



Relatório Técnico [rev.00]

Resposta ao Parecer Técnico nº 73/18

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

/

Preparado para: Total E&P do Brasil

Preparado por: Prooceano

10 de setembro de 2018

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 2018

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: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

Sumário

1. Introdução	10
2. Questionamentos	10
<u>Modelagem de dispersão de óleo</u>	10
<u>Modelagem na rota de embarcação.....</u>	22
3. Referências bibliográficas	43

Índice das imagens

Figura 1: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-86 com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).....	13
Figura 2: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-86 com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).....	14
Figura 3: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-86 . À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.....	15
Figura 4: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).....	16
Figura 5: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de <i>blowout</i> de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).....	17
Figura 6: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.....	18
Figura 7: Localização dos fundeios M1, M2 e M3.....	23
Figura 8: Localização dos pontos utilizados nas comparações. Em vermelho estão os fundeios e em amarelo os pontos de grade do ROMS.....	24
Figura 9: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M1, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.....	25
Figura 10: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M2, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série	

extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.	26
Figura 11: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M3, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.	27
Figura 12: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M1 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	28
Figura 13: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M2 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	29
Figura 14: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M3 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	29
Figura 15: Campo médio de circulação para o mês de janeiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	31
Figura 16: Campo médio de circulação para o mês de fevereiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	32
Figura 17: Campo médio de circulação para o mês de março obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	33
Figura 18: Campo médio de circulação para o mês de abril obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	34
Figura 19: Campo médio de circulação para o mês de maio obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	35
Figura 20: Campo médio de circulação para o mês de junho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	36
Figura 21: Campo médio de circulação para o mês de julho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	37
Figura 22: Campo médio de circulação para o mês de agosto obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).	38

Figura 23: Campo médio de circulação para o mês de setembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).....	39
Figura 24: Campo médio de circulação para o mês de outubro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).....	40
Figura 25: Campo médio de circulação para o mês de novembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).....	41
Figura 26: Campo médio de circulação para o mês de dezembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).....	42

Índice das tabelas

Tabela 1: Valores comparativos obtidos nas simulações para a região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura <i>et al.</i> (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), considerando ausência e a presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.....	19
Tabela 2: Tabela de estatística básica e percentis (50%, 75% e 90%) da magnitude das velocidades calculados para os fundeios M1, M2 e M3 e seus pontos correspondentes nas modelagens com rugosidade uniforme (ROMS 1) e com rugosidade variável (ROMS 2). Na tabela: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.	28

Equipe técnica

Nome: André Luis Santi Coimbra de Oliveira

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5967357

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem Hidrodinâmica

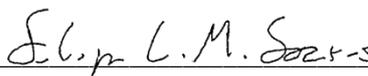
Assinatura: 

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): Modelagem Hidrodinâmica

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): Modelagem de Dispersão de Óleo

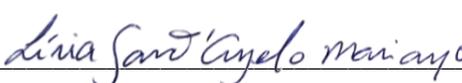
Assinatura: 

Nome: Lívia Sant'Angelo Mariano

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 6005736

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

Assinatura: 

Nome: Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe: -

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 2473071

Responsável pela(s) Seção(ões): Modelagem de Dispersão de Óleo

Assinatura: _____



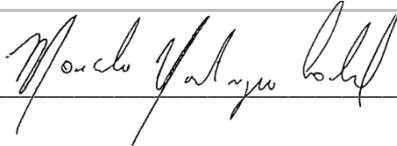
Nome: Marcelo Montenegro Cabral

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: _____



1. Introdução

Este documento visa responder aos questionamentos do Parecer Técnico nº 73/2018, emitido em 16 de maio de 2018, referentes às respostas acerca do item “II.8 Anexos” (Modelagem hidrodinâmica, Modelagem de dispersão de óleo e Modelagem na rota de embarcação) encaminhadas em atendimento ao Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, encaminhado pela Total E&P do Brasil em 31 de janeiro de 2018.

2. Questionamentos

II.8 Anexos

Modelagem de dispersão de óleo

Questionamento 1

“Para o estudo comparativo das modelagens de dispersão de óleo considerando diferentes concentrações de sedimentos em suspensão foi utilizado um ponto no Bloco FZA- 57 e um ponto no Bloco FZA- 127. Solicita-se explicações para tal escolha considerando que o estudo de modelagem apresentado utilizou um ponto no bloco FZA- 86 e outro ponto entre os blocos FZA- 125 e FZA- 127.

Resposta:

Na época da elaboração do estudo original (rev00) ainda não havia definição exata das locações pretendidas para as perfurações dos poços. Portanto, naquela ocasião, optou-se pela apresentação de modelagens de dispersão de óleo em posições estrategicamente escolhidas para prover um cenário mais conservador, de forma que os resultados pudessem ser representativos de vazamentos que viessem a ocorrer no interior de qualquer um dos blocos.

Já na época da elaboração das modelagens apresentadas na resposta ao Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, optou-se por considerar as locações exatas dos poços que àquela época já eram conhecidas.

Em que pesem tais diferenças entre posições, as modelagens que foram apresentadas na resposta ao Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, considerando diferentes concentrações de sedimentos em suspensão, tinham caráter quali-quantitativo e investigativo, com o objetivo de avaliar a sensibilidade do modelo à mudança de concentração de sedimentos em suspensão. Desta forma, no nosso entendimento, as conclusões resultantes das análises

apresentadas no Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC seriam válidas para outras posições próximas. Mesmo assim, para evitar qualquer tipo de dúvidas, foram feitas modelagens de dispersão de óleo considerando 30 mg/l de sedimentos em suspensão para os pontos no bloco FZA-M-86 e entre os blocos FZA-M-125 e 127, conforme solicitado.

Questionamento 2

“Solicita-se o envio da modelagem que considerando 30mg/L de sedimentos em suspensão para os pontos no bloco FZA-86 e entre os blocos FZA-125 e 127.”

Resposta:

Em atendimento a esta solicitação, são apresentados, a seguir, os resultados obtidos na modelagem numérica do transporte de óleo no mar considerando uma concentração de sedimentos suspensos a partir do ponto no bloco FZA-86 e do ponto entre os blocos FZA-125 e 127. Para tal foi considerado o cenário hipotético de pior caso requerido na legislação, de um vazamento contínuo por trinta dias e mais 30 dias sem contenção ou ações de resposta, com montante de óleo de 46.742 m³ (294.000 bbl), a partir do fundo.

Simulações probabilísticas

Para a obtenção dos resultados probabilísticos foram realizadas, para o ponto de risco, 300 diferentes simulações em cada período (verão e inverno), considerando uma concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão. O valor de concentração de 30 mg/l foi o valor que resultou em uma maior área no fundo marinho com presença de óleo, com valores superiores ao limiar de 1 g/m² em testes de sensibilidade executados com o modelo OSCAR e que foram apresentados na resposta ao Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC. Também vale destacar que este valor de concentração é superior aos valores que foram encontrados na região do bloco FZA-M-57, como pôde ser observado no estudo de *baseline* executado neste processo de licenciamento, que apresentou valores máximos entre 15mg/l e 20mg/l para este bloco.

Para comparação entre a atual simulação e a simulação original (ausência de sedimentos suspensos) foram avaliados, para cada cenário: (i) a abrangência da área com probabilidade de presença de óleo no fundo (**Figura 1, Figura 2, Figura 4 e Figura 5**), (ii) histogramas de diferenças entre os cenários simulados (**Figura 3 e Figura 6**) e (iii) os valores de presença de óleo nos recifes biogênicos baseados no novo mapeamento efetuado¹ (**Tabela 1**).

¹ Os novos limites adotados para o CVA Recifes Biogênicos são abordados e justificados na seção de respostas referente ao item II.12 Análise e Gerenciamento de Risco do presente documento.

Vale ressaltar que a utilização de histogramas de diferenças de resultados teve como objetivo permitir que tais diferenças fossem observadas com maior destaque. Isto porque, nas comparações com resultados em mapas (Figura 1 e Figura 2 ou Figura 4 e Figura 5), as diferenças são pouco perceptíveis.

Visando dar maior destaque ainda às diferenças observadas, os histogramas foram elaborados considerando apenas os pontos de cálculo que apresentaram valor não nulo de probabilidade de presença de óleo, seja na simulação considerando a presença de sedimentos em suspensão ou naquela considerando ausência de sedimentos em suspensão. Em outras palavras, o espaço amostral da comparação por meio de histogramas foi restrito aos pontos que apresentaram presença de óleo em um dos cenários modelados, permitindo avaliar em que medida os pontos com indicação de presença de óleo no fundo são afetados pela presença ou não de sedimentos em suspensão.

Para avaliar a presença de óleo no fundo oceânico foi utilizado o mesmo procedimento utilizado no estudo de modelagem de dispersão de óleo original (rev00), e que vêm sendo utilizado em todos os estudos de modelagens de dispersão de óleo mais recentemente submetidos ao IBAMA, qual seja: o cruzamento dos mapas de probabilidade de presença de óleo na coluna d'água em diversas profundidades com o mapa de batimetria utilizado no estudo. Para facilitar a comparação, todos os mapas foram apresentados utilizando os mesmos enquadramentos que foram aplicados no relatório original, encaminhado na rev00 do EIA.

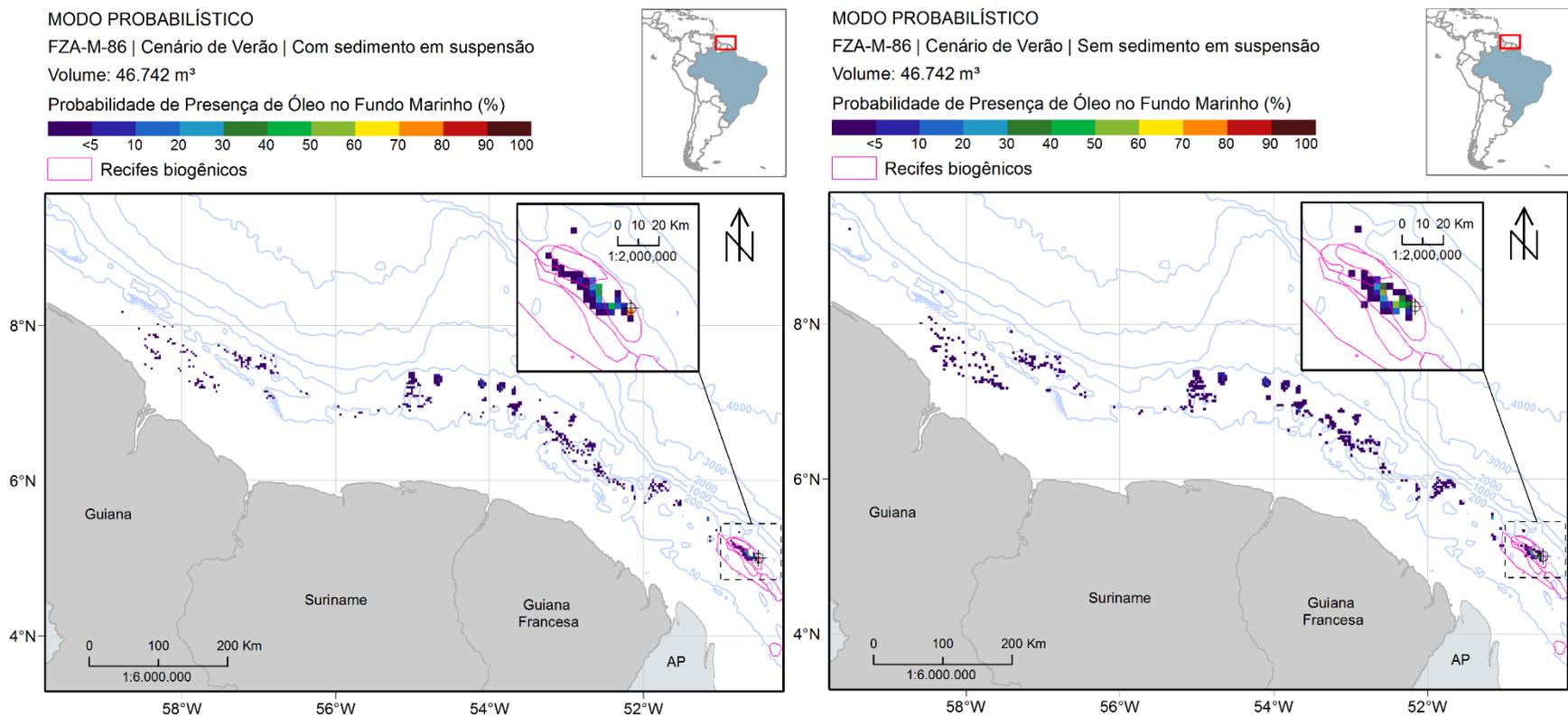


Figura 1: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de verão a partir do **ponto de risco do bloco FZA-M-86** com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

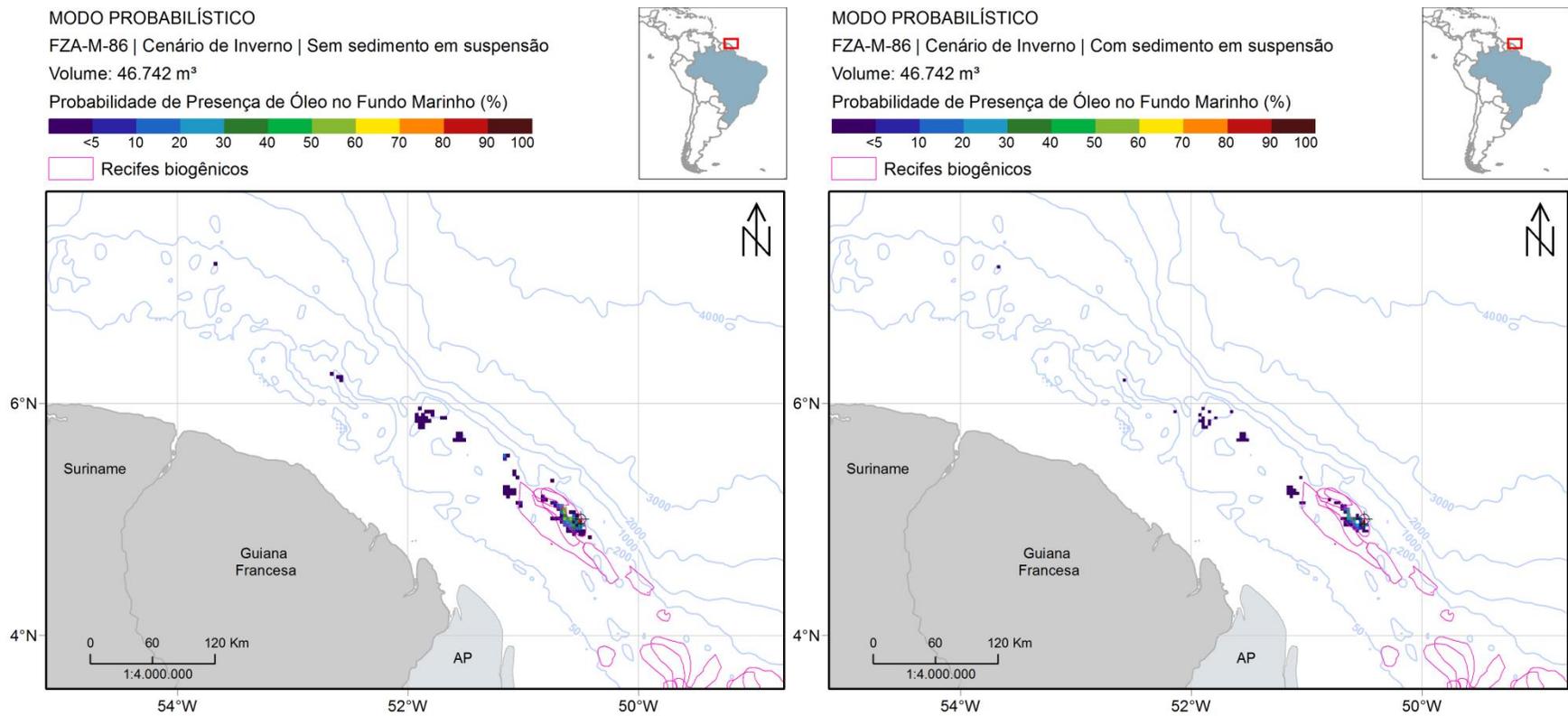


Figura 2: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do **bloco FZA-M-86** com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

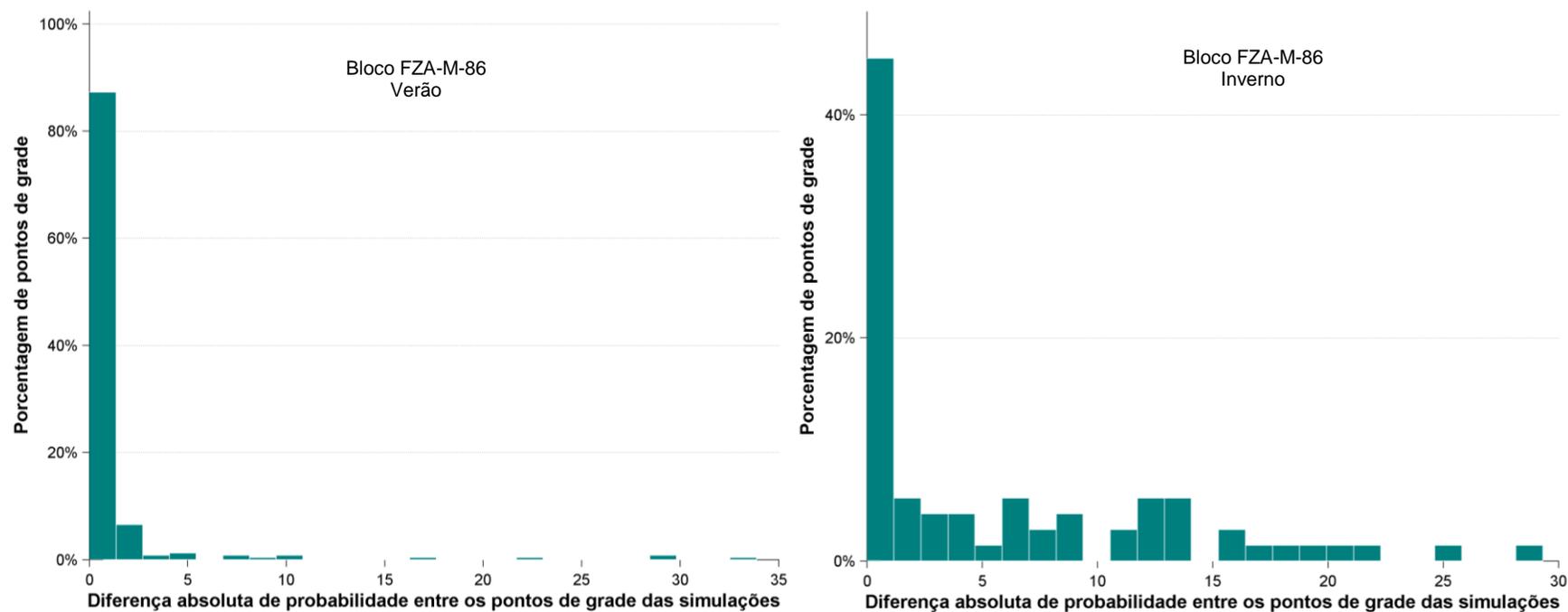


Figura 3: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do **bloco FZA-M-86**. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.

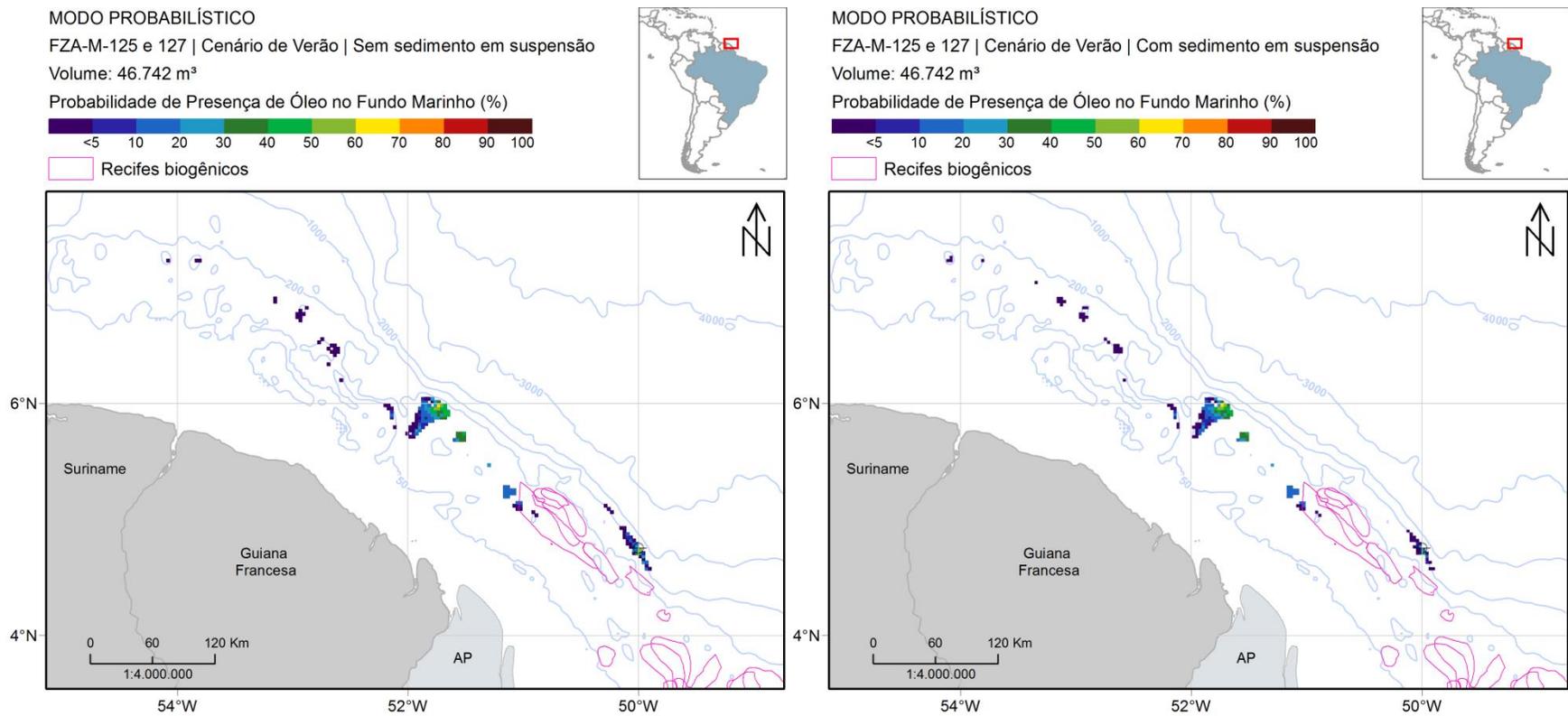


Figura 4: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco **entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127** com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

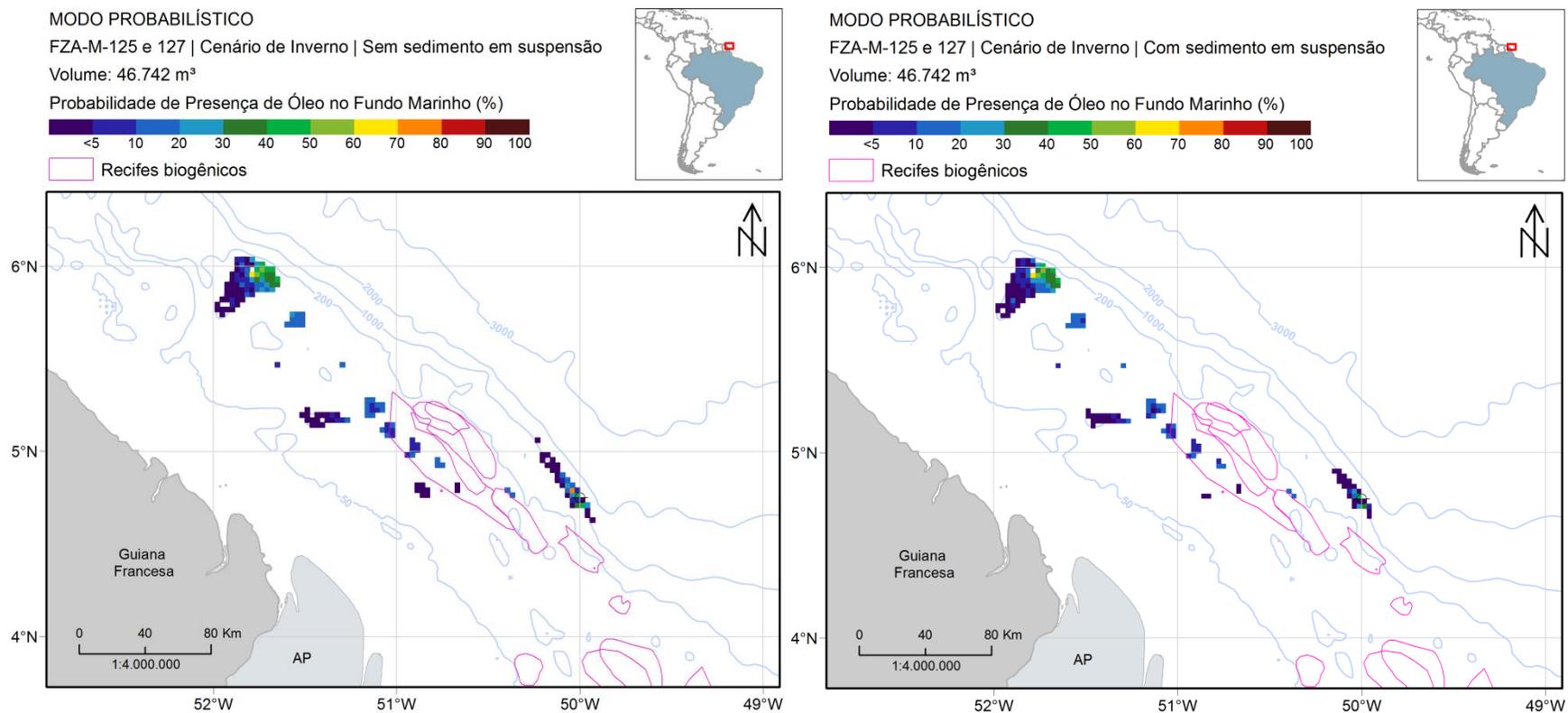


Figura 5: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127 com ausência de sedimentos suspensos (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

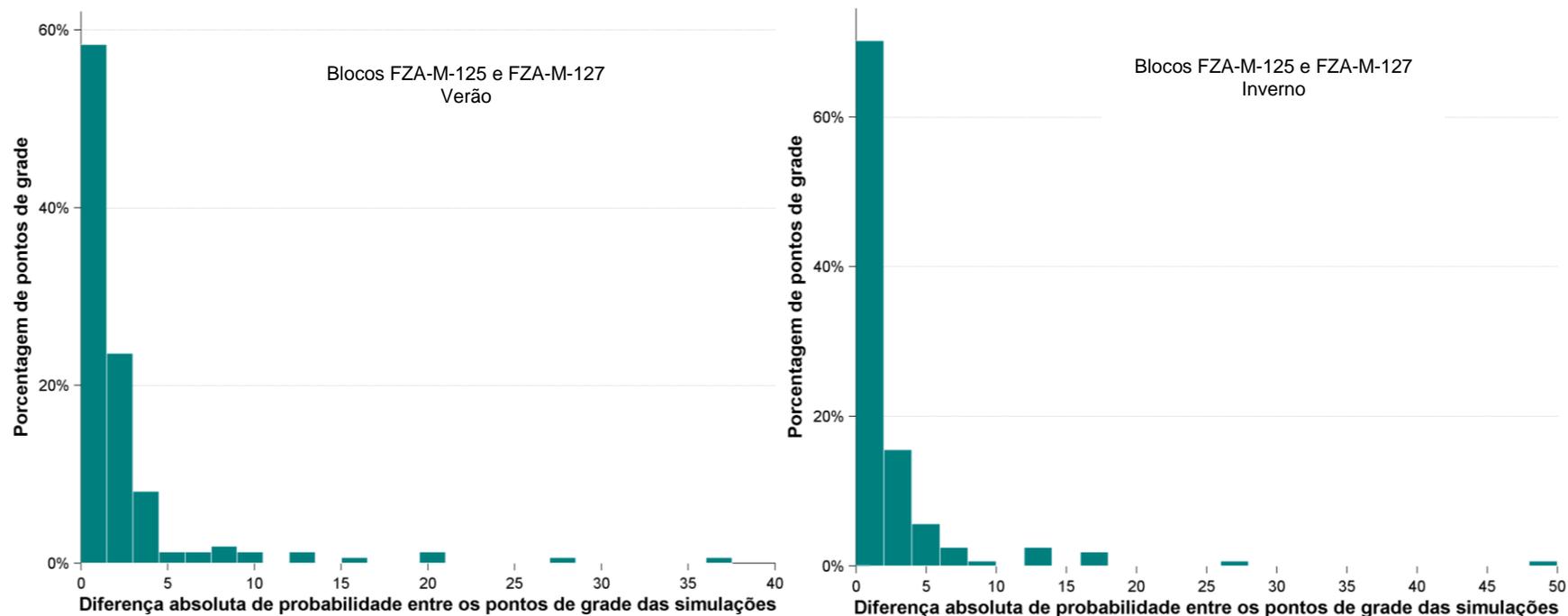


Figura 6: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.

Tabela 1: Valores comparativos obtidos nas simulações para a região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura *et al.* (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), considerando ausência e a presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.

Ponto de risco	Concentração de sedimentos em suspensão	Verão				Inverno			
		Concentração máxima (ppb) de óleo no fundo marinho	Probabilidade máxima de presença de óleo no fundo marinho (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima de presença de óleo no fundo marinho	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade de presença de óleo no fundo marinho (%)	Concentração máxima (ppb) de óleo no fundo marinho	Probabilidade máxima de presença de óleo no fundo marinho (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima de presença de óleo no fundo marinho	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade de presença de óleo no fundo marinho (%)
FZA-M-86	0	31,97	54,2	31,97	0,31	37,43	88,3	30,11	0,66
	30	35,84	77,7	29,25	0,35	32,54	87,0	30,99	0,43
FZA-M-125 e FZA-M-127	0	31,38	16,9	29,69	0,08	41,80	18,7	35,74	0,23
	30	33,40	16,3	28,61	0,08	45,98	17,7	32,48	0,23

Análise dos resultados das simulações probabilísticas

De forma qualitativa, os resultados obtidos considerando uma concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão na coluna d'água para os dois pontos de vazamento simulados originalmente (ponto no bloco FZA-M-86 e ponto entre os blocos FZA-M-125 e 127) mostram que não houve alteração no padrão de ocorrência de óleo no fundo marinho quando comparados aos resultados das simulações originais, em que não foi considerada a presença de sedimentos suspensos. Esta conclusão, porém, já era esperada, uma vez que as modelagens que foram apresentadas na resposta ao Parecer Técnico nº 58/2017-COEXP/CGMAC/DILIC, em que foram consideradas as locações reais dos poços, tinha caráter quali-quantitativo e investigativo. Desta forma, conforme dito anteriormente, na resposta à solicitação/questionamento 1, no nosso entendimento, as conclusões obtidas com a comparação dos resultados considerando a presença ou não de sedimentos em suspensão são válidas para quaisquer posições de vazamentos nos blocos em questão, desde que mantidas as outras condições do vazamento e o tipo de óleo.

Conforme pode ser visto ao se comparar os dois mapas de cada figura (**Figura 1 e Figura 2**, para o bloco FZA-M-86 e **Figura 4 e Figura 5**, para o ponto entre os blocos FZA-M-125 e FZA-M-127) as alterações nos valores de probabilidades de presença de óleo no fundo em decorrência da presença de sedimentos em suspensão com concentração de 30 mg/l (mapa à direita) são pouco perceptíveis. Essa ausência de alteração no padrão de probabilidade é ratificada pelos histogramas de diferenças entre os mapas de probabilidade (**Figura 3 e Figura 6**), onde se observa que a maior parte das diferenças absolutas está próxima de 0%. Conforme dito anteriormente, para que fosse possível observar as diferenças, na elaboração dos histogramas, apenas foram considerados os pontos onde foram observadas a presença de óleo no fundo, seja na simulação com ausência de sedimentos em suspensão ou na simulação com 30 mg/l de sedimentos em suspensão. Como pode ser visto na **Figura 6**, deste universo, em cerca de 90% dos pontos, as diferenças nos resultados de probabilidade de presença de óleo foram inferiores a 5%. Alguns pontos de grade apresentaram maiores diferenças. No entanto, de maneira geral, essas foram inferiores a 5%.

Vale destacar, porém, como já falado na resposta ao PAR nº 58/17, que os efeitos da variação da concentração de sedimentos em suspensão devem ser vistos com cautela, uma vez que existe, ainda, uma grande lacuna de conhecimento na modelagem do fenômeno de adsorção de óleo em material particulado e posterior deposição no fundo oceânico. Neste quesito, assumiu-se uma imprecisão na representação do fenômeno pelo modelo e buscou-se uma maximização desse processo pelo uso de valores exagerados de concentração de sedimentos em suspensão.

No caso da região dos recifes biogênicos baseados no mapeamento de Moura *et al.* (2016) e nas Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira (MMA, 2007), conforme pode ser visto na **Tabela 1**, em geral são observadas variações pouco significativas nas variáveis analisadas. Com exceção dos resultados obtidos para o ponto do bloco FZA-M-86 no cenário de verão, em que houve um aumento e a variação foi maior, o valor máximo de probabilidade nos recifes biogênicos, na maioria dos casos, foi levemente menor nas simulações considerando a presença de sedimentos em suspensão. Já a concentração máxima tendeu a aumentar, exceto para o mesmo ponto (FZA-M-86) no cenário de inverno. Observa-se, portanto, que não há um padrão bem definido nas alterações. Vale ressaltar que a concentração de sedimentos utilizada (30mg/l) já é bem superior à observada na região do bloco, conforme dados obtidos no *baseline* realizado na região.

Questionamento 3

“Comparando a Figura 153: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho, para um vazamento de blowout de 30 dias no período de verão a partir do ponto entre os blocos FZA-M-125 e 127 apresentada na Revisão 02 de Março de 2015 com a Figura 61: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de blowout de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-127 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita) do Relatório Técnico Resposta ao Parecer Técnico N° 58/17, considerando que são pontos mais próximos, é possível notar que a figura que apresenta a simulação com ausência de concentração de sedimentos é diferente da figura citada na Revisão 02, que teoricamente também foi feita com base nas diretrizes que se utilizavam até o momento, que considerava zero para a concentração de sedimentos em suspensão. Questiona-se se o que causou a diferença de resultados foi a mudança nos pontos escolhidos, já que no estudo foi definido um ponto entre os blocos FZA-125 e FZA- 127 e para o teste da concentração de sedimentos, um ponto no bloco FZA- 127.”

Resposta:

De fato, conforme intuído, as diferenças observadas devem-se às posições escolhidas para a modelagem. A localização dos pontos de risco em diferentes regiões faz com que o óleo fique submetido, principalmente, a diferentes regimes de corrente, em especial a Corrente Norte do Brasil (CNB), que apresenta valores intensos de velocidade. O ponto entre o vértice dos blocos FZA-125 e FZA- 127 se encontra mais próximo do núcleo da CNB, enquanto que o ponto no bloco de FZA-M-127 (locação real) está na borda mais externa da CNB. Dessa forma, é

esperado que os comportamentos experimentados pelo óleo vazado apresentem pequenas diferenças devido ao posicionamento dos pontos de risco.

Modelagem na rota de embarcação

Questionamento 1

*“Para a avaliação da representatividade no ROMS das correntes na região mais costeira foram apresentados as séries temporais de velocidade de corrente para os pontos M1, M2 e M3 de fundeios do projeto AmasSeds, da costa para fora, respectivamente. Neste relatório também foi apresentado uma tabela com comparações entre a estatística básica e percentis 50, 75 e 90 calculados para as velocidades de correntes nos três fundeios e seus pontos correspondentes no ROMS. Também foram apresentadas rosas dos ventos para os três pontos dos fundeios e os respectivos pontos do modelo ROMS. **Solicita-se a apresentação do mapa contendo os pontos do ROMS utilizados na comparação.** No documento “Resposta ao Parecer Técnico n°58/17”, foi informado que novas simulações foram feitas no modelo hidrodinâmico considerando a alteração do coeficiente de rugosidade do fundo. Todavia não houve qualquer comentário a respeito das diferenças apresentadas pelas séries temporais das componentes paralelas e perpendiculares dos pontos M1, M2 e M3 do ROMS. **Solicita-se que seja elaborada tal comparação.**”*

Vale lembrar que este item subsidia a análise e conclusões de outros temas deste estudo de impacto ambiental. Os resultados apresentados pelo modelo numérico como possíveis trajetórias do óleo em caso de vazamento foram consideradas satisfatórias dentro das limitações que se tem atualmente. Todavia este estudo contou com algumas inovações que merecem mais comentários por parte de quem realizou o estudo. Todas as conclusões constantes neste servirão de subsídio para outros estudos aumentando a confiabilidade dos resultados e métodos adotados.”

Resposta:

Com relação à primeira solicitação, é apresentada a localização dos fundeios M1, M2 e M3 e dos respectivos pontos de grade do modelo hidrodinâmico utilizados nas comparações (**Figura 7 e Figura 8**).

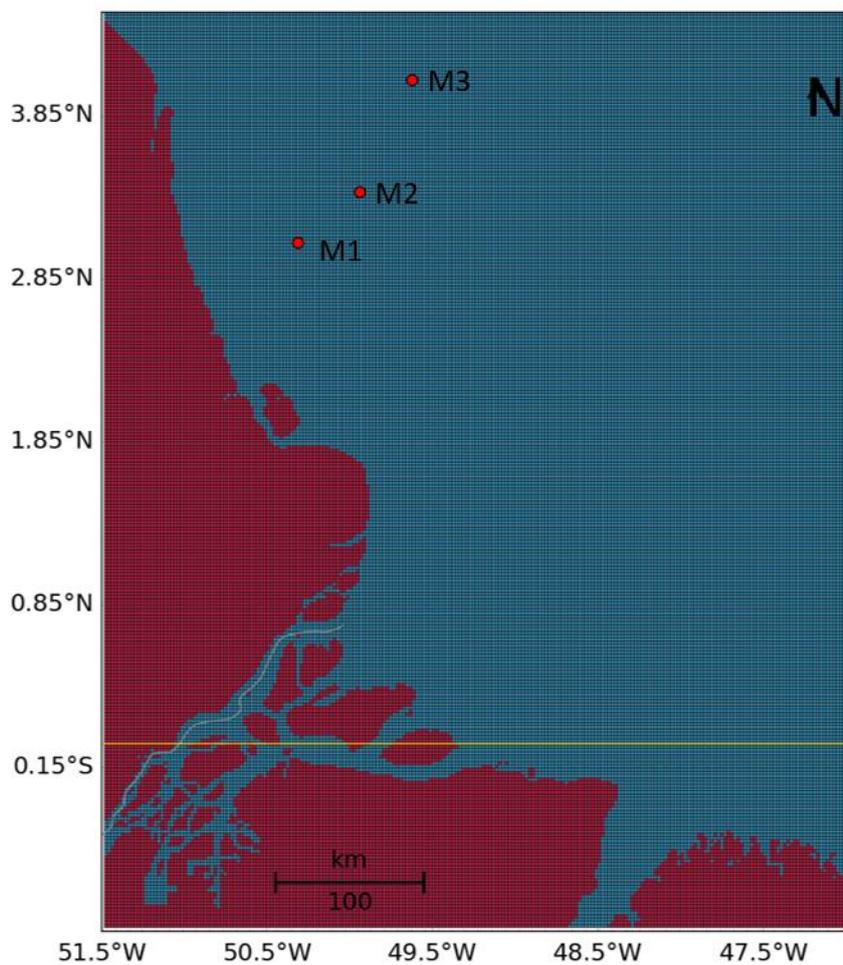


Figura 7: Localização dos fundeios M1, M2 e M3

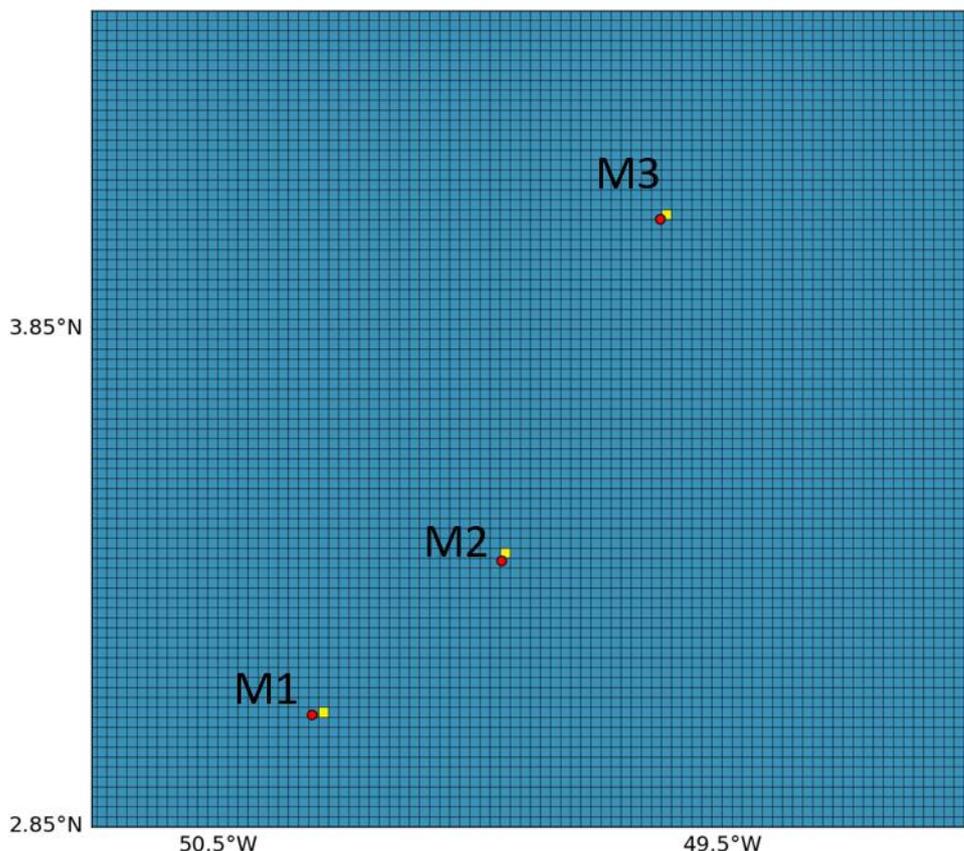


Figura 8: Localização dos pontos utilizados nas comparações. Em vermelho estão os fundeios e em amarelo os pontos de grade do ROMS.

Em atendimento à solicitação do IBAMA, serão apresentadas a seguir comparações dos resultados obtidos com e sem a alteração da rugosidade do fundo da modelagem hidrodinâmica desenvolvida para a modelagem de dispersão de óleo diesel na rota das embarcações. Para isso, são apresentados comparativos das séries temporais das componentes zonais e meridionais das correntes nos pontos M1, M2 e M3 (ver posições nas **Figura 7** e **Figura 8**). O último modelo hidrodinâmico apresentado, considerando o coeficiente de rugosidade variável, foi feito em atendimento às solicitações do IBAMA em resposta ao Parecer Técnico nº 58/17.

Para comparação inicial, são apresentadas as séries temporais das componentes de velocidade (zonal e meridional) obtidas nas modelagens desenvolvidas, tanto com o coeficiente de rugosidade homogêneo como com coeficiente de rugosidade variável (**Figura 9** a **Figura 11**).

As séries demonstram que as mudanças na rugosidade do fundo praticamente não alteraram o padrão direcional das correntes nos pontos analisados (M1, M2 e M3), já que ambas seguem o

mesmo comportamento. Entretanto, ao se analisar as intensidades das correntes, observa-se que a variação de rugosidade resultou em algumas alterações nas velocidades.

Nas séries das componentes de velocidade para o ponto M1 (**Figura 9**), mais próximo da costa, nota-se o predomínio do sinal de maré, onde as séries extraídas demonstram amplitudes e fases sempre muito próximas, com um aumento nas velocidades para o modelo que considera a rugosidade variável.

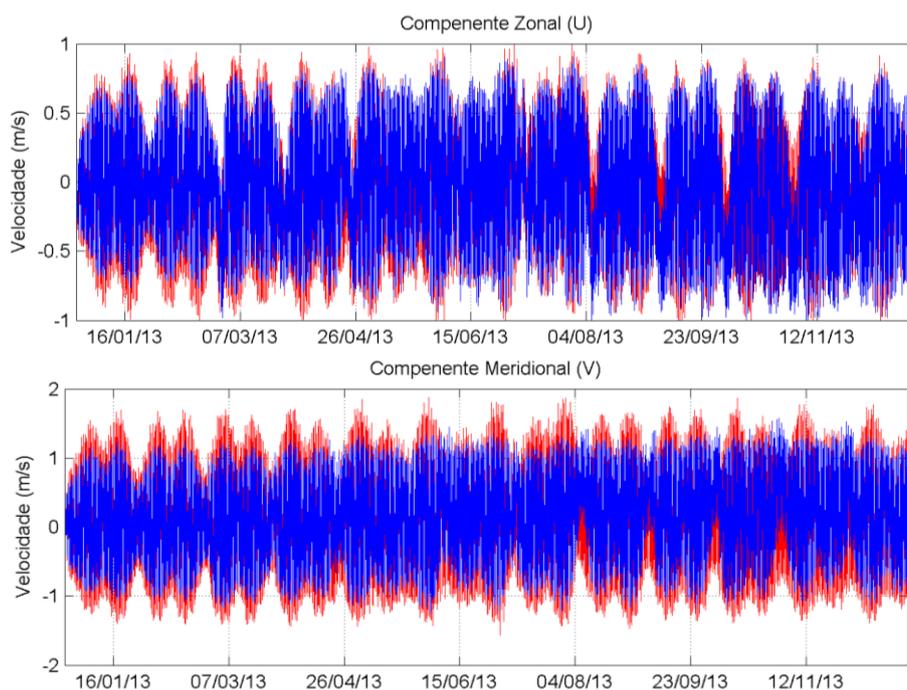


Figura 9: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M1, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

Nos pontos M2 (**Figura 10**) e M3 (**Figura 11**), localizados em porções mais externas da plataforma continental, a influência da maré diminui. Oscilações de mais baixa frequência, referentes à influência da CNB na plataforma continental externa da Bacia da Foz do Amazonas, passam então a ser mais importantes. Essas oscilações foram representadas de forma bastante próxima pelas modelagens com rugosidade homogênea e com rugosidade variável.

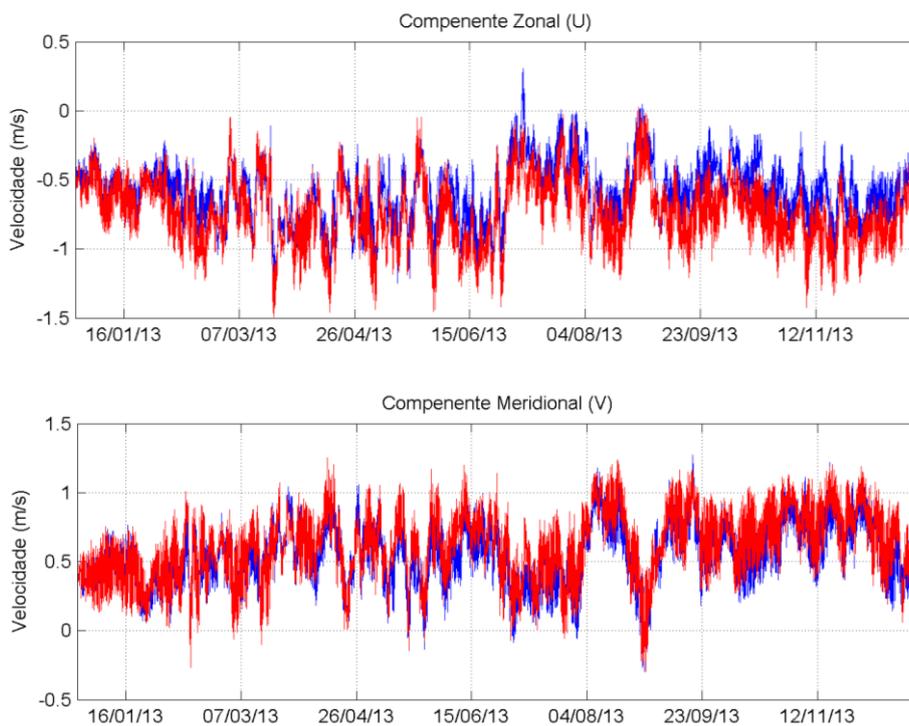


Figura 10: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M2, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

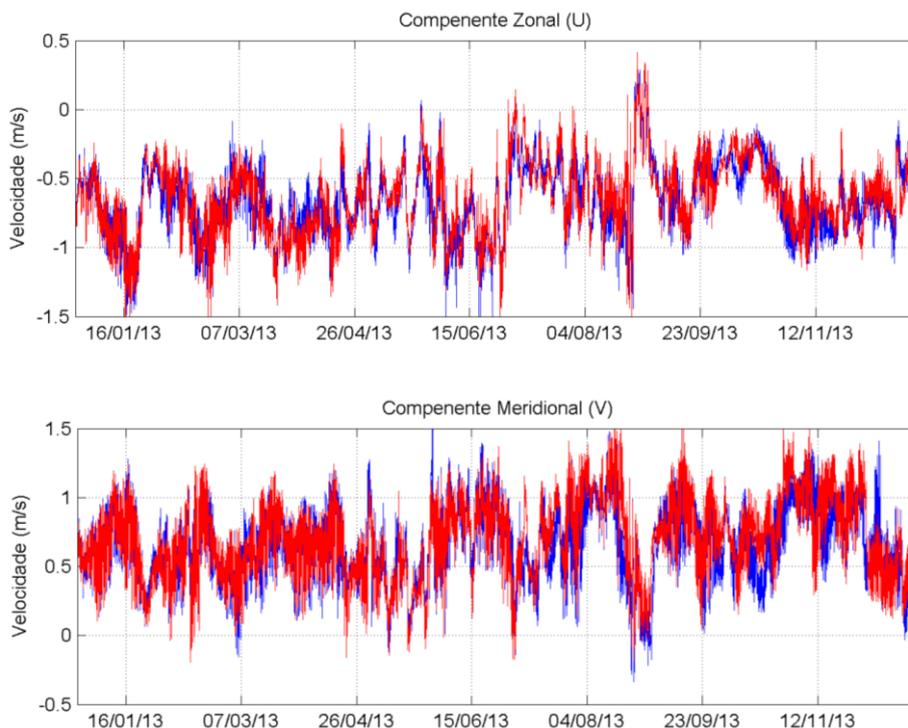


Figura 11: Séries temporais da componente zonal (painel superior) e meridional (painel inferior) das correntes para o ponto M3, extraídas dos resultados do ROMS. Em azul, a série extraída considerando o coeficiente de rugosidade uniforme, e em vermelho, a série considerando o coeficiente de rugosidade variável.

A **Tabela 2** apresenta a estatística básica de velocidade para os fundeios M1, M2 e M3, bem como para os pontos correspondentes do ROMS nas duas modelagens (ROMS 1 – rugosidade uniforme e ROMS 2 – rugosidade variável). Para facilitar a comparação, estes mesmos dados são apresentados na forma de gráficos na Figura 12, Figura 13 e Figura 14.

Para os pontos M1 e M2, houve um aumento nas velocidades na modelagem com a rugosidade variável (ROMS 2). Já para o fundeio M3, a diferença absoluta entre os resultados foi maior, com redução das velocidades na modelagem com rugosidade variável, o que aproximou mais o resultado do modelo com as observações (**Figura 14**).

Tabela 2: Tabela de estatística básica e percentis (50%, 75% e 90%) da magnitude das velocidades calculados para os fundeios M1, M2 e M3 e seus pontos correspondentes nas modelagens com rugosidade uniforme (ROMS 1) e com rugosidade variável (ROMS 2). Na tabela: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

	Min (m/s)	Média (m/s)	Max (m/s)	DP (m/s)	P50 (m/s)	P75 (m/s)	P90 (m/s)
M1	0,024	0,810	1,913	0,367	0,808	1,068	1,304
ROMS 1	0,001	0,793	1,670	0,391	0,819	1,113	1,312
ROMS 2	0,002	0,888	2,229	0,451	0,911	1,249	1,481
M2	0,019	0,806	1,804	0,359	0,782	1,061	1,298
ROMS 1	0,178	0,840	1,451	0,234	0,839	1,017	1,145
ROMS 2	0,247	1,013	1,646	0,260	1,030	1,208	1,348
M3	0,257	0,724	1,285	0,161	0,695	0,818	0,961
ROMS 1	0,035	0,973	1,886	0,290	0,967	1,192	1,357
ROMS 2	0,006	0,592	1,247	0,192	0,612	0,731	0,826

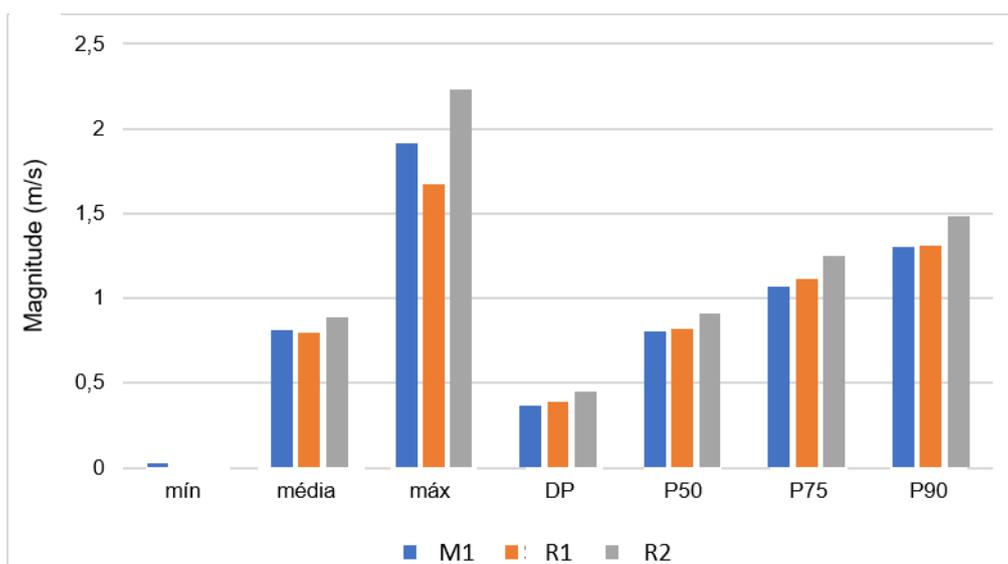


Figura 12: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M1 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

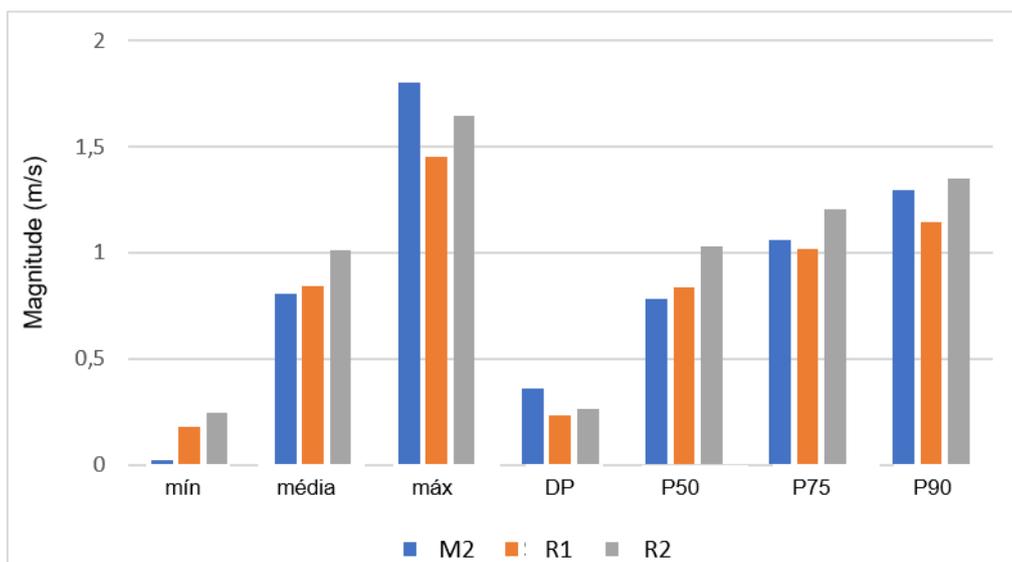


Figura 13: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M2 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

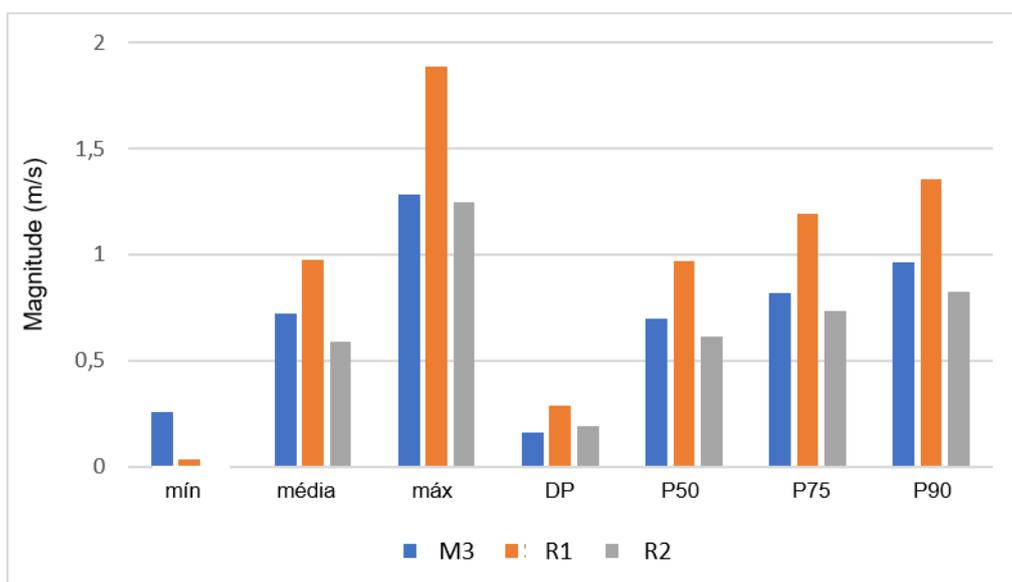


Figura 14: Comparação da estatística básica e percentis da magnitude da velocidade em m/s para o fundeio M3 e os resultados das modelagens com rugosidade uniforme (R1) e variável (R2). No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

O padrão de circulação ao longo de todo o domínio de modelagem foi pouco alterado, como demonstrado pelos campos médios mensais de correntes superficiais obtidos para as modelagens com rugosidade homogênea e variável (**Figura 15 a Figura 26**).

Como pode ser observado nas figuras acima citadas, o padrão de circulação e posicionamento da CNB não foi alterado pela inclusão da rugosidade variável. A pluma do Amazonas se comporta de forma semelhante nas modelagens hidrodinâmicas com e sem alteração da rugosidade, com deslocamento para a direção *offshore* e para oeste. Nota-se que na modelagem que considera a rugosidade variável, os campos de velocidade na foz do rio Amazonas são um pouco mais turbulentos. Este é um efeito esperado, uma vez que a rugosidade é um dos principais parâmetros que afetam as características da propagação da onda de maré em áreas rasas. Efeito semelhante já foi observado em trabalhos prévios desenvolvidos na área de estudo (GABIOUX *et al.*, 2005; PIATAM-OCEANO, 2008; VILELA, 2011; MOLINAS, 2014).

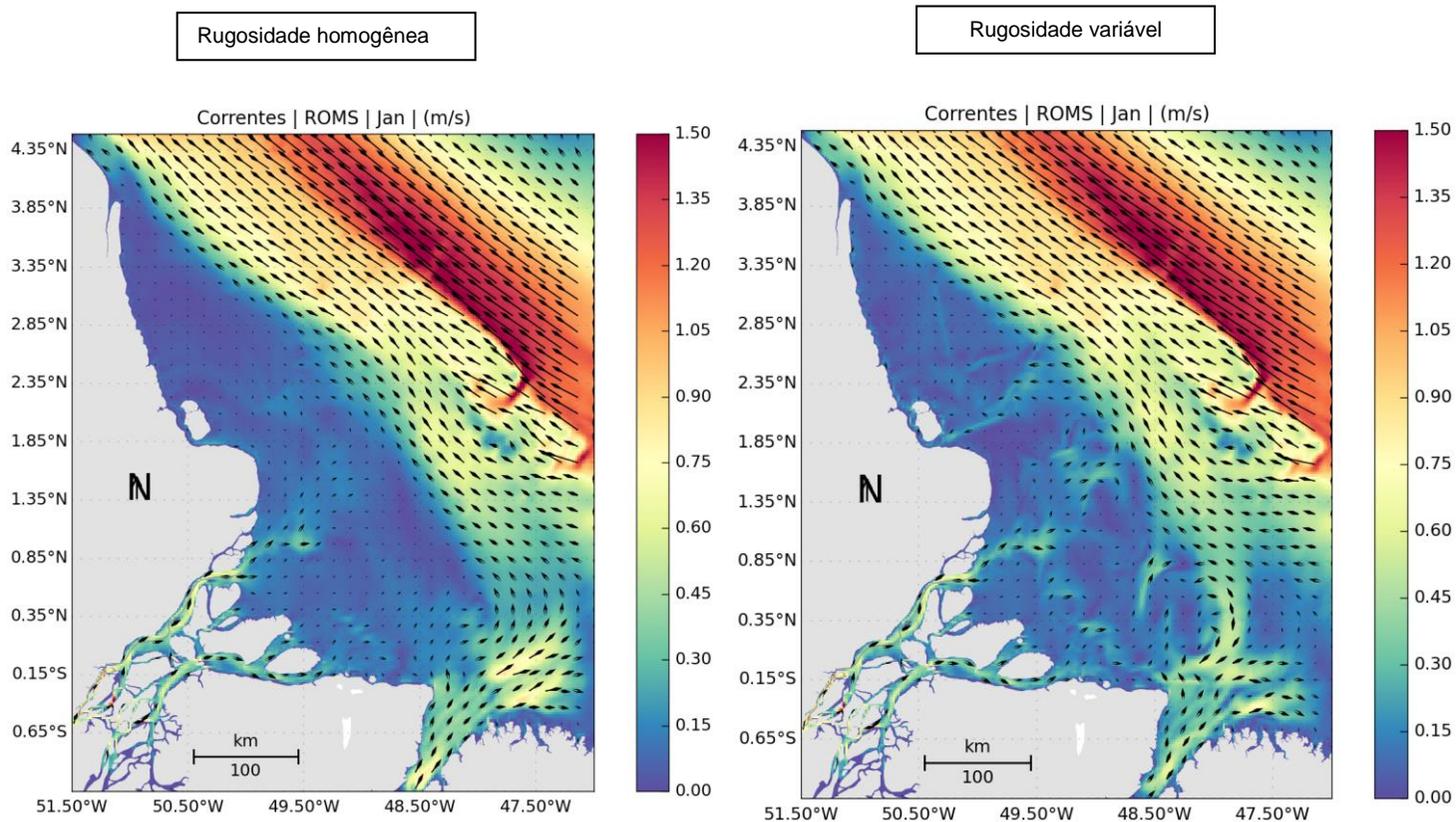


Figura 15: Campo médio de circulação para o mês de janeiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

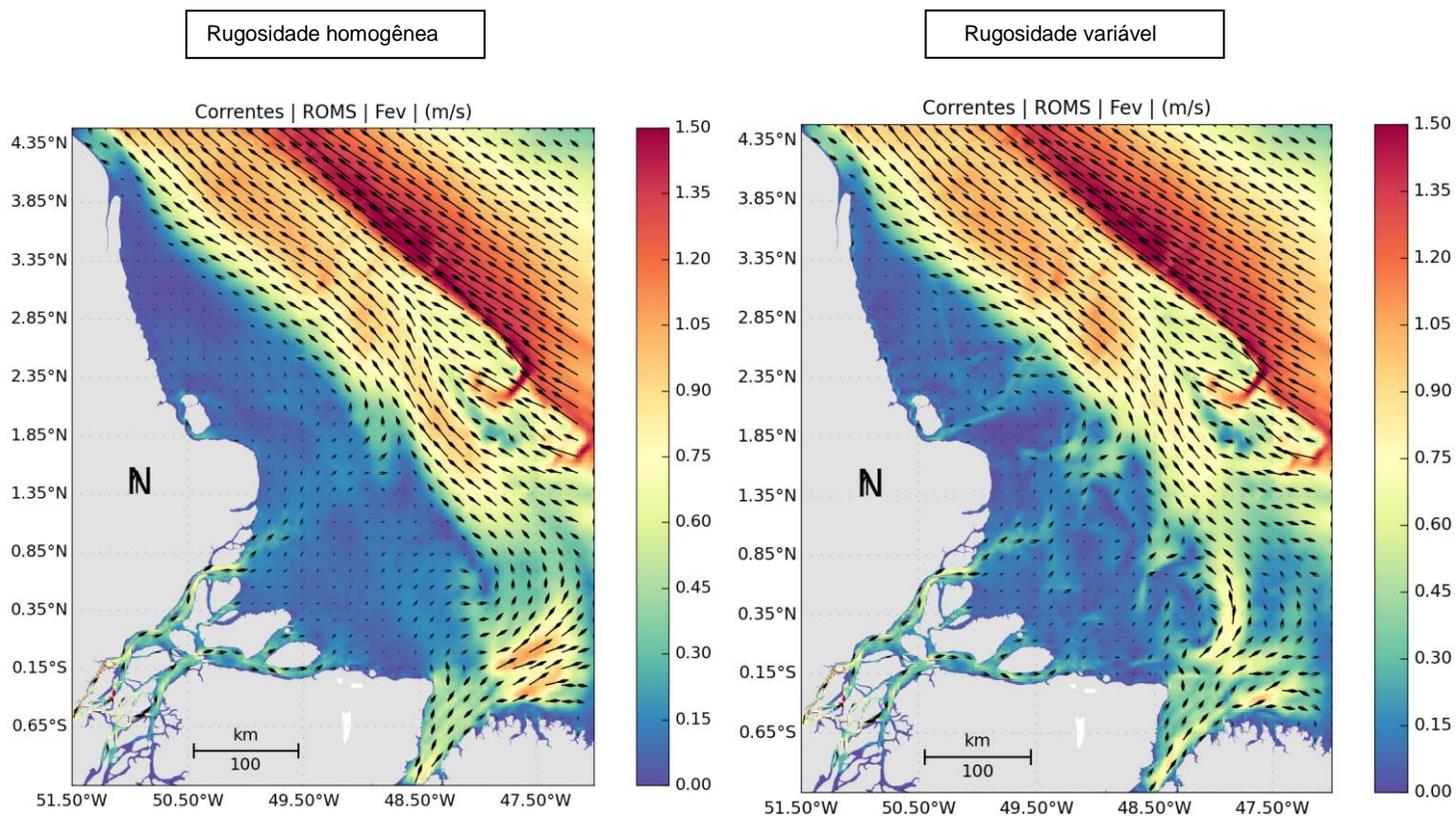


Figura 16: Campo médio de circulação para o mês de fevereiro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

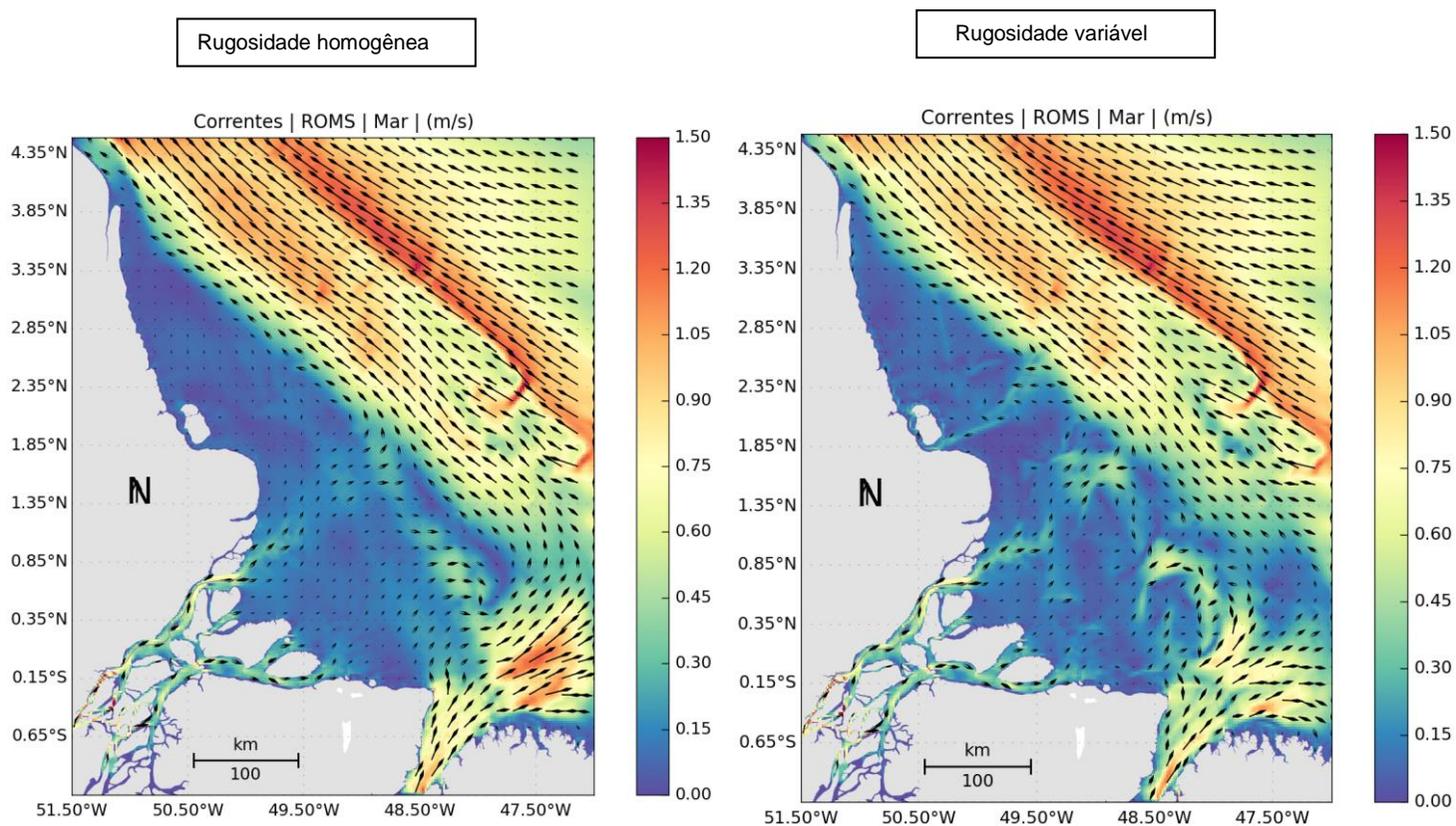


Figura 17: Campo médio de circulação para o mês de março obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

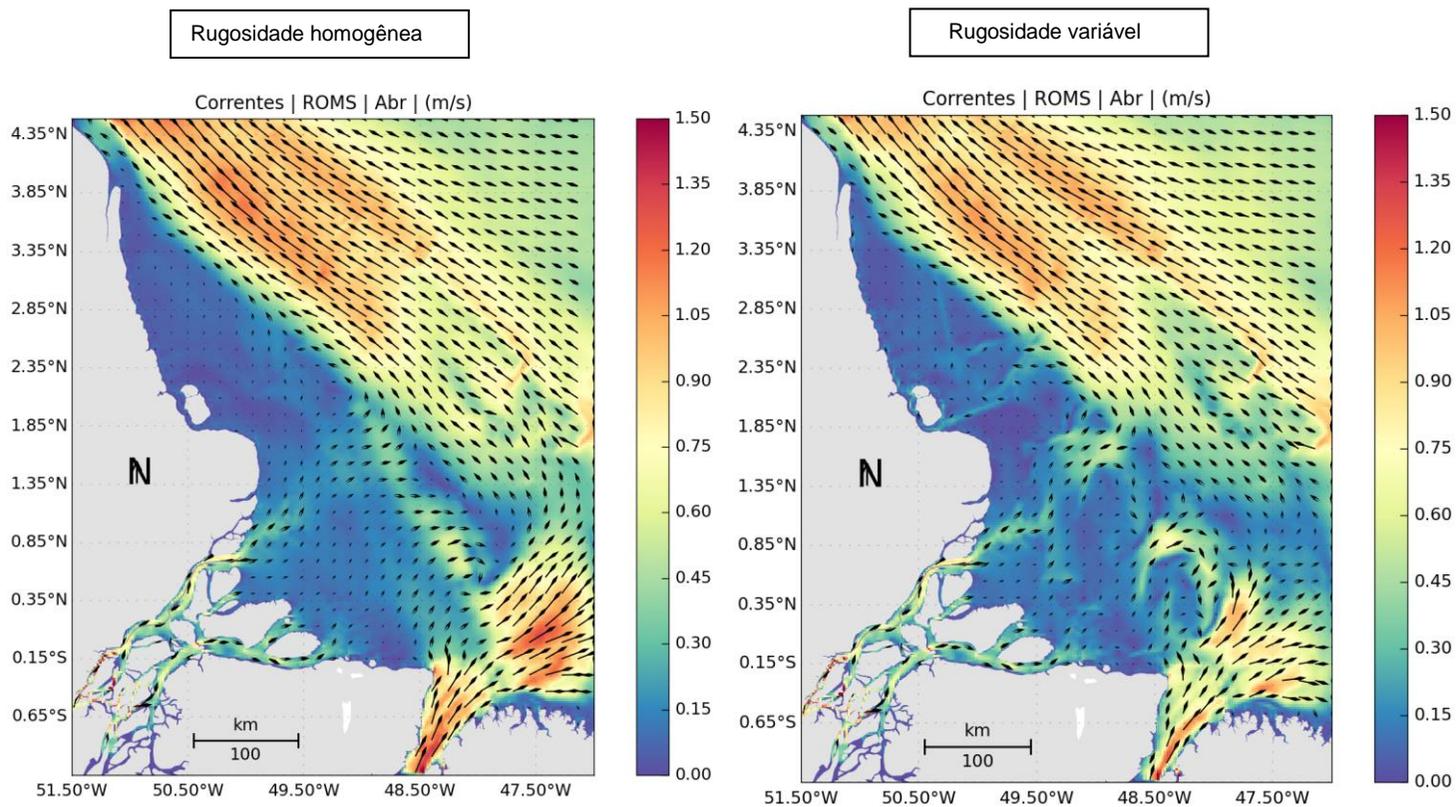


Figura 18: Campo médio de circulação para o mês de abril obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

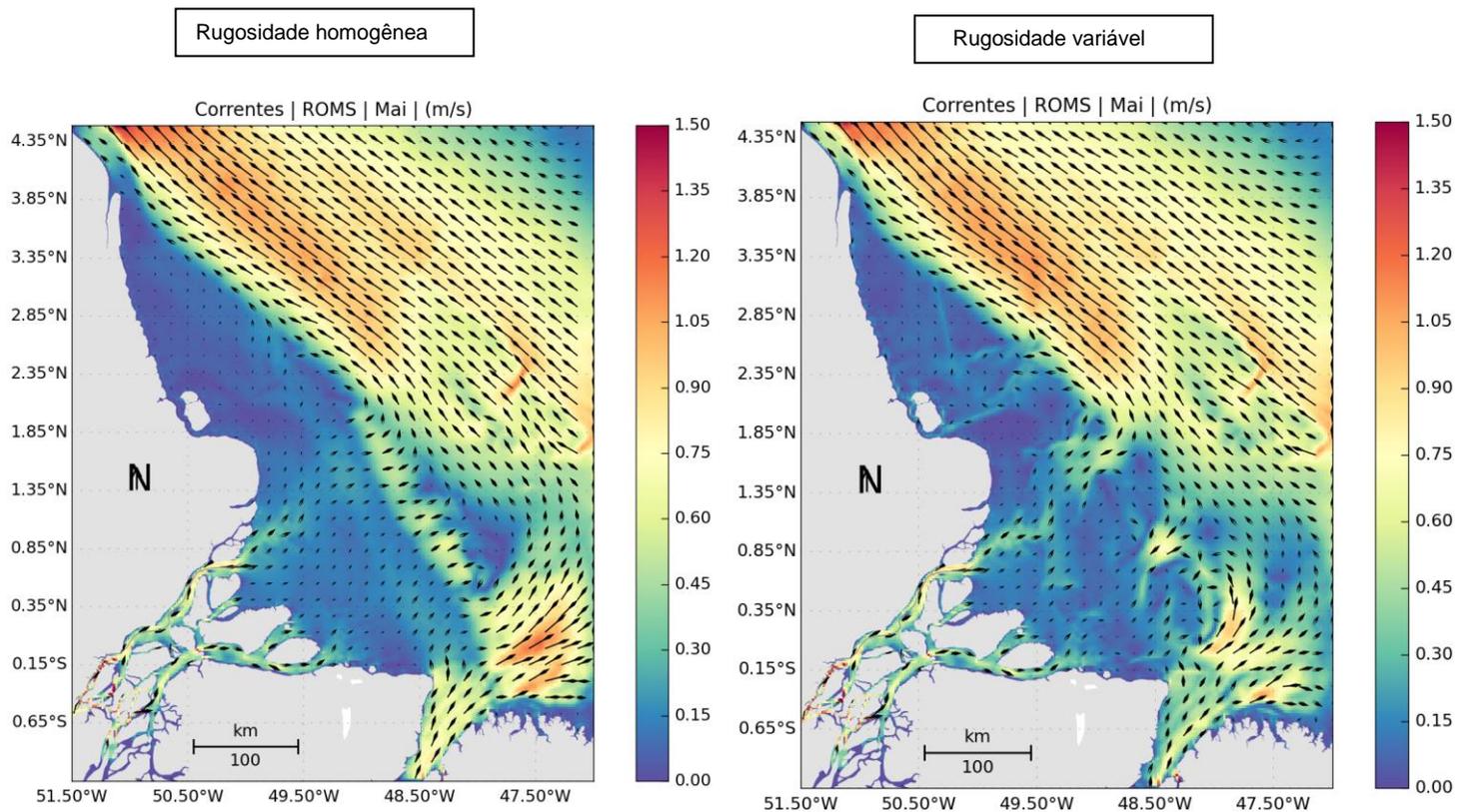


Figura 19: Campo médio de circulação para o mês de maio obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

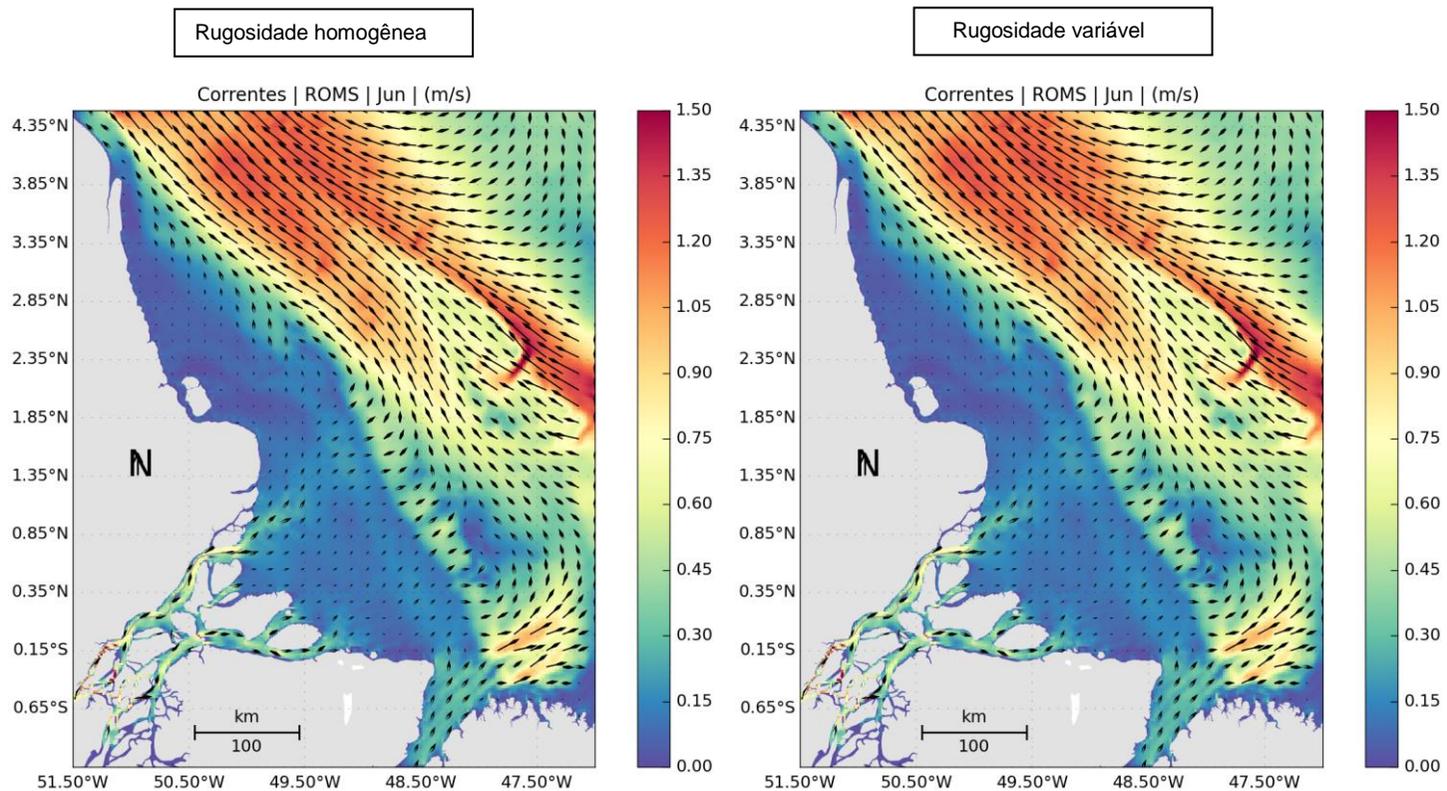


Figura 20: Campo médio de circulação para o mês de junho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

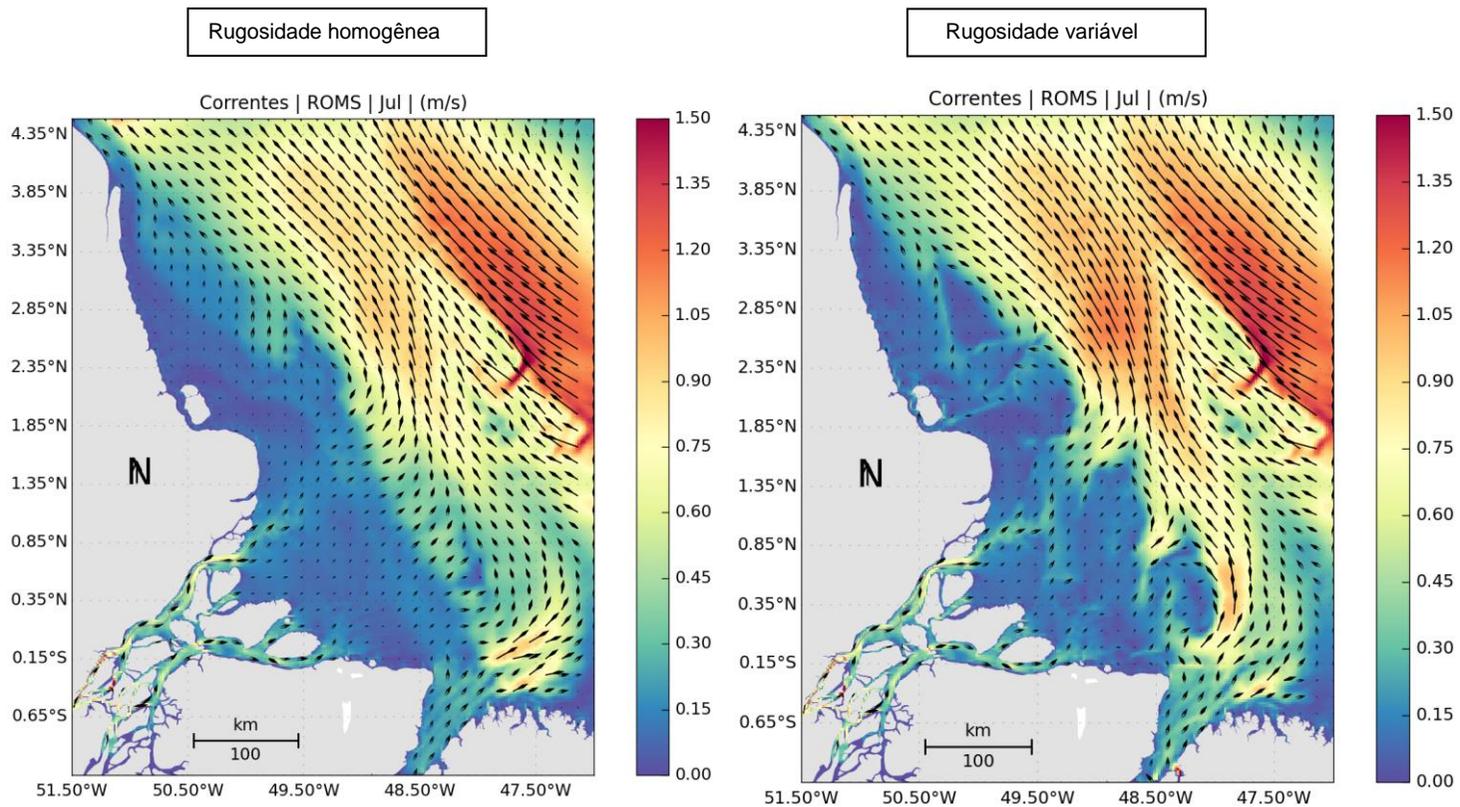


Figura 21: Campo médio de circulação para o mês de julho obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

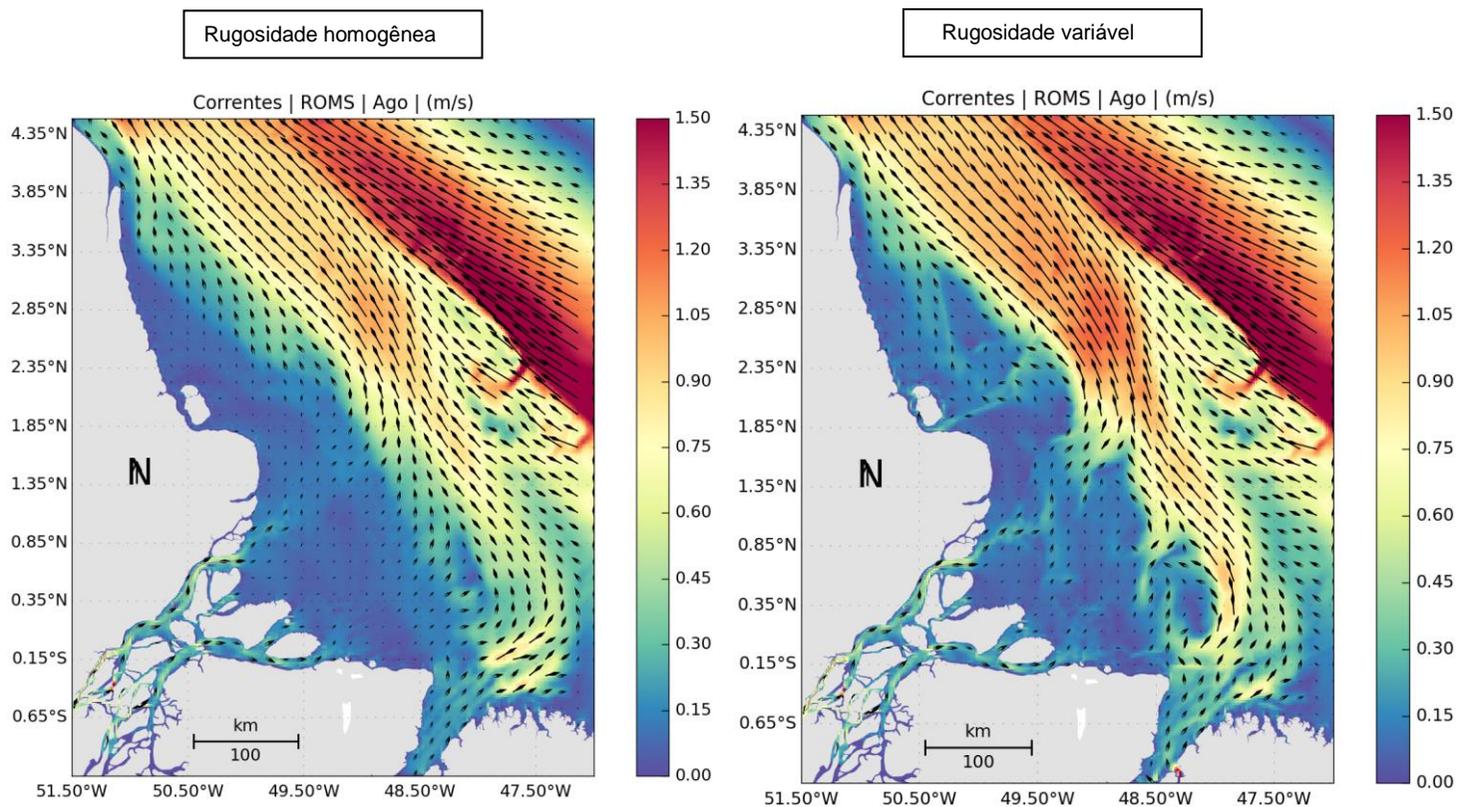


Figura 22: Campo médio de circulação para o mês de agosto obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

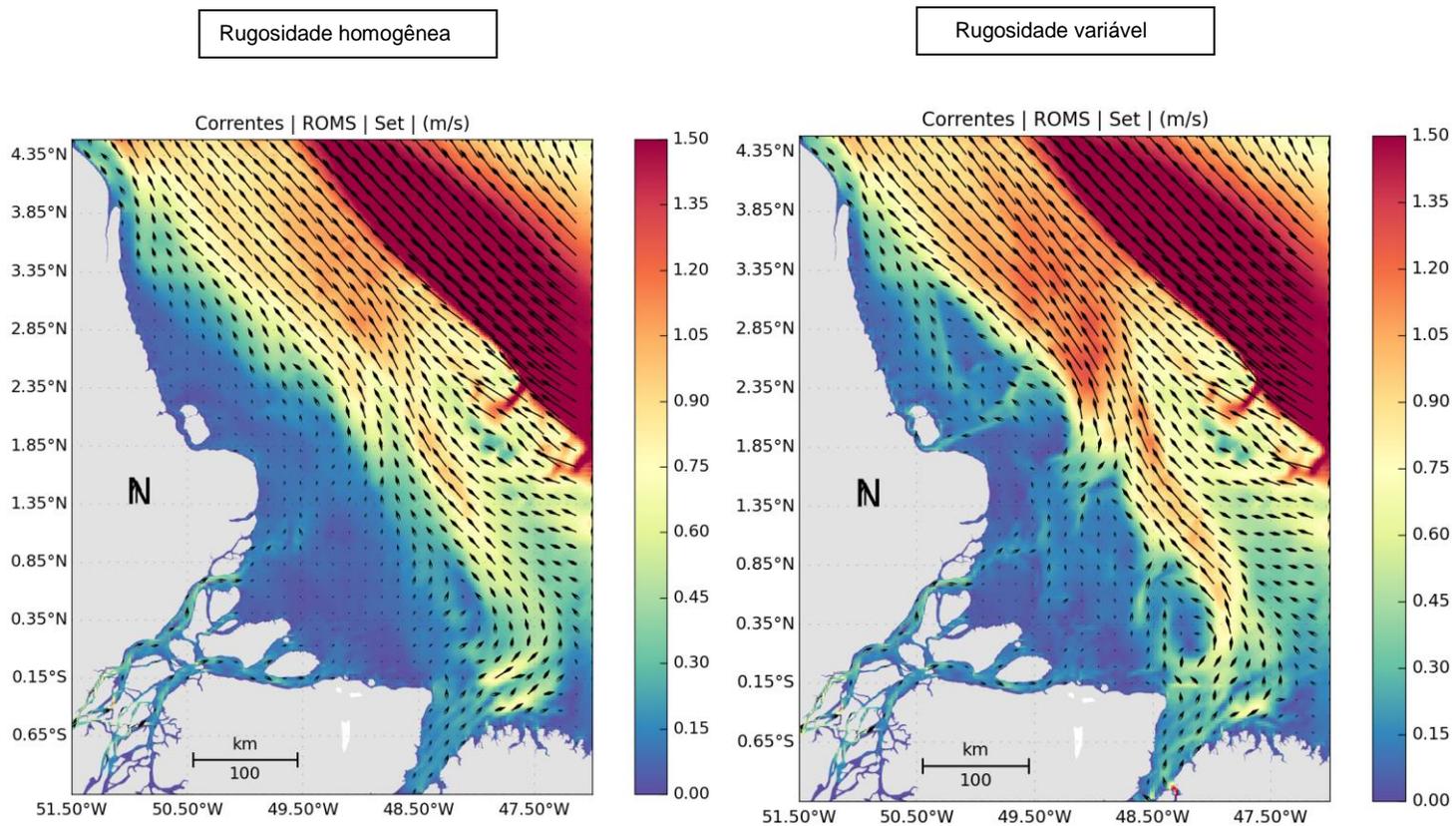


Figura 23: Campo médio de circulação para o mês de setembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

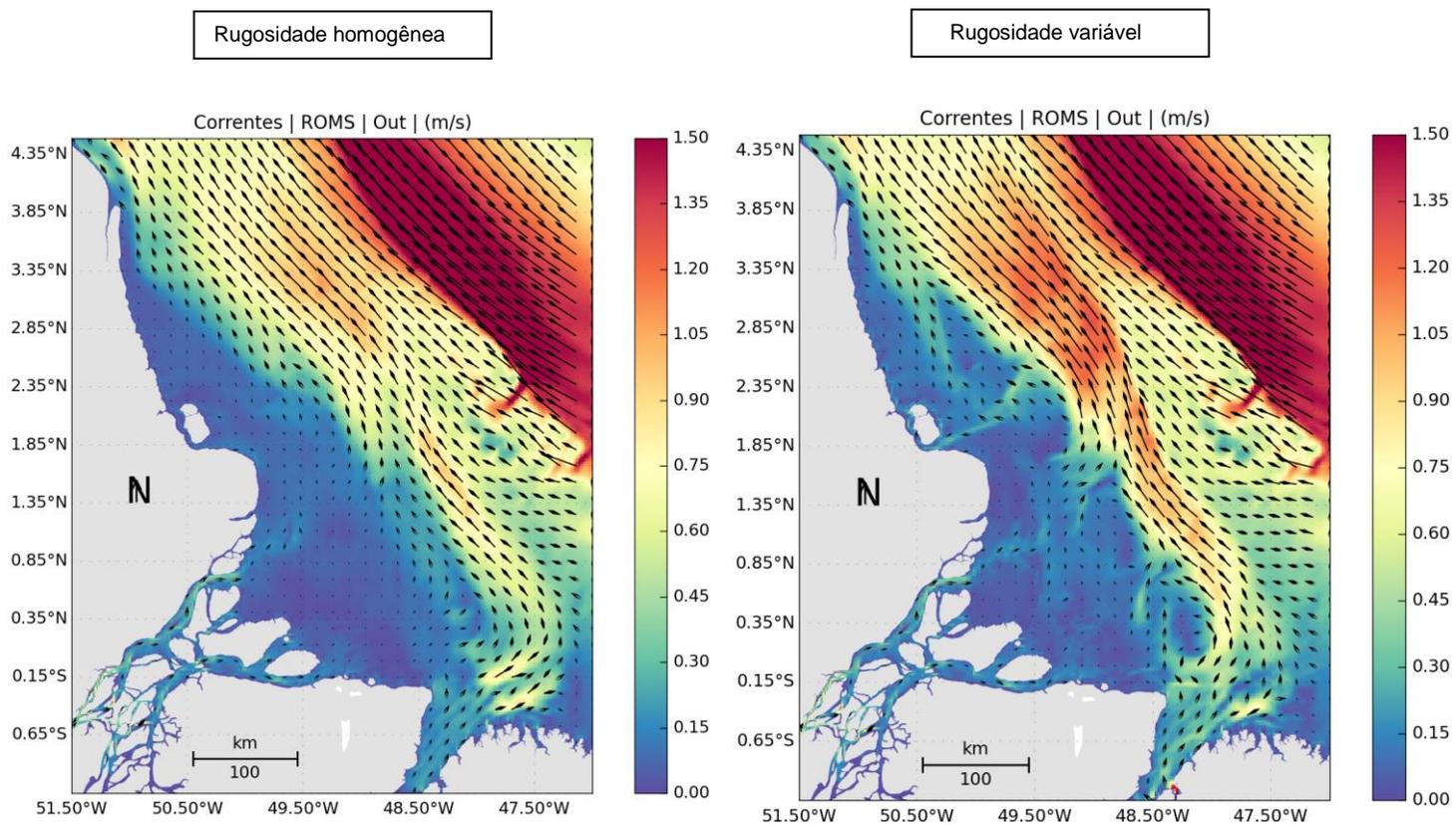


Figura 24: Campo médio de circulação para o mês de outubro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

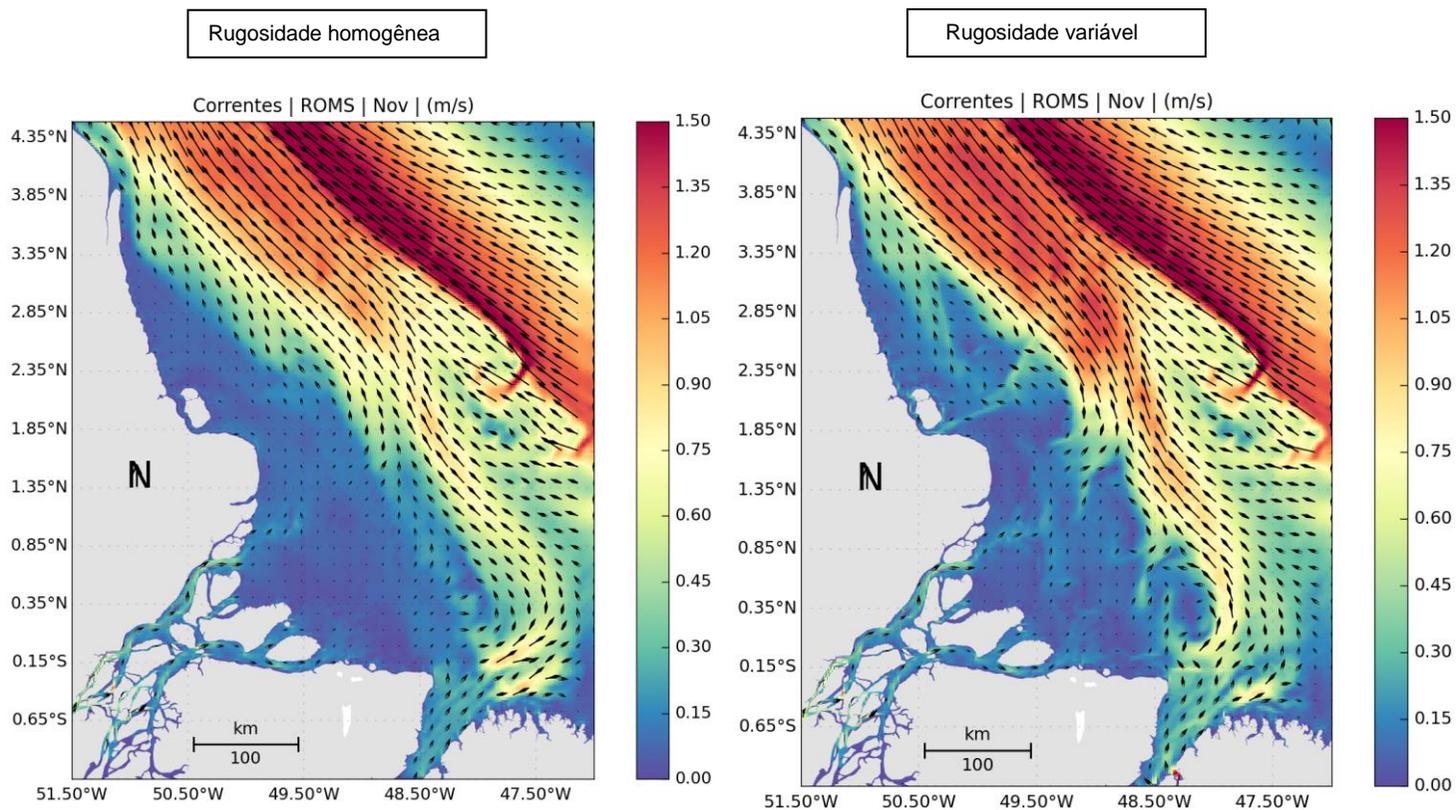


Figura 25: Campo médio de circulação para o mês de novembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

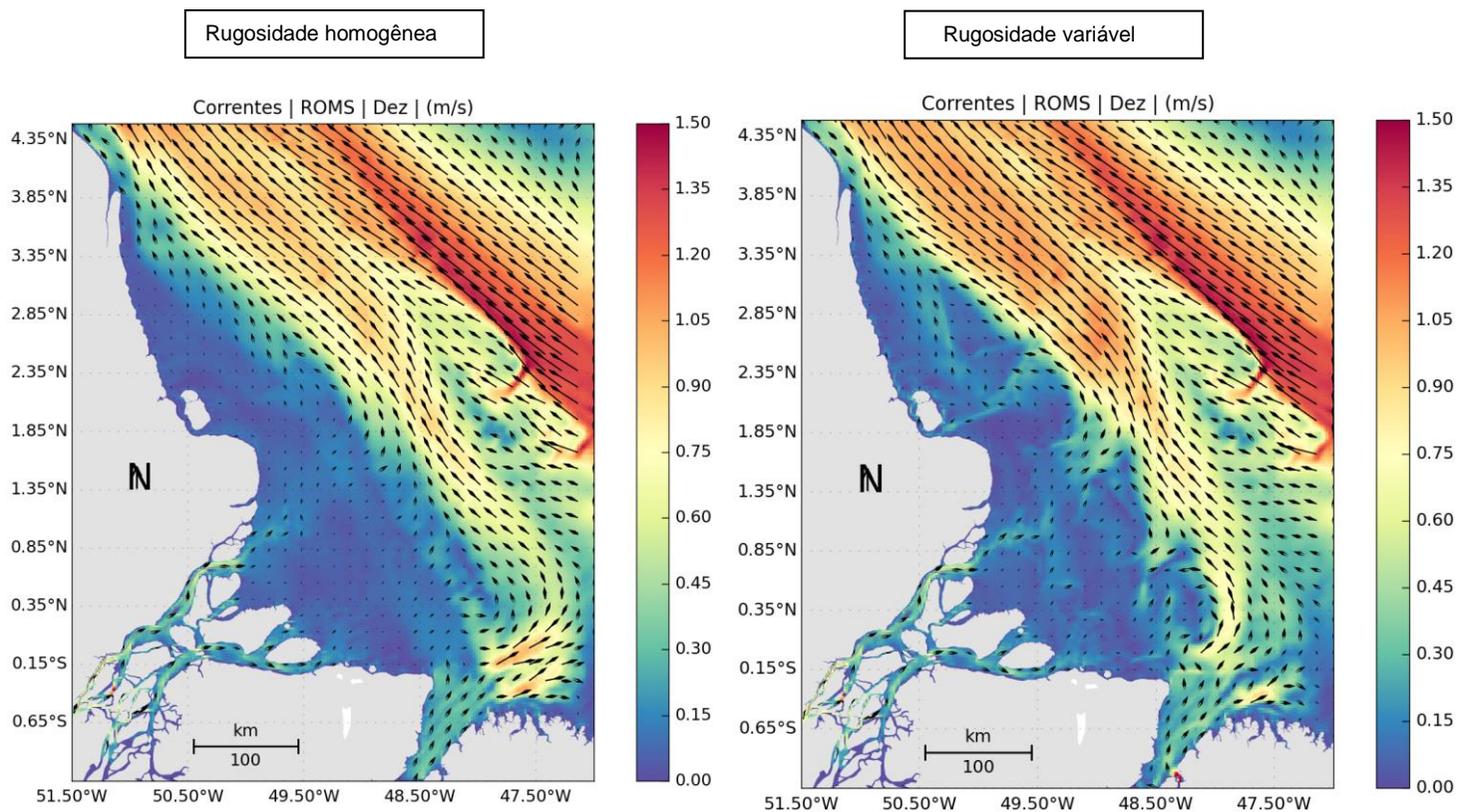


Figura 26: Campo médio de circulação para o mês de dezembro obtido da modelagem com coeficiente de rugosidade homogêneo (esquerda) e variável (direita).

Em resumo, pode-se considerar que a modelagem considerando a rugosidade variável gerou um padrão de circulação bastante próximo ao da modelagem anterior, em que não foi considerada variação da rugosidade do fundo. Entretanto, notou-se um aumento da turbulência na região da pluma do rio Amazonas, e amplificação das velocidades associadas às correntes dominadas por maré. Vale ressaltar que esta amplificação das velocidades de maré já era esperada, uma vez que o efeito da amplitude da rugosidade de fundo sobre o escoamento se dá na camada limite de fundo – quanto menor a rugosidade, menor o atrito e consequentemente a atenuação das correntes.

Questionamento 2

“Salienta-se que diante da confirmação das novas descobertas de outras áreas de recifes biogênicos na região, os resultados da modelagem devem ser considerados na avaliação de risco.”

Resposta:

Diante do novo mapeamento considerado para o CVA Recifes Biogênicos, de fato foi feita uma nova avaliação dos valores de probabilidade de presença de óleo para este CVA. Essa análise apontou que não houve alteração do valor máximo de probabilidade para os recifes, mesmo considerando estes novos limites. Mais comentários sobre o assunto são apresentados na seção de respostas ao item II.12 Análise e Gerenciamento de Risco, dentro deste documento.

3. Referências bibliográficas

GABIOUX M, VINZON S, PAIVA, A.M., 2005. *Tidal propagation over fluid mud layers on Amazon shelf*. Continental Shelf Research 25: 113-125

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE), 2007. *Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira – Zona Marinha*. 102 p.

MOURA R. L.; AMADO-FILHO G. M.; MORAES F.C.; BRASILEIRO P. S.; SALOMON P. S.; MAHIQUES M. M.; BASTOS A. C.; ALMEIDA M. G.; SILVA J. M. JR.; ARAUJO B. F.; BRITO F. P.; RANGEL T. P.; OLIVEIRA B. C.; BAHIA R. G.; PARANHOS R. P.; DIAS R.

J.; SIEGLE E.; FIGUEIREDO A. G. JR.; PEREIRA R. C.; LEAL C. V.; HAJDU E.; ASP N. E.; GREGORACCI G. B.; NEUMANN-LEITÃO S.; YAGER P. L.; FRANCINI-FILHO R. B.; FRÓES A.; CAMPEÃO M.; SILVA B. S.; MOREIRA A. P.; OLIVEIRA L.; SOARES A. C.; ARAUJO L.; OLIVEIRA N. L.; TEIXEIRA J. B.; VALLE R. A.; THOMPSON C. C.; REZENDE C.E.; THOMPSON F. L. *An extensive reef system at the Amazon River mouth*. Science Advances. 2016;2(4):e1501252. doi:10.1126/sciadv.1501252.

VILELA, C.P.X., 2011, *Influência da hidrodinâmica sobre os processos de acumulação de sedimentos finos no estuário do rio Amazonas*, DSc Thesis, Coastal and Oceanographic Engineering Program, Federal University of Rio de Janeiro, 87 p.

MOLINAS, E. 2014. *Dinâmica da frente salina e residuais de velocidade na plataforma continental interna amazônica*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro,