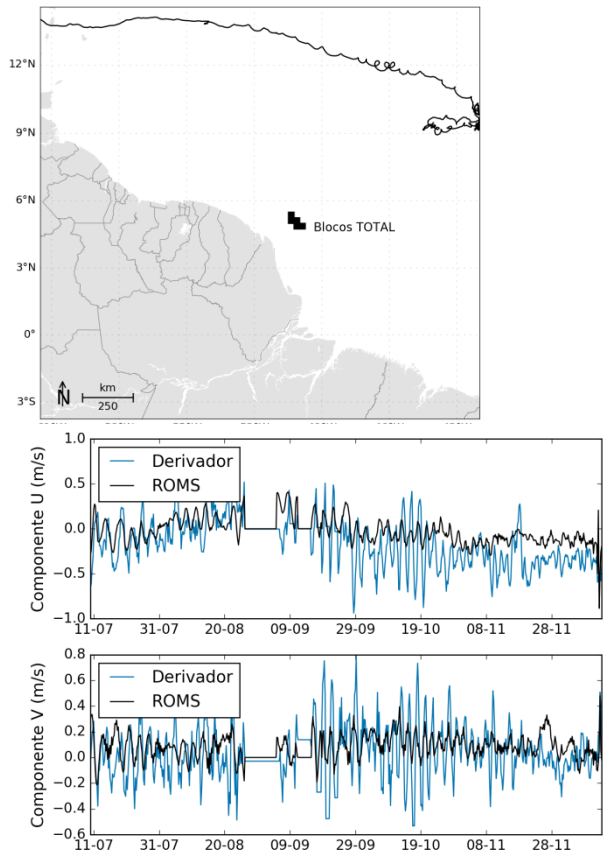


Figura 13: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita).

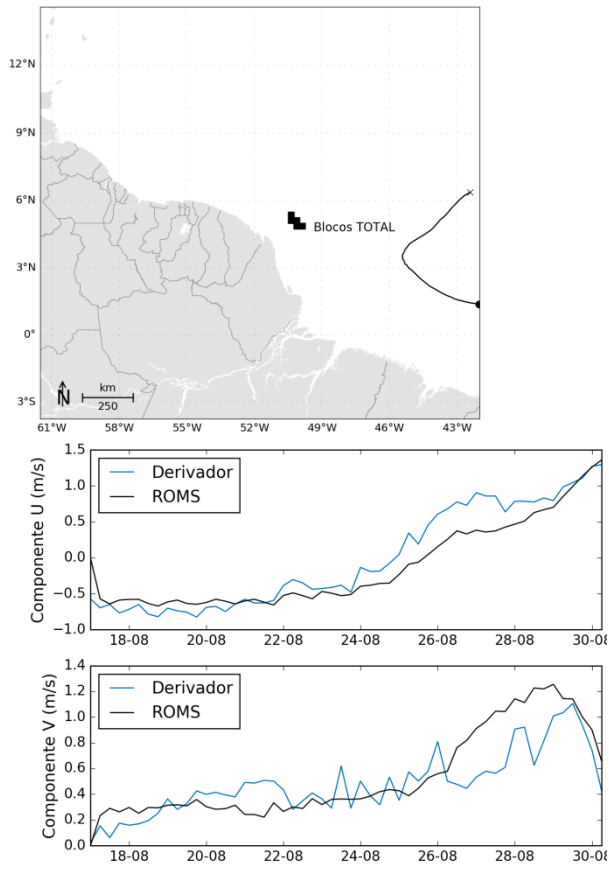


Figura 14: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita).

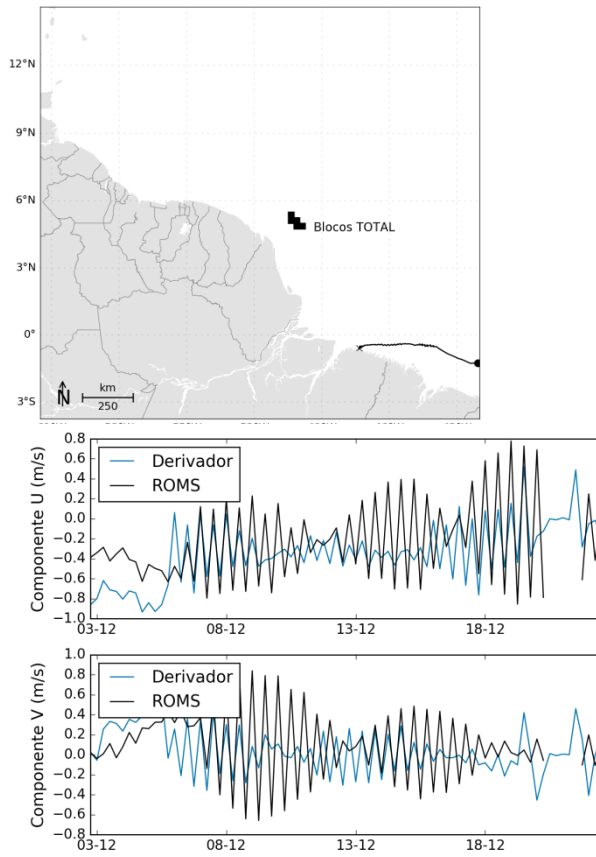


Figura 15: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita).

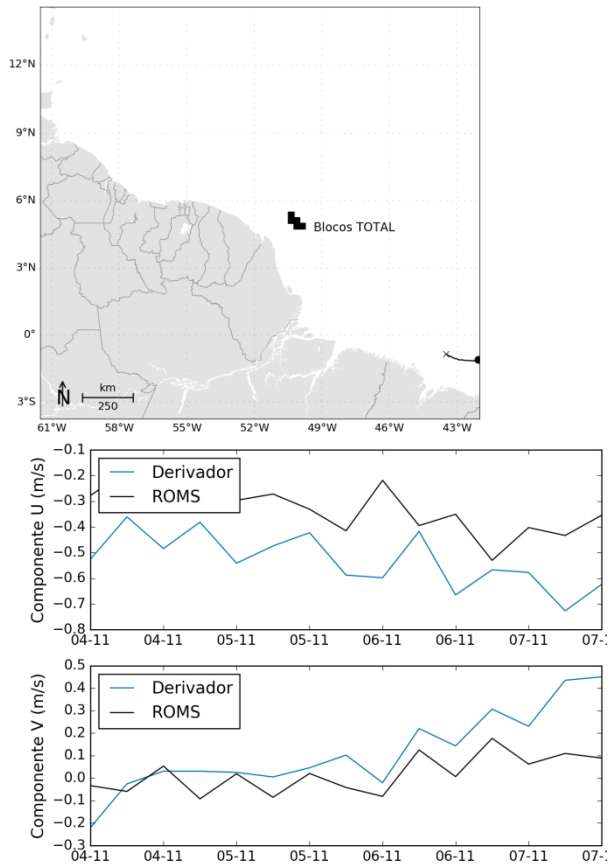


Figura 16: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita).

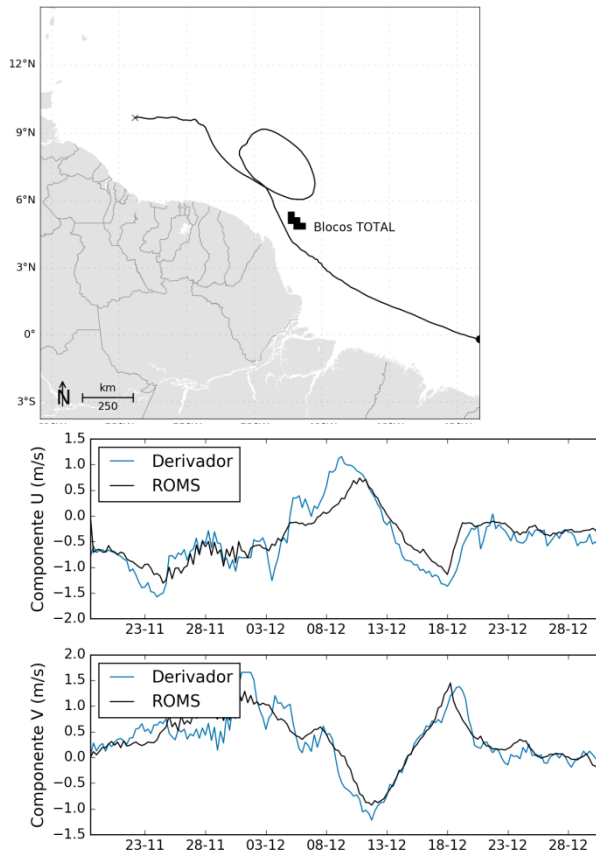


Figura 17: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita).

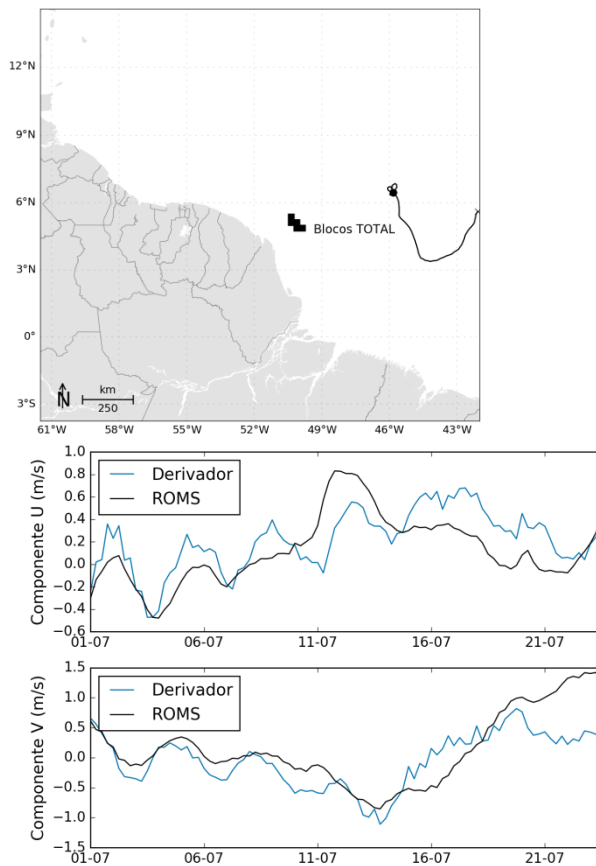


Figura 18: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita).

Os valores médios do índice de concordância (Wilmot, 1982) para cada componente das correntes é apresentado na Tabela 3. Os valores obtidos para as duas componentes foi de 0,84, sendo bastante próximos aos obtidos para o período de janeiro a junho.

Tabela 3: Índice de Wilmot das comparações modelo/derivadores para o período de julho a dezembro.

Parâmetro	Média
D componente zonal	0,84
D componente meridional	0,84

2.2.2 Questionamento 2

“Para forçar o modelo de óleo foram utilizados os parâmetros ventos, oriundos do NCEP para o período de 2009 a 2013, correntes, extraídas do MyOcean entre dez de 2012 e fevereiro de 2014, além de salinidade e temperatura, também retirados do MyOcean para o período entre dezembro de 2012 e fevereiro de 2014.

A tabela com informações sobre as simulações determinísticas críticas e outras informações contidas no estudo geraram a dúvida sobre para qual período foram feitas as simulações da deriva de óleo na Bacia da Foz do Amazonas.

No Parecer Técnico nº 219/16 foi solicitado o arquivo de saída do modelo, porém foram enviadas tabelas com dados resumidos de saída do modelo, que não contemplavam informações tais como o balanço de massa do óleo. Nesta tabela foi possível observar que a modelagem de óleo foi realizada para o período compreendido entre 2009 e 2013.”

Resposta:

Como descrito no item 2 (Modelagem Hidrodinâmica) do estudo, foi desenvolvido uma base hidrodinâmica com a extensão de um ano para ser utilizado na Modelagem de Dispersão de Óleo, enquanto no item 3.1.4.1 (Ventos) é apresentado que foram utilizados para o estudo 5 anos de dados (2009 a 2013) de vento oriundos da Reanálise I do NCEP.

Como é percebido, há uma diferença na extensão dos dados utilizados para a Modelagem de Dispersão de Óleo. Para compor essa diferença, os dados da base hidrodinâmica é replicado para os outros anos. Assim, por isso é observado datas de simulações compreendidas entre 2009 e 2013.

Com relação às tabelas solicitadas no Parecer Técnico nº 219/16, foram enviadas as informações solicitadas no questionamento. Agora são enviadas todas as informações do balanço de massa ao final da simulação em arquivos tipo log.

2.2.3 Questionamento 3

“A iniciativa de considerar cinco anos na modelagem de óleo foi considerada boa, uma vez que contempla uma variabilidade interanual bem maior, bastante interessante em uma região onde há forte interferência de eventos interanuais. Porém não há como considerar razoável um estudo de modelagem de óleo com apenas 300 simulações para o período de cinco anos, considerada a sazonalidade. No Estudo Ambiental de Caráter Regional realizado para a Bacia da Foz do Amazonas foi mencionado que o evento interanual El Niño enfraquece os ventos alísios e causa variabilidade da TSM do Oceano Atlântico Tropical. Os dados de vento do

NCEP que forçam o modelo abrangem todo o período da simulação, o que aumentam as chances da representação da variabilidade interanual dos ventos no modelo adotado. Já o período de correntes adotado para forçar o modelo, considera apenas o ano de 2013, que é replicado para os cinco anos de vento disponíveis. Esta coordenação considera que um ano de dados de corrente não abarca a variabilidade interanual das correntes de um oceano que sofre mudanças da TSM e da pluma do Rio Amazonas, já que o regime de precipitação é alterado com a presença de fenômenos como o El Niño. Além disso, no próprio estudo foi considerado que a corrente superficial é o aspecto mais importante para a avaliação do modelo hidrodinâmico e determinante para a deriva do óleo.

Portanto, o modelo hidrodinâmico poderia ser considerado como representativo apenas para o ano de 2013, que contempla apenas um quinto de todo o período considerado na modelagem de óleo. Considerando as 300 simulações para cada período sazonal nos cinco anos modelados, e que dessas 300 simulações apenas um quinto é válido, tem-se uma modelagem de óleo com aproximadamente 60 simulações válidas, o que não representa de modo algum a variabilidade ambiental no local.

Isso se conclui se conjecturarmos válida a forma para justificar a adoção de 300 simulações, baseada no estudo de Da Silva et al. (2008) referenciado, tem-se apenas 60 simulações válidas. Ainda, de acordo com a Figura 91: Curva do Erro Médio Quadrático (RMSE), a derivada do erro médio quadrático seria maior que 0,3, o que demonstraria a incapacidade de representação da área de probabilidade da modelagem de óleo, considerando-o estatisticamente incoerente.

Foram questionadas em que condições havia sido realizado o estudo de Da Silva et al. (2008), onde este conclui que 300 simulações têm o mesmo caráter qualitativo de 500 simulações. Algumas dúvidas, como volume de óleo utilizado na simulação, número de grade, resolução, número de partículas e limiar de espessura do óleo. Porém, essas informações não são suficientes para a conclusão que se orienta. A base hidrodinâmica utilizada neste estudo ainda é desconhecida. Se existe um estudo com exatamente as mesmas características do estudo analisado, onde se realizou 500 simulações para provar que tem o mesmo resultado qualitativo de 300 simulações, este deveria ser apresentada na íntegra. Caso contrário, esta comparação é inconclusiva para justificar o número de simulações que se deve adotar.”

Resposta:

Como o questionamento abarca diferentes pontos da metodologia do estudo, cada tópico será discutido separadamente, mas preservando o desencadeamento da discussão.

Com relação ao trabalho de Da Silva *et al.* (2008) (na realidade a citação correta é Fagundes *et al.*, 2008), o que na realidade se utilizou para o estudo de modelagem de dispersão de óleo nos blocos FZA-M-86 e FZA-M-125-127 foi o mesmo parâmetro estatístico - erro médio quadrático (RMSE) – para avaliação da evolução de mapas de probabilidade na região da margem equatorial do Brasil. Este trabalho de Fagundes *et al.* (2008) foi feito para a região da Bacia de Campos e Santos para avaliar um número ótimo de simulações, a fim de otimizar esforços computacionais ao se obter resultados equivalentes com um número menor de simulações.

O parâmetro estatístico Erro Médio Quadrático é usado em diferentes campos do conhecimento. Este parâmetro é usado para medir as diferenças entre valores previstos e os valores observados. Desta forma, a Figura 91 (Curva do Erro Médio Quadrático (RMSE)) apresentada na rev00 foi feita com base nas simulações feitas na região da Margem Equatorial. Nos mapas apresentados na Figura 93 do relatório são exemplos dessas simulações que foram executadas, tendo 500 simulações com o valor “ótimo” e 300 simulações um resultado para avaliação do RMSE.

As simulações foram feitas para um bloco vizinho aos blocos FZA-M-57, 86, 88, 125 e 127, no período que foi denominado de inverno no estudo, como todas as premissas consideradas ao longo do estudo (grade, volume de óleo, número de partículas, etc.). Esse ponto de vazamento e esse cenário sazonal foram escolhidos porque se buscou obter a maior área de probabilidade e, conseqüentemente, maior número de amostras para avaliação (maior número de pontos de grade).

Considerando toda essa metodologia, ao observar a curva do Erro Médio Quadrático é observado que a partir de 200 simulações há uma estabilização do erro (derivada próxima de zero) e que esse valor é menor que 0,4% no valor de probabilidade, tendendo para uma assíntota em 0,2%. Deste modo, foi escolhido os resultados de 300 simulações, pois representava um incremento de simulações após a inflexão da curva e uma performance computacional aceitável.

Porém, para esmiuçar a escolha de 300 simulações, e não somente um valor de RMSE, foram feitos histogramas com as diferenças por cada ponto de grade que apresentou probabilidade, tanto no resultado com 300 simulações como no resultado com 500 simulações. Além disso, foram apresentados os mapas com as probabilidades para uma análise mais qualitativa (Figura 93), no sentido de observar se há diferenças nos padrões das classes.

Com foi afirmado na rev00, é observado basicamente que todas as regiões com probabilidade de presença de óleo no caso de 500 simulações são abarcadas pelo caso de 300 simulações,

principalmente os locais com probabilidade acima de 5%. Ainda nota-se que as classes de probabilidade em sua maioria são coincidentes nas mesmas localidades.

No que tange a análise quantitativa, o histograma de diferenças de probabilidade (Figura 94 da rev00) entre os dois casos mostra um comportamento quase que simétrico (distribuição normal com o centro zero), onde as diferenças estão na mesma intensidade, não tendendo sobrestimar ou subestimar algum dos casos. Agora ao considerar somente a diferença absoluta (Figura 95 da rev00), observa-se que a maior porcentagem dos pontos (~30%) está associada ao primeiro intervalo de diferença (0 – ~0,25%) e que 92% do total de pontos de grade com probabilidade apresentam diferenças menores que 3% (Figura 96 da rev00).

Então, com base em tudo que foi exposto nós havíamos considerado que os resultados com 300 simulações são apropriados para a correta representação da variabilidade ambiental da região. Essas 300 simulações são escolhidas com espaçamento de tempo regular, permitindo assim considerar todo o período de dados e toda a variabilidade ambiental da região no período.

Com 300 simulações para cada período sazonal, temos 600 simulações para cada volume de vazamento. Considerando que foi cinco anos o período das simulações, temos o seguinte cálculo:

$$\text{Intervalo de dias} = \frac{5 \text{ anos} * 365 \text{ dias}}{600 \text{ simulações}} = 3,04 \text{ dias}$$

Então, o início de cada simulação está espaçada no tempo da próxima simulação por cerca de 3 dias. Pelo Diagnóstico de Meio Físico (Oceanografia e Meteorologia) apresentado para a região dos blocos na Bacia da Foz do Amazonas, é notado que as principais alterações nos padrões da região têm caráter sazonal, tal como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Corrente Norte do Brasil e sua retroflexão. Assim é esperada uma baixa variabilidade, ou seja, um maior espaçamento no tempo para que haja variações das condições ambientais.

Porém, visto a reiteração do questionamento sobre o número de simulações, tentou-se trazer algum outro tipo de avaliação para o enriquecimento da discussão, se abarcava a variabilidade ambiental da região. Assim, optou-se utilizar outro parâmetro estatístico, o valor de autocorrelação das correntes superficiais.

A autocorrelação é a medida que informa o quanto o um valor de uma variável aleatória é capaz de influenciar seus vizinhos. Um exemplo seria o quanto a existência de um valor mais alto condiciona valores também altos de seus vizinhos. A autocorrelação pode assumir valores

entre 1 (correlação perfeita) e -1 (anti-correlação perfeita), sendo que o valor zero significa total ausência de correlação.

A partir de parâmetro estatístico, buscou-se aplicar o conceito de escala integral de tempo dos valores de correntes nos pontos de vazamentos dos blocos FZA-M-86 e FZA-M-125-127. A escala integral de tempo está relacionada ao campo turbulento e representa fisicamente uma medida do tempo sobre o qual uma partícula “lembra seu caminho”, ou seja, é o tempo em que existe forte correlação entre uma determinada medida com ela própria. Com base no exposto, a seguir são apresentados os resultados de autocorrelação para os dados de corrente mais próximos dos dois pontos de vazamento.

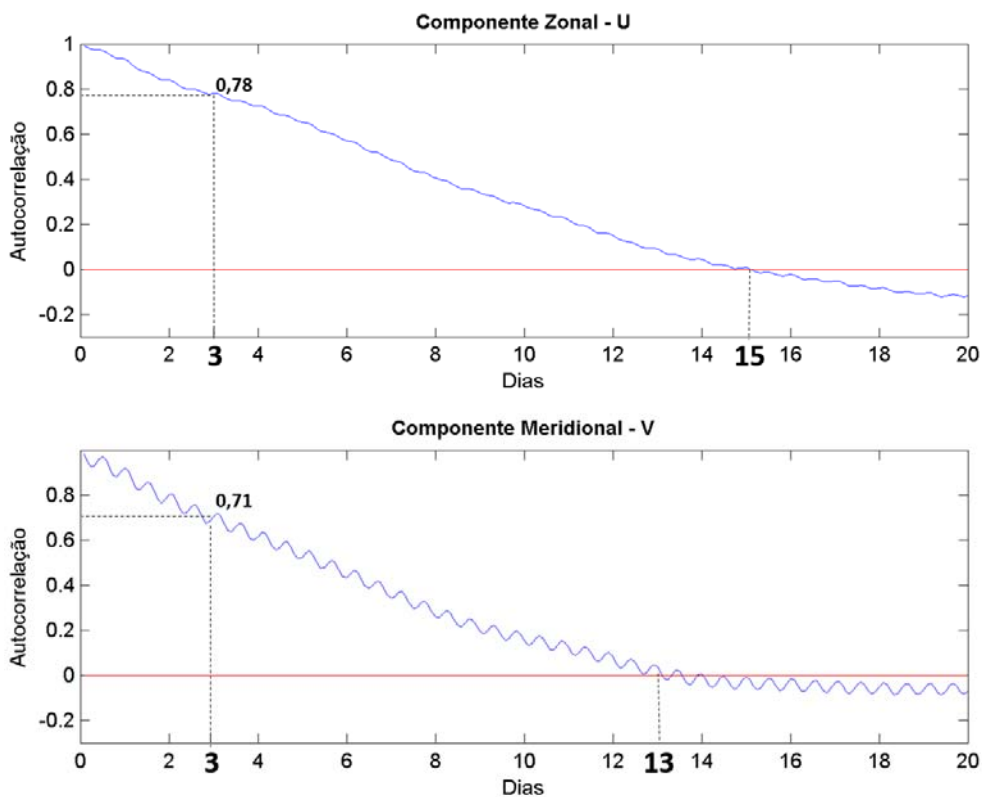


Figura 19: Valores de autocorrelação para as componentes U e V de velocidade da corrente no ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento do bloco FZA-M-86.

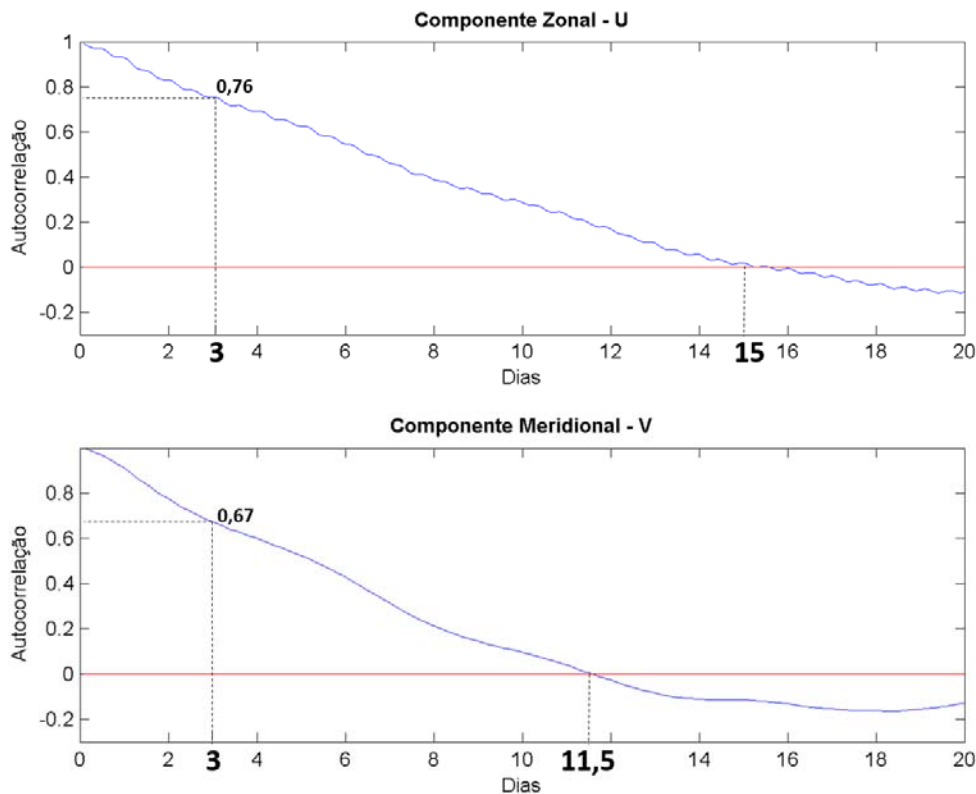


Figura 20: Valores de autocorrelação para as componentes U e V de velocidade da corrente no ponto de grade mais próximo do ponto de vazamento do bloco FZA-M-125-127.

Como podem ser notados, os menores valores de tempo encontrados para ausência de correlação, isto é, quando a curva toca o valor zero, foi de 11,5 dias. Isto quer dizer que ainda há correlação entre o estado atual, no caso velocidade de corrente, e os valores observados até 11 dias no futuro. Para três dias, os resultados apresentam valores elevados, superiores a 0,67.

Esses valores de correlação e como tudo que foi exposto, mostra ainda mais que a abordagem aplicada para o estudo se mostra correta e sem causar qualquer prejuízo das interpretações a serem utilizadas para outras partes do Estudo de Impacto Ambiental.

Com relação à extensão de um ano dos dados de corrente, de fato essa extensão não abarca a variabilidade interanual da dinâmica oceânica. Porém, dentro de um contexto de licenciamento ambiental é necessário atender algumas premissas. As modelagens hidrodinâmicas desenvolvidas para forçar os modelos de dispersão de óleo no mar devem atender dois requisitos básicos: i – a grade de modelagem deve ter domínio grande o suficiente para que o óleo não saia de seus limites, ou que caso saia, que seja com valores de probabilidades muito

baixos; ii – a grade deve ter resolução espacial e a simulação resolução temporal capazes de resolver feições e fenômenos de menor escala.

Para os processos oceânicos de maior escala, como os fenômenos de meso e grande escala, há modelos globais de circulação de última geração, que utilizam técnicas de assimilação de dados e apresentam resultados de qualidade reconhecida pela comunidade científica. Entretanto, esses modelos não resolvem fenômenos de menor escala temporal e espacial, como a maré astronômica por exemplo.

Desta forma, foi desenvolvida uma modelagem hidrodinâmica regional com o modelo ROMS no qual pudesse considerar esses fenômenos de menor escala, visando principalmente atender a dinâmica costeira da região sem que houvesse prejuízo da dinâmica oceânica. Para isso, utilizou-se como condição inicial, de contorno e um termo de tendência (*nudging*) os resultados do modelo global do MyOcean, obtendo as vantagens do sistema de assimilação do MyOcean, além as constantes harmônicas do modelo global de marés TPX07, para representar a maré.

Normalmente os estudos de variabilidade ambiental de feições oceanográficas utilizam resoluções temporal e espacial grosseiras quando comparadas com as simulações realizadas para os processos de licenciamento ambiental. Gramcianinov (2012) e Carvalho (2014) em suas dissertações de mestrado, por exemplo, utilizou-se de resultados de modelagem hidrodinâmica com resolução espacial de $\frac{1}{4}$ de grau e temporal de um mês, sendo que a primeira analisou a variabilidade da confluência da Corrente do Brasil-Malvinas e a última a variabilidade de longo-termo do transporte da Corrente do Brasil.

Com isso, o estudo de modelagem hidrodinâmica apresentado na rev00, apesar de não apresentar variabilidade interanual, os resultados mostraram que o modelo numérico foi capaz de reproduzir bem a circulação oceânica e costeira da região em estudo, com as principais feições representadas. Além disso, é possível se observar variações sazonais, infra-sazonais e diurnas, o que garante aos resultados das simulações de transporte uma maior confiabilidade.

Quanto ao uso de 5 anos de base de vento, como a base hidrodinâmica tem somente um ano de dados, tentou-se para suprir a carência da variabilidade ambiental aplicando essa metodologia, uma vez que modelos globais atendem os requisitos para o licenciamento ambiental. Assim, buscou-se aumentar o universo amostral das possibilidades de trajetórias das manchas de óleo para que abarcasse a maior área possível. Entende-se que, mesmo que a combinação corrente-vento não seja das mesmas datas, elas representam situações para um mesmo padrão das variáveis ambiental, onde pode haver combinações que tenham ocorridos, como não possa ter.

Tendo tudo isso em consideração, acredita-se que uma abordagem como essa seja mais conservadora.

2.2.4 Questionamento 4

“Foi solicitado o desligamento do comando de biodegradação do intemperismo do óleo na simulação feita para esse estudo no modelo Oscar, pois os microrganismos da região e seu comportamento na degradação do óleo, escolhido no banco do Oscar, não são conhecidos. Salienta-se a importância da adoção de práticas conservadoras no uso da ferramenta de modelagem de óleo, que por sua natureza é imprecisa, principalmente quando se tratar de uma região tão ambientalmente sensível, totalmente descoberta de uma estrutura de resposta à emergência de vazamento de óleo estabelecida. Por ser uma região de alta energia dos fenômenos oceanográficos, a previsão do maior número de situações em caso de acidentes aumentam as chances de sucesso na adoção de práticas para a contenção do óleo vazado. Para tanto, é preciso que o modelo de óleo considere maior presença de óleo na coluna d'água e na superfície ao longo da simulação, não sendo degradado em taxas tão elevadas como mostra o estudo. Valores de degradação mais conservadores podem ser utilizados, ao invés da desativação completa da ferramenta. Em resposta ao Parecer Técnico nº 219/16 foram feitas algumas citações sobre a taxa de degradação biológica no ambiente marinho. A citação mais conservadora, FOH (1984 apud LEIRVIK & MYRHAUG,2009) tratou de valores entre 1 e 30 mg/m³ de água por dia. Esses estudos foram realizados para um óleo que não se sabe se é compatível com o que se espera para a região da Foz do Amazonas, e ainda em condições ambientais diferentes das esperadas. Ainda assim, não é possível afirmar se a porcentagem de biodegradação no intemperismo representada por essa taxa mais conservadora seria alta ou baixa quando aplicada a esse estudo. Seria de se esperar a revisão da taxa de biodegradação e a adoção de valores mais conservadores do que os apresentados.”

Resposta:

Na resposta do Parecer Técnico nº 219/16 sobre o processo de biodegradação do óleo, o que se mostrou é que este processo é passível de ocorrer em qualquer ambiente, mesmo com características distintas e com diferentes tipos de óleo, e que simplesmente não considerar tal comportamento do óleo traria resultados irrealistas ao estudo.

A afirmação de que “...uma vez que não se conhece os microrganismos dessa região capazes de degradar o óleo e nem a maneira como se comportam nas condições encontradas no local” pode ser respondida em estudo recente desenvolvido por Thompson (2016). Neste estudo

realizou-se a caracterização da diversidade microbiana das águas do mar profundo nas bacias da Foz do Amazonas e de Barreirinhas, além de analisar o potencial dos microrganismos contidos nessas águas para biodegradar óleo.

Assim como discutido na resposta do parecer técnico anterior, na introdução desse estudo de Thompson (2016) é comentado a existência de microrganismos que degradam petróleo naturalmente na água do mar e que eles são encontrados em diferentes sistemas marinhos, sob diferentes condições. Entretanto, a maior parte dos estudos se restringe a regiões do Atlântico Norte, Caribe e Pacífico e que não há análises desse tipo em sistemas marinhos brasileiros. Com base nessa carência de informações é que o estudo se pauta, com foco nas bacias da Foz do Amazonas e Barreirinhas.

Nesse estudo foram amostradas, de ambas as bacias, água da superfície (5 m) para caracterização das espécies microbiológicas e água de profundidade (>2.000 m) para caracterização microbiológica e experimentação da biodegradação do óleo. O óleo utilizado para os testes laboratoriais é proveniente do bloco BM-C-32, Bacia de Campos.

Um dos resultados alcançados pelo estudo foi que os microrganismos de diferentes grupos taxonômicos presentes na água de mar profundo de ambas as bacias têm a capacidade de biodegradar o petróleo. A análise taxonômica das sequências metagenômicas de ambos os experimentos (Foz do Amazonas e Barreirinhas) revelou predominância de famílias de bactérias degradadoras de óleo *Alteromonadaceae* (gêneros *Alteromonas* e *Marinobacter*), *Colwelliaceae* (*Colwellia*), *Alcanivoraceae* (*Alcanivorax*), *Pisciricketisiaceae* (*Cycloclasticus*), e *Oceanospirillaceae* (*Thalassolituus*), representando mais de 60% do total das sequências. Com exceção de *Colwellia*, que não foi detectada na água de superfície, os principais degradadores de óleo estão presentes em águas superficiais. A abundância destes grupos é expressiva, demonstrando o potencial de águas superficiais na biodegradação.

Foi verificado também o número de gotas de óleo em ambos os experimentos (Foz do Amazonas e Barreirinhas). Foi possível observar que após 48 dias, o número de gotas de óleo diminuiu para valores próximos de zero. Essa diminuição reflete a biodegradação mediada pelos microrganismos supracitados presentes na água de ambas as regiões.

Por fim, Thompson (2016) finaliza o estudo afirmando que o óleo serve como uma fonte de energia / nutriente importante para os microrganismos de águas profundas e que, no evento de um derramamento de óleo na margem equatorial, haveriam microrganismos capazes de biodegradar o petróleo. Desta maneira, entendemos que a consideração do processo de biodegradação na modelagem de dispersão de óleo, como apresentada na rev00, é mais realista e possui incerteza tal como os outros processos de intemperismo existentes.

A sugestão de utilizar valores mais conservadores de biodegradação não é uma tarefa simples para estabelecer dentro do modelo. Nas referências que foram citadas na resposta do parecer anterior, o que tentou mostrar a existência de diferentes estudos com distintos valores de taxas de degradação em unidades de massa/volume por dia. No modelo OSCAR, como foi apresentado na resposta do parecer anterior, possui para cada pseudo-componente (ao todo são 25) três constantes cinéticas de primeira ordem para fazer o cálculo da biodegradação, de acordo com compartimento que o óleo se encontra (superfície, coluna ou sedimentos). É válido destacar que a porcentagem de cada pseudo-componente é determinado pela curva de destilação do óleo selecionado.

Visto ainda que o estudo de Thompson (2016) em sua análise do número de gotas de óleo no diferentes experimentos chegou a quase consumo total em 48 dias, os resultados apresentados pela modelagem de óleo denotam uma abordagem conservadora.

Contudo, devido a essa dificuldade de se estabelecer um valor conservador, a seguir (Figura 21 e Figura 22), são apresentados alguns resultados de uma simulação determinística sem o processo de biodegradação para se avaliar as diferenças que seriam geradas. É válido destacar que as simulações foram feitas com as mesmas premissas dos resultados com a biodegradação.

Primeiramente, ao se comparar os balanços de massa das simulações determinísticas, pode se observar que a maior parte do processo de biodegradação é agregada a quantidade de óleo disponível na coluna d'água, isto é, a dispersão. Esse comportamento é de se esperar uma vez que o elevado valor de biodegradação esteja correlacionado as maiores constantes cinéticas para o óleo localizado na coluna d'água.

Quando se observa a área varrida pelo óleo na superfície, percebe-se que o comportamento geral do óleo é quase idêntico, diferenciando apenas em alguns pontos de grade.

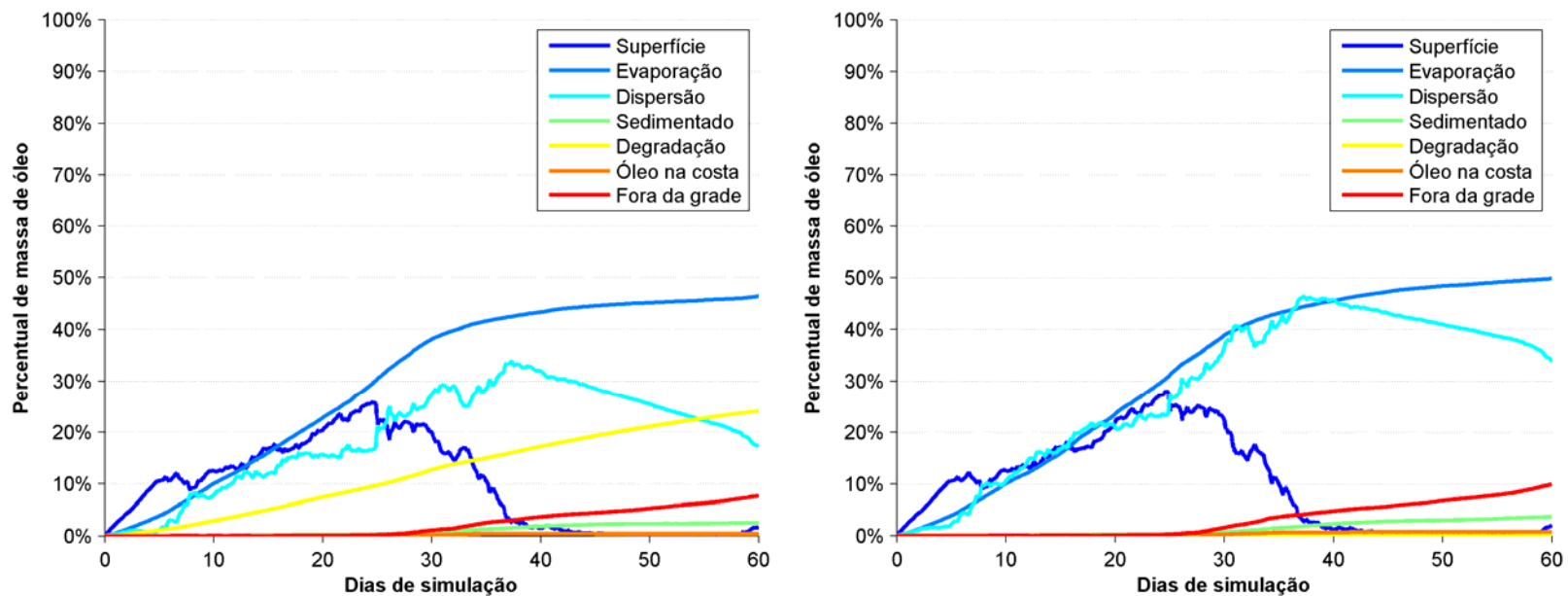


Figura 21: Balanço de massa para a simulação crítica de tempo mínimo de toque para o ponto de risco do bloco FZA-M-86. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

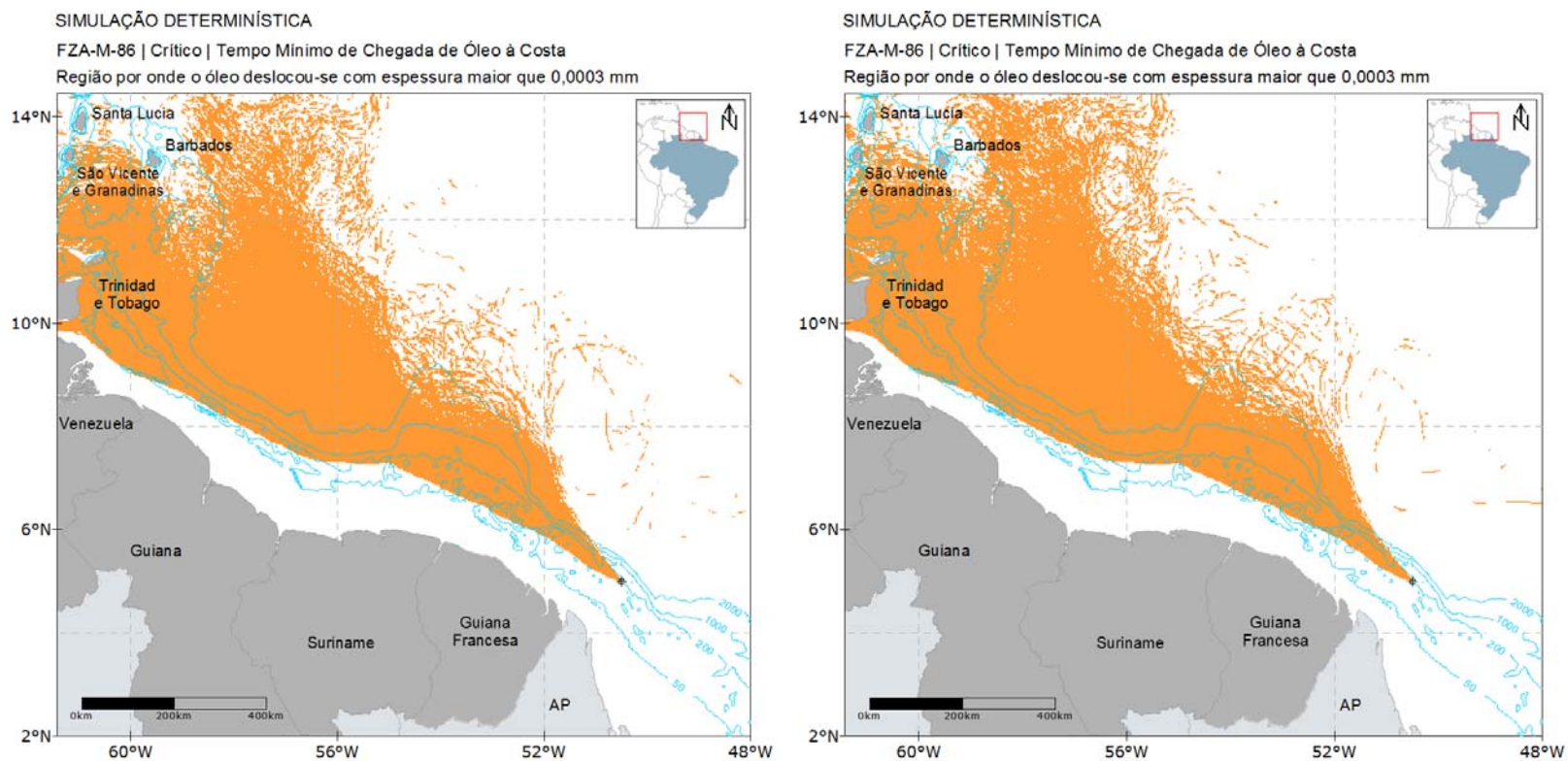


Figura 22: Área varrida para a simulação crítica de tempo mínimo de toque para o ponto de risco do bloco FZA-M-86. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

Com base nesses resultados da simulação determinística, buscou-se a analisar o que essas pequenas diferenças gerariam ao se aplicar na modelagem probabilística, onde são feitas 300 simulações em cada período sazonal. Os resultados comparativos das modelagens probabilísticas são apresentados a seguir (Figura 23 a Figura 27 e Tabela 4).

É notado que para os resultados em superfície, o comportamento geral das classes de probabilidade é mantido, tanto no cenário de verão como no cenário de inverno. Na probabilidade máxima de óleo na coluna d'água o padrão dos valores de probabilidade também é mantido, exceto na região próxima a fonte de vazamento. Como o óleo permanece mais na coluna d'água sem o processo da biodegradação, principalmente a fase dissolvida do óleo, as áreas de todas as classes de probabilidade são estendidas. No balanço de massa, é percebido que o principal incremento com a ausência da biodegradação foi no processo de dispersão, sendo pouco significativo nos outros processos/compartimentos.

Nas tabelas com os resultados probabilísticos é constatado que não há grande alteração dos valores apresentados na rev00 e os valores gerados pela modelagem sem biodegradação. Por exemplo, no resultado de probabilidade de toque na costa, a maior diferença ocorre em Trinidad e Tobago no cenário de verão, de ~10%, sendo que o valor já era elevado na rev00 (62%).

Então, visto a irrealidade da ausência de biodegradação na região da margem equatorial e a permanência dos padrões dos resultados das modelagens com e sem este processo, acredita-se na consistência do estudo e no sustentáculo que este permite para outras análises do EIA/RIMA.

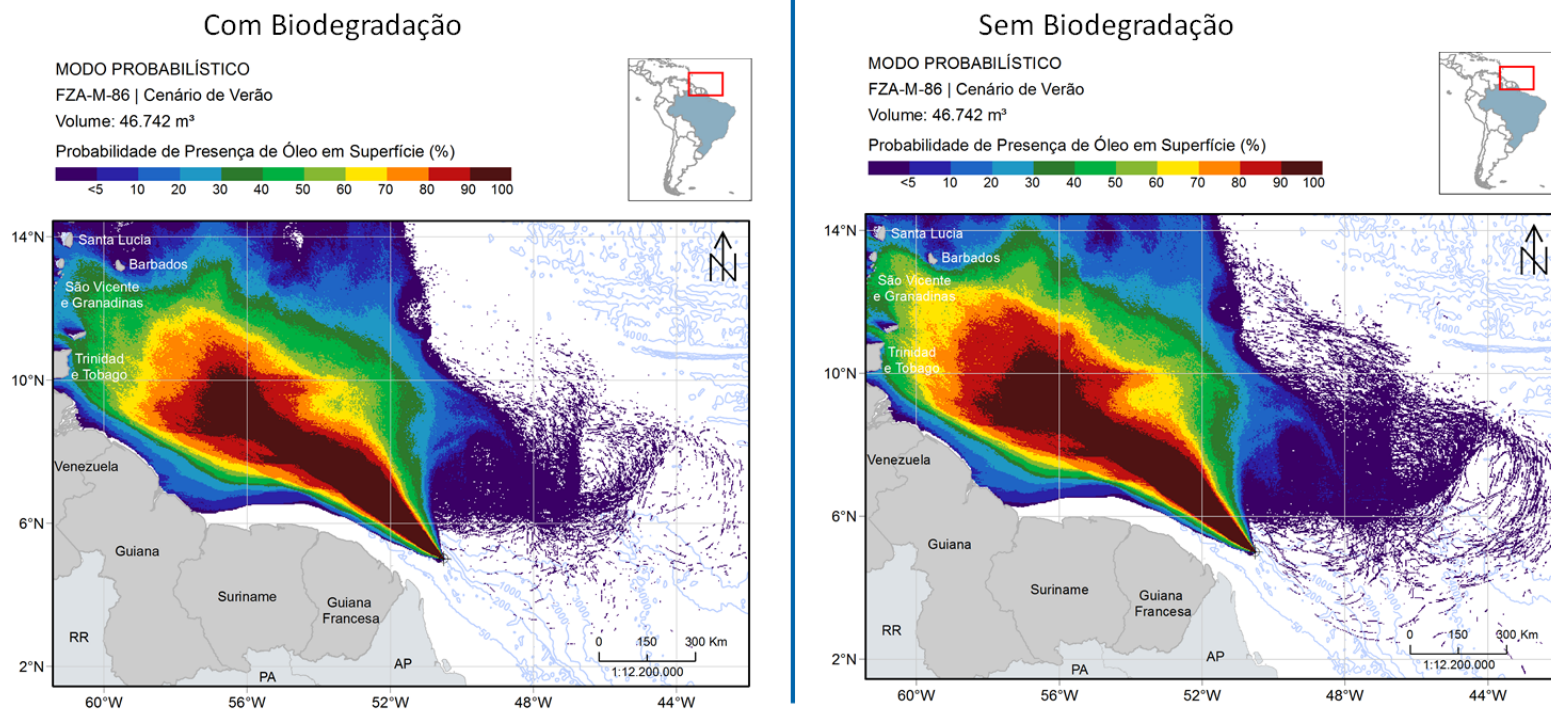
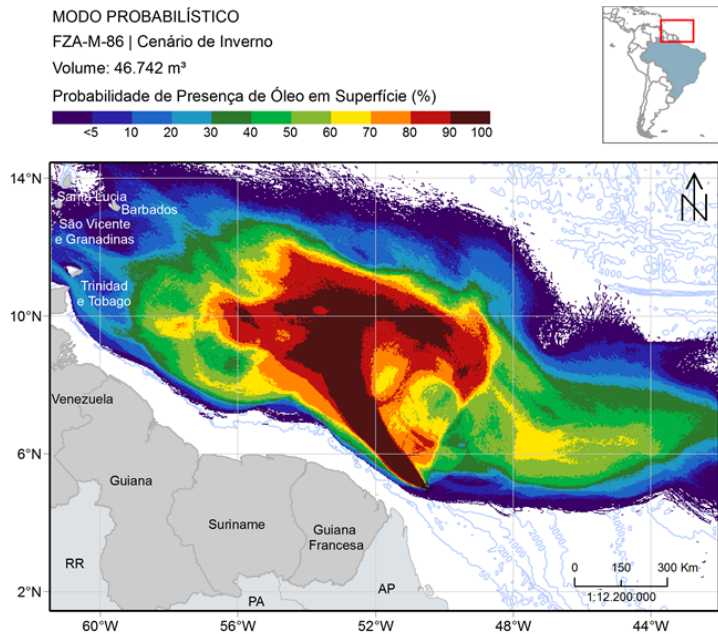


Figura 23: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de verão. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

Com Biodegradação



Sem Biodegradação

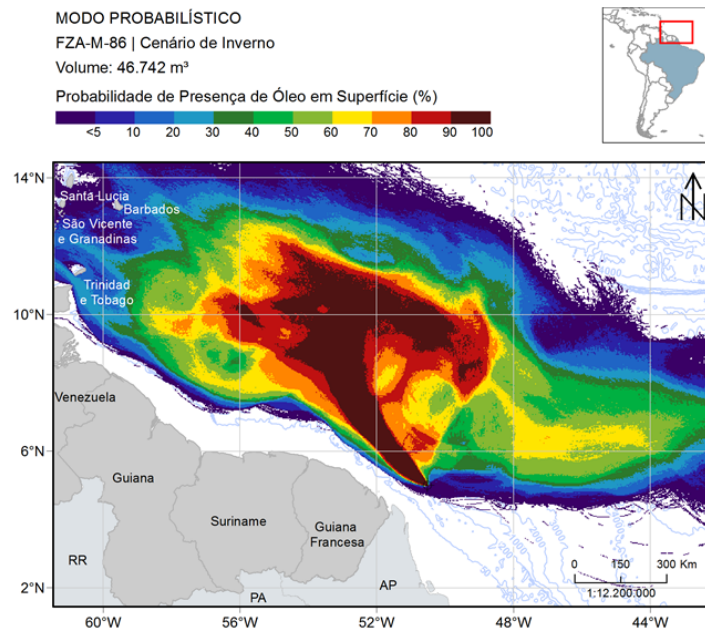
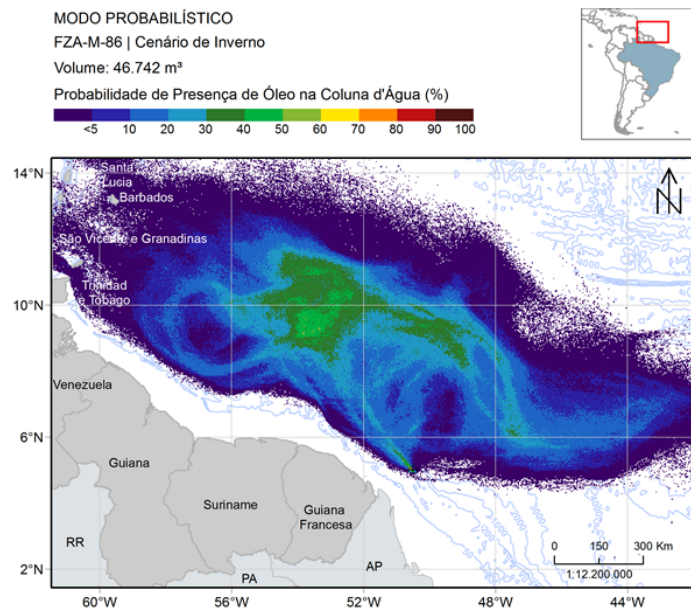


Figura 24: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

Com Biodegradação



Sem Biodegradação

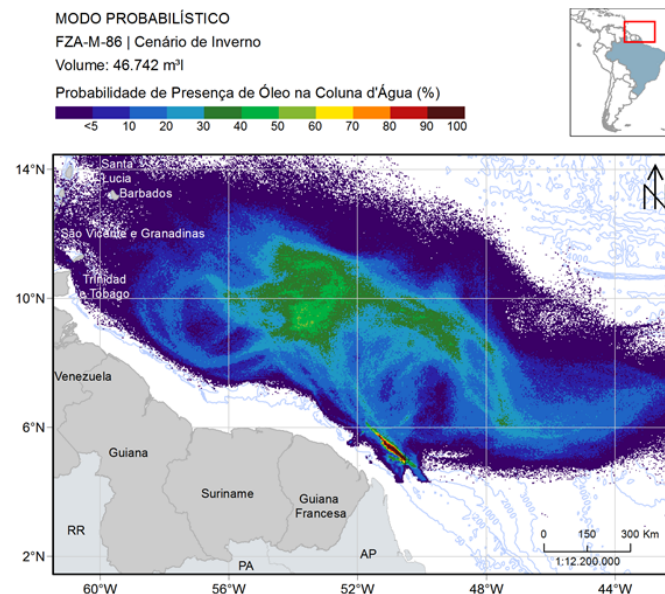
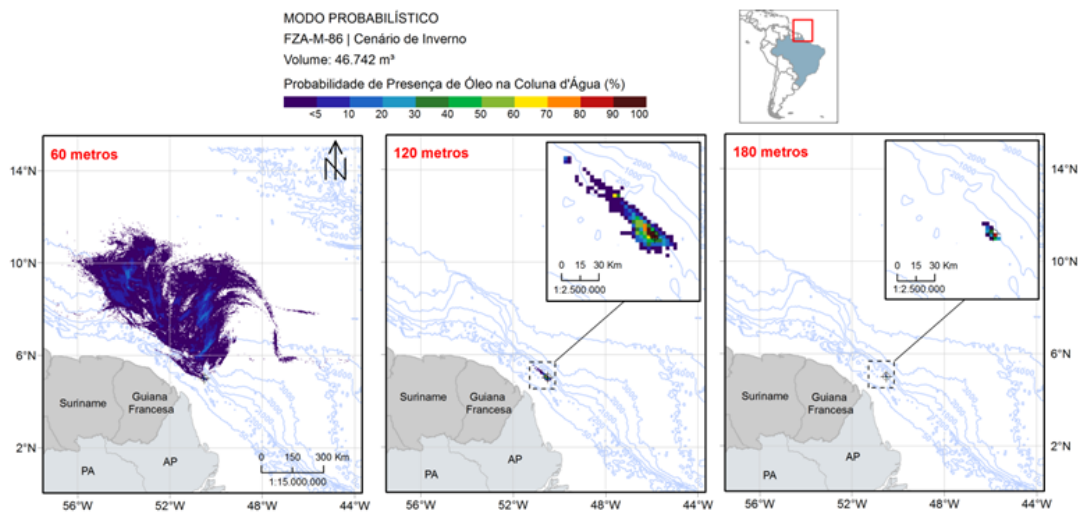


Figura 25: Mapa de probabilidade máxima de presença de óleo na coluna d'água para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

Com Biodegradação



Sem Biodegradação

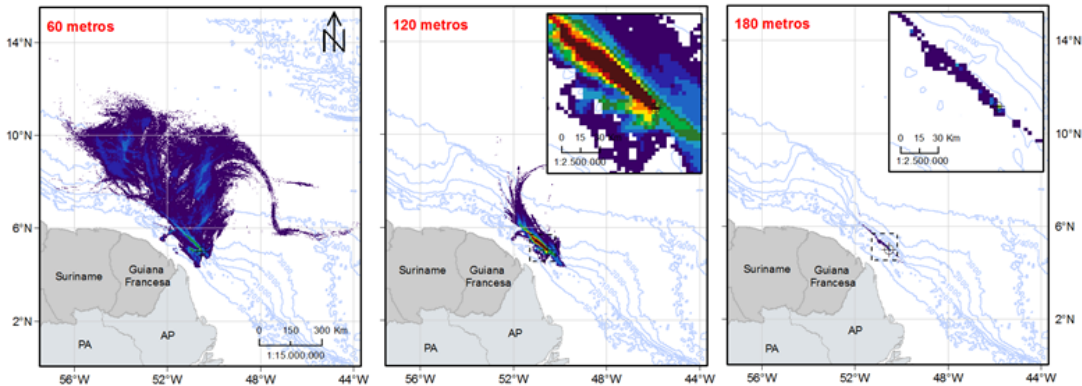


Figura 26: Mapa de probabilidade e presença de óleo na coluna d'água em diferentes profundidades para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para o cenário de inverno. À esquerda simulação com biodegradação e à direita simulação com a biodegradação desligada.

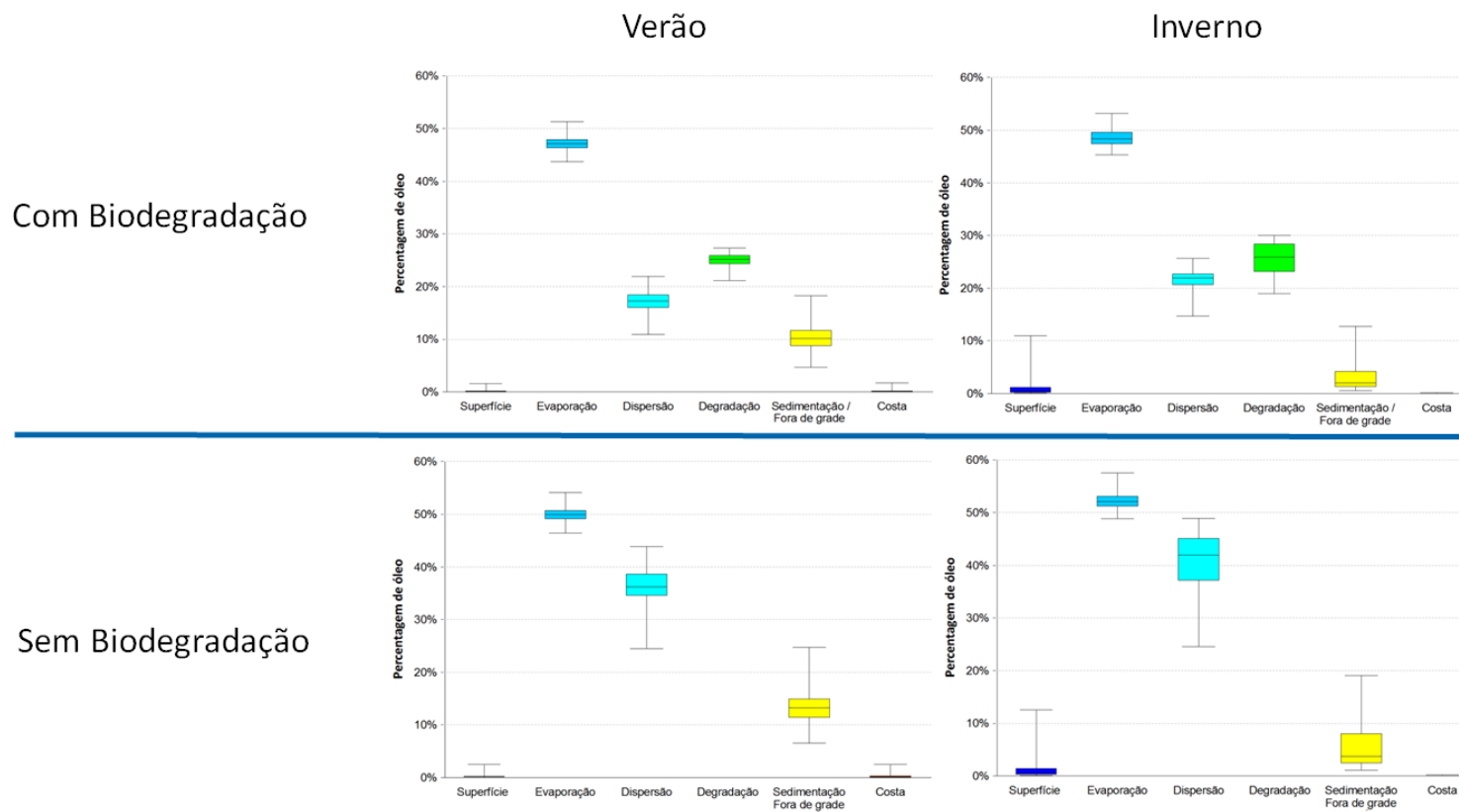


Figura 27: Balanço de massa para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para nos cenários de verão e inverno. Acima simulação com biodegradação e abaixo simulação com a biodegradação desligada.

Tabela 4: Tabelas dos resultados probabilísticos para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 para nos cenários de verão e inverno. Acima simulação com biodegradação e abaixo simulação com a biodegradação desligada.

Com Biodegradação

PAÍS	Extensão de toque (km)		Massa Máxima por célula (t)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
Martinica	4,24	-	2,44	-	0,3	-	52,93	-
Santa Lúcia	55,15	-	9,98	-	30,6	-	22,47	-
São Vicente e Granadinas	63,64	25,46	13,58	4,60	40,2	1,7	21,11	40,42
Barbados	29,70	55,15	8,59	14,22	11,0	9,7	23,79	34,83
Trinidad e Tobago	195,16	46,67	98,77	15,58	62,1	19,3	16,30	30,86
Venezuela	144,25	-	11,14	-	3,7	-	17,28	-
Guiana	420,02	-	75,73	-	9,3	-	18,33	-

Sem Biodegradação

PAÍS	Extensão de toque (km)		Massa Máxima por célula (t)		Probabilidade de Presença (%)		Tempo Mínimo (dias)	
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
Martinica	**	**	**	**	8,97*	0,33*	36,41*	57,17*
Santa Lúcia	55,15	**	14,32	**	37,54	1,33*	25,47	46,08*
São Vicente e Granadinas	67,88	33,94	21,204	4,81	49,5	4,33	21,49	36,07
Barbados	50,91	55,15	6,7	14,81	19,93	8,33	23,68	34,3
Trinidad e Tobago	178,19	59,40	118,4	23,34	72,43	18,67	16,97	30,71
Venezuela	173,95	-	9,33	-	5,31	-	17,23	-
Guiana	420,02	-	77,49	-	8,97	-	17,89	-

* Valores retirados dos resultados em superfície para países que não apresentaram massa acumulada na costa acima do limiar monitorado. Resultados a uma distância de menos de 3 km (um ponto de grade) da costa.

** Como os valores apresentados são da superfície, não são apresentados valores de massa acumulada na costa.

2.2.5 Questionamento 5

“Foi solicitada apresentação de simulações probabilísticas de superfície para um vazamento de óleo diesel em um ponto entre as cotas batimétricas de 25 m e 75, dentro da área definida como de rota das embarcações, para o volume de 1170 m³, equivalente à capacidade de estocagem de combustível da maior embarcação da atividade que circulará na região. Foi usado como justificativas para a não elaboração das simulações solicitadas a inexistência de registros de acidentes com embarcações de apoio ao petróleo no histórico da região que tenha ocasionado vazamento de óleo na rota entre o navio-sonda e o porto de Belém; a prévia consideração do cenário de afundamento da embarcação de apoio na avaliação de risco; e a já contemplação do volume solicitado de 1170 m³ na simulação para pior caso, conforme CONAMA 398/08.

O não registro de acidentes com embarcações de apoio ao petróleo na região se justifica pela baixa atividade de exploração no histórico local, onde atualmente não há nenhuma atividade. Por isso, é de se esperar que não haja registros de acidentes na Bacia da Foz do Amazonas.

Quando se considerou o volume de 1170 m³ contemplados na simulação para o volume de pior caso, assumiu-se que a único momento possível para o afundamento da embarcação é no transbordo entre embarcação de apoio e navio sonda. O que é uma inverdade se considerarmos o acidente ocorrido no Ceará em 2013, quando uma embarcação que prestava serviços a uma empresa de petróleo afundou a 85 km da costa de Fortaleza. É importante salientar que a avaliação de risco para o afundamento de embarcação deve ser pensada considerando a ocorrência em qualquer ponto, e não somente ao lado do navio-sonda e na base de apoio marítimo. Assim sendo, o volume não pode ser considerado como contemplado no volume de pior caso, já que o cenário estabelecido foi o de afundamento na rota de embarcação, e não ao lado do navio-sonda. Logo, os argumentos utilizados não se sustentam como justificativas para a não elaboração do que foi solicitado.

Já que não se conhece a deriva do óleo nessa rota, e que muito provavelmente este óleo derivará para a costa do Estado do Amapá, que não é contemplada por uma estrutura de resposta, já que não há atividade na região, a orientação da emergência para esta região pode ser de proteção integral da costa.”

Resposta:

O estudo com a Modelagem de Dispersão de Óleo Diesel para um ponto de risco entre as profundidades de 25 e 75 m e mais próximo à costa é apresentado em um documento em anexo.

2.2.6 Questionamento 6

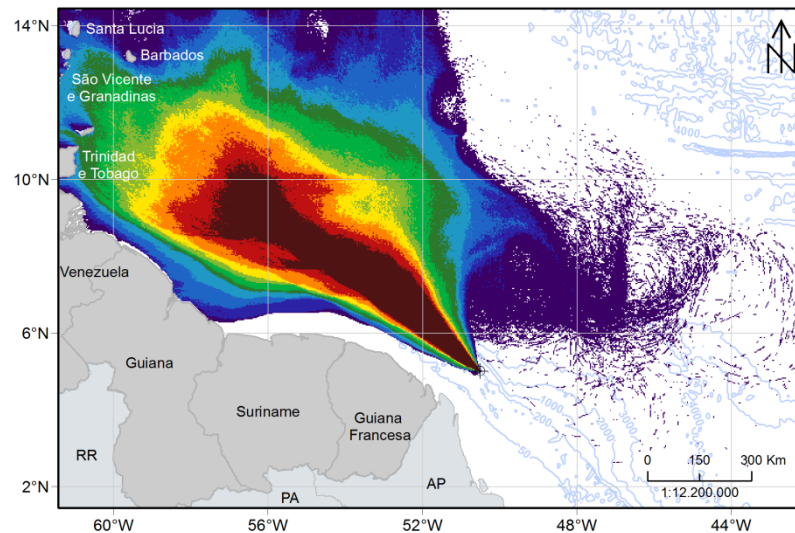
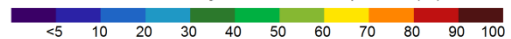
“Foram solicitados os perfis verticais de presença de óleo na coluna d’água, no entanto nenhum comentário sobre os resultados encontrados foi tecido, tais como por que as simulações de vazamentos mais rasos apresentou menor probabilidade de óleo na superfície do que as simulações de blowout para o ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127, que é mais profundo. Foi considerado na resposta ao “Questionamento 20” que “a degradação foi maior nos vazamentos do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127, devido ao fato do óleo ficar mais tempo disponível na coluna d’água”, e mesmo assim as probabilidades de presença de óleo nos primeiros 20 metros foi maior do que nas simulações mais rasas.”

Resposta:

De fato não foi feito nenhum comentário sobre os resultados dos perfis verticais de probabilidade para os pontos riscos. Dessa forma, são reapresentados a seguir, bem como os mapas de probabilidade de presença de óleo na superfície.

MODO PROBABILÍSTICO
FZA-M-86 | Cenário de Verão
Volume: 46.742 m³

Probabilidade de Presença de Óleo em Superfície (%)



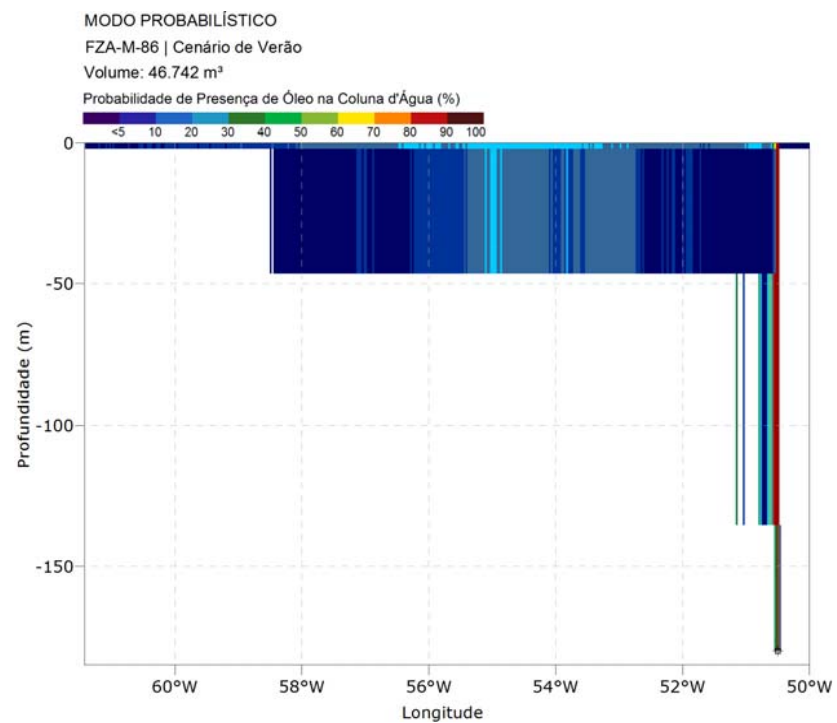


Figura 28: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto no bloco FZA-M-86 no cenário de verão.

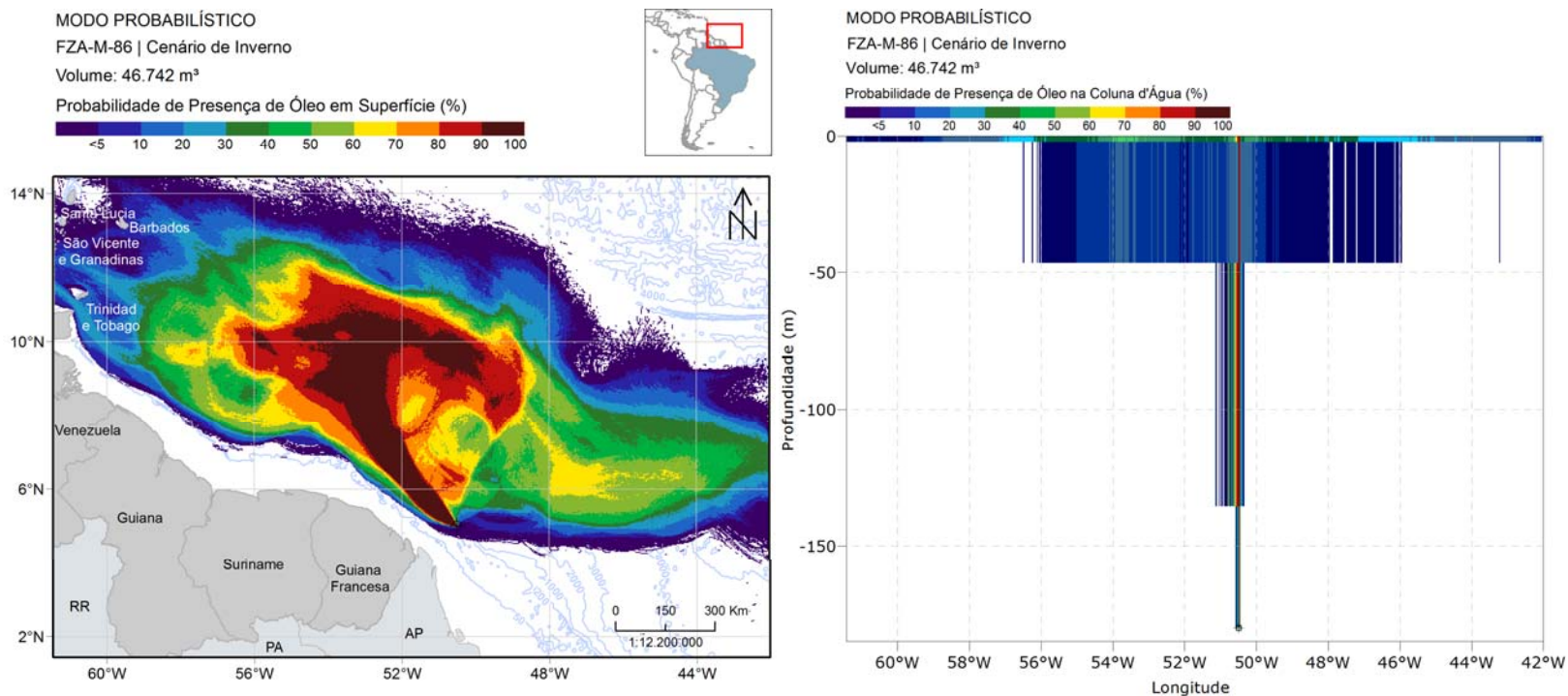


Figura 29: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto no bloco FZA-M-86 no cenário de inverno.

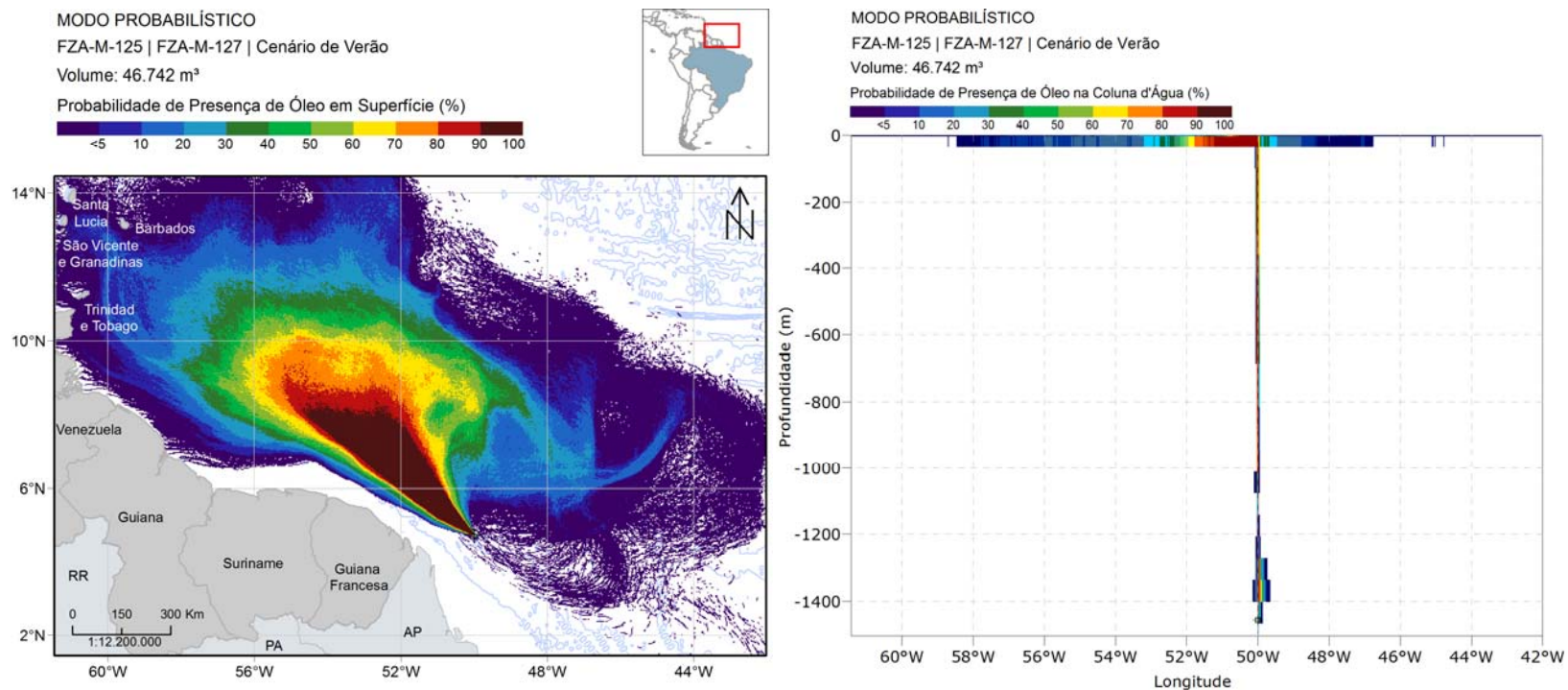


Figura 30: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 no cenário de verão.

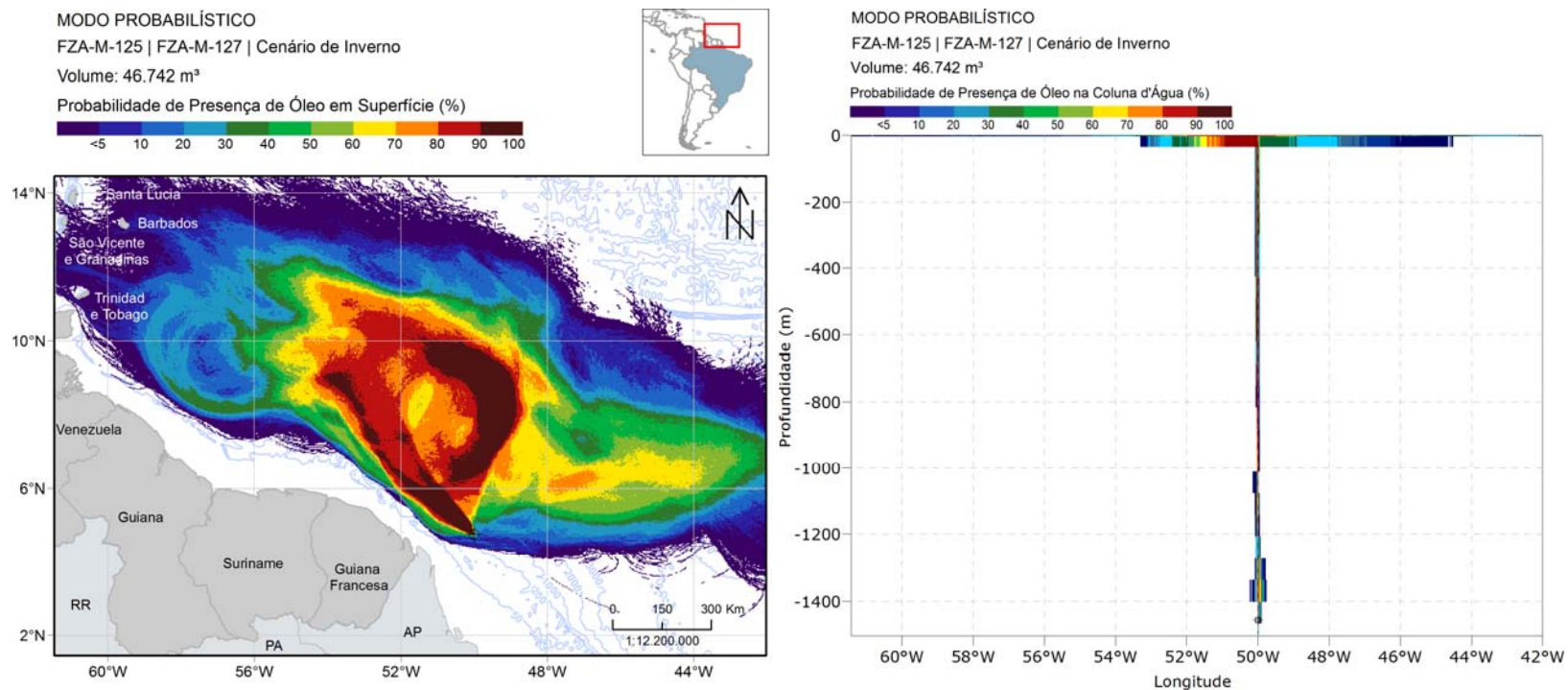


Figura 31: Mapa de probabilidade de presença de óleo em superfície e perfil vertical de probabilidade de presença de óleo para vazamento a partir do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 no cenário de inverno.

É observado que para o ponto de risco mais raso (bloco FZA-M-86) que o óleo se desloca em grande parte para a superfície, tendo pequenos valores de probabilidade na coluna d'água, mesmo na camada mais superficial (entre 0 e 2 m). Já para o ponto de risco localizado na parte mais profunda (entre os blocos FZA-M-125 e 127), mostra que uma pequena porção entre as profundidades de 1200 e 1400, associado com a parte dissolvida do óleo, e depois entre a camada mais superficial e 60 m, uma grande área com probabilidade acima de 90%. Este resultado mostra que parte do óleo vai para superfície e a outra permanece na coluna d'água, mesmo que nas camadas mais superficiais.

Com relação ao fato de, mesmo com maior degradação, o ponto mais profundo ter maior probabilidade nas camadas mais rasas é porque os resultados de balanço de massa apresentados ao fim de cada simulação probabilística diz respeito ao fim dos 60 dias. Assim, uma vez que o óleo atinge uma região com valores acima do limiar, esse ponto de grade passa a ser contabilizado para o cálculo de probabilidade. O que pode ocorrer é que ao término da simulação, aquele ponto de grade ou região já não possua óleo acima do limiar devido aos processos de intemperismo ou pela advecção da mancha.

Já com relação aos resultados em superfície, o que se pode observar é que para o ponto mais raso as classes de maior valor (> 50%) têm as áreas muito maiores que para o ponto mais profundo, uma vez que o óleo no ponto mais raso se desloca rapidamente para a superfície, como pode ser observado no perfil vertical.

2.2.7 Questionamento 7

“Ao contrário do informado, não foram apresentados perfis verticais de correntes para ambos os períodos sazonais separadamente, e sim um perfil retirado do ROMs e outro do WOCE, de acordo com as legendas das figuras apresentadas na Revisão 00 do estudo.”

Resposta:

Infelizmente não ficou muito claro sobre qual questionamento se refere nessa parte do Parecer Técnico. Dessa forma, serão tecidos comentários sobre o que entendemos estar relacionado.

Na resposta à questão 21 do item 2.2 (Modelagem de Dispersão de Óleo) do Parecer Técnico 219/16 foi informado que seriam apresentados “os perfis verticais de correntes **para o ponto de grade do modelo hidrodinâmico mais próximo do ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127** separados por período sazonal”.

Desta forma, destacamos que foram apresentados apenas os perfis médios extraídos do ROMS nos dois cenários sazonais.

Já na resposta à questão 7 do item 2.1 (Modelagem Hidrodinâmica) do Parecer Técnico 219/16 foi indicado que a separação sazonal dos dados não seria adequada pois não haviam dados suficientes para tal separação em diversas profundidades.

2.2.8 Questionamento 8

“Na figura apresentada na Revisão 00, na qual são apresentados os perfis de 200 em 200 m de profundidade para todo o período simulado, as correntes subsuperficiais são mais bem representadas no ROMs, diferente do que mostra a figura apresentada na resposta aos questionamentos, onde o perfil mostrado não representa as intensidades das correntes subsuperficiais apresentadas nos perfis mostrados na Revisão 00. Isso pode ter ocorrido por terem sido retirados de pontos de grade diferentes, pois mesmo uma imagem representando uma corrente de subsuperfície para um período de um ano, e a outra dividida em períodos sazonais, em algum dos dois períodos seria possível visualizar correntes subsuperficiais mais intensas.”

Resposta:

A diferença nas correntes subsuperficiais ocorre exatamente em função da diferença nos pontos dos quais foram retirados os perfis (Figura 32). O ponto usado para comparação com os dados do WOCE está localizado mais a leste, na região da Bacia Pará-Maranhão, enquanto o ponto extraído para a região dos Blocos FZA-M-125 e 127 encontra-se mais a oeste, em região oceânica próxima à divisa do Brasil com a Guiana Francesa. Essas regiões apresentam variações quanto a dinâmica de subsuperfície.

Em superfície (~0 – 100 m), ambas as regiões estão sob influência direta da Corrente Norte do Brasil (CNB). Próximo da área dos blocos, na Bacia da Foz do Amazonas há a retroflexão da CNB, alimentando a Contra-Corrente Norte Equatorial (CCNE) e gerando os vórtices da CNB. Em subsuperfície (~100 – 300m) parte da CNB sofre retroflexão em regiões mais a leste, fazendo com que o fluxo da CNB fique confinado às camadas mais superficiais para oeste destes pontos. Esse padrão de circulação é evidenciado em Johns *et al.* (1998) e pode ser exemplificado através da Figura 33.

As correntes subsuperficiais são mais intensas na área próxima aos fundeios do WOCE, pois a CNB é mais profunda nessas áreas. Na região dos blocos, boa parte do transporte da CNB já

passou pelo processo de retroflexão. Assim, o fluxo em subsuperfície é bem menos intenso nessa área, e em ambos os períodos sazonais.

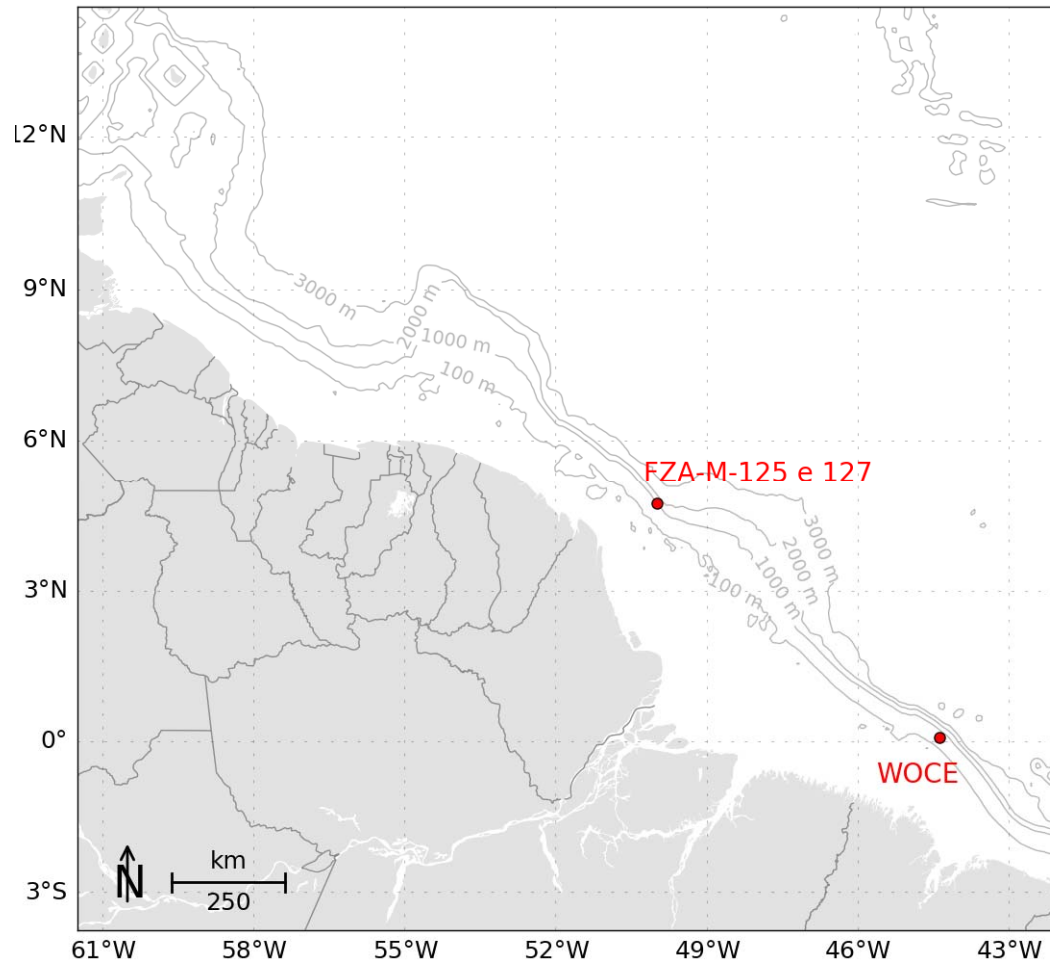


Figura 32: Localização dos pontos usados para geração dos perfis verticais na região dos fundeios do WOCE, e dos blocos FZA-M-125 e 127.

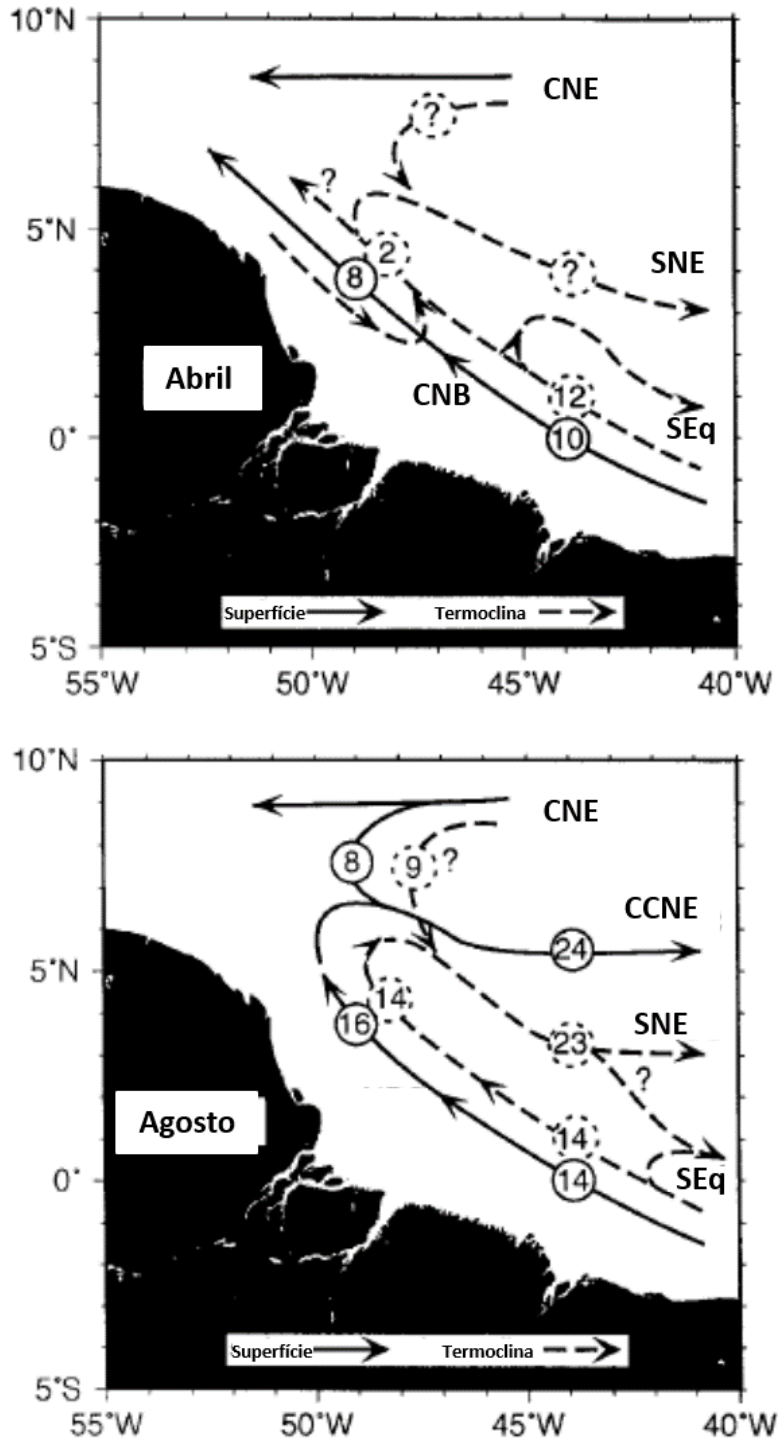


Figura 33: Circulação oceânica esquemática nas proximidades da Bacia da Foz do Amazonas. As setas com linhas cheias representam a circulação superficial, as pontilhadas a circulação subsuperficial. Os números circulados indicam o transporte. Fonte: Adaptado de Johns *et al.* (1998).

2.2.9 Questionamento 9

“Na descrição da grade, feita na página 139 da revisão 00 do estudo, foi cometido um equívoco ao apresentar as coordenadas desta como “ao sul, 33° 39’ S, ao norte, 22° 05’ S, a oeste, 53° 14’ O e a leste, 37° 40’ O”.

Pelos motivos acima destacados, e para evitar trocas improdutivas de pareceres, esta coordenação decidiu por não aprovar a modelagem apresentada, considerando que esta não representa adequadamente a variabilidade ambiental da região, além de não atender a algumas solicitações feitas no Parecer Técnico nº 219/16, consideradas imprescindíveis a uma melhor avaliação de impactos e riscos para uma região pouco conhecida, com forte dinâmica oceânica e grande importância ecológica e socioeconômica.

As alterações que ocorrerem na modelagem de óleo deveram ser consideradas nos itens de avaliação de impactos potenciais, análise de riscos ambientais e plano de emergência.”

Resposta:

As informações dos limites da grade foram equivocadas. As coordenadas corretas são: ao sul, 1° 08’ N, ao norte, 14° 29’ N, a oeste, 61° 27’ O e a leste, 42° 01’ O.

3. Referências Bibliográficas

CARVALHO, J. S. 2014. Variabilidade de longo-termo do transporte da Corrente do Brasil ao longo de 30°S: Um estudo numérico. Dissertação de Mestrado do Programa de Oceanografia – Área de Oceanografia Física – Instituto de Oceanografia – Universidade de São Paulo.

FAGUNDES, A. P. S.; CRUZ, L. M.; FRAGOSO, M.; DOS SANTOS, F. A. Um Estudo Sobre o Número Ótimo de Simulações Numéricas para Elaboração dos Mapas de Probabilidade de Presença de Óleo no Mar Baseado na Variabilidade do Vento. In: III Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2008, Fortaleza - CE. III Congresso Brasileiro de Oceanografia, 2008.

GRAMCIANINOV, C. B. 2012. Variabilidade da Corrente do Brasil na região da Confluência Brasil-Malvinas através de simulações numéricas. Dissertação de Mestrado do Programa de Oceanografia - Área Oceanografia Física – Instituto de Oceanografia – Universidade de São Paulo.

JOHNS, W. E.; LEE, T.N.; BEARDSLEY, R.C.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; CASTRO, B.
(1998). "Annual cycle and variability of the North Brazil Current.". *Journal of Physical Oceanography*. 28 (1): 108–128.