



Relatório Técnico [rev.01]

Resposta ao Parecer Técnico nº 58/17

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

22 de dezembro 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 00

Data: 11 / 10 / 2017

Descrição: Documento original

Responsável: Henery Garção

Empresa: Prooceano

Revisão nº 01

Data: 22 / 12 / 2017

Descrição: Alterações nos itens 2.1 e 2.2

Responsável: Henery Garção

Empresa: Prooceano

Revisão nº 02

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa:

Sumário

1. Introdução	9
2. Questionamentos	9
2.1. Modelagem Hidrodinâmica	9
2.2. Modelagem de Dispersão de Óleo	77
2.3. Modelagem de Dispersão de Poluentes na rota de embarcação	88
3. Referências Bibliográficas.....	95

Índice de Imagens

Figura 1: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita).....	16
Figura 2: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita).....	17
Figura 3: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita).....	17
Figura 4: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita).....	17
Figura 5: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita).....	18
Figura 6: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita).....	18
Figura 7: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita).....	18
Figura 8: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita).....	19
Figura 9: Trajetória descrita pelo derivador 09 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 09 e os resultados do ROMS (direita).....	19
Figura 10: Trajetória descrita pelo derivador 10 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 10 e os resultados do ROMS (direita).....	19
Figura 11: Trajetória descrita pelo derivador 11 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 11 e os resultados do ROMS (direita).....	20
Figura 12: Trajetória descrita pelo derivador 12 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 12 e os resultados do ROMS (direita).....	20
Figura 13: Trajetória descrita pelo derivador 13 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 13 e os resultados do ROMS (direita).....	20
Figura 14: Trajetória descrita pelo derivador 14 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 14 e os resultados do ROMS (direita).....	21
Figura 15: Trajetória descrita pelo derivador 15 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 15 e os resultados do ROMS (direita).....	21

Figura 16: Trajetória descrita pelo derivador 16 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 16 e os resultados do ROMS (direita).....	21
Figura 17: Trajetória descrita pelo derivador 17 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 17 e os resultados do ROMS (direita).....	22
Figura 18: Localização dos perfis adicionais extraídos do WOA13 e do ROMS para comparação.....	24
Figura 19: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	26
Figura 20: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	28
Figura 21: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	30
Figura 22: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	32
Figura 23: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	34
Figura 24: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	35

- Figura 25: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 36
- Figura 26: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 38
- Figura 27: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 40
- Figura 28: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 41
- Figura 29: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 43
- Figura 30: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 44
- Figura 31: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 45
- Figura 32: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de primavera

- (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 46
- Figura 33: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 47
- Figura 34: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 49
- Figura 35: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 50
- Figura 36: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 51
- Figura 37: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 53
- Figura 38: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável..... 54
- Figura 39: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No

bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	56
Figura 40: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	57
Figura 41: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	58
Figura 42: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	59
Figura 43: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	60
Figura 44: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	62
Figura 45: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	63
Figura 46: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	64

Figura 47: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	65
Figura 48: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.....	66
Figura 49: Batimetria do ETOPO1 (painel superior) e da Carta Náutica 040 (painel inferior) interpoladas para a grade do ROMS.	69
Figura 50: Localização dos pontos M1, M2 e M3 onde foram coletados os dados de corrente. Fonte: Alessi <i>et al.</i> (1992).....	72
Figura 51: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M1.	73
Figura 52: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M1.....	74
Figura 53: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M2.	74
Figura 54: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M2.....	75
Figura 55: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M3.	75
Figura 56: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi <i>et al.</i> (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M3.....	76
Figura 57: Campos médios de densidade para o período chuvoso – janeiro a junho- (esquerda) e seco – julho a dezembro - (direita).	77
Figura 58: Campo médio de correntes superficiais obtidas do ROMS para os meses de abril (período chuvoso/cheia do rio) e de outubro (período seco/seca do rio).	79
Figura 59: 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-57 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).....	86

- Figura 60: 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-57 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita). 87
- 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). 88
- Figura 62: 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-127 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita). 89
- Figura 63: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-57. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno. 90
- Figura 64: 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-127. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno. 91
- Figura 65: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M1 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%. 95
- Figura 66: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M2 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%. 96
- Figura 67: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M3 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%. 96
- Figura 68: Rosas de correntes elaboradas com os dados de Alessi et al. (1992) digitalizados (esquerda) e os respectivos pontos do ROMS (direita). 98

Índice de Tabelas

Tabela 1: Derivadores e o índice de concordância de Wilmot das comparações modelo/derivador para o período de janeiro a dezembro de 2013.....	23
Tabela 2: Cenários determinísticos simulados e seus respectivos resultados de área, concentração máxima e percentual máximo de óleo no fundo marinho ao final das simulações.....	83
Tabela 3: Valores comparativos na região dos recifes biogênicos descritos por Moura <i>et al.</i> (2016) entre os resultados das simulações considerando ausência e presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.	92

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: Flávia Pozzi Pimentel

Registro no Conselho de Classe:

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

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: 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): Todas

Assinatura: _____

Nome: Gabriel Vieira de Carvalho

Registro no Conselho de Classe:

Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental: 5416625

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 as demandas referentes aos itens do Anexo II.8 (Modelagem Hidrodinâmica, de Dispersão de Óleo e de Dispersão de Poluentes na rota de embarcação) apresentadas no Parecer Técnico nº 58/2017, de 28 de agosto 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.

2. Questionamentos

2.1. Modelagem Hidrodinâmica

2.1.1 Questionamento 1

“Reforça-se a orientação de aumentar os esforços para o levantamento de dados meteorológicos e oceanográficos na região com o intuito de aprimorar os modelos hidrodinâmicos para futuros estudos.”

Resposta: A Total Brasil E&P manifesta sua concordância com a orientação do IBAMA. Nesse sentido, aproveitamos a oportunidade para relatar que, desde 2014, as empresas operadoras da Margem Equatorial Brasileira (MEB), entenderam a necessidade de se fazer novos levantamentos de dados ambientais primários na região, visando ampliar o conhecimento da área. O grupo, reunido no IBP, definiu duas linhas de ações para tratar esse problema.

A primeira delas foi a contratação de um estudo para levantamento de dados de caracterização ambiental na região dos blocos exploratórios (coleta e análise de água e sedimentos, imageamento do fundo, etc.).

A segunda foi a elaboração e contratação de um projeto para levantamento de dados meteorológicos e oceanográficos. O projeto inicialmente incluiu profissionais das empresas operadoras e do IBAMA, e definiu estratégias para se atingir objetivos tais como: revisar o conhecimento oceanográfico da região disponível na literatura, sintetizar e ampliar o conhecimento científico sobre a circulação oceânica regional oferecendo uma maior confiabilidade às modelagens, desenvolver uma base hidrodinâmica aplicável à região da MEB para aplicação em estudos de modelagem de transporte de óleo, permitir o refinamento do cálculo de componentes de valor ambiental, subsidiando análises de vulnerabilidade mais precisas, dentre outros.

Ambas as iniciativas estão em andamento e irão gerar resultados que permitirão aprimorar o conhecimento hidrodinâmico na região.

2.1.2 Questionamento 2

“Considerando as incertezas geradas pela metodologia adotada, solicita-se a análise estatística modelo/derivador para cada derivador separadamente, a fim que se compara, na medida do possível, as áreas melhores representadas pelo modelo.”

Resposta: Em atendimento a esta solicitação, são apresentadas, a seguir, as comparações dos resultados da modelagem hidrodinâmica com dados de derivadores lagrangianos de superfície do GDP (*Global Drifter Program*).

Na elaboração do relatório de modelagem de dispersão de óleo, revisão 00, encaminhado na versão original do EIA da atividade, foram considerados os dados de derivadores do GDP disponíveis à época (anteriores a fevereiro de 2015), cuja trajetória estava contida no domínio da modelagem hidrodinâmica. Na ocasião da elaboração da resposta ao Parecer Técnico nº 55/17 (março de 2017), os dados de derivadores na base do GDP apresentados originalmente foram complementados com os dados mais recentes desta base. Ao todo, dados de 17 derivadores do GDP foram utilizados para essa comparação.

Para facilitar análise, estamos reapresentando a seguir, de forma resumida, as informações apresentadas no relatório de modelagem e na resposta ao Parecer Técnico nº 55/17, seguidos dos resultados de análise estatística para cada derivador, conforme solicitado no presente Parecer.

As informações sobre as trajetórias para os derivadores apresentadas no relatório de modelagem de óleo original são apresentadas na Tabela 1 e para os derivadores apresentados na Parecer Técnico nº 55/17 são apresentadas na Tabela 2. As trajetórias de cada derivador, bem como as comparações das séries de correntes do ROMS para cada um, são apresentadas da Figura 1 a Figura 17.

Tabela 1: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores apresentados no relatório de modelagem de óleo original.

Derivador	Data Inicial	Longitude	Latitude	Data Final	Longitude	Latitude
01	26/12/2012	45,76°W	8,40°	20/01/2013	49,37°W	5,63°
02	23/01/2013	42,01°W	10,16°	23/05/2013	56,40°W	11,30°
03	27/02/2013	42,09°W	1,08°	05/03/2013	45,87°W	0,76°
04	27/02/2013	42,02°W	1,06°	29/06/2013	58,69°W	10,28°
05	12/02/2013	42,06°W	2,20°	19/04/2013	55,73°W	14,49°
06	09/06/2013	42,03°W	1,81°	17/06/2013	45,97°W	0,85°
07	08/06/2013	42,00°W	1,55°	29/06/2013	47,58°W	0,33°
08	10/01/2013	42,01°W	2,04°	23/06/2013	61,30°W	11,38°
09	07/05/2013	42,11°W	2,06°	29/06/2013	45,21°W	6,06°

Tabela 2: Datas e coordenadas dos pontos iniciais e finais das trajetórias dos derivadores apresentados na resposta ao Parecer Técnico nº 55/17.

Derivador	Data Inicial	Longitude	Latitude	Data Final	Longitude	Latitude
10	01/07/2013	59,41°W	10,29°	07/07/2013	61,49°W	14,50°
11	28/07/2013	42,01°W	14,34°	18/10/2013	60,23°W	14,49°
12	10/07/2013	42,04°W	9,32°	13/12/2013	61,45°W	13,96°
13	17/08/2013	42,01°W	1,39°	30/08/2013	42,42°W	6,38°
14	02/12/2013	42,08°W	1,26°	22/12/2013	47,34°W	0,59°
15	04/11/2013	42,06°W	1,11°	07/11/2013	43,49°W	0,85°
16	18/11/2013	42,00°W	0,17°	30/12/2013	57,30°W	9,68°
17	01/07/2013	45,84°W	6,45°	23/07/2013	42,08°W	5,61°

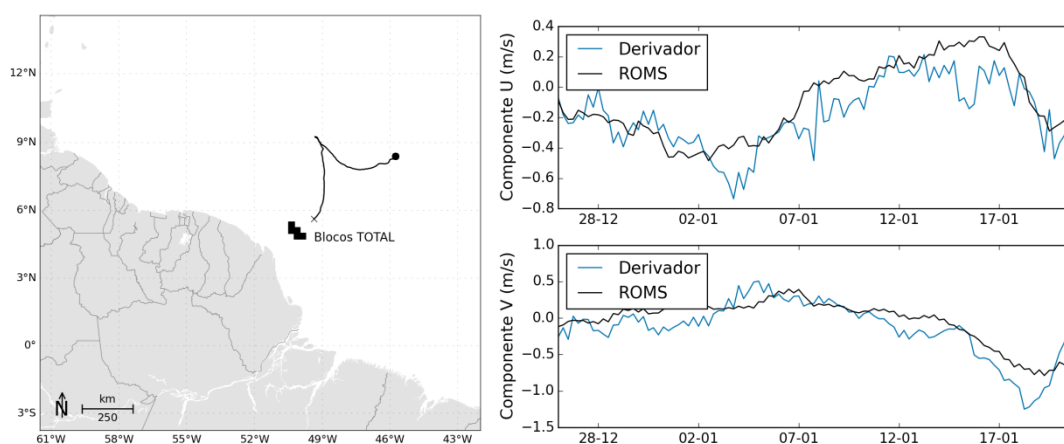


Figura 1: Trajetória descrita pelo derivador 01 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 01 e os resultados do ROMS (direita).

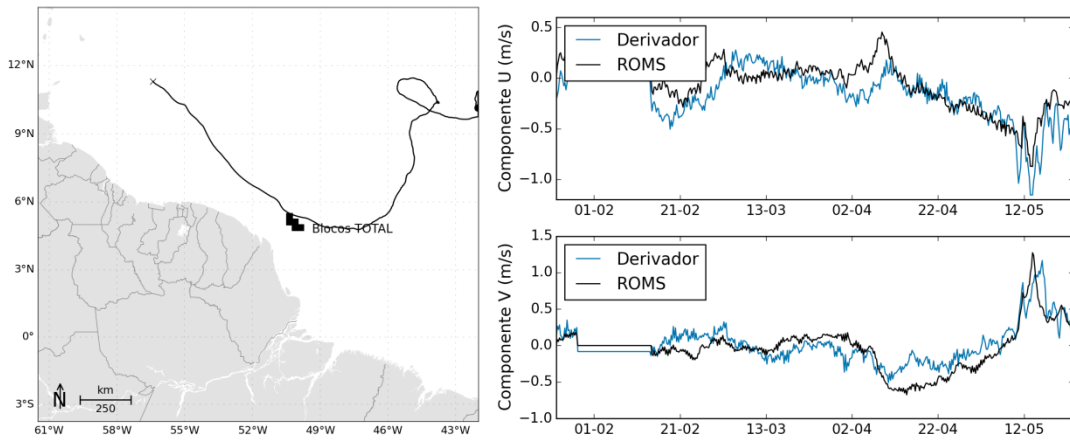


Figura 2: Trajetória descrita pelo derivador 02 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 02 e os resultados do ROMS (direita).

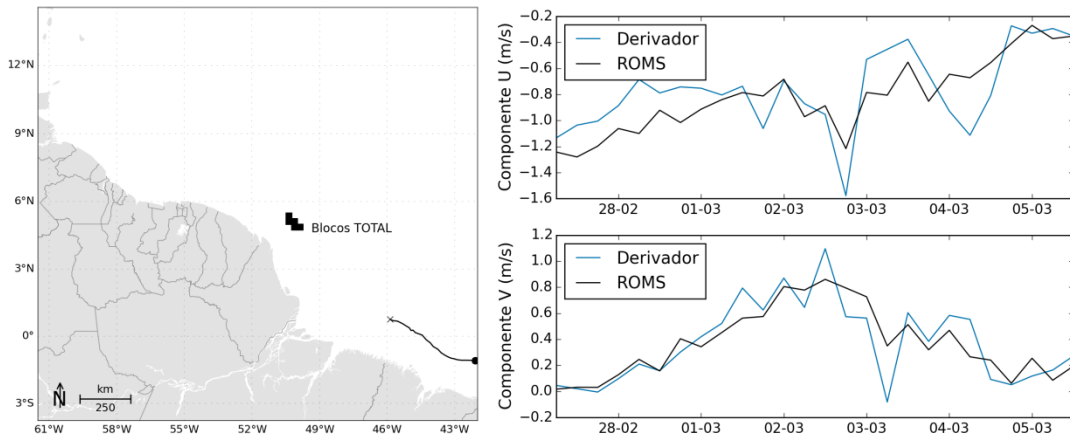


Figura 3: Trajetória descrita pelo derivador 03 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 03 e os resultados do ROMS (direita).

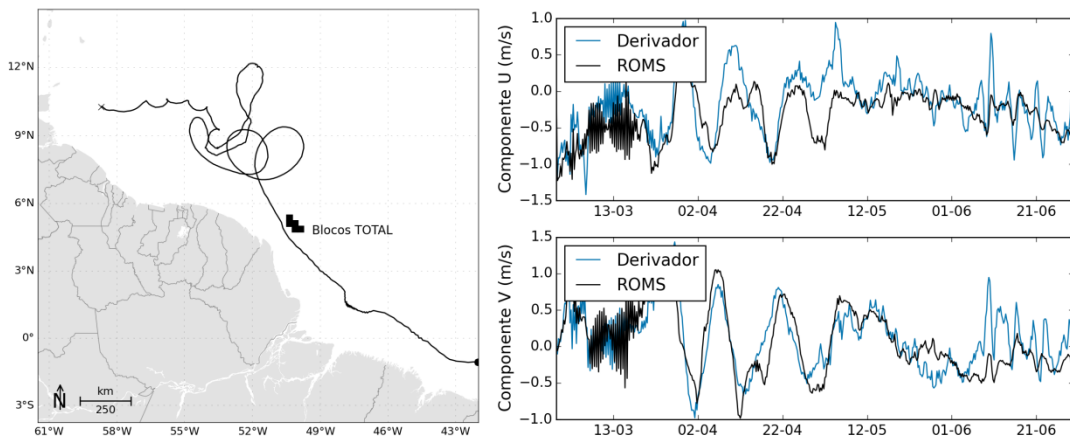


Figura 4: Trajetória descrita pelo derivador 04 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 04 e os resultados do ROMS (direita).

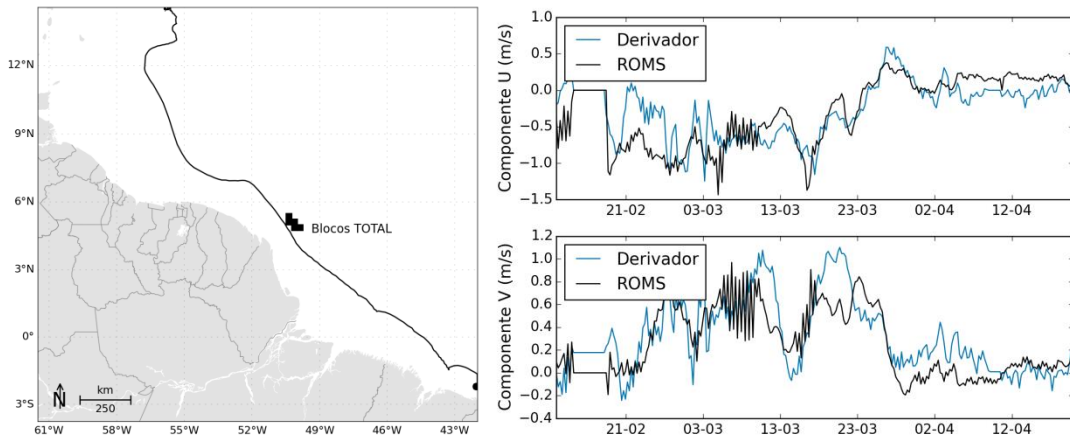


Figura 5: Trajetória descrita pelo derivador 05 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 05 e os resultados do ROMS (direita).

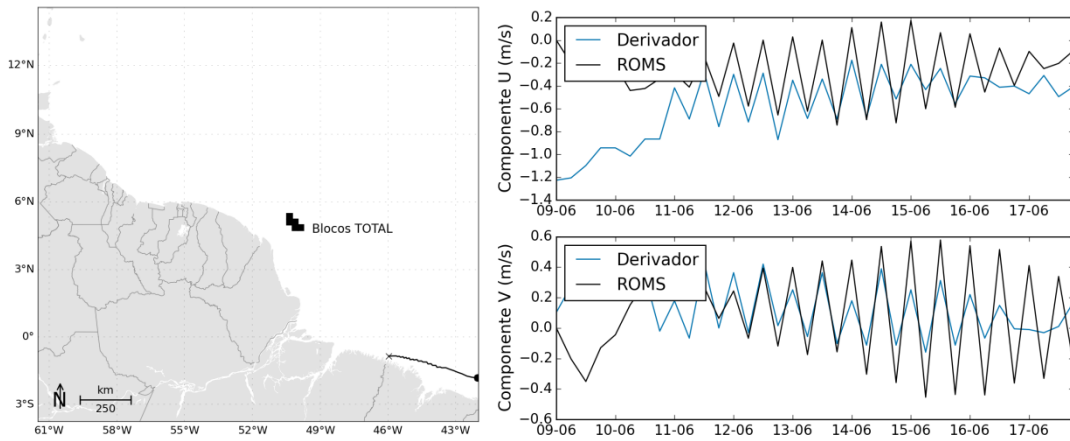


Figura 6: Trajetória descrita pelo derivador 06 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 06 e os resultados do ROMS (direita).

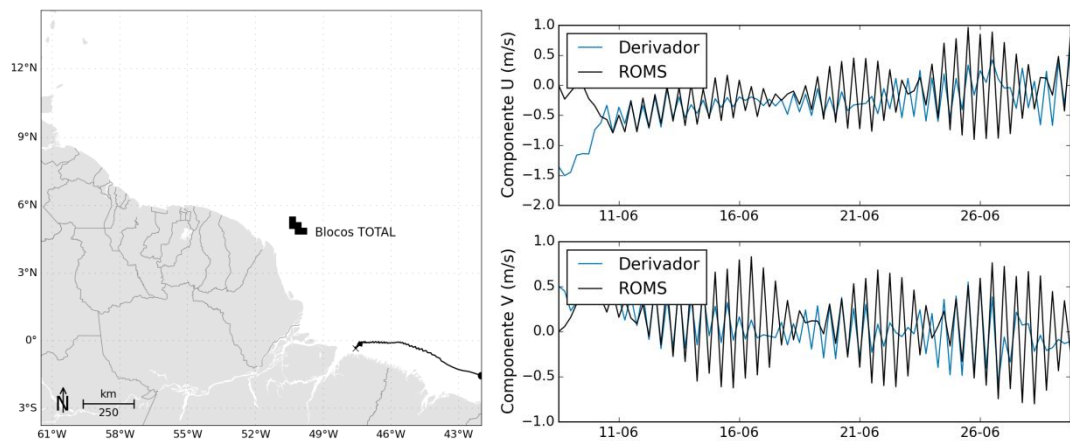


Figura 7: Trajetória descrita pelo derivador 07 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 07 e os resultados do ROMS (direita).

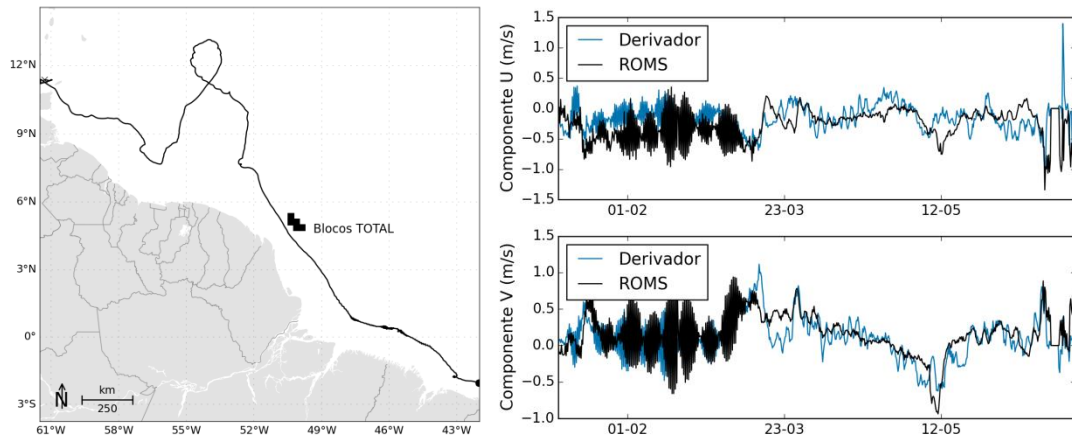


Figura 8: Trajetória descrita pelo derivador 08 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 08 e os resultados do ROMS (direita).

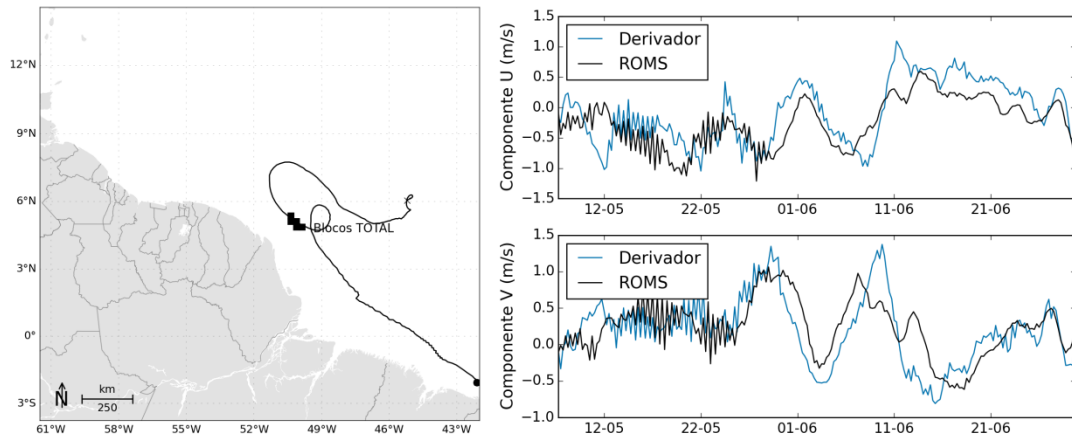


Figura 9: Trajetória descrita pelo derivador 09 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 09 e os resultados do ROMS (direita).

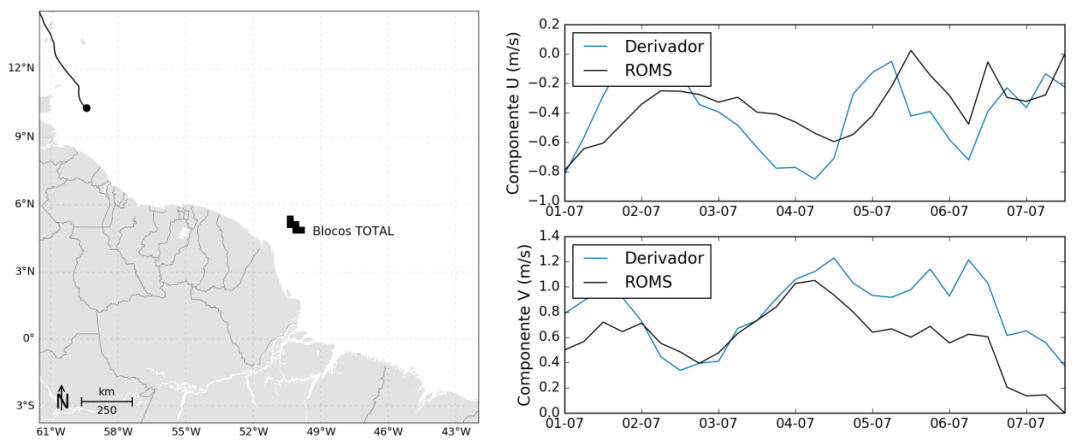


Figura 10: Trajetória descrita pelo derivador 10 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 10 e os resultados do ROMS (direita).

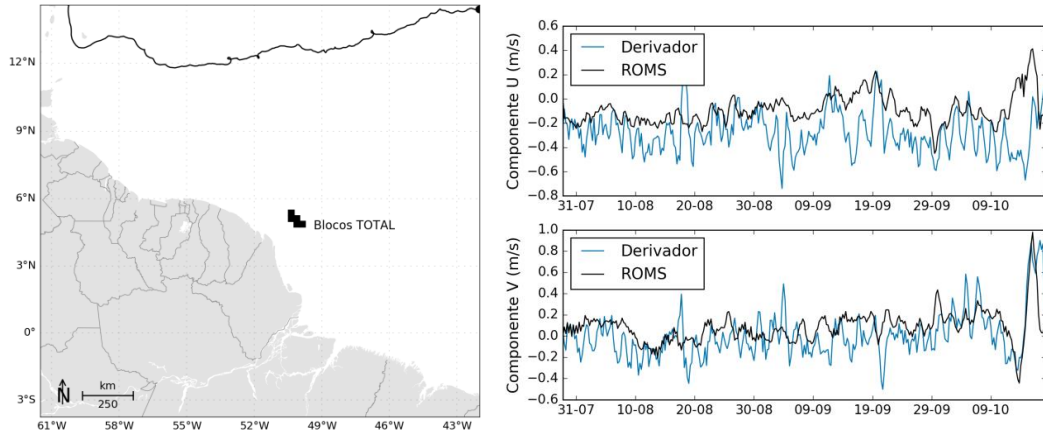


Figura 11: Trajetória descrita pelo derivador 11 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 11 e os resultados do ROMS (direita).

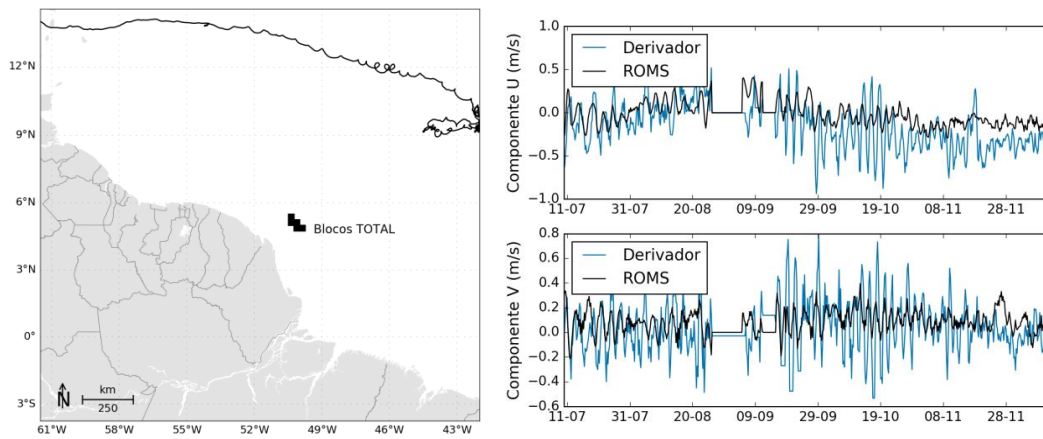


Figura 12: Trajetória descrita pelo derivador 12 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 12 e os resultados do ROMS (direita).

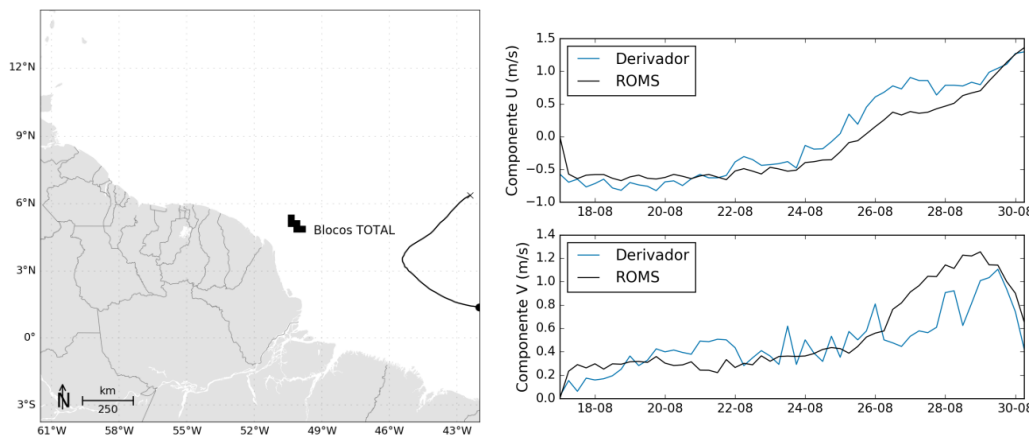


Figura 13: Trajetória descrita pelo derivador 13 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 13 e os resultados do ROMS (direita).

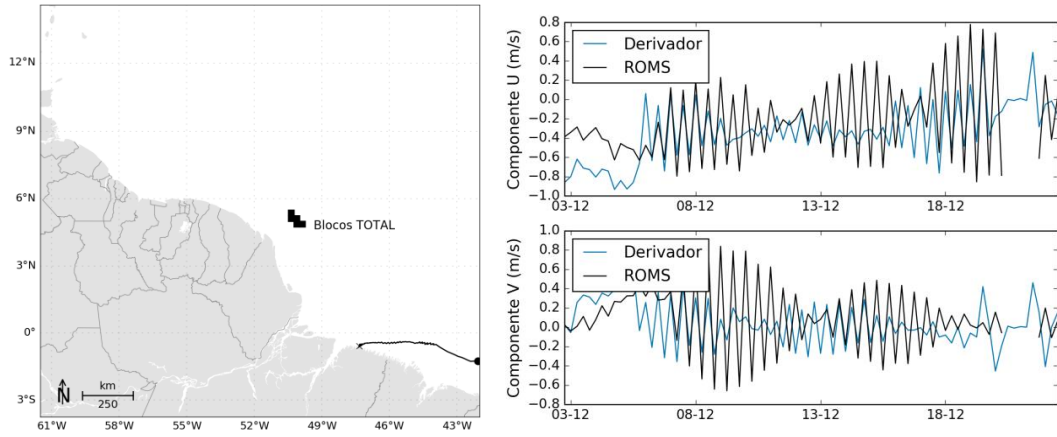


Figura 14: Trajetória descrita pelo derivador 14 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 14 e os resultados do ROMS (direita).

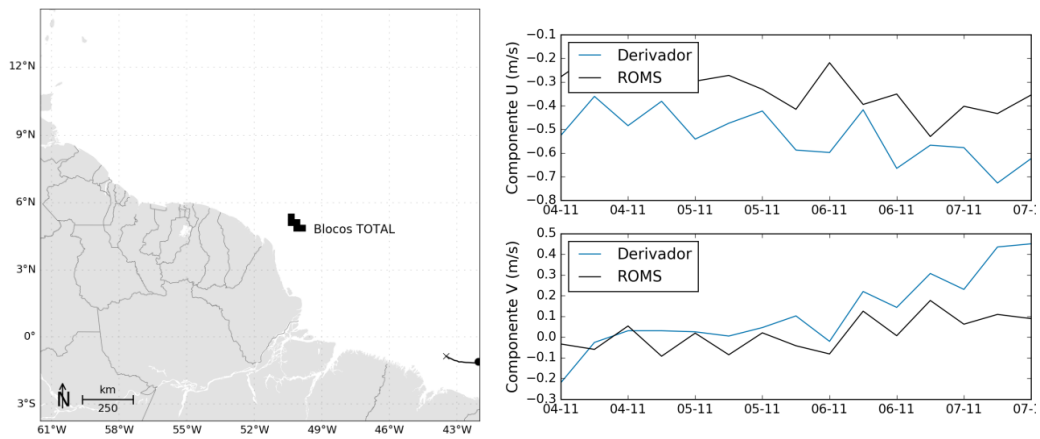


Figura 15: Trajetória descrita pelo derivador 15 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 15 e os resultados do ROMS (direita).

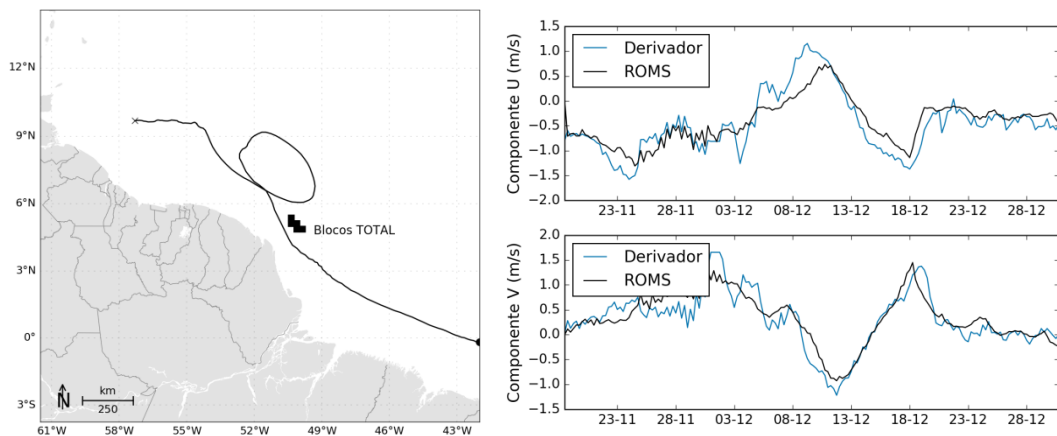


Figura 16: Trajetória descrita pelo derivador 16 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 16 e os resultados do ROMS (direita).

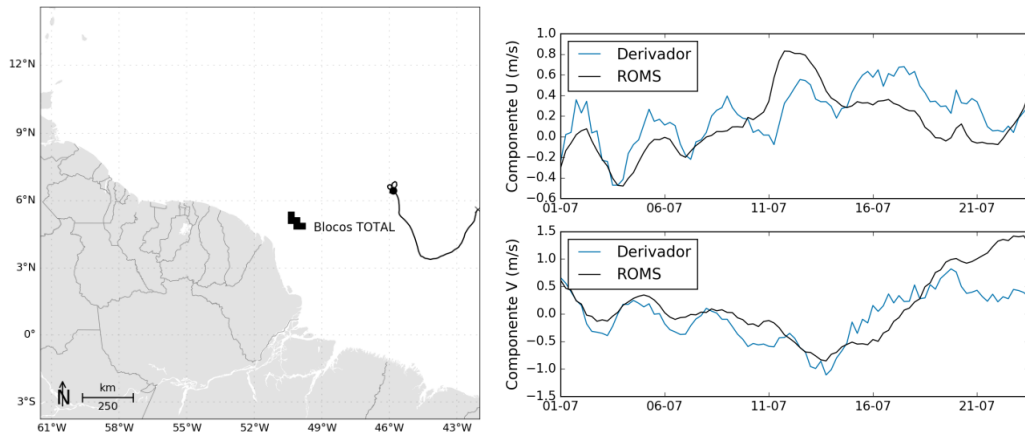


Figura 17: Trajetória descrita pelo derivador 17 (esquerda) e comparação entre os dados obtidos do derivador 17 e os resultados do ROMS (direita).

Através dos gráficos comparativos pode-se observar que os resultados do ROMS apresentaram uma boa aproximação com os dados medidos pelos derivadores, tanto nas amplitudes das oscilações quanto na fase. A fim de quantificar as comparações apresentadas, foi feita uma análise estatística calculando o índice de Wilmot:

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i| + |O_i|)^2} \right], 0 \leq d \leq 1,$$

Onde **N** é o número de observações, **P** é o resultado da simulação, **O** os dados observados, e **P'** representa a diferença entre os dados previstos e a média dos dados observados, e **O'** a diferença entre os dados observados e a sua média. O valor médio do índice de Wilmot (1982) para cada componente das correntes é apresentado na Tabela 3.

Esse índice estatístico reflete o quão acuradamente o parâmetro observado está sendo estimado pela variável simulada. O índice de concordância não é uma medida da correlação ou associação no sentido formal, mas é um indicador da confiabilidade do modelo. Ao mesmo tempo **d** é uma medida padronizada de modo que: (1) pode ser facilmente interpretada e (2) comparações cruzadas de suas magnitudes podem ser realizadas independentemente das unidades e variáveis. Varia de 0 a 1 e quando este índice é igual a 1 significa que a concordância entre as séries é máxima e 0 indica completa discordância (WILMOT, 1982).

Tabela 3: Derivadores e o índice de concordância de Wilmot das comparações modelo/derivador para o período de janeiro a dezembro de 2013.

Derivador	D componente zonal	D componente meridional
01	0,93	0,92
02	0,92	0,91
03	0,90	0,95
04	0,80	0,87
05	0,89	0,90
06	0,67	0,80
07	0,60	0,78
08	0,75	0,87
09	0,83	0,82
10	0,83	0,82
11	0,79	0,85
12	0,82	0,82
13	0,95	0,90
14	0,75	0,73
15	0,83	0,90
16	0,89	0,92
17	0,87	0,80
Média	0,81	0,87

Os valores apresentados do índice de concordância mostram que o modelo é capaz de representar os principais fenômenos da região, tanto no espaço quanto no tempo, uma vez que os derivadores se deslocaram ao longo do domínio de modelagem, com os resultados permanecendo compatíveis ao longo do tempo. Ambos os componentes apresentaram média de concordância acima de 80%. Pode-se afirmar, assim, que o modelo representa bem as correntes em superfície no que tange ao padrão de intensidade e direção.

2.1.3 Questionamento 3

“Ainda para ampliar e melhorar a discussão a respeito da representatividade do modelo com relação à salinidade e a temperatura solicitam-se os perfis verticais médios de temperatura e salinidade obtidos do WOA para mais pontos no domínio da modelagem. Esses pontos devem estar espalhados na região da plataforma continental, talude e plataforma oceânica. Depois devem ser comparados com os resultados do ROMs para os períodos sazonais separadamente e depois para o período total de modelagem.”

Resposta:

Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA13 consistem da análise objetiva e médias climatológicas dos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos, em navios de pesquisa e de oportunidade. Esta análise objetiva utiliza dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global regularmente espaçada, disponível em 5°, 1° e 0,25°. Estes campos são tridimensionais e os dados são interpolados em 102 profundidades padrão, desde a superfície até 5.500 m de profundidade. Temporalmente, esta climatologia consiste na média realizada para o período compreendido entre os anos de 1773 e 2013, mas principalmente a partir de 1955.

Os pontos adicionais escolhidos para comparação entre o WOA e o domínio da modelagem hidrodinâmica são apresentados na Figura 18, sendo os três primeiros (de 1 a 3) localizados mais próximos aos blocos, enquanto que os demais se localizam próximos à foz. As províncias representadas por eles são exibidas na

Tabela 4.

Para cada ponto foram extraídos dados médios, desvio padrão e o número de observações de temperatura e salinidade nos diferentes períodos analisados – sazonais e total (anual).

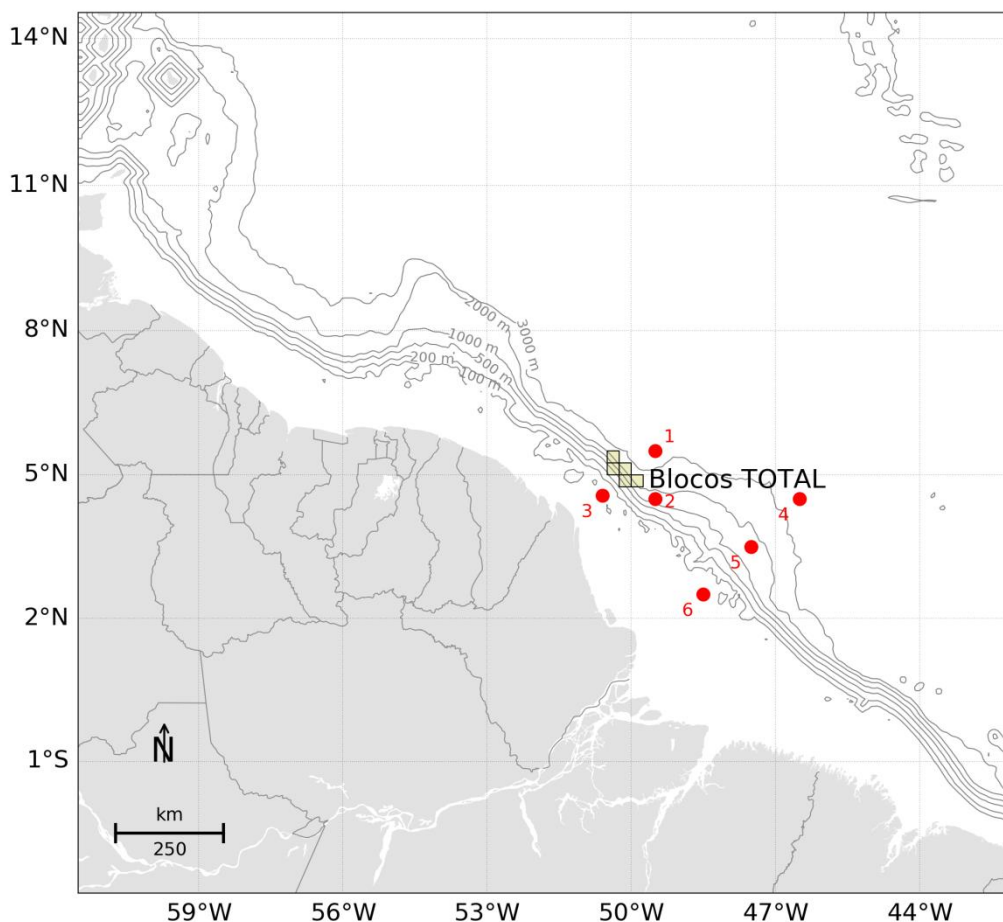


Figura 18: Localização dos perfis adicionais extraídos do WOA13 e do ROMS para comparação.

Tabela 4: Pontos adicionais do WOA13 e a província oceanográfica representada.

Ponto	Província Oceanográfica
01	Plataforma Oceânica
02	Talude
03	Plataforma Continental
04	Plataforma Oceânica
05	Talude
06	Plataforma Continental

Ressalta-se que por conta da alta variabilidade dos parâmetros analisados na região da foz do Rio Amazonas, optou-se por apresentar uma faixa de ocorrência ao invés de um perfil único médio para cada ponto adicional utilizado, sendo que considerando que estas variáveis seguem uma distribuição normal, tal faixa é calculada para abranger 95% das ocorrências. Para os perfis do WOA, como são disponibilizados apenas o perfil médio e o desvio padrão, seus limites

representam duas vezes o desvio padrão ao redor da média. Para os perfis do ROMS, como temos o acesso a todos os perfis, essa faixa de 95% das ocorrências é construída a partir dos percentis superiores (97,5%) e inferiores (2,5%).

A resolução espacial escolhida dos dados do WOA13 para produzir os perfis foi de 1°, embora haja dados com resolução espacial de 0,25°. Isto se deu pelo fato de quanto maior for o número de observações em um determinado ponto, mais representativo das variações sazonais é o perfil, e com a resolução de 1° tem-se a garantia de que o valor do número de observações seja o maior possível.

Bacia Oceânica

A Bacia Oceânica é representada pelos pontos 1 e 4. Os perfis de temperatura e salinidade do **Ponto 1**, localizado mais próximo aos blocos, são exibidos da Figura 19 à Figura 23, primeiramente para os períodos sazonais e, posteriormente, para o período todo.

No Ponto 1 (Figura 19), no período de verão, é possível perceber que o perfil do WOA, para ambas as variáveis, é limitado à profundidade de 1100 metros. Próximo à profundidade de 300 metros, a faixa de ocorrência do WOA para ambas as variáveis é menor do que a observada pelo ROMS devido à diminuição do número de observações.

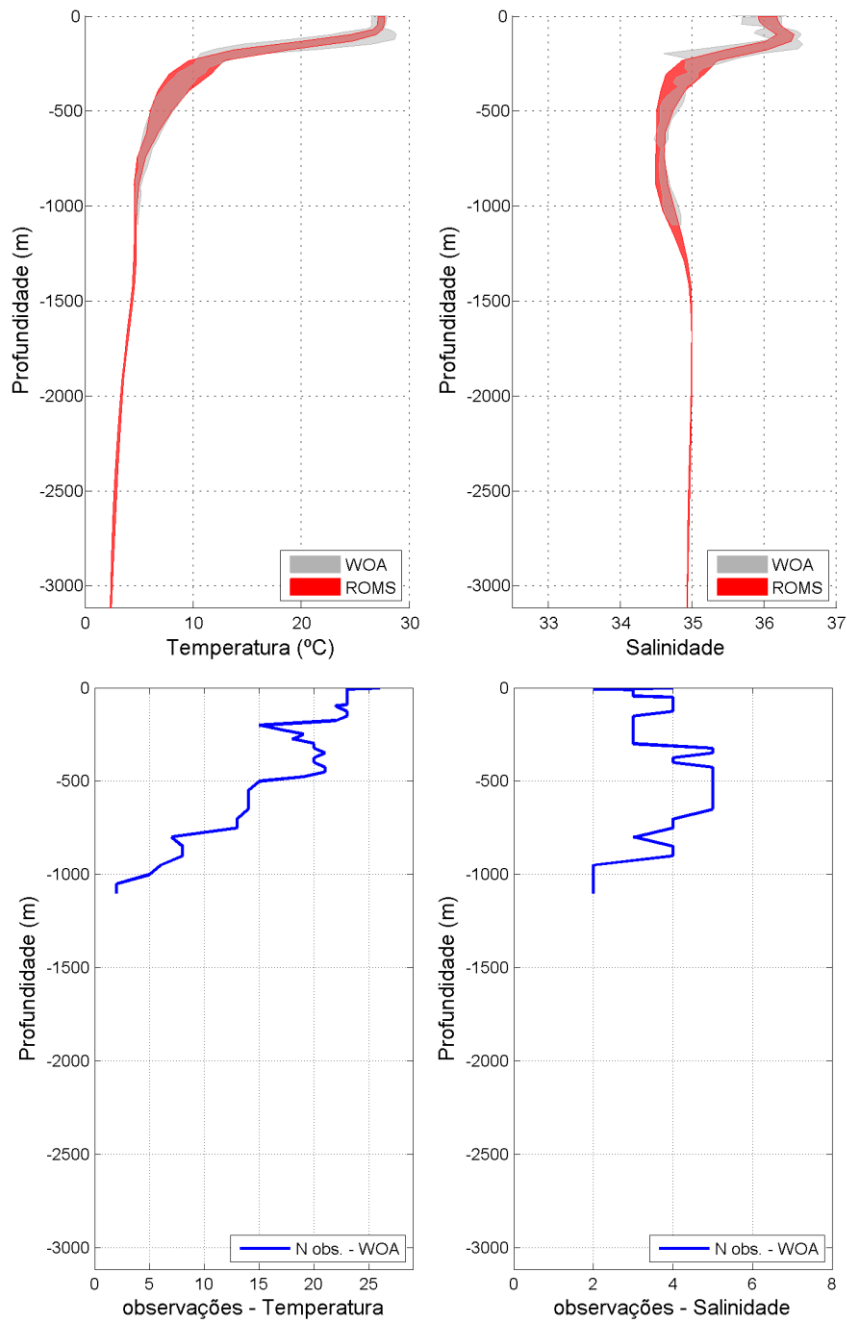


Figura 19: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No outono (Figura 20), o perfil de temperatura do WOA apresenta observações até 1400 metros. É possível observar temperaturas menores que o ROMS em superfície e na parte inferior da termoclina, enquanto no restante do perfil, a faixa de ocorrência é similar. O perfil de salinidade do WOA apresenta dados em toda a coluna d'água, porém a partir dos 600 metros o número de observações se reduz a um dado por nível, o que dificulta qualquer avaliação estatística. Na superfície, devido ao baixo número de observações, os dados do WOA se restringem à faixa próxima a 36 enquanto o ROMS apresenta uma variação maior ao atingir valores inferiores a 34 e maiores que 36. Assim como o perfil de temperatura, em profundidades próximas a 300 m, os valores do WOA são menores que os observados pelo ROMS.

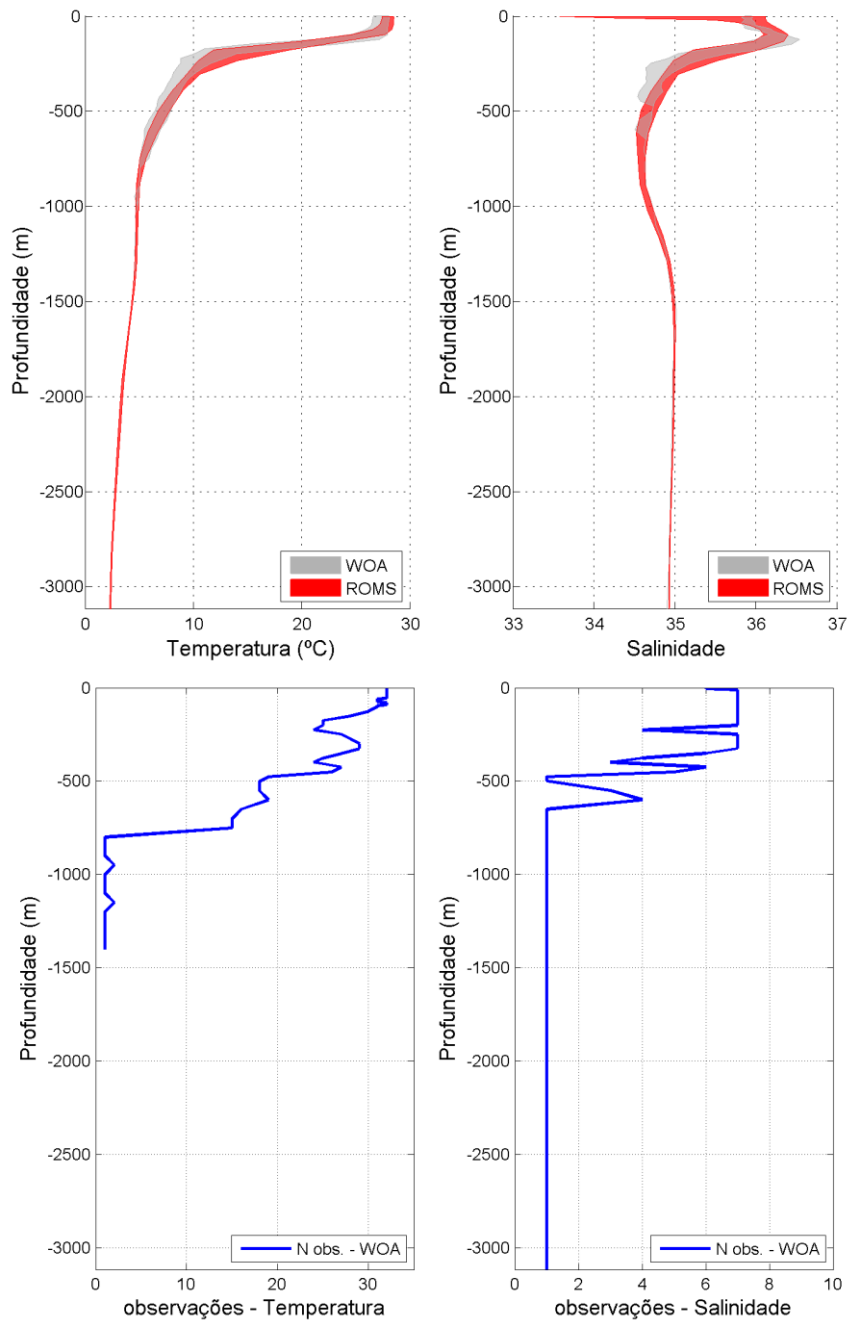


Figura 20: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No inverno (Figura 21), o WOA apresenta dados de temperatura e salinidade até as profundidades de 2400 e 1400 metros, respectivamente. As faixas de ocorrência de temperatura apresentam comportamento similar. Em níveis superficiais do perfil de salinidade, o WOA apresenta variação menor do que o ROMS. No restante do perfil, o WOA apresenta comportamento similar com valores próximos aos observados pelo ROMS, apesar de apresentarem baixo número de observações.

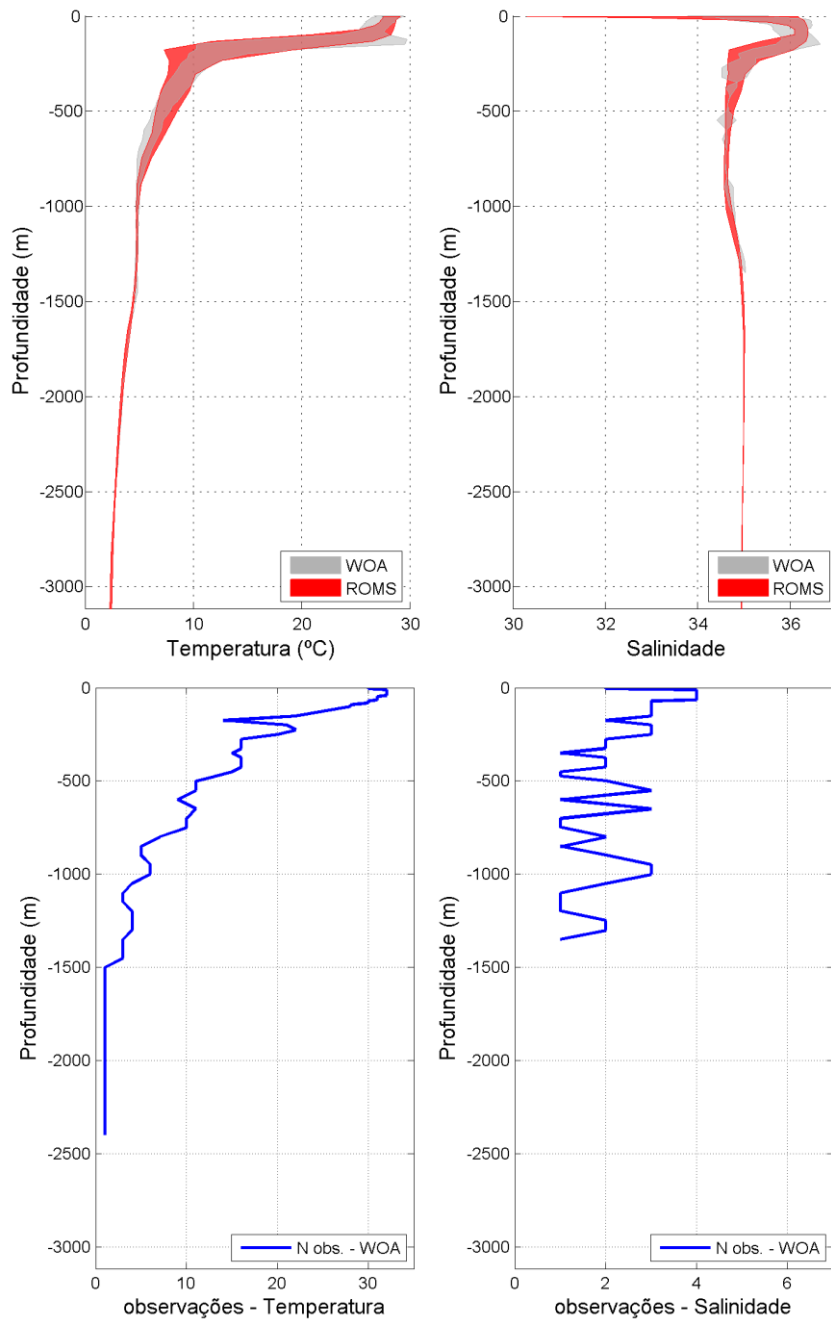


Figura 21: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Já na primavera (Figura 22), para ambas as variáveis, o WOA apresenta dados até a profundidade de 2700 metros. O perfil de temperatura do ROMS apresenta comportamento similar ao WOA em todos os níveis de profundidade, com uma faixa de ocorrência maior próximo à profundidade de 300 metros. No perfil de salinidade é possível perceber que o ROMS apresenta comportamento coerente com o WOA e que em diversos níveis ocorre apenas uma observação.

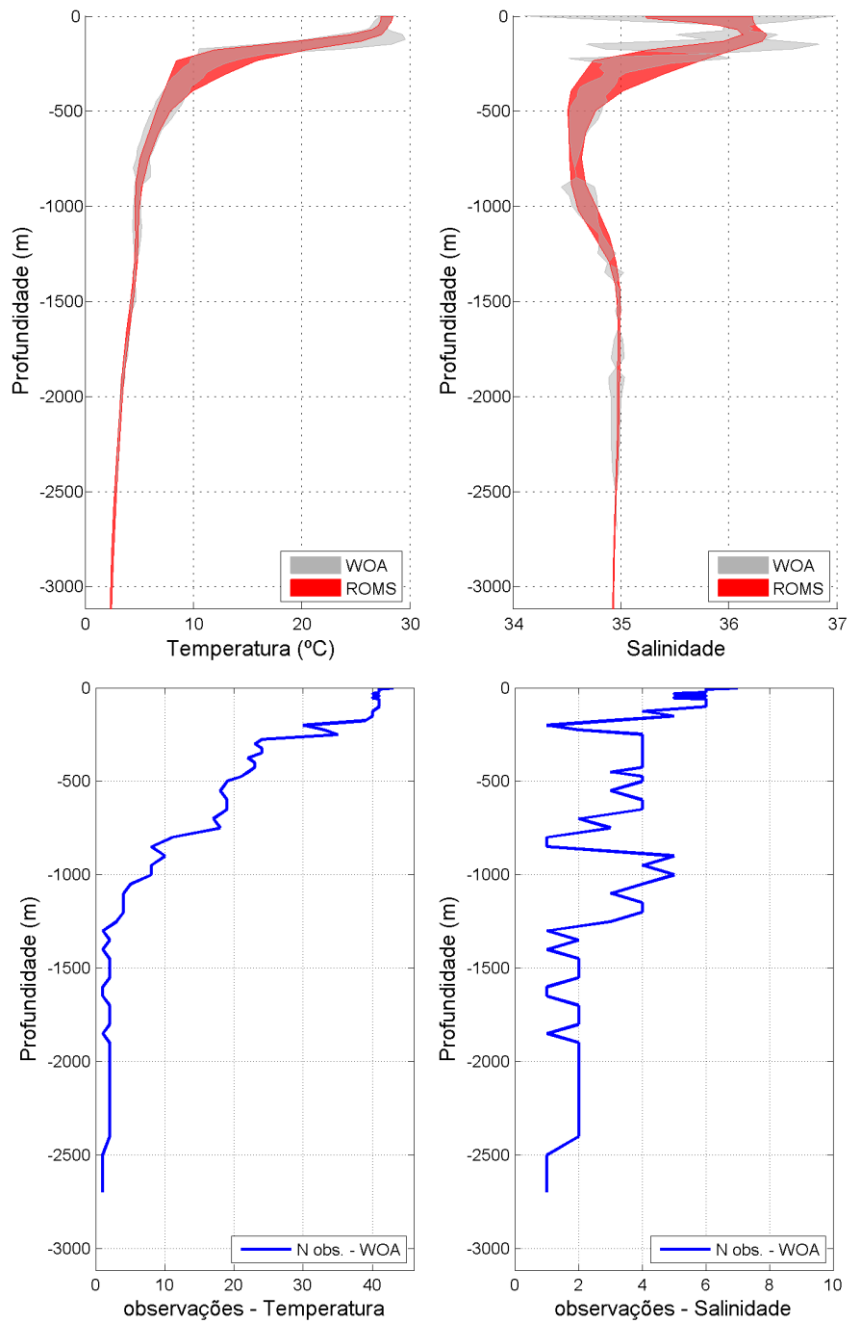


Figura 22: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Considerando o período todo da modelagem no Ponto 1 (Figura 23), observa-se que em ambas as variáveis o modelo hidrodinâmico apresenta comportamento coerente ao WOA. É possível perceber que aos 300 metros, o ROMS possui faixa de ocorrência maior em ambas as variáveis e que, no perfil de salinidade, o ROMS atinge valores menores.

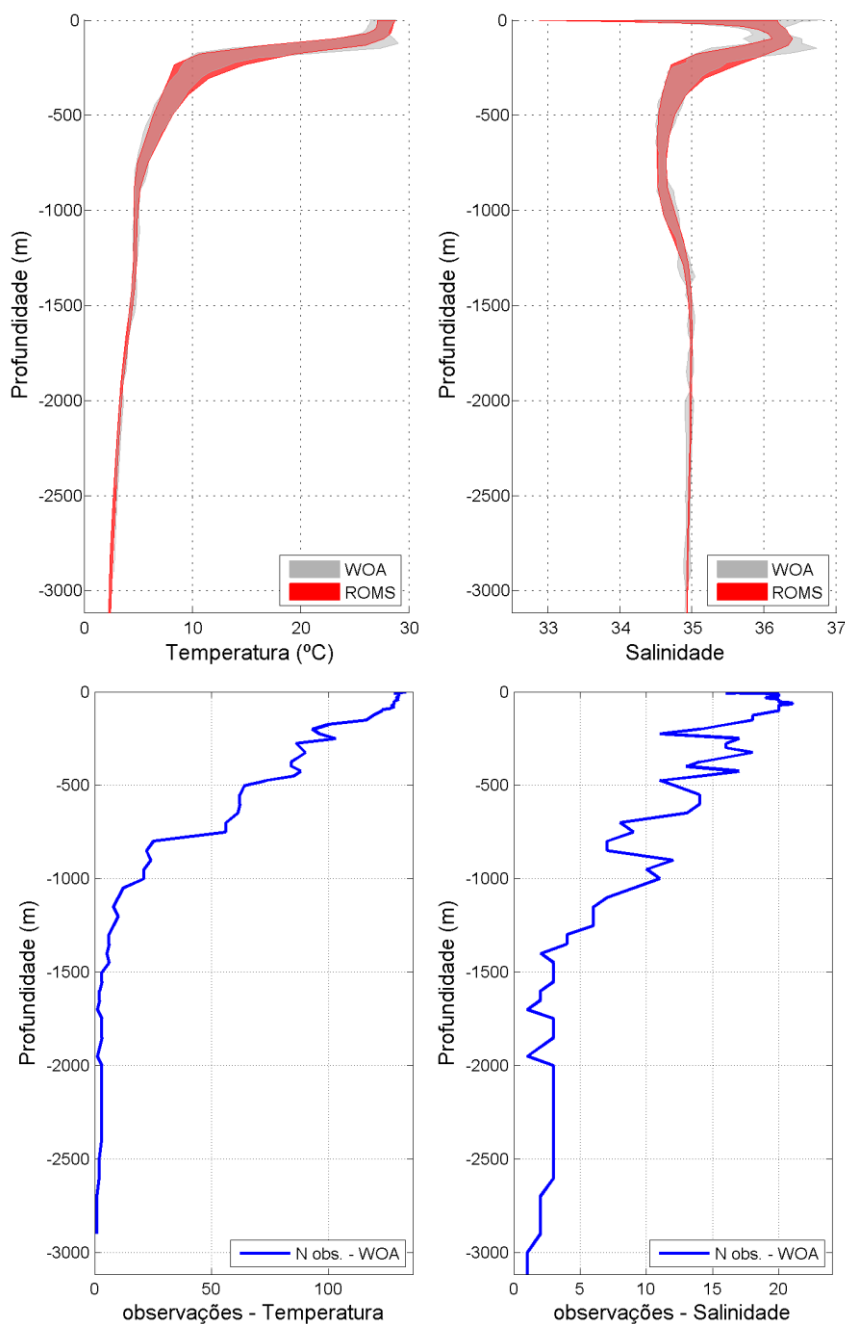


Figura 23: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 1 (Plataforma Oceânica) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

A seguir, da Figura 24 à Figura 28 serão exibidos os perfis de temperatura e salinidade do **Ponto 4**, localizado mais próximo à foz do rio Amazonas, a uma distância de aproximadamente 570 km de Chaves/PA (cidade na desembocadura do Rio Amazonas).

No período de **verão**, para o ponto 4 (Figura 24), é possível perceber que o perfil do WOA limita-se aos primeiros 1600 metros de profundidade e que o ROMS representou a estrutura termohalina de forma similar ao WOA.

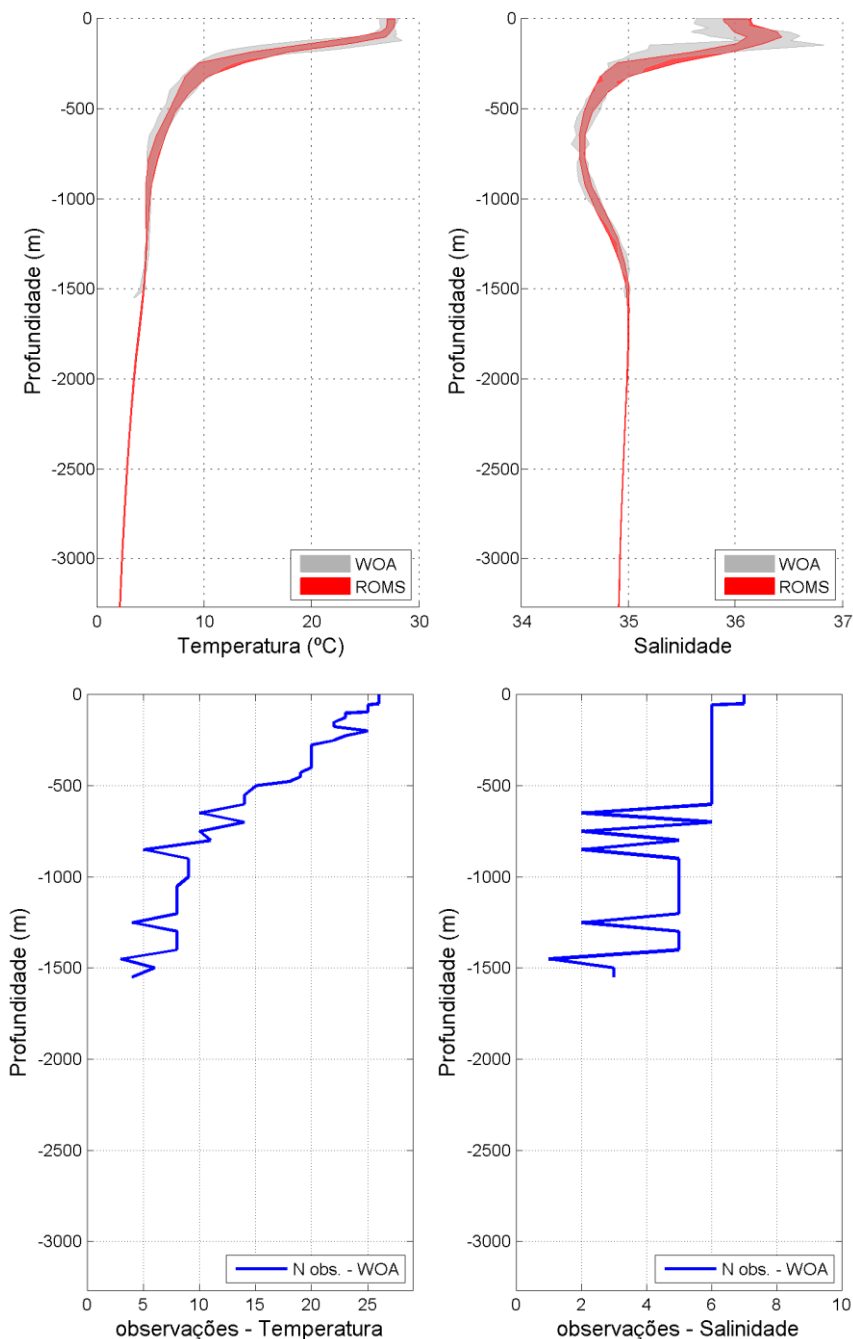


Figura 24: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

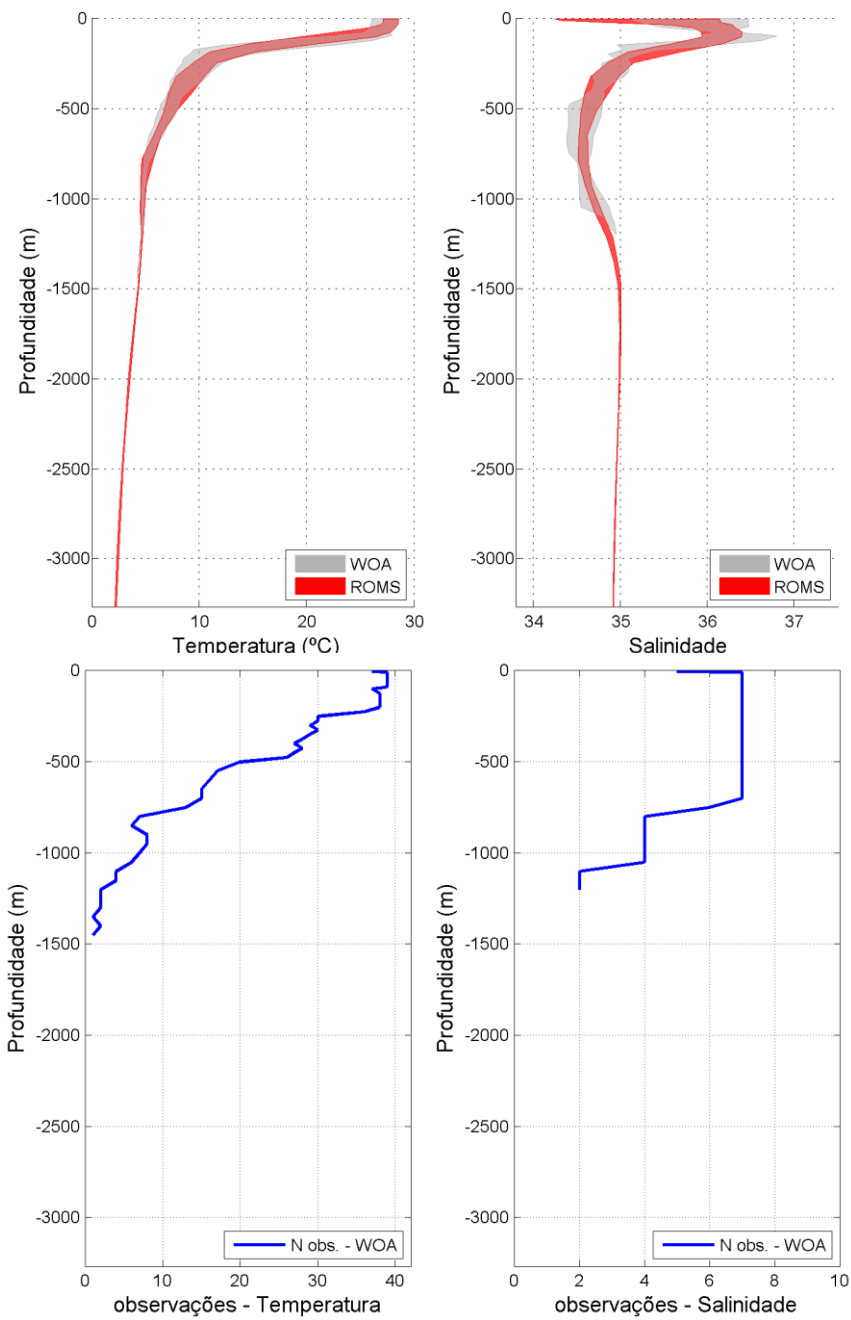


Figura 25: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No **inverno** (Figura 26), o WOA apresenta dados de temperatura em toda a extensão da coluna d'água. As faixas de ocorrência de temperatura do ROMS possuem comportamento similar ao WOA em toda a ocorrência conjunta. A profundidade limite dos dados do WOA para salinidade é em torno de 1400 metros. Somente em níveis próximos a 700 metros, a faixa de ocorrência do ROMS apresenta valores superiores aos observados pelo WOA. Em todo o restante a faixa de ocorrência do ROMS se encontra no interior da faixa do WOA.

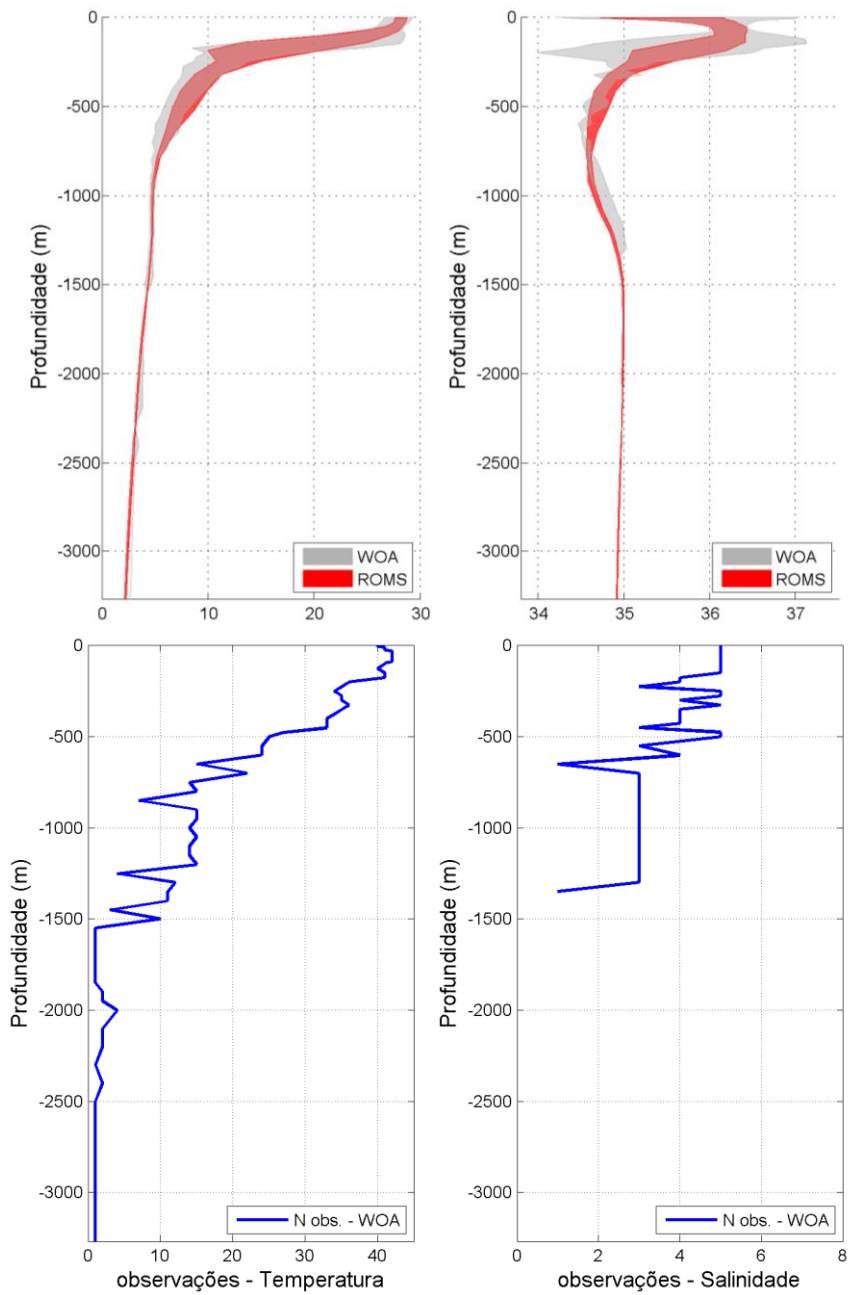


Figura 26: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Durante a **Primavera** (Figura 27), para ambas as variáveis, o WOA apresenta dados até a profundidade de 1500 metros. O perfil de temperatura do ROMS apresenta comportamento similar ao WOA em todos os níveis de profundidade de ocorrência conjunta. No perfil de salinidade é possível perceber que o ROMS apresenta comportamento coerente com o WOA e, no nível próximo de 400 m a faixa de ocorrência do ROMS é maior que o WOA. Em níveis superiores à 1200 m, onde ocorrem os menores números de observações, a faixa de ocorrência do WOA atinge valores menores que o ROMS.

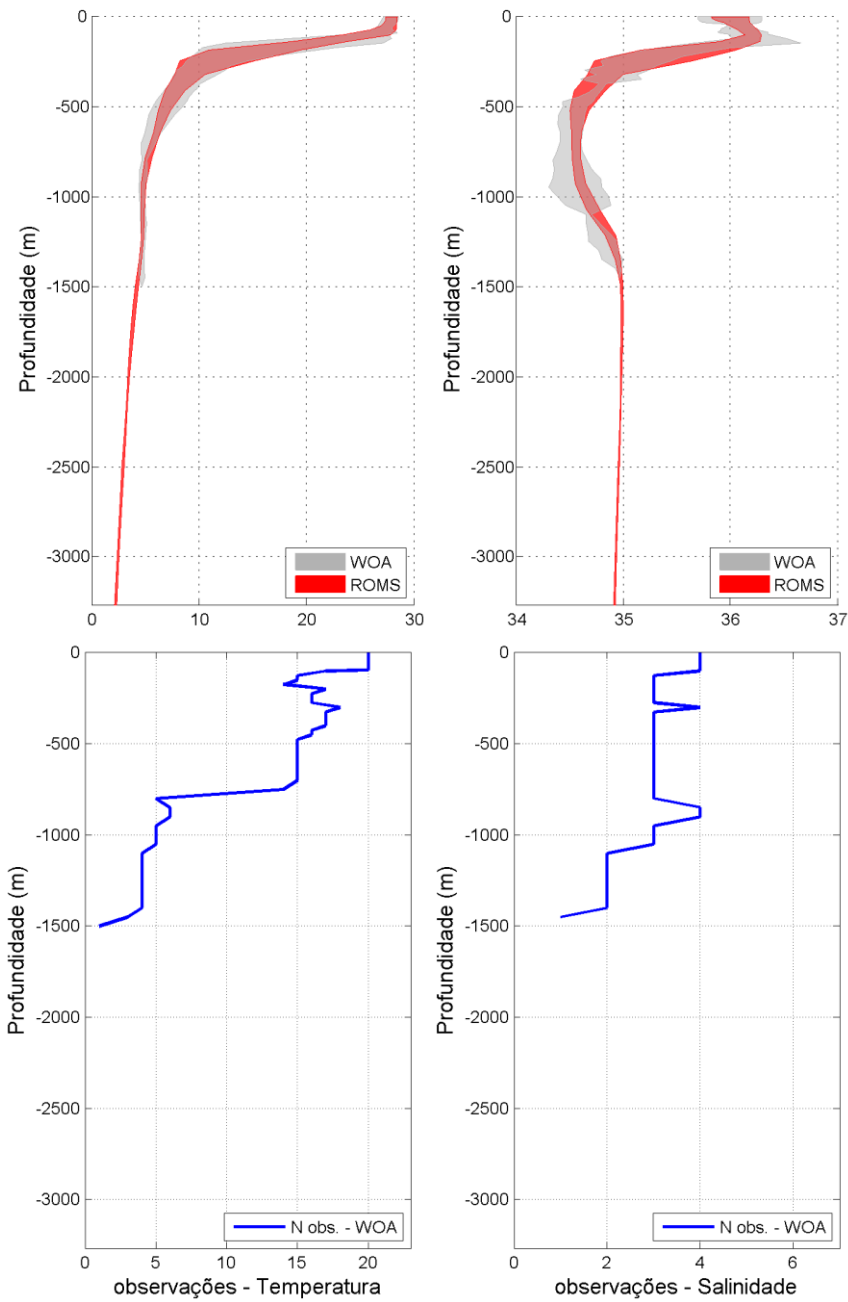


Figura 27: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Para todo o período da modelagem no Ponto 4 (Figura 28), observa-se que para ambas as variáveis o modelo hidrodinâmico apresenta comportamento coerente, estando dentro da faixa de ocorrência do WOA.

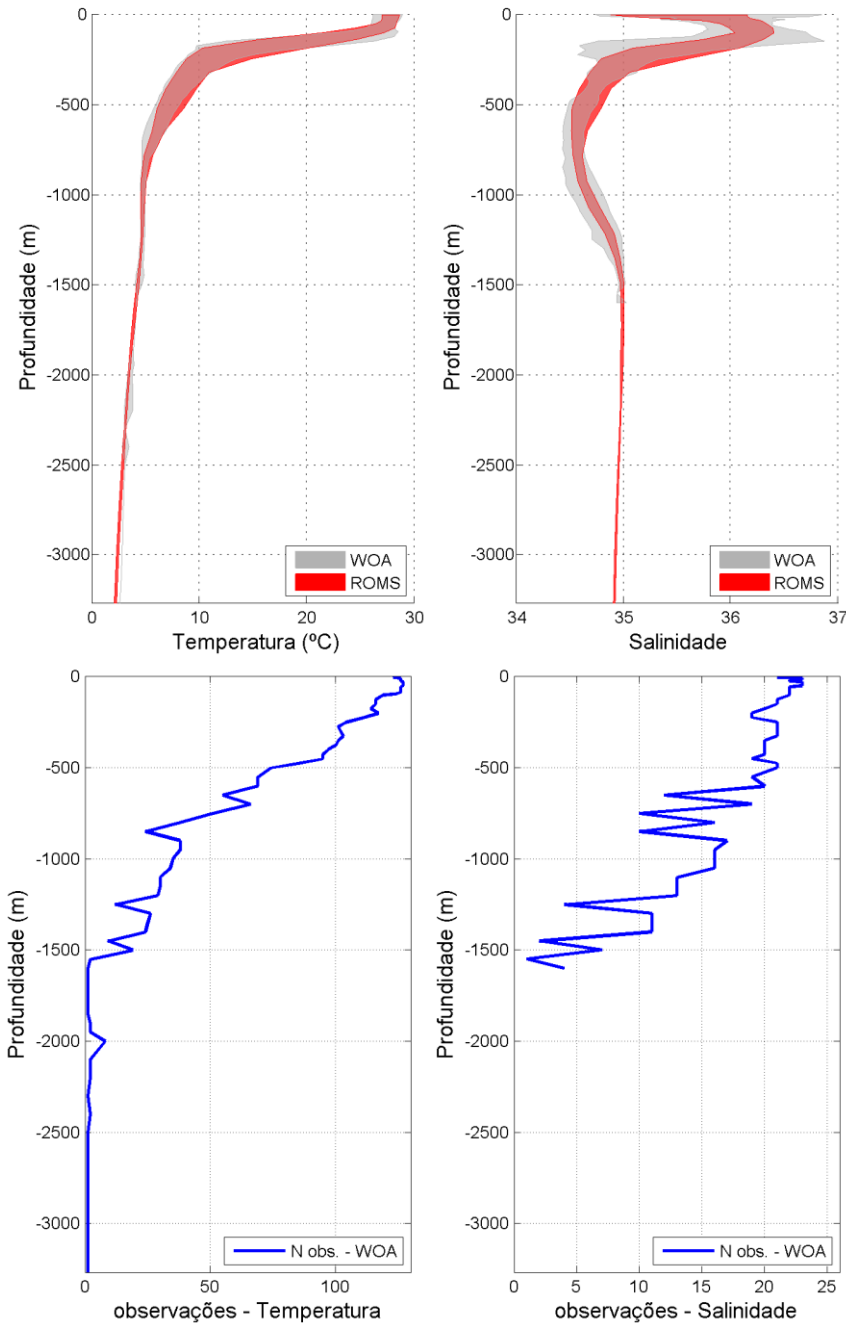


Figura 28: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 4 (Plataforma Oceânica) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Talude Continental

Para representar o Talude, foram escolhidos os Pontos 2 e 5. Os perfis de temperatura e salinidade do **Ponto 2**, localizado mais próximo aos blocos, são exibidos da Figura 29 à Figura 33, primeiramente para os períodos sazonais e, posteriormente, para o período todo.

No ponto 2 (Figura 29), em todos os períodos, é possível perceber que o perfil do WOA limita-se aos primeiros 850 m de profundidade. No período de **verão**, o modelo representou a estrutura termohalina de forma similar ao WOA, com exceção dos valores próximos aos 800 m no perfil de salinidade, onde a faixa de ocorrência do ROMS apresentou valores menores.

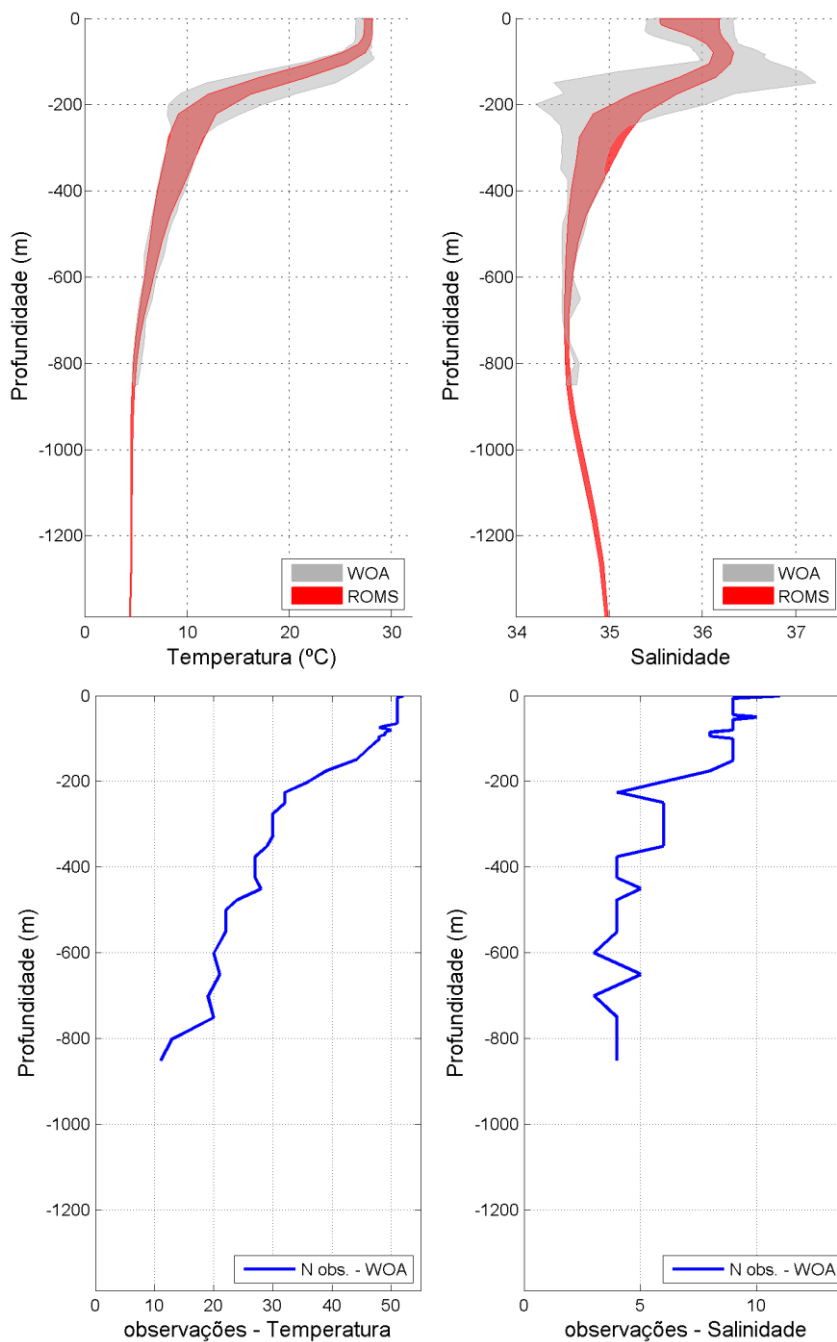


Figura 29: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No **outono** (Figura 30), assim como no verão, os limites da faixa de ocorrência do ROMS encontram-se de acordo com o WOA. Na superfície do perfil de salinidade é possível perceber que a faixa de ocorrência do ROMS atinge valores próximos de 32, enquanto o WOA mantém

os valores do limite inferior acima de 34. Abaixo dos 200 m, o limite inferior da faixa de ocorrência do WOA atinge valores menores que os apresentados pelo ROMS até atingir 400 m, onde este passa a ter somente uma observação e a encontrar-se dentro da faixa de ocorrência do ROMS.

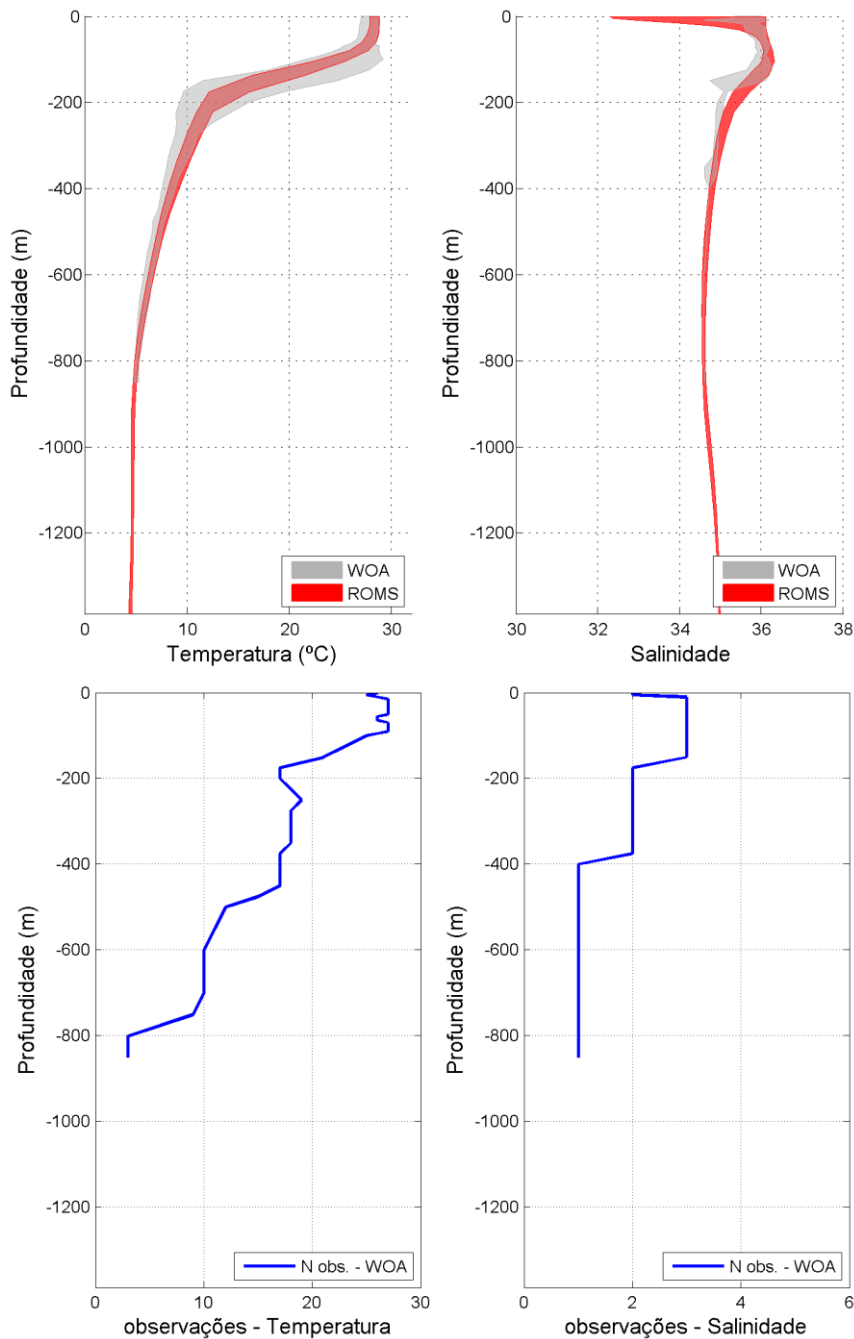


Figura 30: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis de WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No **inverno** (Figura 31), as faixas de ocorrência de temperatura do modelo possuem comportamento similar ao WOA em toda a ocorrência conjunta. Na superfície do perfil de salinidade, a faixa de ocorrência do ROMS apresenta limite inferior abaixo de 32, enquanto o WOA atinge valores próximos de 34,5. No restante do perfil, a faixa de ocorrência do ROMS encontra-se no interior da exibida pelo WOA.

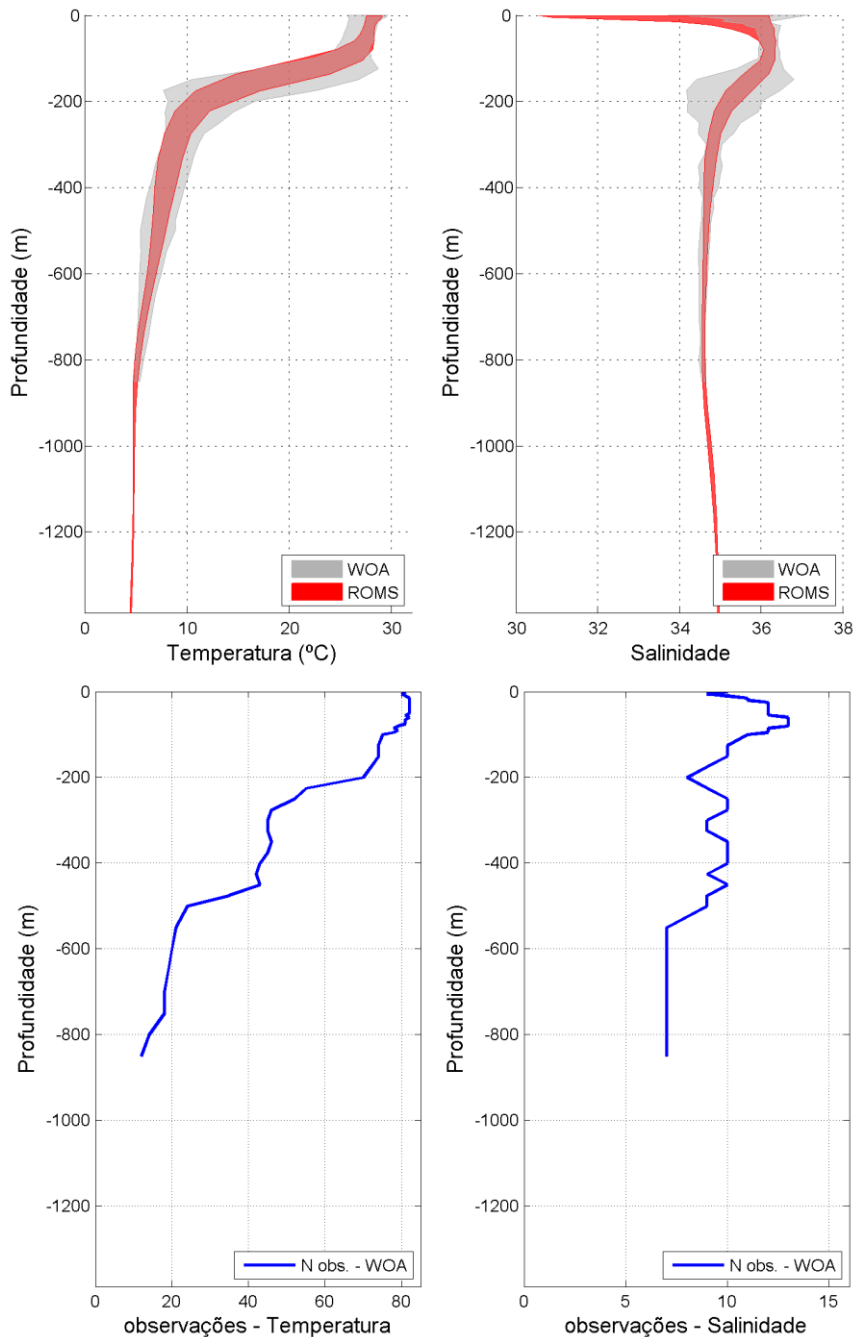


Figura 31: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Para o período de **primavera** (Figura 32), o perfil de temperatura do ROMS apresenta comportamento similar ao WOA em todos os níveis de profundidade de ocorrência conjunta. Nos primeiros 50 m do perfil de salinidade, observa-se que o ROMS apresenta valores do limite inferior abaixo dos valores do WOA, enquanto que de 190 a 410 m, o limite superior da faixa de ocorrência do ROMS é superior ao mesmo limite do WOA.

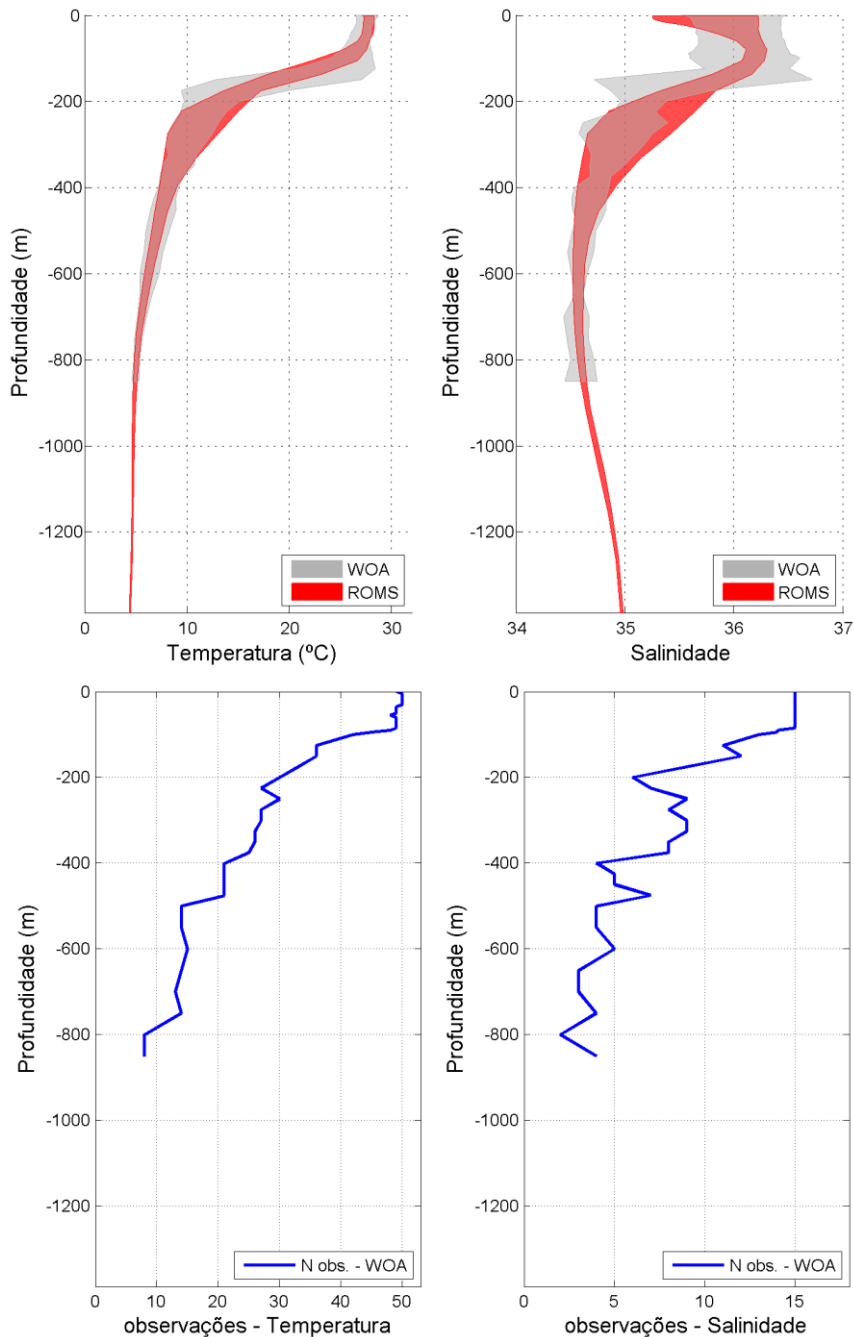


Figura 32: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Considerando todo o período da modelagem (Figura 33), observa-se que, para ambas as variáveis, o modelo hidrodinâmico apresenta comportamento coerente estando dentro da faixa de ocorrência do WOA, com exceção do nível superficial do perfil de salinidade que possui limite inferior da faixa de ocorrência com valores menores que a faixa do WOA.

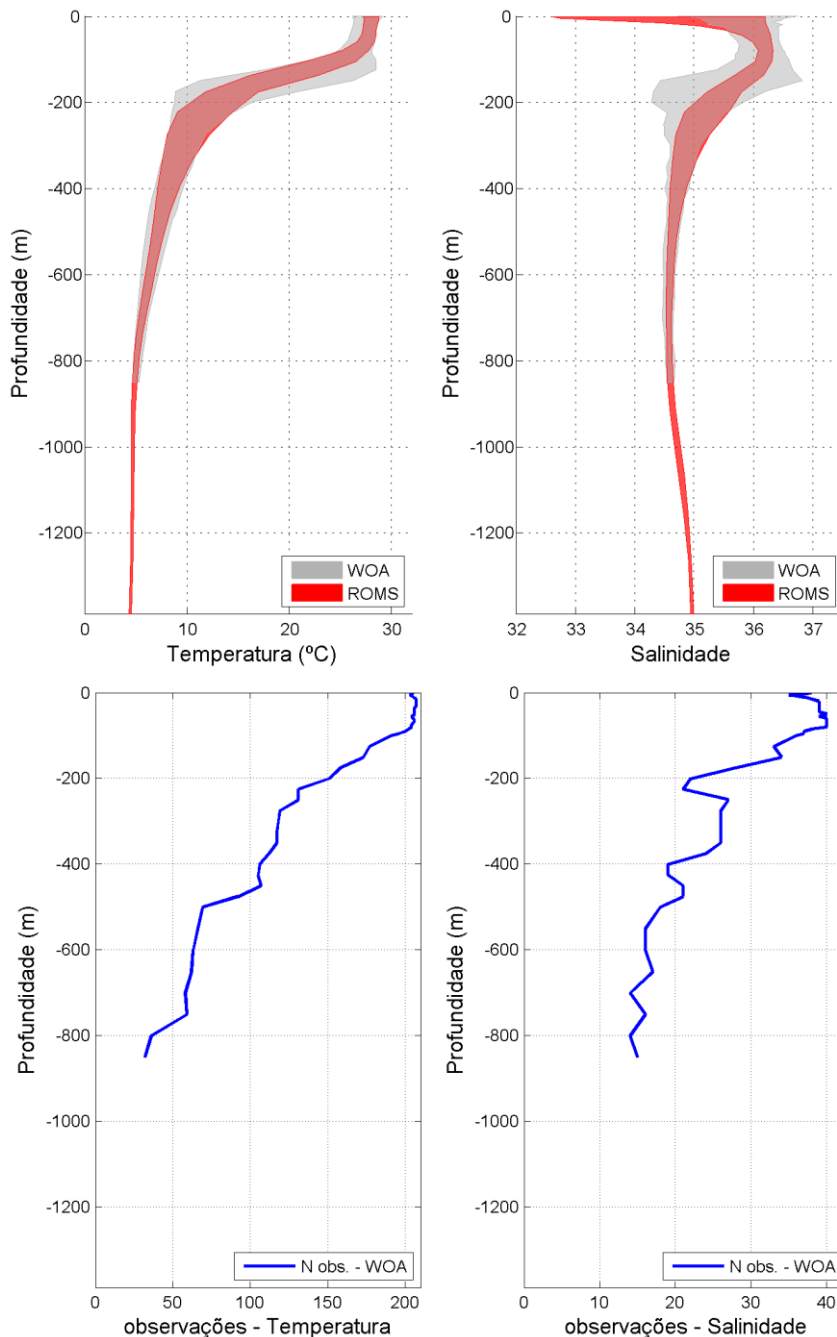


Figura 33: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 2 (Talude Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

A seguir, da Figura 34 à Figura 38, serão exibidos os perfis de temperatura e salinidade, primeiramente para os períodos sazonais e, posteriormente, para o período todo, do **Ponto 5**, localizado mais próximo à foz do rio Amazonas, a uma distância de aproximadamente 420 km de Chaves-AP (cidade na desembocadura do Rio Amazonas).

No ponto 5, é possível perceber que para todos os períodos, o WOA disponibiliza dados nos primeiros 1250 m de profundidade.

Durante o **verão** (Figura 34), o modelo representou a estrutura termohalina de forma similar ao WOA. No perfil de salinidade, em profundidades entre 180 e 400 m, o limite superior da faixa de ocorrência do modelo encontra-se fora da faixa exibida pelo WOA. A partir de 1100 m, apesar de haver apenas uma observação por nível, o modelo foi capaz de representar essa ocorrência.

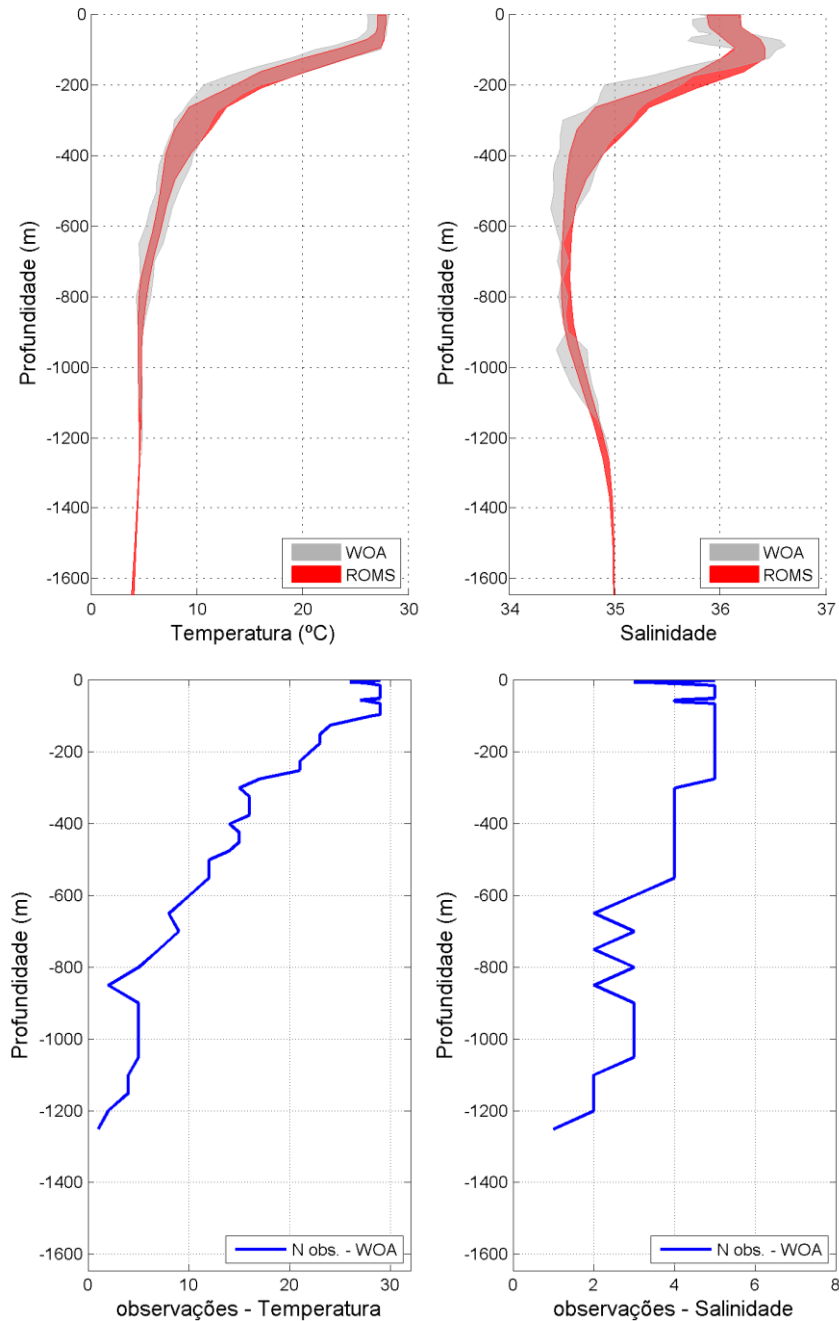


Figura 34: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No **outono** (Figura 35), o perfil de temperatura do ROMS é observado no interior da faixa de ocorrência do WOA em toda ocorrência conjunta. O perfil de salinidade do WOA limita-se à profundidade de 1000 metros. Nos níveis próximos a 100, 430, e 700 metros, o limite superior da faixa de ocorrência do modelo é maior que o observado pelo WOA, enquanto no restante do perfil, o modelo encontra-se dentro da faixa de ocorrência do WOA.

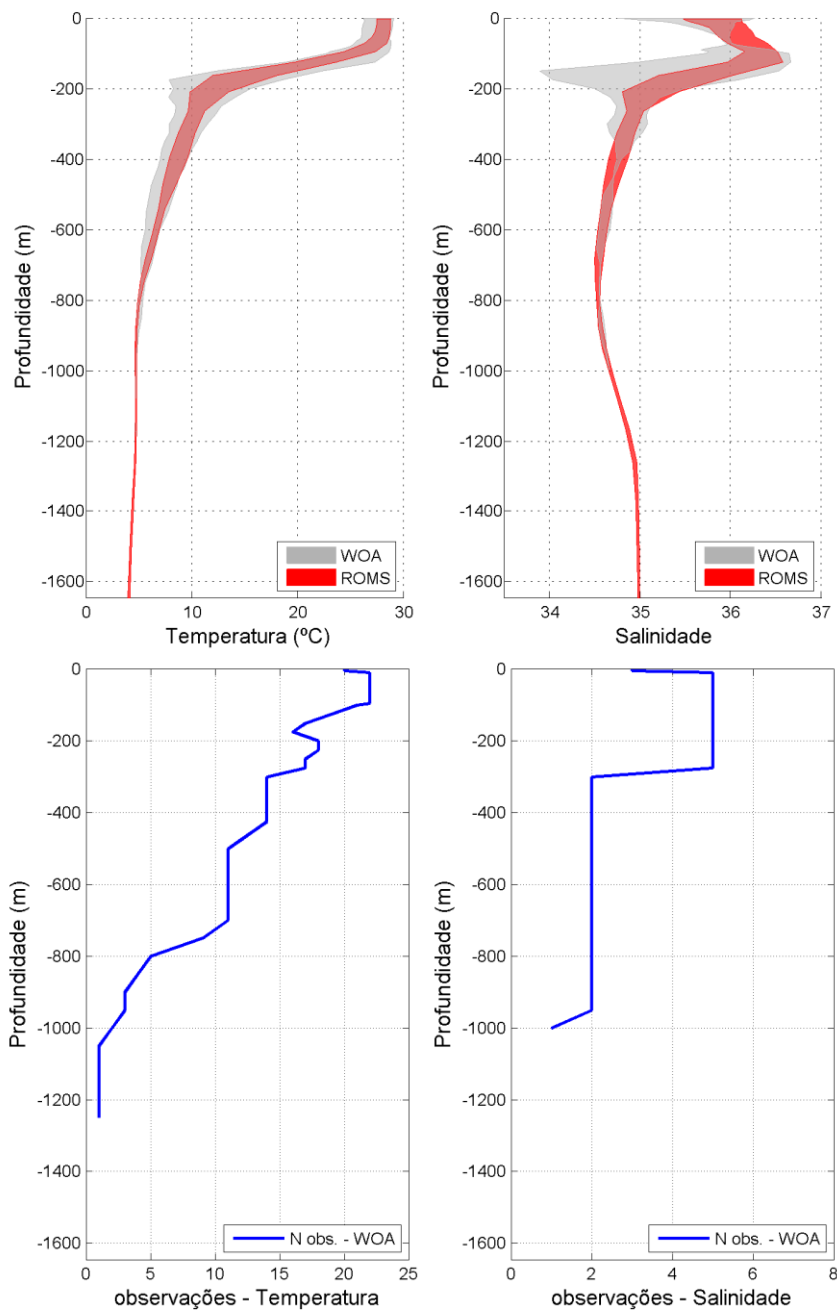


Figura 35: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

No **inverno** (Figura 36), as faixas de ocorrência de temperatura do modelo possuem comportamento similar ao WOA em toda a ocorrência conjunta. Na superfície do perfil de salinidade, a faixa de ocorrência do ROMS apresenta limite inferior abaixo de 32 enquanto o WOA atinge valores próximos de 34,5. No restante do perfil, a faixa de ocorrência do ROMS encontra-se dentro do domínio da exibida pelo WOA.

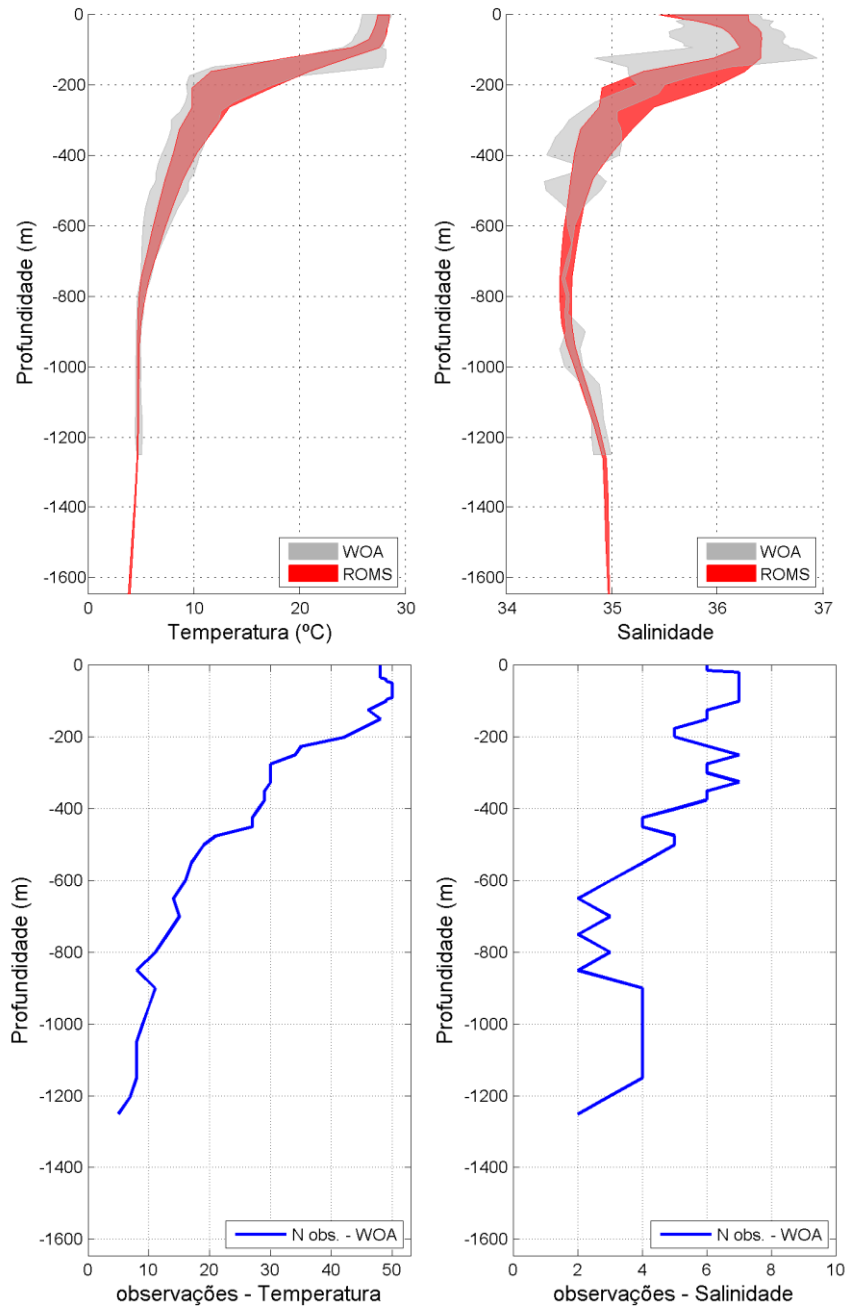


Figura 36: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Para o período de **primavera** (Figura 37), o perfil de temperatura do ROMS apresenta comportamento similar ao WOA em todos os níveis de profundidade de ocorrência conjunta, com exceção da área entre os níveis de 200 a 300 metros de profundidade na qual o limite superior da faixa de ocorrência do modelo é maior que o mesmo limite do WOA nesta profundidade. O mesmo ocorre para os mesmos níveis no perfil de salinidade. Essa característica descrita é justificada pelo baixo número de observações encontrado para salinidade.

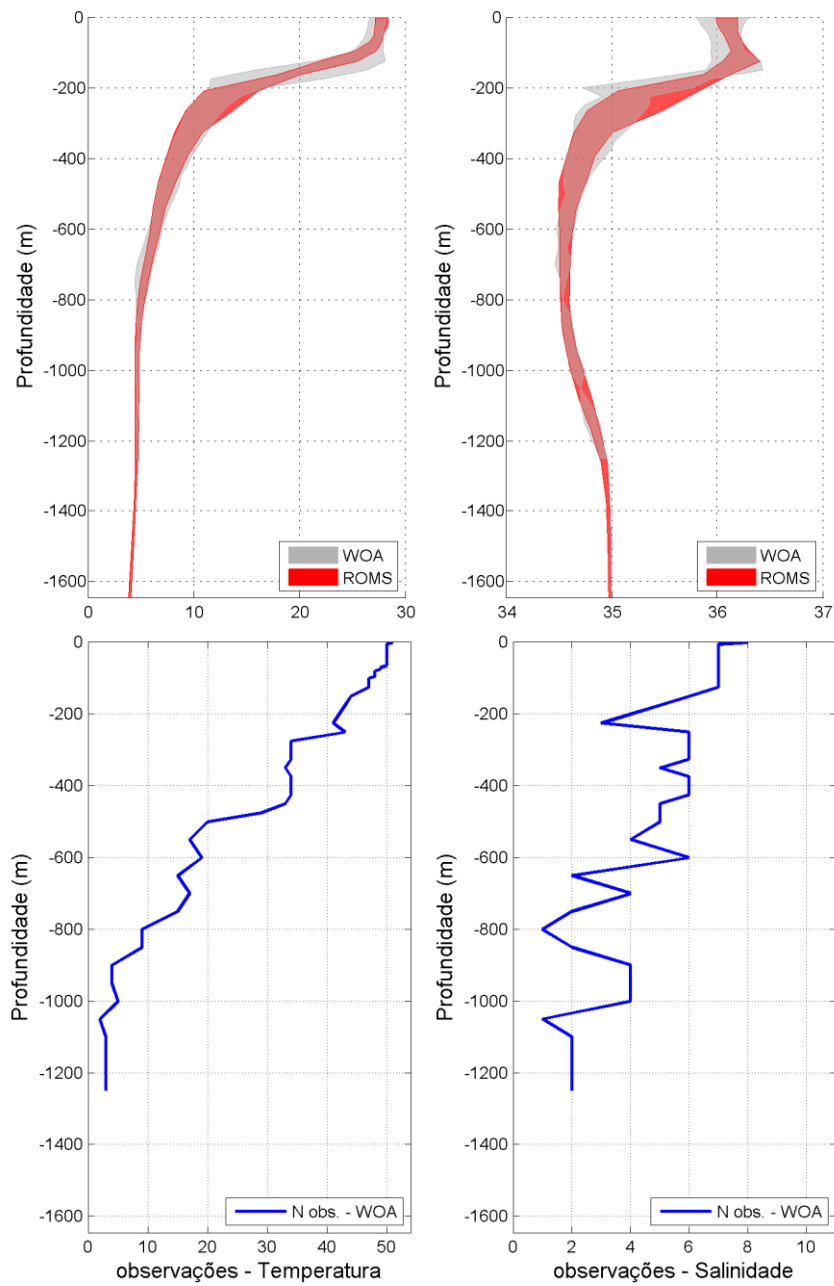


Figura 37: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Considerando todo o período da modelagem (Figura 38), observa-se que para ambas as variáveis o modelo hidrodinâmico apresenta comportamento coerente, estando dentro da faixa de ocorrência do WOA.

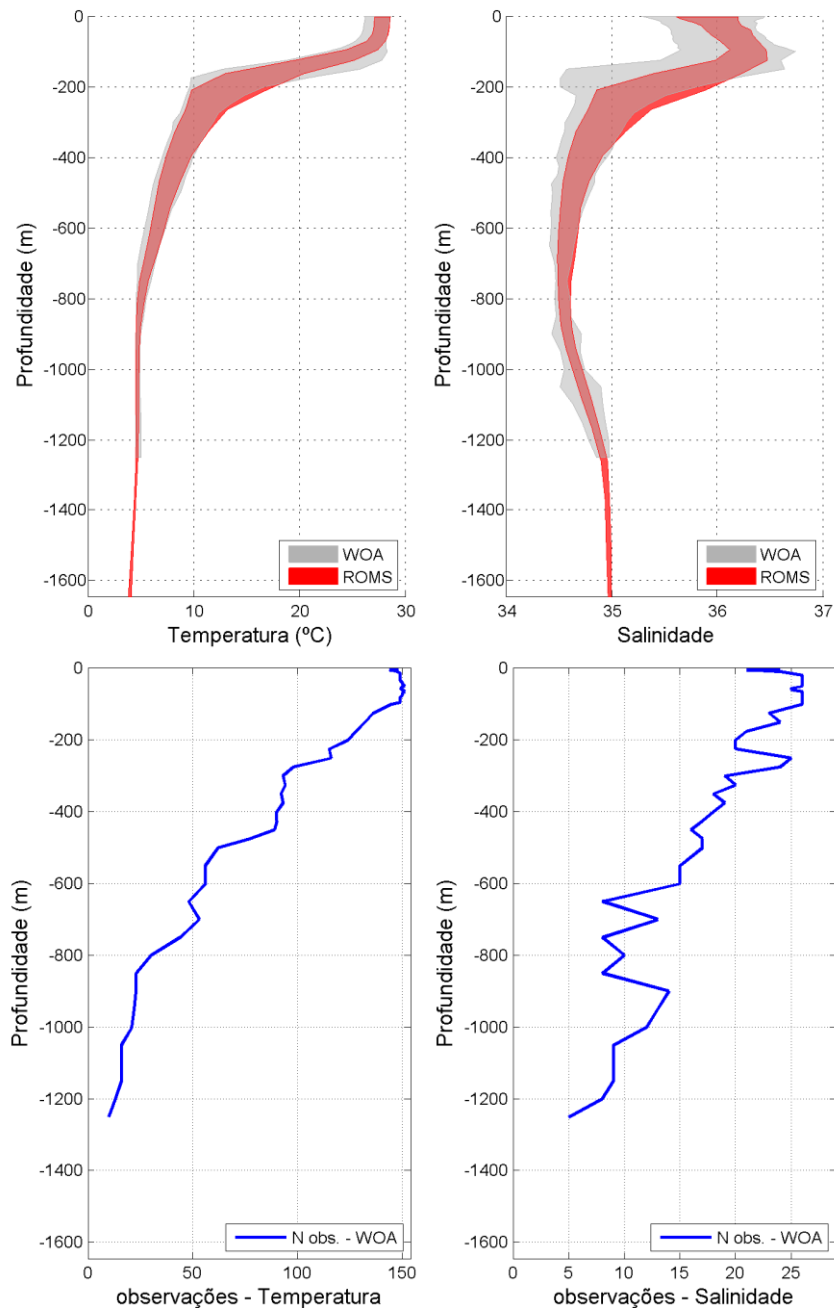


Figura 38: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 5 (Talude Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Plataforma Continental

A plataforma continental é representada pelos pontos 3 e 6. Os perfis de temperatura e salinidade do **Ponto 3**, localizado mais próximo aos blocos, são exibidos da Figura 39 à 43, primeiramente para os períodos sazonais e, posteriormente, para o período todo.

A plataforma continental da região sofre grande variabilidade, principalmente de salinidade, devido à influência da descarga do rio Amazonas e sua sazonalidade. A baixa quantidade de informações, principalmente de salinidade, dificulta maiores avaliações, uma vez que tais informações, embora componham uma climatologia, apresentam tendência a seguir os poucos valores medidos. Assim, os valores apresentados pelo WOA para estes pontos podem ser mais um reflexo de um momento específico, do que um estado médio e suas variações esperadas.

O fato de que apenas para a primavera há uma quantidade razoável de medições de salinidade no ponto 3, faz com que a análise do período anual, que engloba as quatro estações, acabe por ter uma maior confiabilidade estatística e de representatividade do que análises para cada período sazonal, que de qualquer maneira encontram-se apresentados a seguir (Figura 39 à Figura 43).

Analisando portanto as comparações do perfil anual (Figura 44) podemos notar que os resultados do ROMS estiveram quase sempre dentro da faixa de ocorrência esperada, apresentando apenas pequenos desvios em algumas profundidades.

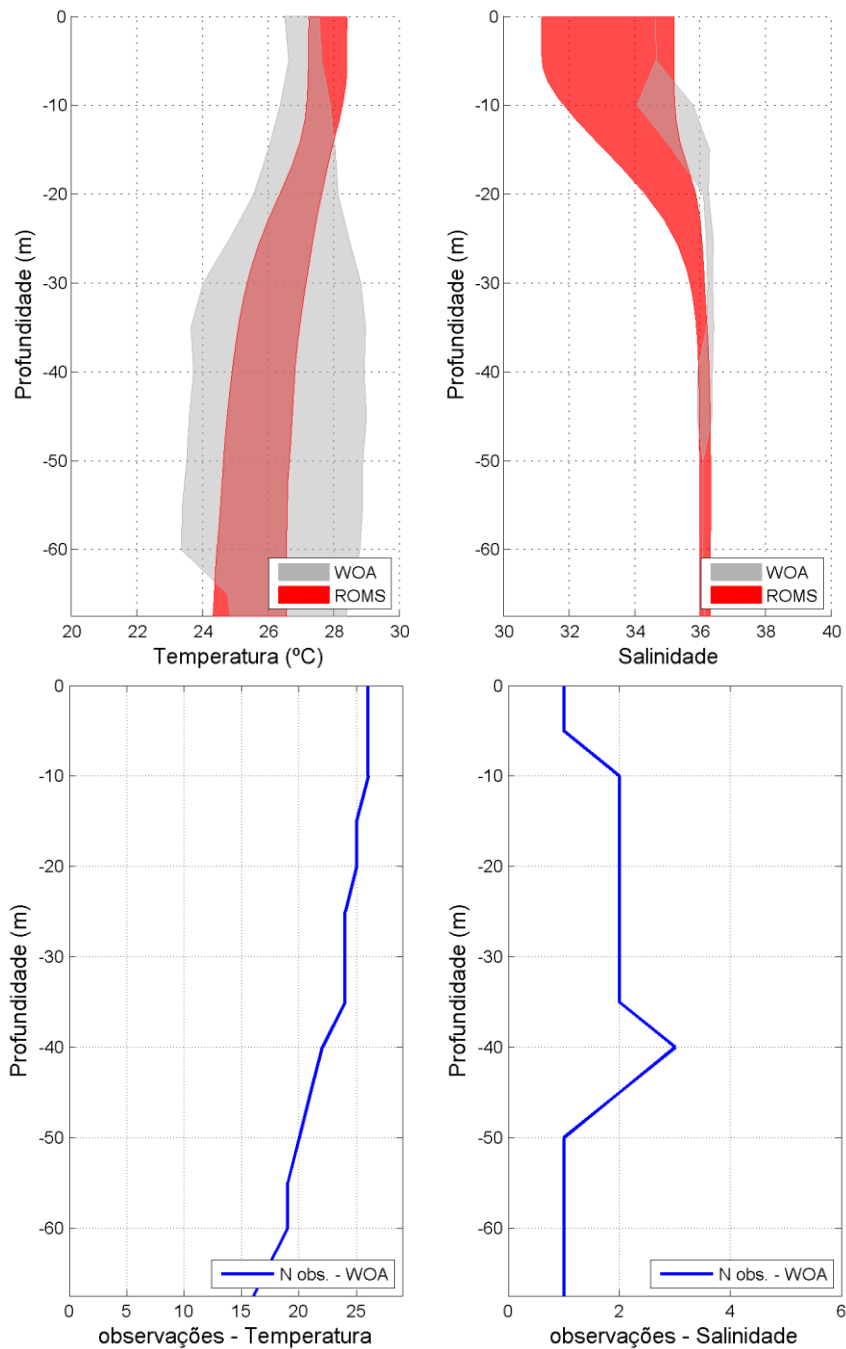


Figura 39: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

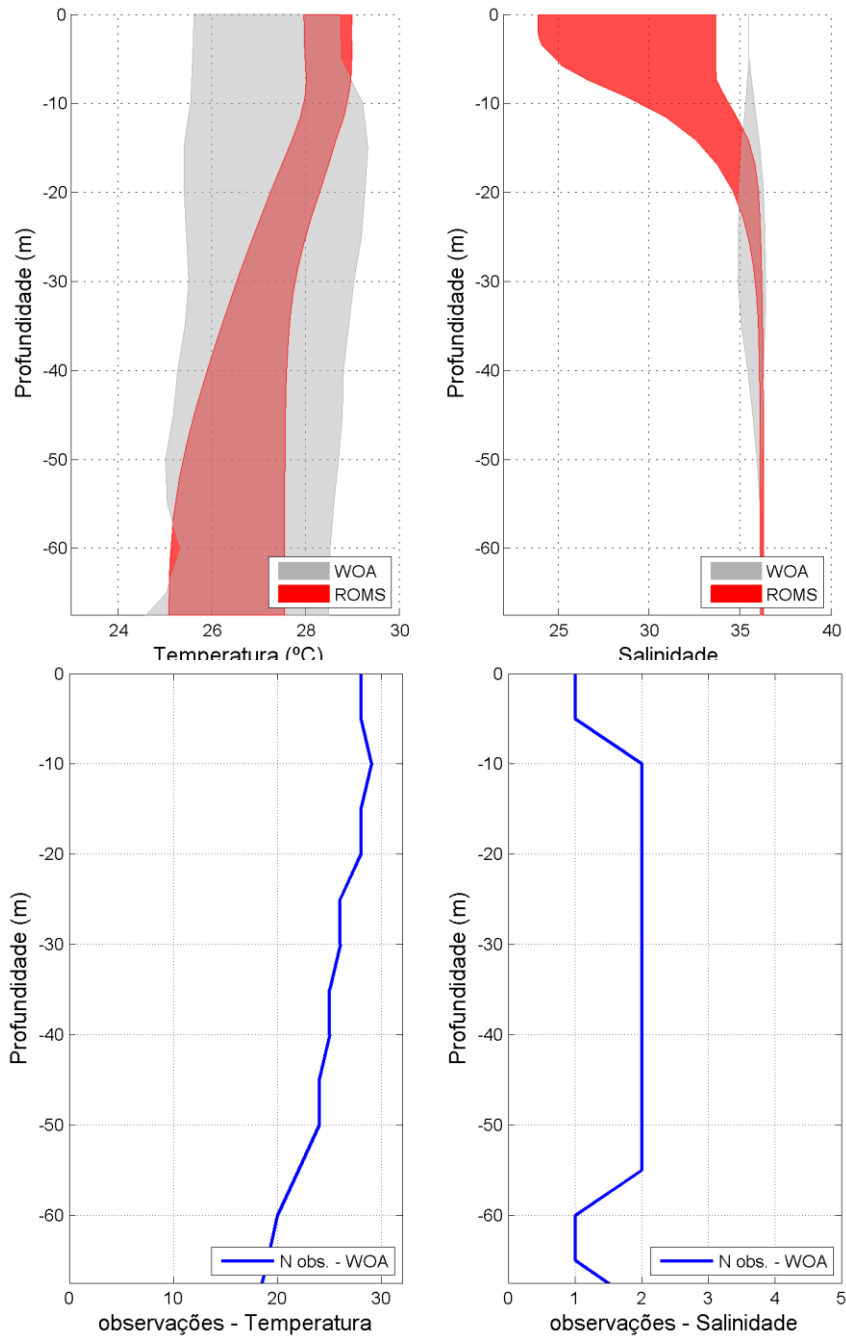


Figura 40: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

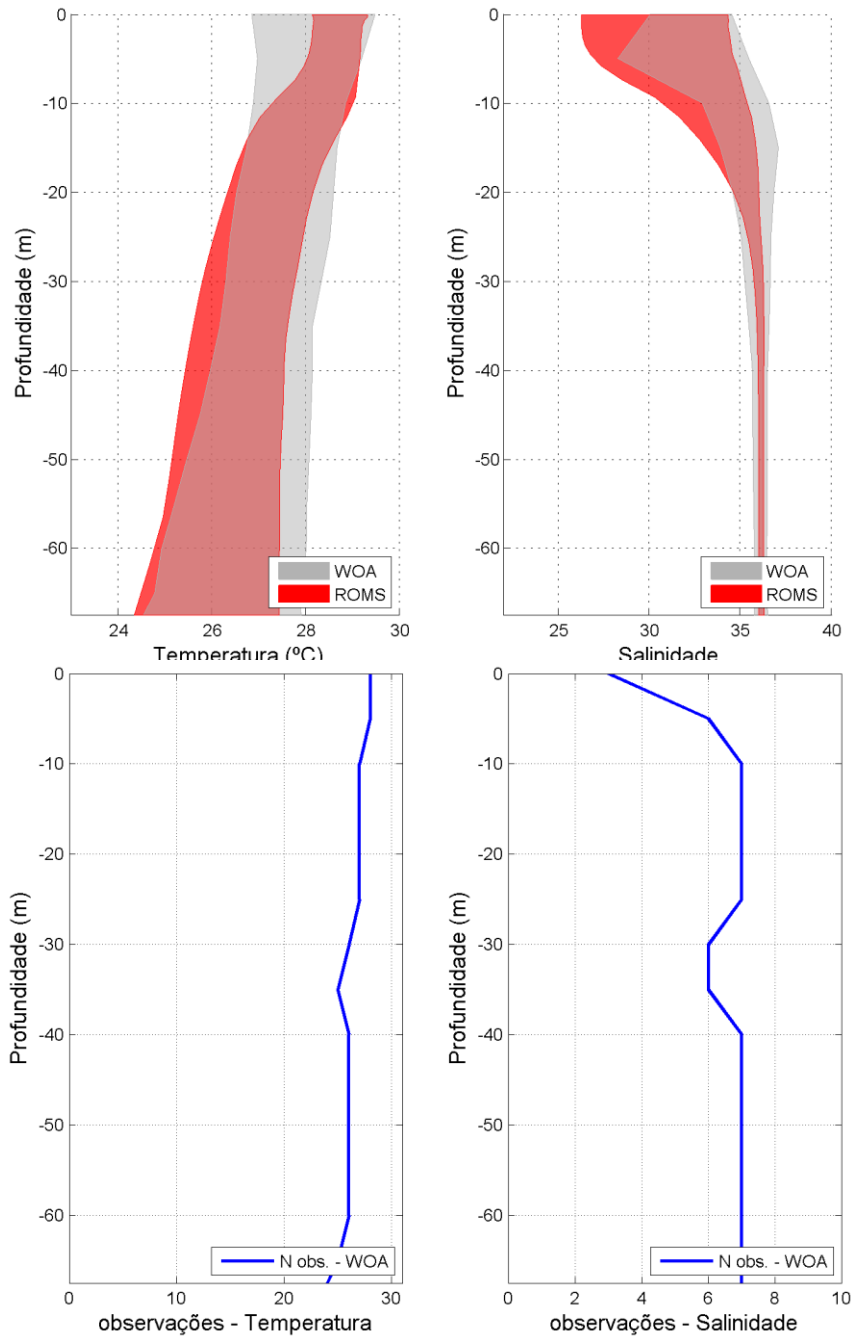


Figura 41: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

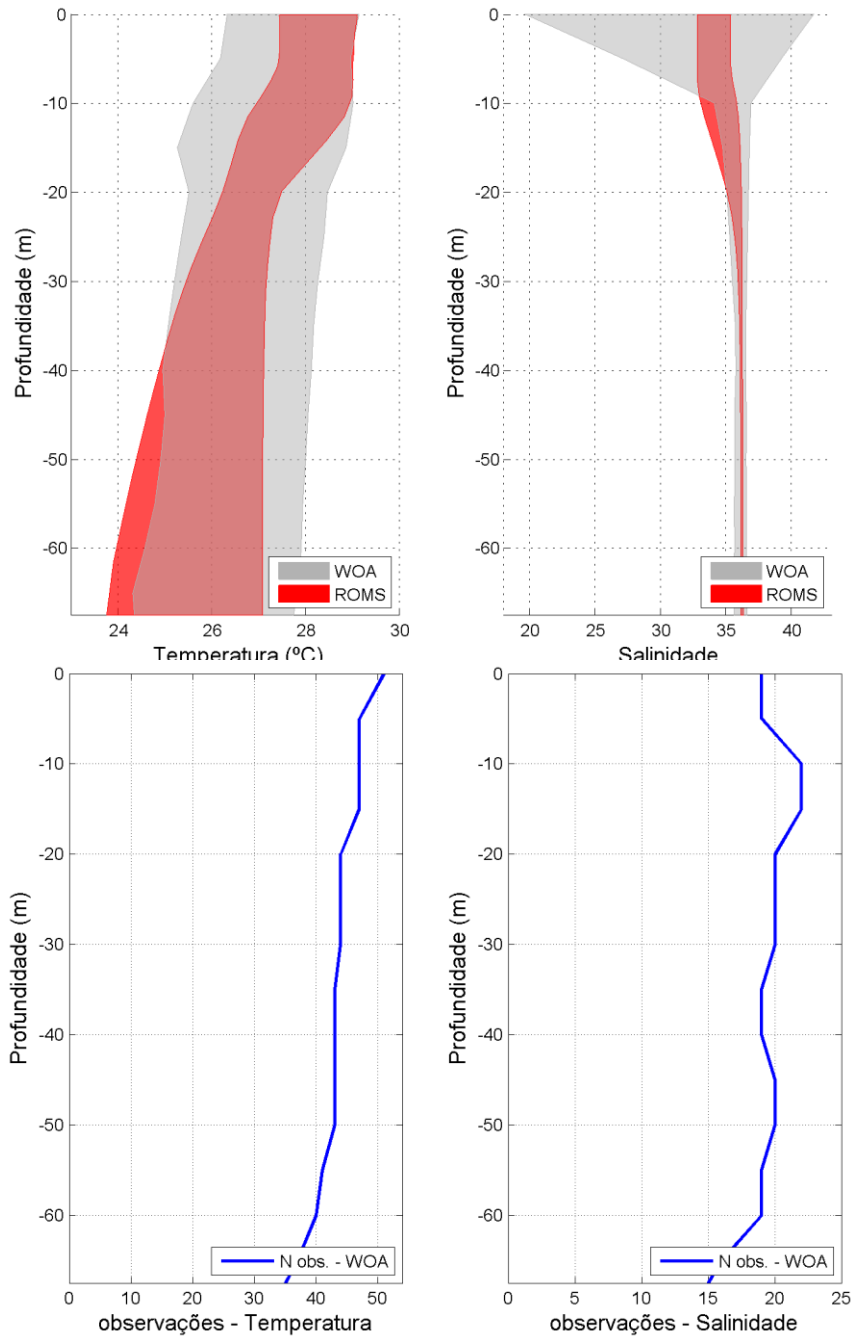


Figura 42: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

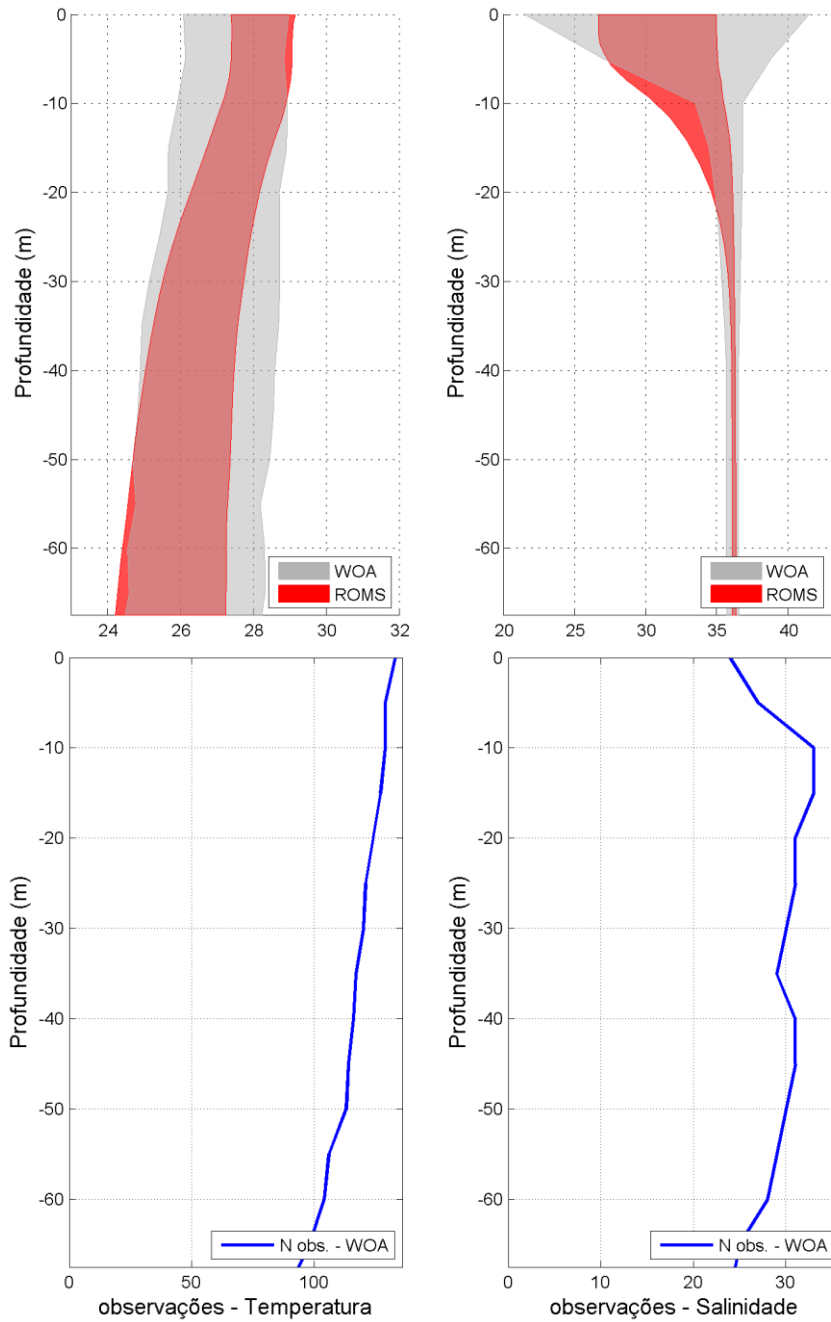


Figura 43: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 3 (Plataforma Continental) para todo o período da modelagem. Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

A seguir, da Figura 44 à Figura 48, serão exibidos os perfis de temperatura e salinidade do **Ponto 6**, localizado a uma distância de aproximadamente 215 km de Chaves-AP (cidade na desembocadura do Rio Amazonas), para os períodos de verão, outono, inverno, primavera e também para todo o período da modelagem.

No ponto 6, a mesma dificuldade pode ser observada quanto à quantidade de informações de salinidade em algumas estações. De uma forma geral, porém, nota-se que os perfis de temperatura do ROMS se apresentaram dentro da faixa de variabilidade esperada, e que os valores de salinidade do modelo estiveram um pouco menores que a faixa de ocorrência.

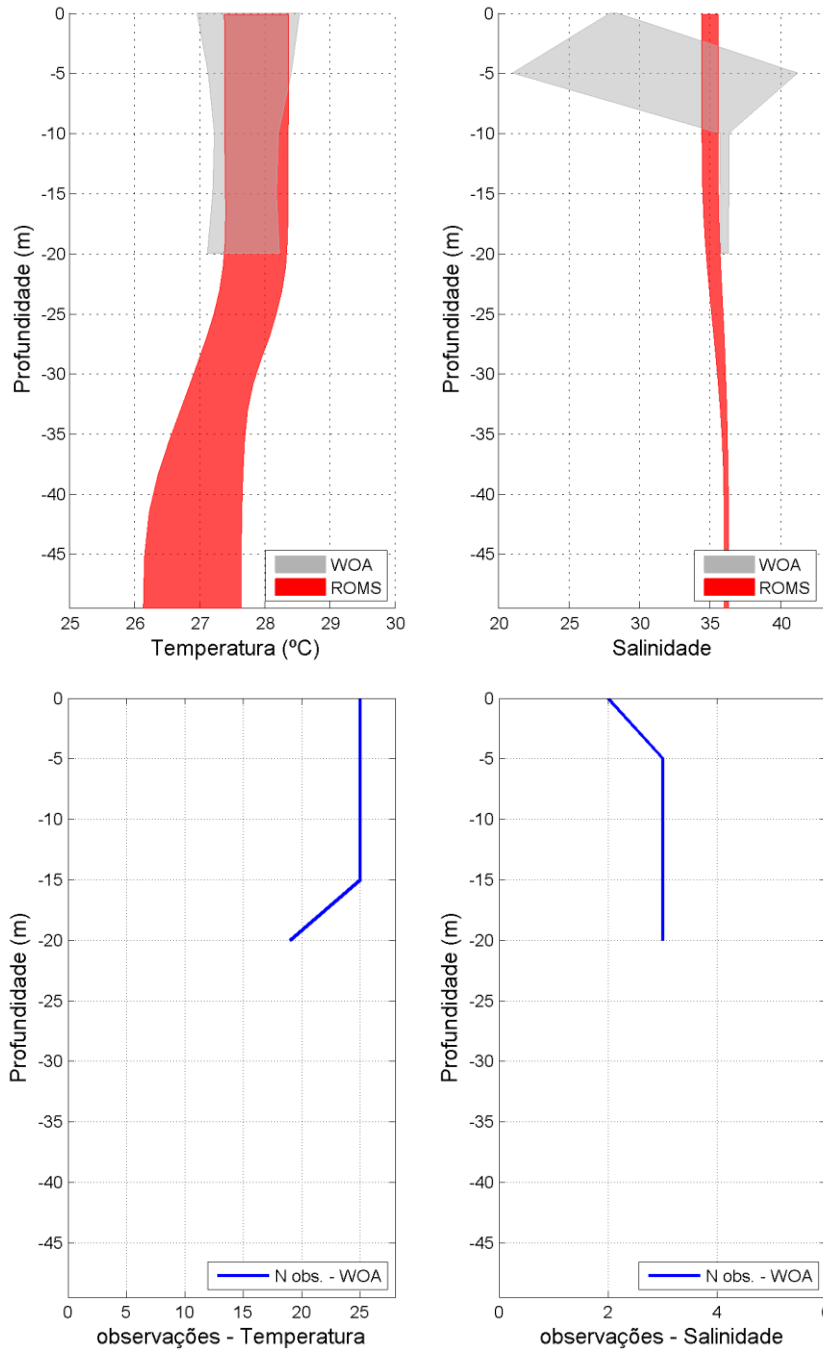


Figura 44: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de verão (janeiro a março). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

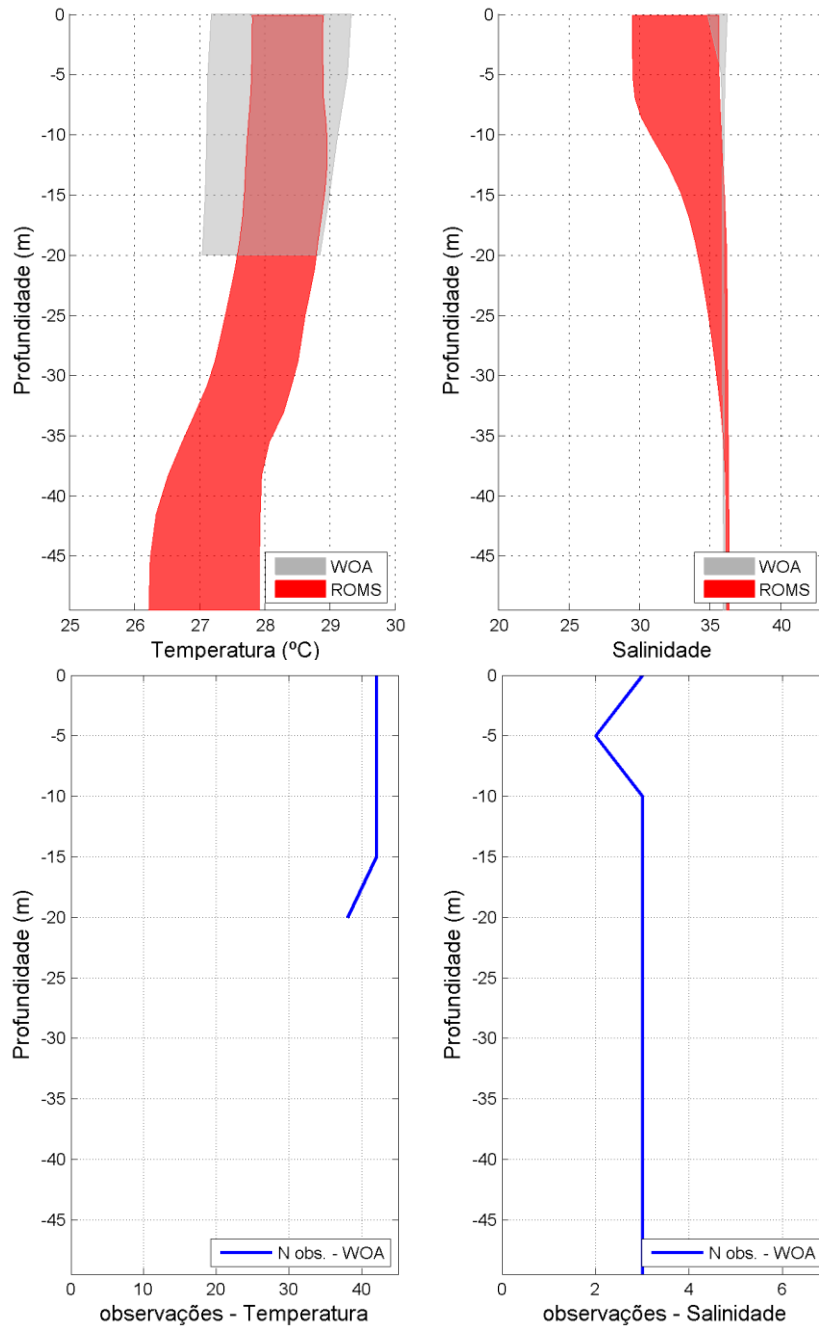


Figura 45: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de outono (abril a junho). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

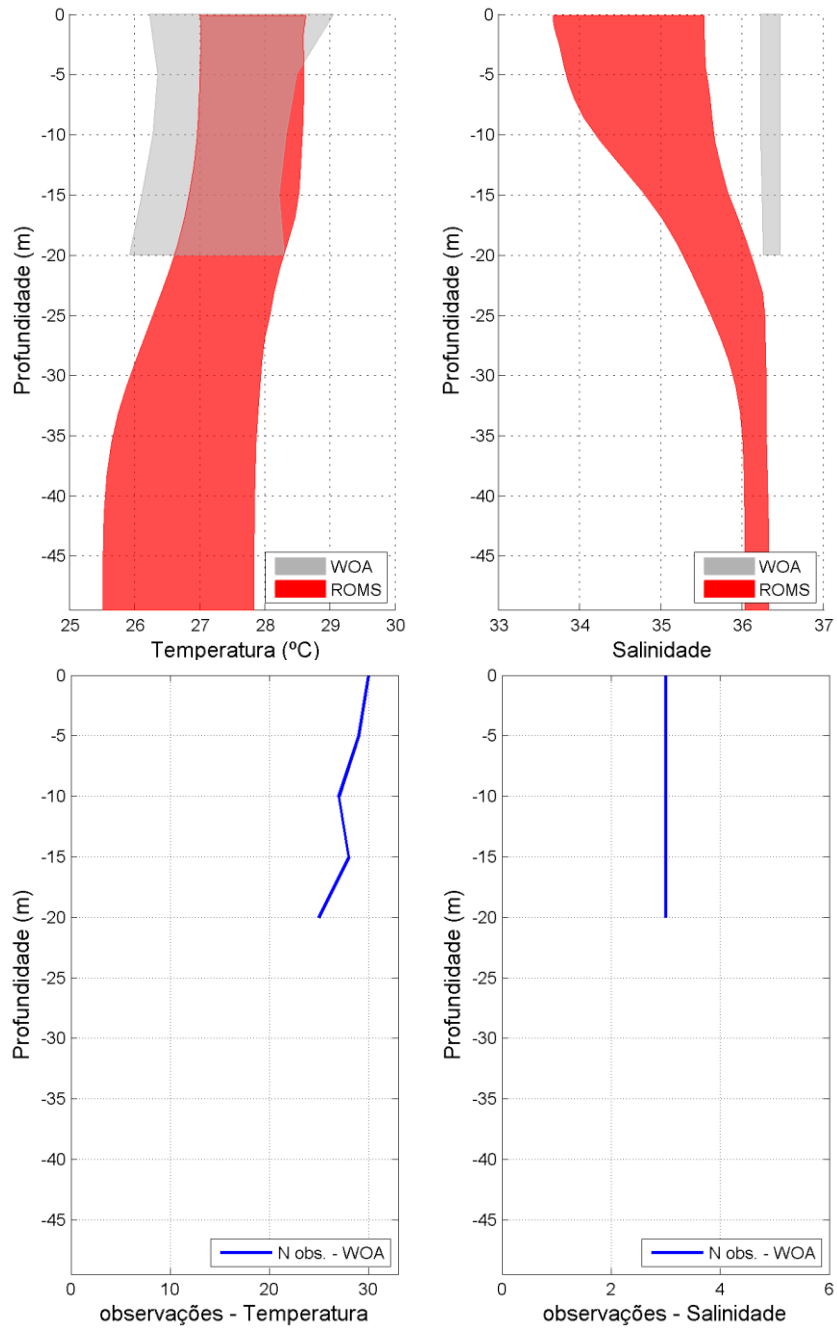


Figura 46: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de inverno (julho a setembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

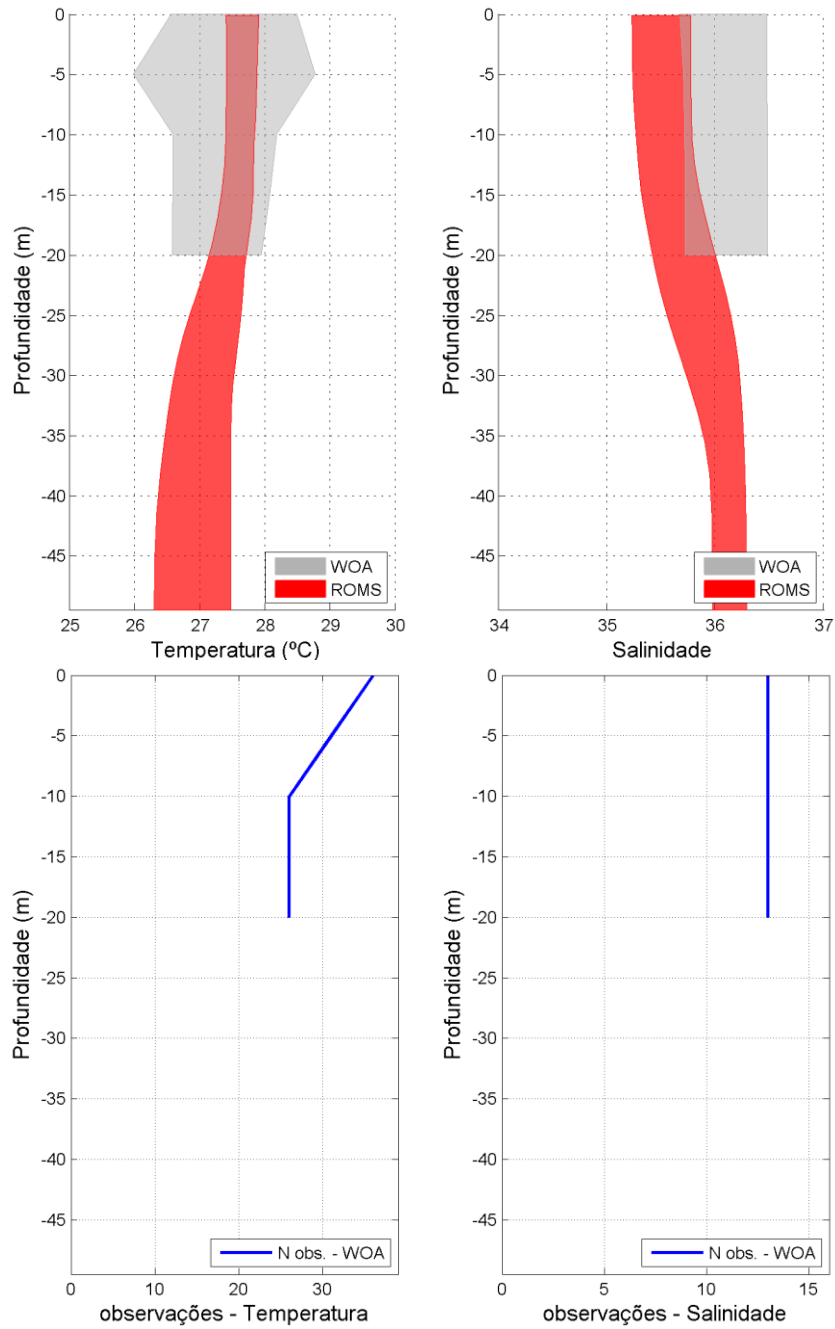


Figura 47: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para o período de primavera (outubro a dezembro). Perfis do WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

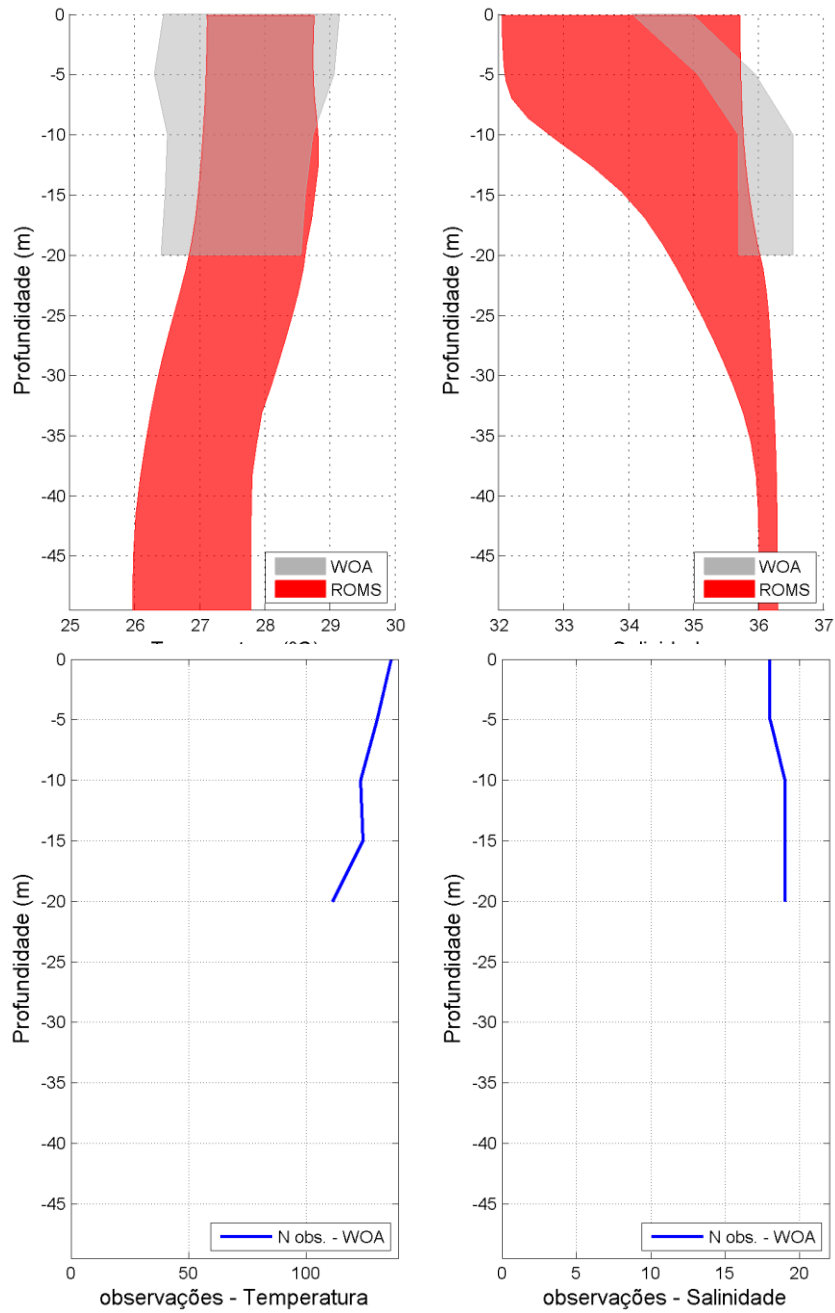


Figura 48: Comparação dos perfis de temperatura (bloco superior, à esquerda) e salinidade (bloco superior, à direita) do Ponto 6 (Plataforma Continental) para todo o período da modelagem. Perfis de WOA, apresentados em cinza e do ROMS, em vermelho. No bloco inferior, o número de observações utilizado pelo WOA para os cálculos estatísticos de cada variável.

Deve-se levar em consideração que os pontos do WOA representam uma célula de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Assim sendo, as medições que compõem esta célula podem estar mais afastadas do seu ponto central, o que poderia representar uma menor influência relativa da pluma do Amazonas, condicionando os valores da célula para valores maiores.

Em resumo, em que pese o baixo número de observações dos dados do WOA em algumas regiões, os resultados de salinidade e temperatura da modelagem hidrodinâmica obtidos com a utilização do ROMS se mostraram coerentes com as observações do WOA na plataforma oceânica e talude continental. Na plataforma continental, essa correlação já não é tão boa, devido, entre outros motivos, ao baixo número de informações do WOA, principalmente no que tange à salinidade, à grande variabilidade e hidrografia da região, que é dominada por uma pluma superficial de água salobra, formada pela mistura da água doce do rio Amazonas com a água salgada oceânica.

Para se ter um maior detalhamento da estrutura termohalina da região da pluma do rio Amazonas foi elaborada uma base hidrodinâmica mais detalhada, com o objetivo específico de representação da trajetória de manchas de óleo decorrentes de acidentes na rota das embarcações de apoio às atividades nos blocos de exploração *offshore*. Esta base hidrodinâmica é reapresentada ao final deste capítulo (ANEXO I), no novo relatório de modelagem de dispersão de óleo diesel e hidrodinâmica costeira, que traz informações bem mais detalhadas sobre a estrutura termohalina da região da pluma do rio Amazonas, contando com comparações com dados do WOA e outras fontes de dados.

2.1.4 Questionamento 4

“Para a modelagem de dispersão de poluentes na rota de embarcação, foram utilizadas cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil com maiores resoluções para a interpolação na grade do modelo, para o qual foi gerada a batimetria. Questiona-se o por quê o mesmo não foi feito para a modelagem de dispersão de Óleo, uma vez que o resultado seria uma batimetria mais acurada.”

Resposta:

O ETOPO1 é um modelo digital do terreno com resolução de 1 minuto de arco, que combina observações por satélite, medições executadas por embarcações através de sinais acústicos, e modelos digitais do terreno, dentre outras fontes de dados. Esta base de dados é amplamente utilizada e internacionalmente reconhecida como fonte de dados batimétricos para modelos oceânicos globais e regionais (ver, por exemplo: X. Zhu *et al.*, 2016, Frago *et al.*, 2016, Neveu *et al.*, 2016). A resolução da base de dados do ETOPO1 (~1.8 km) é compatível com a

resolução da modelagem hidrodinâmica (~6,5 km) elaborada para simulações de vazamentos na região dos blocos.

À época do desenvolvimento do estudo para os blocos exploratórios da Bacia da Foz do Amazonas, em 2015, entendeu-se que a utilização dos dados do ETOPO1 era suficiente para representar as principais feições batimétricas necessárias para a modelagem hidrodinâmica e de dispersão de óleo por se tratar de um vazamento em bacia oceânica, com o domínio modelado de mais de 2.000 km de extensão.

Em contrapartida, no atendimento ao Parecer Técnico nº55/17, em que foi solicitada a modelagem de dispersão de óleo diesel na rota das embarcações, tem-se na região de estudo áreas mais rasas e uma extensão bem menor que a modelagem para bacia oceânica. Desta forma, a Prooceano entendeu que as cartas náuticas da DHN, que possuem maior acurácia, são mais apropriados para a região de estudo.

Mesmo com essas diferentes abordagens, no relatório elaborado em abril de 2014, no item 2.5.1 - Condição de Contorno de Fundo, foi apresentado o mapa batimétrico interpolado da base de dados do ETOPO1 na grade do modelo em comparação com a carta náutica nº 40 (uma das cartas utilizadas na modelagem de dispersão de poluentes na rota de embarcação) interpoladas para a grade do modelo ROMS. O que se pode observar (Figura 49) é que os dois mapas (ETOPO1 e DHN) são bastante similares, permitindo que o dado do ETOPO1 possa ser considerado adequado para utilização como condição de contorno de fundo para a modelagem regional. A seguir são rerepresentadas as figuras comparativas.

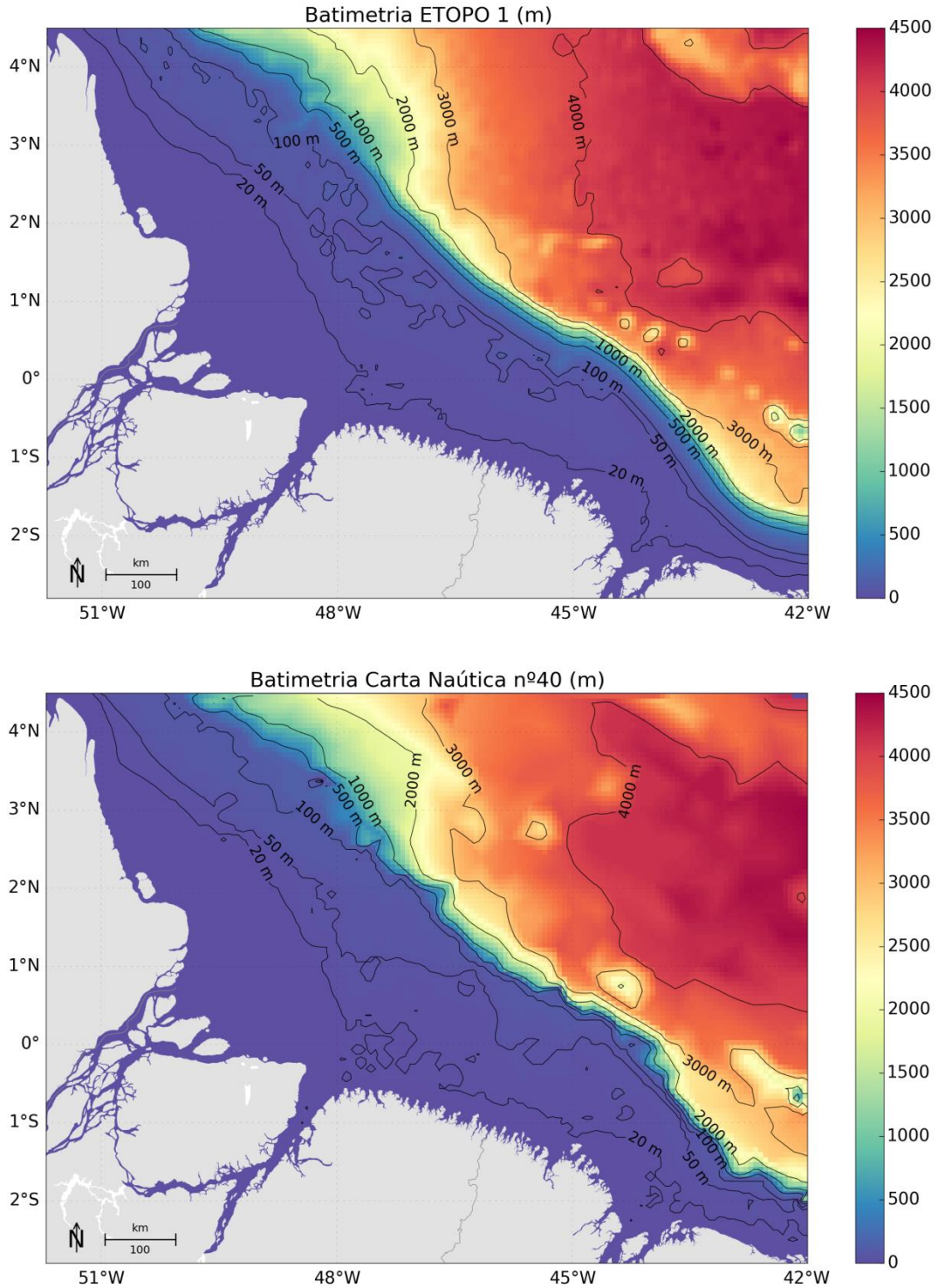


Figura 49: Batimetria do ETOPO1 (painel superior) e da Carta Náutica 040 (painel inferior) interpoladas para a grade do ROMS.

Como podem ser observados na Revisão 00 do Relatório de Modelagem, os resultados apresentados mostraram que as bases hidrodinâmicas elaboradas conseguiram representar as principais feições oceanográficas da região dos blocos e por isso foram consideradas adequadas para utilização nos estudos de modelagem de dispersão de óleo dos vazamentos na área das operações.

Com relação à modelagem hidrodinâmica costeira, como o foco desse estudo é o maior detalhamento dos processos na região da Foz do Amazonas, optou-se pela utilização de batimetrias digitalizadas a partir das cartas náuticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação.

2.1.5 Questionamento 5

“Nessa etapa do estudo nada se falou a respeito das campanhas de coletas de dados do Projeto AmasSeds (A Multidisciplinary Amazon Shelf Sediment Study) e de estudos na região derivados do projeto. Foram encontradas teses de doutorado e artigos científicos com muitos detalhes sobre massas d’água na plataforma continental e regiões adjacentes, bem como estudos sobre o sedimento de fundo na região. No entanto, o estudo apresentado se ateve as referências bibliográficas que sempre são usadas mesmo a região sendo de nova fronteira.

Solicita-se a ampliação da discussão das marés, da pluma do Amazonas através de dados obtidos pelo projeto. E ainda, discorram a respeito dos dados de fundeios obtidos no projeto.”

Resposta:

No Parecer Técnico 687/2015, que tratou sobre a Caracterização Ambiental da Bacia da Foz do Amazonas foi abordada a seguinte questão *“Solicita-se a ampliação da discussão sobre a importância da maré para a região e a influência da vazão fluvial do Rio Amazonas nesta (...) Solicita-se também a ampliação na discussão sobre o comportamento da pluma do Rio Amazonas”*.

Para atendimento a esta questão foi feita, então, uma extensa revisão bibliográfica e análise de dados sobre oceanografia da foz do Amazonas, incluindo a apresentação de dados do projeto AmasSeds, bem como conclusões de estudos derivados do projeto. Para simplificar a avaliação do conteúdo, o texto apresentado na resposta ao Parecer Técnico 687/2015 é transcrito a seguir.

“Os fenômenos oceanográficos na região da Bacia da Foz do Amazonas, sobretudo nas regiões costeiras e na plataforma continental interna, onde se observa complexa interação entre a pluma do rio Amazonas, correntes costeiras e marés, resultam em um ambiente altamente energético e bastante complexo.

A circulação sobre a plataforma continental amazônica está sujeita a forçantes de várias origens: fluxos de densidade induzidos pela descarga de água doce do Rio Amazonas, fortes correntes costeiras associadas com a Corrente Norte do Brasil (CNB), correntes de maré intensas e ventos alísios de NE/SE (dependendo da estação do ano) quase que constantes (NIKIEMA et al., 2006).

Na plataforma continental amazônica, as correntes são dominadas por dois componentes principais: correntes de maré (barotrópicas e perpendiculares a costa e às isóbatas) e um fluxo para NW, paralelo à costa (associado às interações com a CNB e com os ventos alísios). Medições indicam que as correntes de maré possuem grande variação entre os regimes de sizígia e quadratura. As velocidades máximas são observadas na plataforma continental interna, durante as marés de sizígia, atingindo até 2 m/s. Nas marés de quadratura, as máximas atingem valores próximos a 0,7 m/s (GEYER et al., 1991).

Embora a maré seja a forçante dominante nas correntes perpendiculares à plataforma, deve ser ressaltado que esta circulação é bidirecional, com correntes atuando em sentidos opostos ao longo do ciclo de maré, interferindo pouco nos fluxos residuais.

As alterações nas marés provocadas pela vazão fluvial ocorrem apenas em regiões mais próximas ao estuário (GALLO, 2004). A penetração da maré em regiões estuarinas é afetada, principalmente, pela vazão fluvial e pela presença de águas mais rasas. No estuário do Rio Amazonas, a vazão fluvial é responsável pelo amortecimento de componentes harmônicos e pela geração de outras constantes harmônicas (GALLO, 2004). Ressalta-se que para as componentes mais energéticas, como M2 e S2, não foram identificadas alterações devido à influência da vazão.

Vinzon e Mehta (2001) e Gabioux et al. (2005) investigaram o efeito da lama fluida na propagação da maré na plataforma continental. Estes trabalhos demonstraram o papel da redução do atrito devido à presença destes depósitos de lama junto ao fundo. A diminuição do atrito reduz também a dissipação de energia, promovendo, assim, um aumento das amplitudes de maré nas regiões estuarinas ao longo da costa norte (VILELA, 2011).

Exemplos da importância das correntes de maré e sua variação ao longo da plataforma continental amazônica podem ser obtidos de Alessi et al. (1992) e através dos resultados do ROMS.

Alessi et al. (1992) apresentam séries temporais de correntes medidas em três fundeios (M1, M2 e M3) ao longo da plataforma continental próxima aos blocos

(Figura 50 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), entre os meses de fevereiro e abril de 1990. O ponto M1 ficava situado na plataforma continental interna, em região com coluna d'água de 18 m; o ponto M2 na plataforma média, com lâmina d'água de 65 m; e o ponto M3 próximo à quebra da plataforma, onde a profundidade local é de 103 m.

Os fundeios M1, M2 e M3 foram medidos no âmbito do projeto multidisciplinar conhecido como AmasSeds (Amazon Shelf Sediment Study). O AmasSeds consiste em um programa observacional, conduzido para melhorar o entendimento da características dinâmicas e propriedades da água e das correntes na plataforma continental Amazônica.

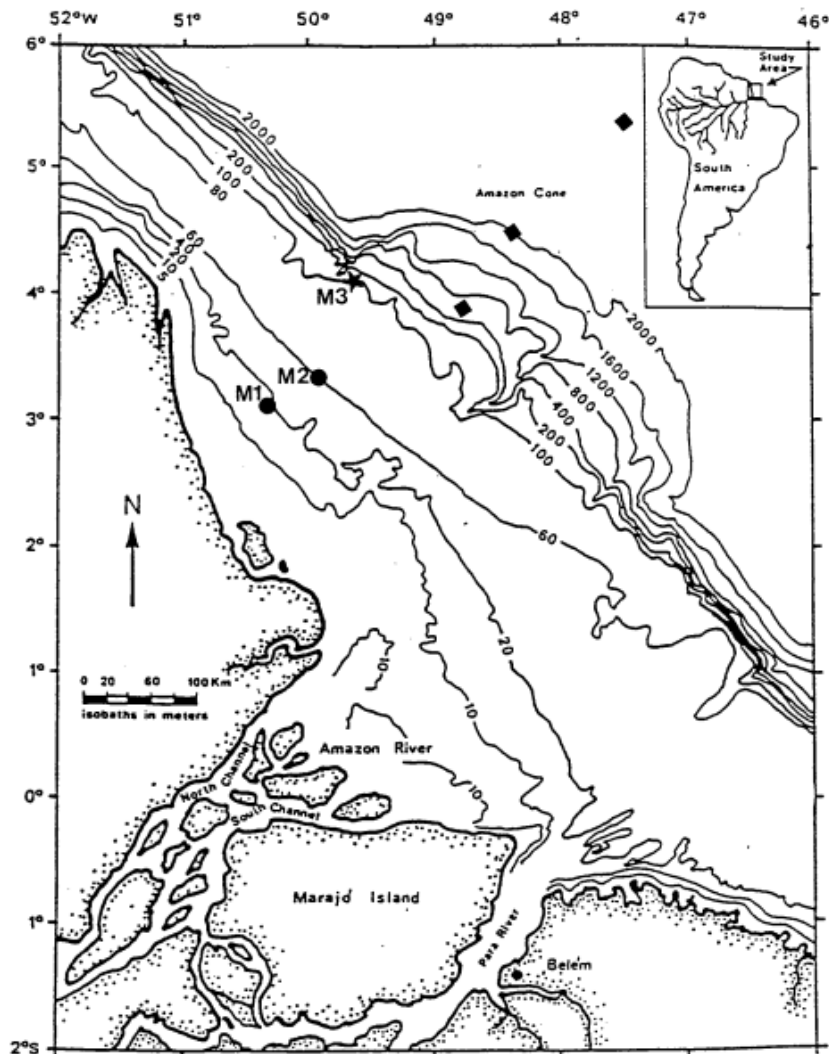


Figura 50: Localização dos pontos M1, M2 e M3 onde foram coletados os dados de corrente. Fonte: Alessi *et al.* (1992).

A seguir, da Figura 51 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** à Figura 56 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentadas as séries temporais de velocidade de corrente para os três pontos, obtidas de Alessi et al. (1992) e do ROMS. Vale destacar que o ROMS foi integrado para o ano de 2013 e que os dados apresentados em Alessi et al. (1992) foram coletados entre fevereiro e abril de 1990. Sendo assim, ressalta-se que os dados apresentados não devem ser comparados diretamente e que as avaliações devem ser feitas em função das magnitudes e amplitudes das correntes observadas.

Para esta análise foram extraídos os dados do ROMS para o mesmo período do ano dos quais os dados foram medidos, entretanto, como dito anteriormente, em anos distintos - 1990 e 2013. Nesses gráficos, valores positivos representam correntes direcionadas no sentido offshore (para a componente perpendicular à linha de costa), e correntes orientadas para NW, no caso das correntes paralelas a linha de costa.

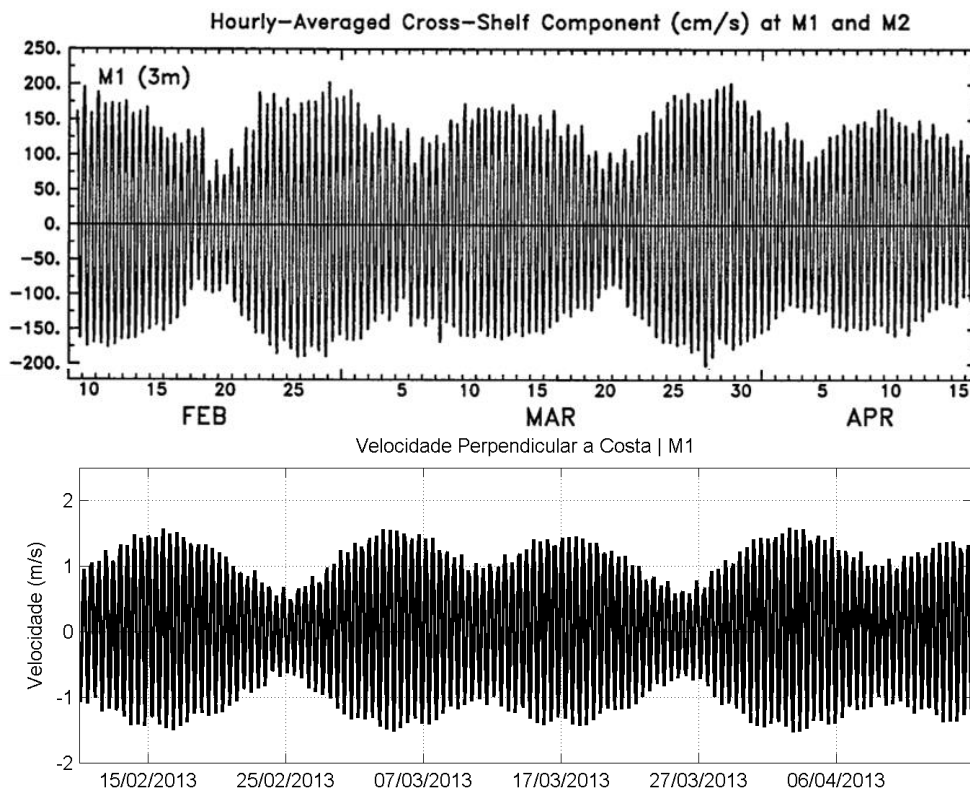


Figura 51: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi et al. (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M1.

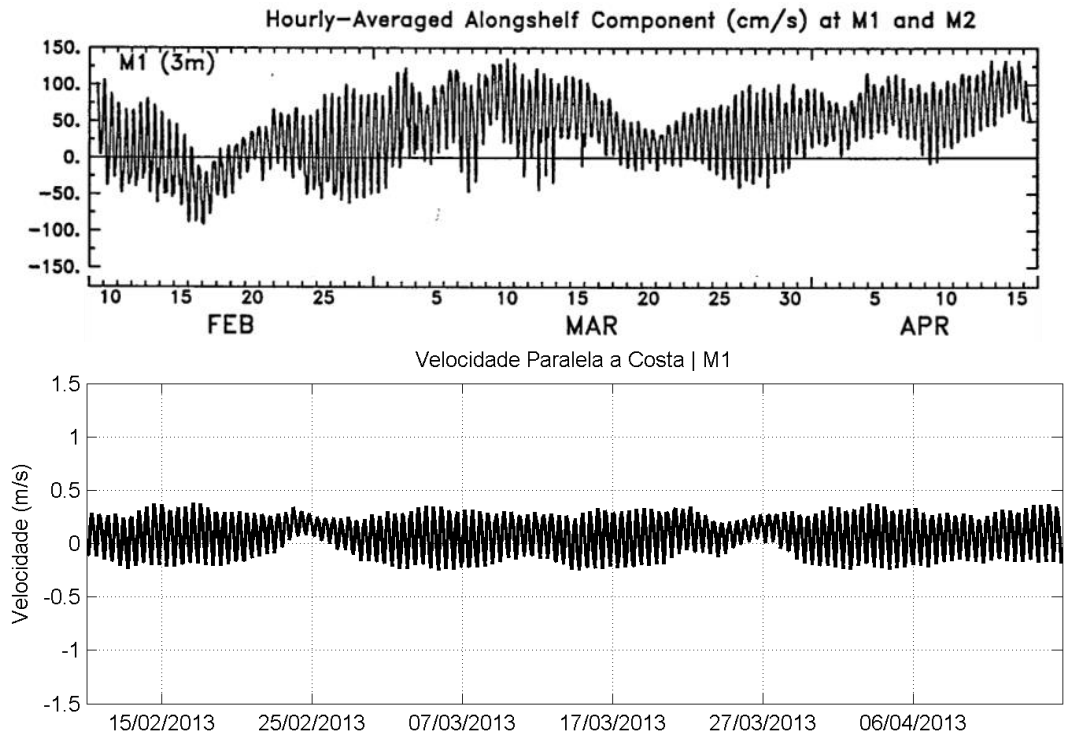


Figura 52: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi *et al.* (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M1.

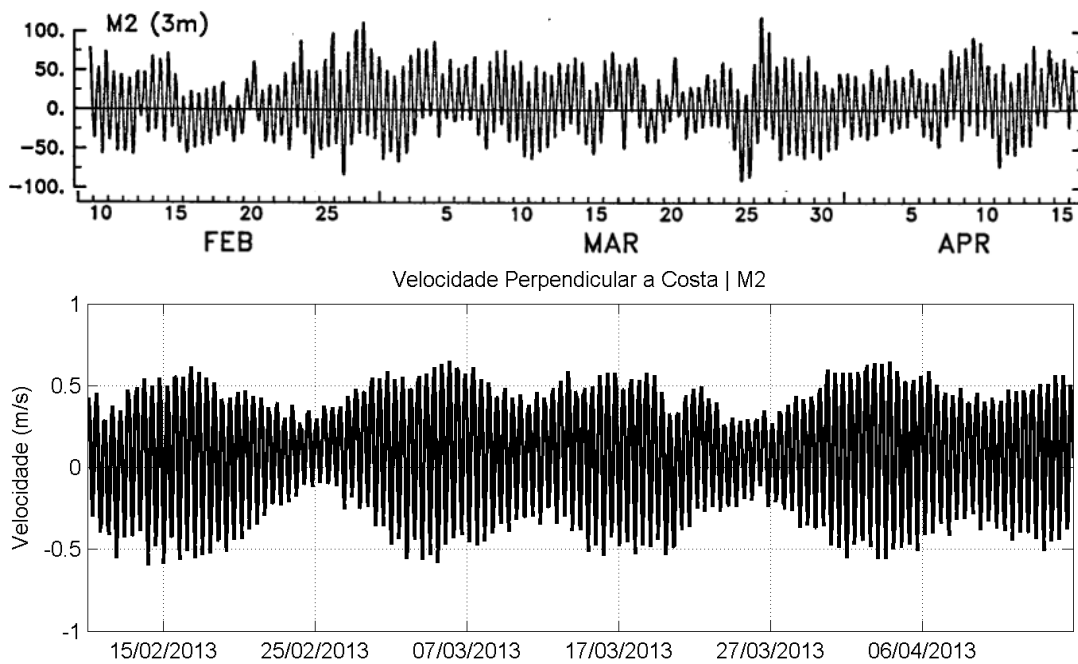


Figura 53: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi *et al.* (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M2.

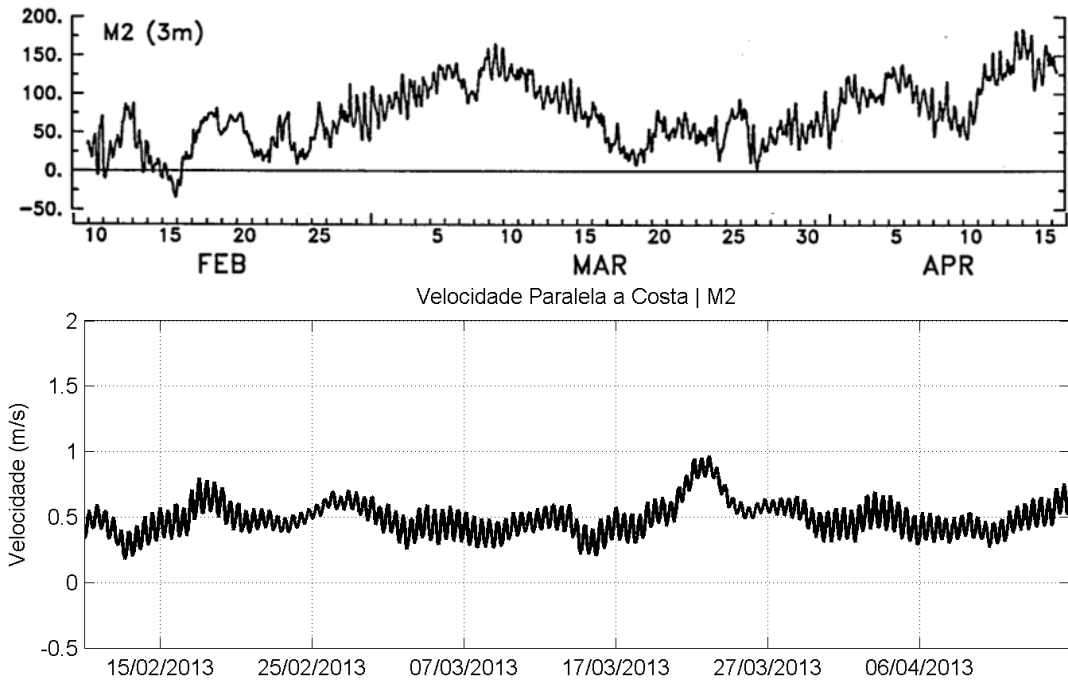


Figura 54: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi *et al.* (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M2.

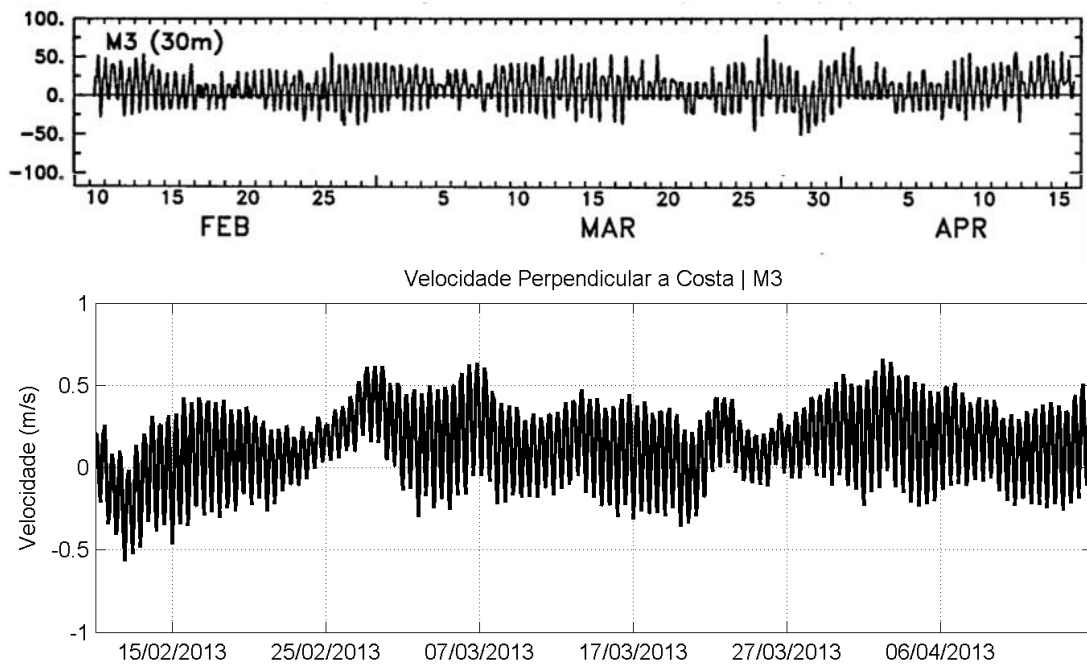


Figura 55: Série temporal da componente perpendicular à linha de costa obtida de Alessi *et al.* (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M3.

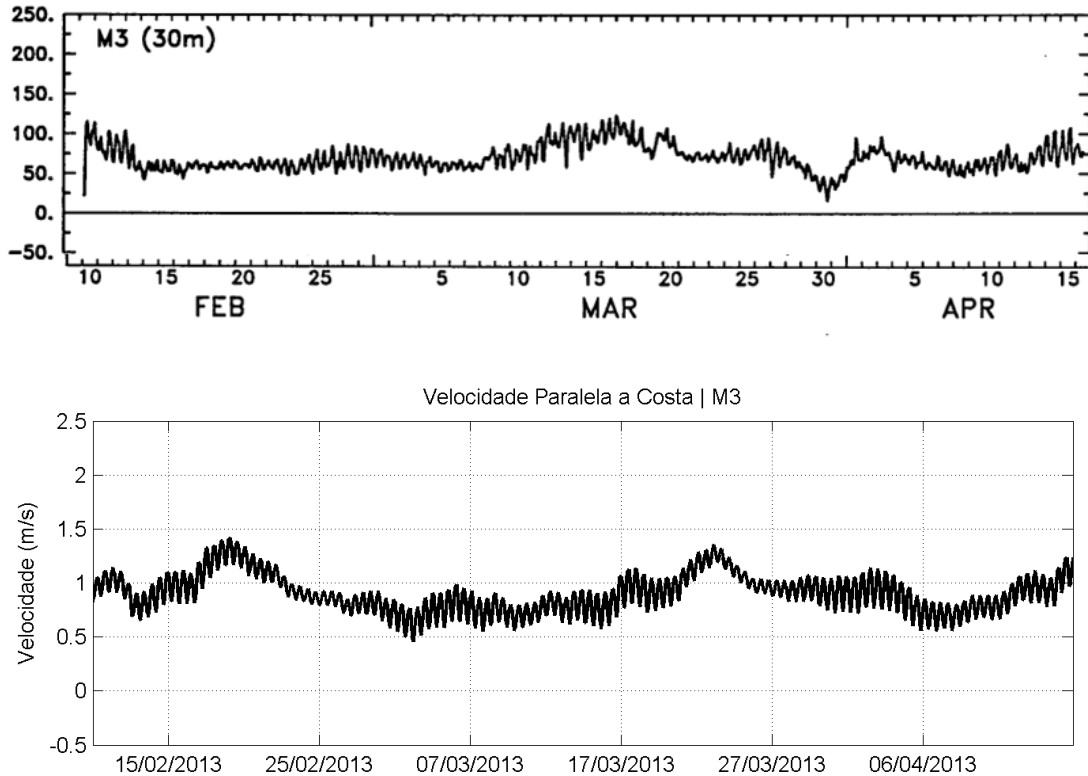


Figura 56: Série temporal da componente paralela à linha de costa obtida de Alessi et al. (1992) (painel superior) e dos resultados do ROMS (painel inferior) para o ponto M3.

Os dados do ROMS apresentados reforçam o padrão indicado pela literatura e identificado nos dados coletados no projeto AmasSeds. Na plataforma continental interna (ponto M1), a maré é a forçante que domina a componente perpendicular à costa, com velocidades entre 1,5 e 2 m/s em situações de sizígia. Na componente paralela à costa, embora seja observada influência da maré, esta é muito menor, com as correntes para NW sendo forçadas por outros aspectos da circulação de plataforma, como o vento e a influência da CNB.

No ponto M2, nota-se uma diminuição das amplitudes de corrente perpendiculares à costa devido à diminuição da influência da maré. As velocidades de corrente de maré na região intermediária da plataforma atingem pouco mais que 0,5 m/s.

Nas proximidades da quebra da plataforma, além da redução da importância da maré nas correntes (inclusive na componente perpendicular à costa), nota-se uma maior contribuição de oscilações de frequência mais baixa, associadas à interferência da CNB e sua atividade de mesoescala na plataforma continental.

No que tange ao Rio Amazonas, este apresenta descargas fluviais entre aproximadamente 80.000 e 250.000 m³/s de água doce na plataforma continental da Bacia da Foz do Amazonas (OLTMAN, 1968 apud GEYER et al., 1991). A

pluma resultante dessa descarga se estende por centenas de quilômetros em direção ao oceano e para NW ao longo da costa (GIBBS, 1970 apud GEYER et al., 1991).

A estrutura da pluma do Rio Amazonas é influenciada por uma variedade de processos físicos presentes na plataforma continental Amazônica, como a CNB (FLAGG et al., 1986 apud NIKIEMA et al., 2006), os ventos alísios (HELLERMAN, 1980) e as fortes correntes de maré (GIBBS, 1982 apud NIKIEMA et al., 2006).

Entre 1°S e 5°N, a pluma tem uma espessura de 3 a 10 m, e uma extensão para offshore que varia entre 80 e 200 km. Nos períodos de cheia (entre março e maio), essa extensão pode atingir até 500 km devido à alta descarga do rio, combinada com a ação dos ventos (Lentz, 1995).

Já Nikiema et al. (2006) indicam que a pluma do Rio Amazonas tem sua deriva forçada, principalmente, pela circulação de plataforma, com a pluma sendo transportada para NW e mais ou menos confinada ao longo da costa, de acordo com a intensidade das correntes costeiras. Exemplos desse comportamento podem ser verificados nas médias mensais de densidade para o período chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), calculadas a partir dos resultados do MyOcean para o ano de 2013 (Figura 57 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

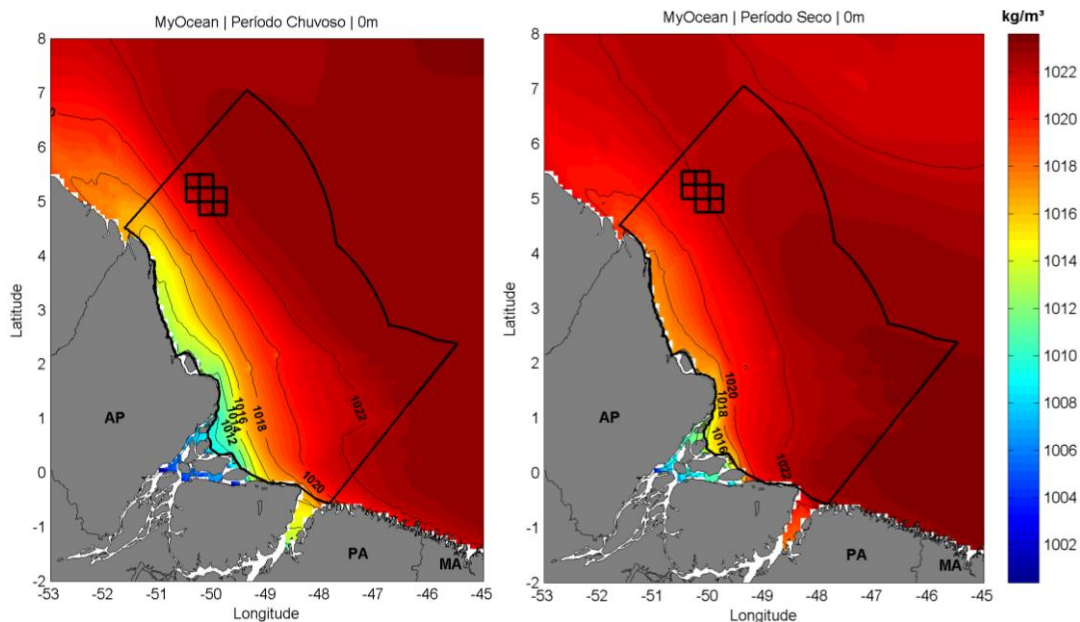


Figura 57: Campos médios de densidade para o período chuvoso – janeiro a junho- (esquerda) e seco – julho a dezembro - (direita).

Nota-se que a pluma de baixa salinidade associada à descarga do Rio Amazonas é transportada para NW devido à circulação de plataforma. No período chuvoso, a

*extensão da pluma é maior devido ao aumento da vazão do rio. Para avaliar a circulação residual nas proximidades da desembocadura do Amazonas são apresentados os campos médios de correntes superficiais calculados a partir dos resultados do ROMS (Figura 58**Erro! Fonte de referência não encontrada.**)*

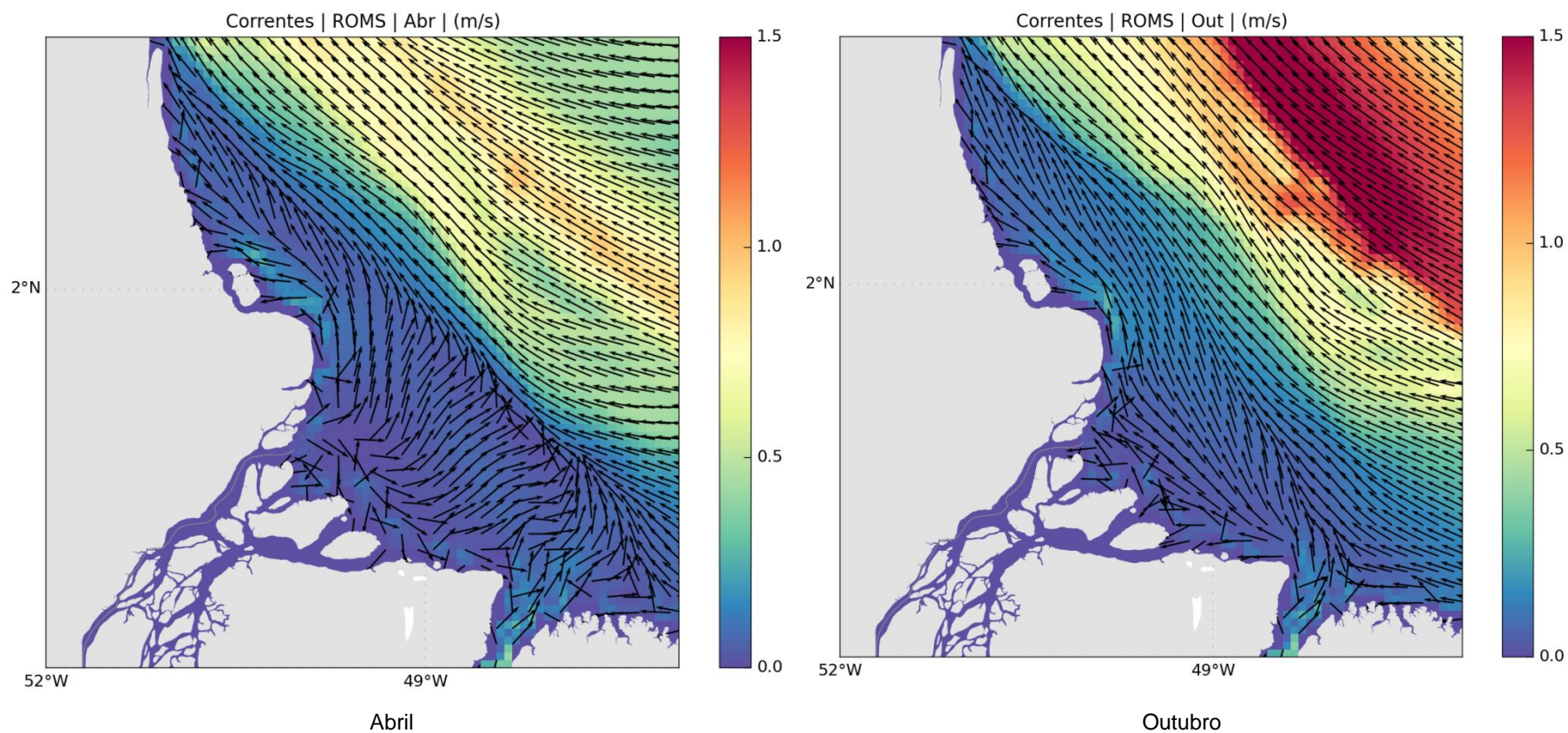


Figura 58: Campo médio de correntes superficiais obtidas do ROMS para os meses de abril (período chuvoso/cheia do rio) e de outubro (período seco/seca do rio).

Nota-se, nas proximidades da Foz do Rio Amazonas, um fluxo residual de velocidades baixas em direção ao oceano no mês de abril (período chuvoso/cheia). No período seco (média para o mês de outubro), o escoamento é basicamente paralelo à linha de costa, indicando uma menor influência da pluma nos campos de circulação. Os campos médios também evidenciam que, apesar das fortes correntes de maré, estas praticamente não geram correntes residuais.

Através da análise dos resultados ROMS e do MyOcean, em conjunto com a bibliografia especializada para a região, pode-se concluir que:

- *Os fluxos residuais na plataforma continental amazônica são direcionados para NW, paralelamente a linha de costa. Este padrão pôde ser verificado pelos dados do ROMS, do MyOcean, e é corroborado pela literatura.*
- *Embora a maré apresente grande influência nas velocidades de corrente na plataforma continental interna, esta praticamente não altera a circulação residual.*
- *Os campos residuais são gerados, principalmente, por outras forçantes que não a de maré, como o vento e a influência da CNB e sua atividade de mesoescala na circulação de plataforma.*
- *A vazão do Rio Amazonas provoca alterações na circulação nas proximidades de sua embocadura, principalmente no período chuvoso (entre janeiro e junho).*
- *Alterações nas amplitudes das componentes harmônicas de maré devido à vazão do Rio Amazonas são significativas, apenas, em regiões internas e estuarinas, não alterando a propagação da maré ao longo da plataforma continental.”*

Além do que foi apresentado na resposta ao Parecer Técnico 687/15, esta discussão foi ainda mais aprofundada no Relatório de Modelagem de Dispersão de Óleo na Rota de Embarcação (rev00) encaminhado na resposta ao Parecer Técnico 55/2017, utilizando os estudos desenvolvidos por Geyer *et al.* (1991) e Alessi *et al.* (1992), para discorrer sobre a pluma do Rio Amazonas e as correntes sobre a plataforma continental e comparar com os resultados do modelo hidrodinâmico.

O estudo de Geyer *et al.* (1991) também foi utilizado para resposta à demanda do PT 219/16 de “a ampliação da discussão sobre o comportamento do modelo para os diferentes períodos definidos na sazonalidade (...) E também a apresentação de figuras que demonstrem datas mais expressivas da representação da pluma do Rio Amazonas”, embasada também no trabalho de Lentz e Limeburner (1995).

Na nova modelagem hidrodinâmica costeira, revisada de forma a atender aos questionamentos levantados ao longo do processo, as variações de rugosidade do fundo foram baseadas em um

mapa faciológico obtido de PIATAM-Oceano, 2008, e nos trabalhos prévios de Gallo e Vinzon (2005), Vilela (2011) e Molinas *et al.* (2014), que também utilizaram dados do AmasSeds.

2.1.6 Questionamento 6

“Solicita-se o envio de uma justificativa formal para o não uso de cinco anos de dados de correntes no modelo hidrodinâmico.”

Resposta: A utilização de uma base hidrodinâmica de 1 ano tem sido prática usual nos processos de licenciamento de atividades de óleo e gás onde a Prooceano vem realizando, desde 2004, estudos probabilísticos de dispersão de óleo para as empresas operadoras, todos eles com bases hidrodinâmicas de 1 ano, desenvolvidas especificamente para tais estudos.

Neste processo de licenciamento de perfuração exploratória na Bacia da Foz do Amazonas, conforme apresentado na resposta ao Parecer Técnico Nº 55/2017, a combinação de 5 (cinco) anos de dados de ventos com 1 (um) ano de dados de correntes resultantes da modelagem hidrodinâmica, aumentou o universo amostral das possibilidades de trajetórias das manchas de óleo, para além daquelas que poderiam ser obtidas com a base hidrodinâmica de 1 ano.

No estudo de fenômenos oceânicos, o espectro de frequências dos processos oceanográficos e atmosféricos sobre o Atlântico é largo, englobando a variabilidade intrassazonal, interanual e interdecadal das correntes oceânicas e do campo de temperatura das camadas superiores do mar (NOBRE, 2011). No estudo de modelagem apresentado, buscou-se suprir a indisponibilidade de uma base hidrodinâmica extensa com a aplicação de uma metodologia de composição dos mapas probabilísticos, a partir de simulações de trajetórias com combinações de dados de 1 ano de corrente e 5 anos de ventos, aumentando o universo amostral das possibilidades de trajetórias das manchas de óleo.

No presente estudo, a avaliação dos resultados da modelagem hidrodinâmica, mesmo que para apenas o ano de 2013, mostrou que o modelo numérico foi capaz de reproduzir bem a circulação oceânica na região estudada, permitindo representar as principais feições e suas variações sazonais. Este entendimento está evidenciado, também, na comparação dos resultados de correntes superficiais com os campos de correntes superficiais obtidos a partir de dados coletados através de derivadores oceânicos do GDP (*Global Drifter Program*), ao longo de 21 anos (de agosto de 1997 a setembro de 2013).

2.2. Modelagem de Dispersão de Óleo

2.2.1 Questionamento 7

“Na descrição da aplicação do modelo, o item 3.1.1.1.8 Sedimentação, foi informado que a constante de concentração de sedimentos suspensos foi considerada nula, justificada por ser um valor mais conservador, já que não permitiria a retirada de óleo da superfície e da coluna d’água. Por outro lado, é possível avaliar que a região conta com grande aporte de sedimentos oriundos do Rio Amazonas, e que sedimentos suspensos ajudam a sedimentar o óleo vazado. Como a região conta com um biodiversidade enorme e a descoberta de bancos de corais na região aumentam a preocupação a respeito do óleo que pode vir a sedimentar. Solicita-se a ampliação da discussão e considerações a respeito do tema.”

Resposta:

A seguir são apresentados os resultados obtidos na modelagem numérica do transporte de óleo no mar considerando diferentes concentrações de sedimentos suspensos nos pontos de risco, localizados nos blocos FZA-M-57 e FZA-M-127. Para tal estudo 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.

Primeiramente foi feita uma análise de sensibilidade, com execução de uma série de simulações determinísticas. Estas foram seguidas por simulações probabilísticas considerando os valores mais conservadores para a presença de óleo no fundo marinho.

Teste de sensibilidade

Para avaliar a influência da concentração de sedimentos em suspensão nos resultados, em especial nas diferenças dos resultados no fundo marinho, foram feitos alguns testes de sensibilidade, tanto com simulações determinísticas quanto com simulações probabilísticas.

Simulações determinísticas

Dentre todo o universo de simulações determinísticas que compuseram as simulações probabilísticas do estudo anterior, foi necessário selecionar uma como base para o desenvolvimento do teste de sensibilidade. Optou-se, então, pela simulação determinística que apresentou o menor tempo de chegada de óleo à costa, correspondente ao vazamento de óleo a partir do poço localizado no bloco FZA-M-57.

Uma vez definida a condição base de simulação, como início de teste foram realizadas simulações determinísticas considerando sete concentrações de sedimento em suspensão diferentes, arbitrariamente selecionadas, abaixo relacionadas:

- 0 mg/l (ausência de sedimentos suspensos), como no estudo original;
- 5 mg/l;
- 10 mg/l;
- 15 mg/l
- 20 mg/l;
- 30 mg/l;
- 50 mg/l.

Vale destacar que estes valores de concentração são considerados superiores aos que são encontrados na região do bloco FZA-M-57, como pôde ser observado no estudo de *baseline* executado neste processo de licenciamento e *que apresentou valores máximos entre 15mg/l e 20mg/l.*

O objetivo do teste é avaliar a sensibilidade do modelo a mudanças na concentração de sedimentos em suspensão. Vale ressaltar que no modelo utilizado - OSCAR - é possível configurar apenas um valor para todo o domínio de modelagem, não podendo ser inserido, portanto, um campo variável de valores de concentração de sedimentos. Como o objetivo do teste é avaliar, quantitativamente, o efeito da sedimentação, em se tratando de uma análise de sensibilidade, a aproximação de utilização de um valor alto de sedimentos em suspensão para todo o domínio de modelagem é um procedimento adequado.

Vale ressaltar que, para permitir uma comparação precisa desta variável, os demais parâmetros das simulações determinísticas foram mantidos idênticos.

Para comparação entre as diferentes simulações determinísticas, foram avaliadas a concentração máxima de óleo no fundo marinho e o percentual de óleo no fundo ao fim de 60 dias (fim das simulações). A concentração máxima de óleo no fundo está correlacionada ao maior valor encontrado em um ponto de grade, enquanto que o percentual (ou a quantidade) de óleo no fundo é a soma de todos os valores de concentração de óleo ao fim da simulação. A seguir, na Tabela 5, são apresentados todos os resultados obtidos.

Tabela 5: Cenários determinísticos simulados e seus respectivos resultados de área, concentração máxima e percentual máximo de óleo no fundo marinho ao final das simulações.

Concentração de sedimento em suspensão (mg/l)	Área no fundo com concentração acima de 1 g/m ² (km ²)	Concentração máxima de óleo no fundo marinho (g/m ²)	Percentual de óleo sedimentado ao final da simulação (%)
0	207	2,95	3,0
5	252	3,32	3,2
10	252	3,77	3,3
15	252	3,11	3,4
20	234	3,44	3,4
30	270	3,32	3,3
50	252	3,35	3,5

Ao se analisar os valores das variáveis avaliadas, observa-se que não houve um padrão no comportamento. Na realidade, com exceção da “área no fundo marinho com concentração acima de 1 g/m²” (coluna 2), os valores das outras duas variáveis pouco se alteraram. Para “concentração máxima no fundo” (coluna 3), a diferença entre o maior e o menor valor é de 0,82 g/m², enquanto que para o “percentual de óleo sedimentado” (coluna 4), a diferença entre os valores extremos é de apenas 0,5%.

Diante destes resultados, optou-se por realizar as simulações probabilísticas, para cada período sazonal (verão e inverno) e pontos de risco, com o valor de 30 mg/l de concentração de sedimentos em suspensão, uma vez que foi com esse valor que se obteve a maior área no fundo marinho com presença de óleo acima de 1 g/m² (270 km²).

Simulações probabilísticas

Para a obtenção dos resultados probabilísticos foram realizadas, para cada ponto de risco, 300 diferentes simulações em cada período (verão e inverno), considerando uma concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão, conforme dito anteriormente. 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 59 a Figura 62), (ii) histogramas de diferenças entre os cenários simulados (Figura 63 e Figura 64) e (iii) os valores de presença de óleo nos recifes biogênicos conforme mapeamento em Moura *et al.* (2016) (Tabela 6). Para os histogramas foram calculados os pontos que apresentaram probabilidade em alguma simulação, *i.e.*, se o valor de 0% de probabilidade fosse encontrado em um ponto nos dois casos simulados, este era desconsiderado do cálculo.

Para avaliar a presença de óleo no fundo oceânico foi utilizado o mesmo procedimento utilizado no estudo de modelagem de dispersão de óleo original: 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. Esse procedimento é feito uma vez que o modelo OSCAR no seu modo probabilístico, não faz o mapeamento na grade dos pontos em que há chegada de óleo no fundo oceânico.

É importante observar que existe uma diferença entre este procedimento e a especificação de um limiar de concentração de óleo nos sedimentos, em que enquanto a concentração de óleo nos sedimentos leva em consideração um efeito cumulativo de adsorção de óleo, o critério utilizado no mapa de probabilidade leva em consideração apenas o fato do óleo tocar no fundo oceânico com concentrações superiores a 20 ppb (limiar de concentração de óleo na coluna d'água).

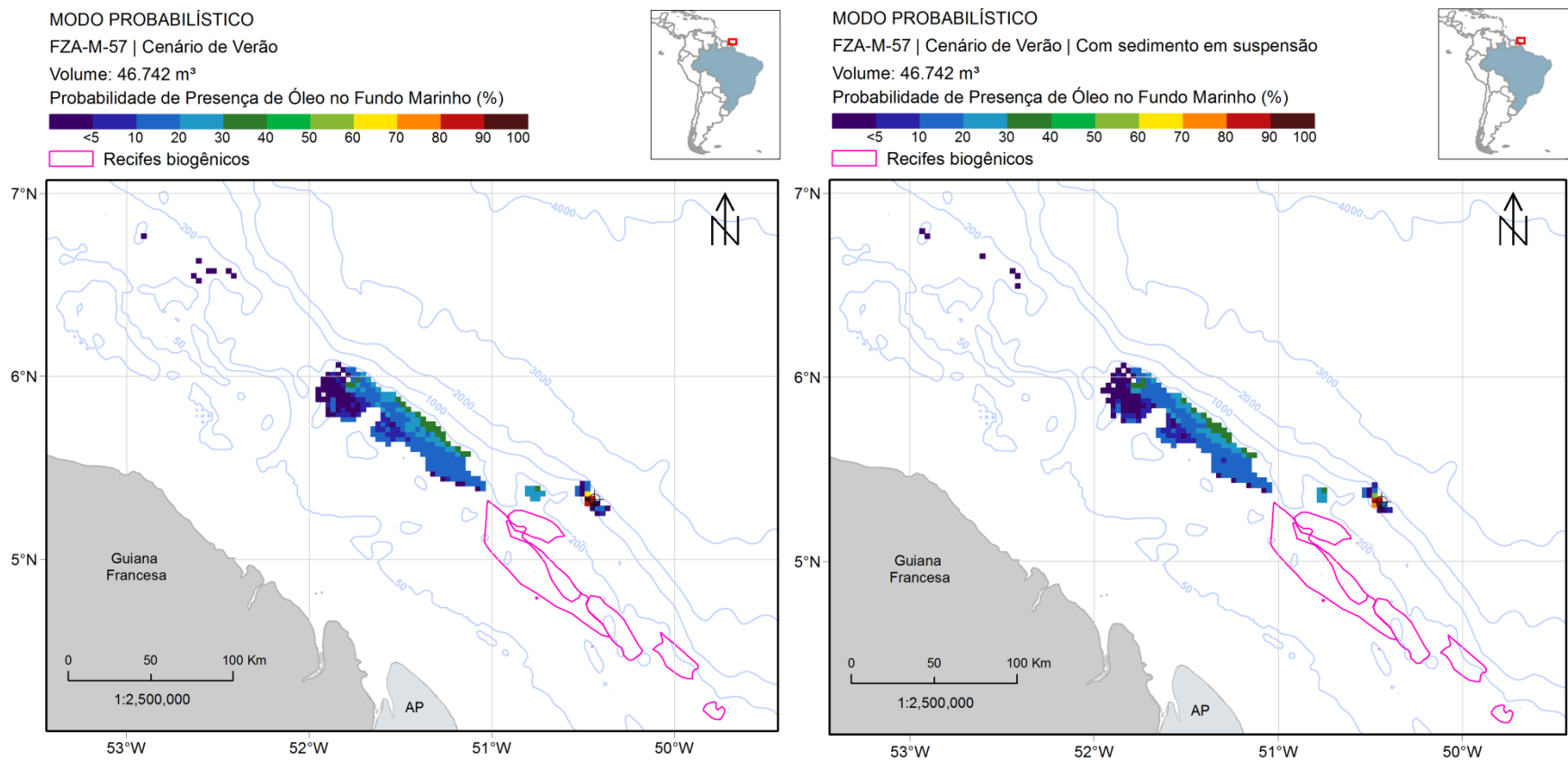


Figura 59: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-57 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

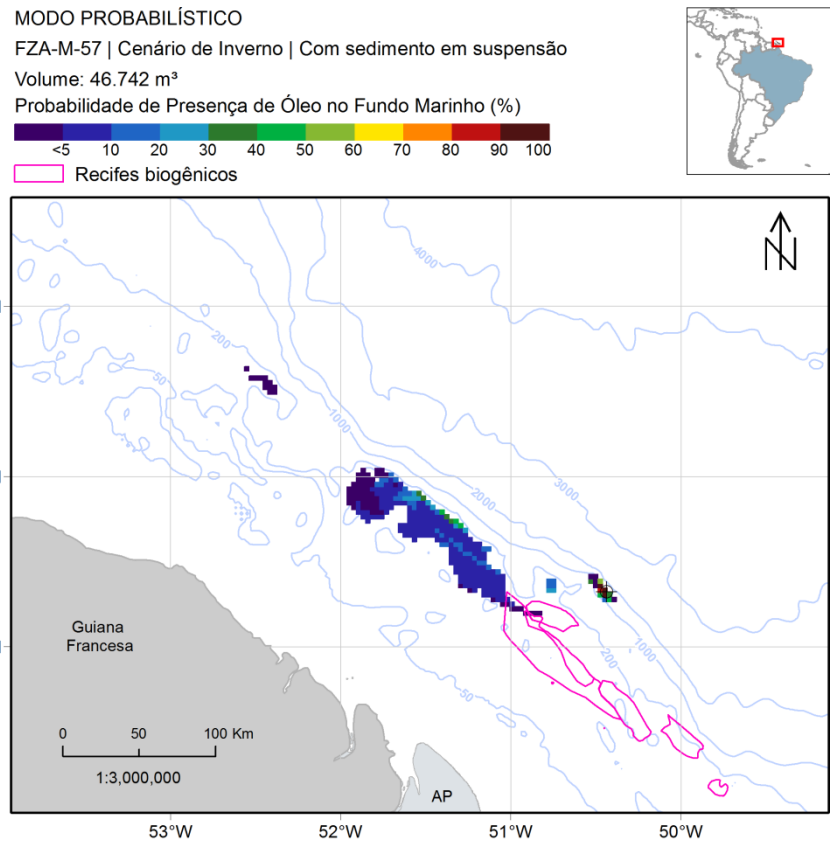
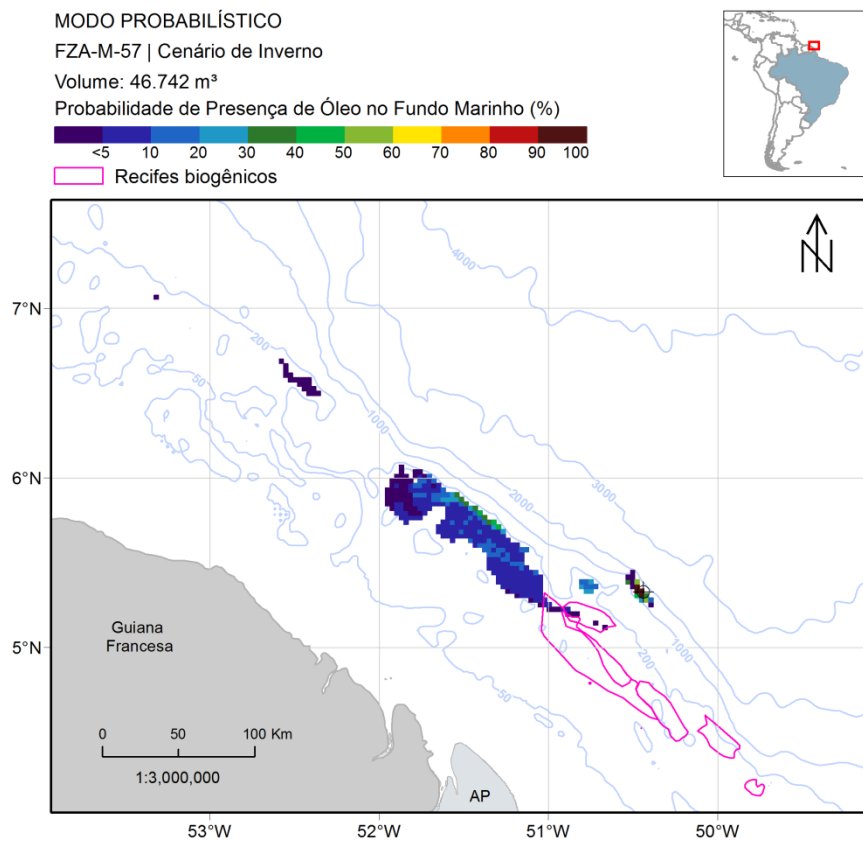


Figura 60: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-57 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

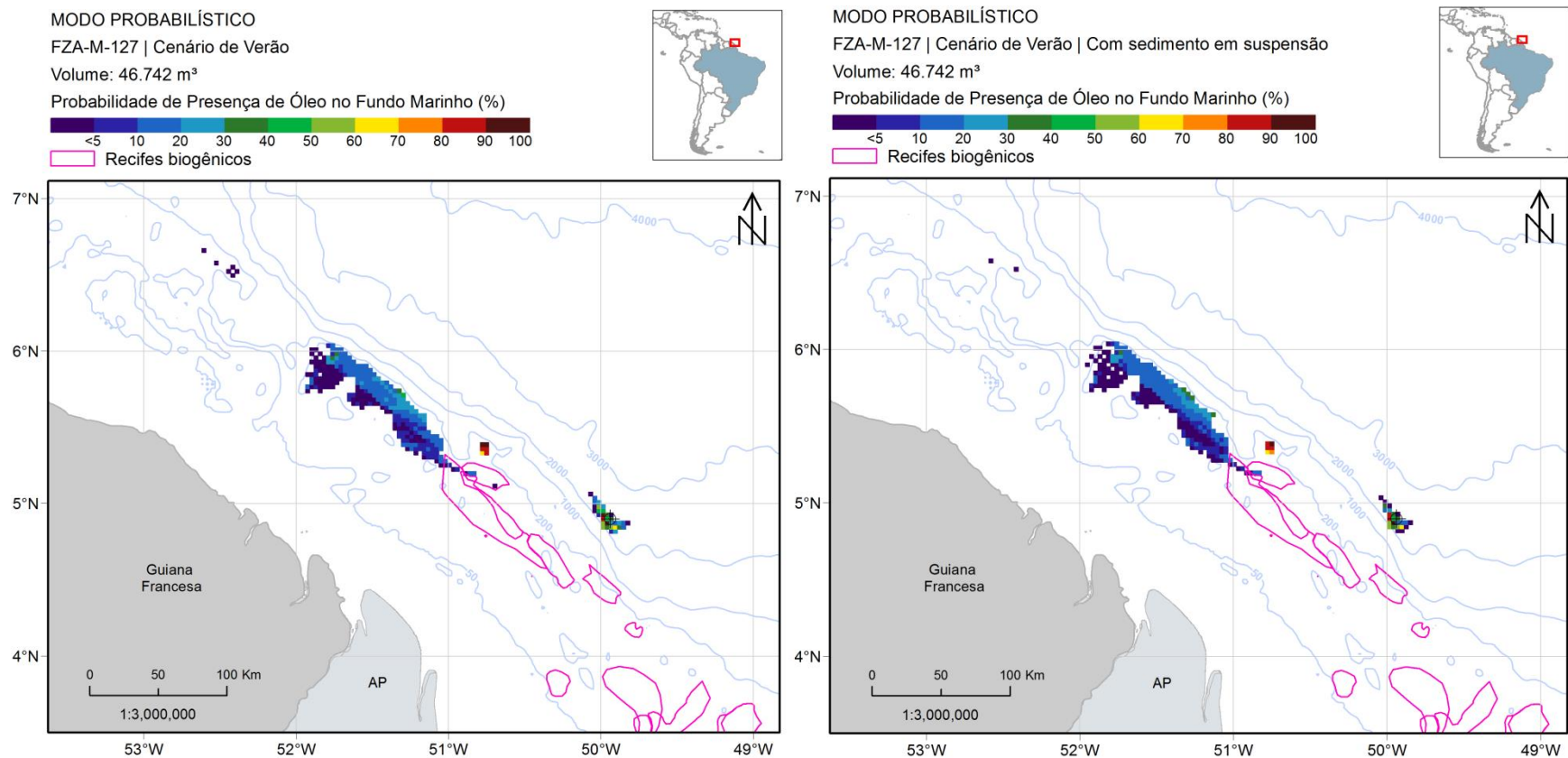


Figura 61: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de verão a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-127 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

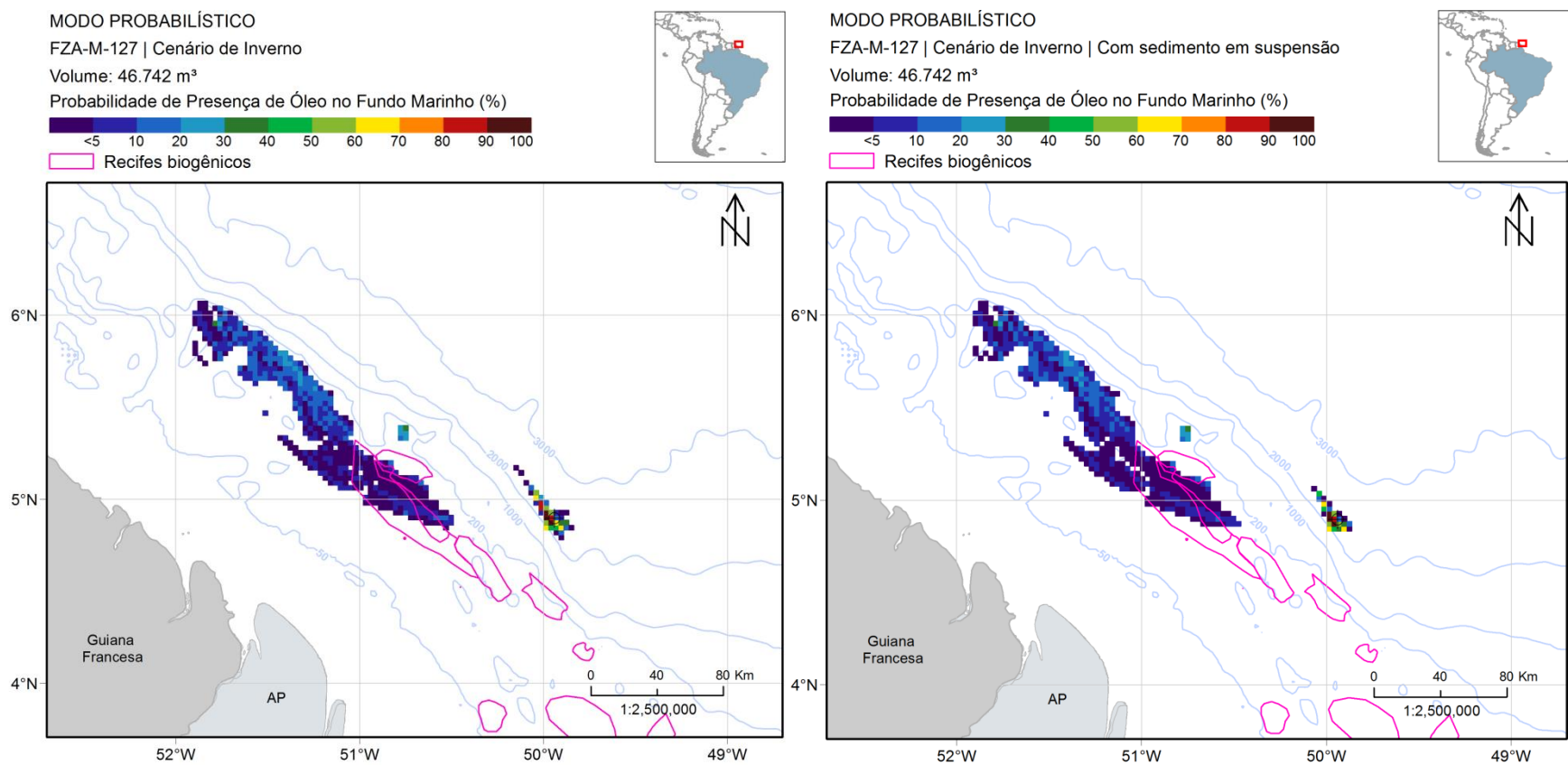


Figura 62: Mapa de probabilidade de presença de óleo no fundo marinho para um vazamento de *blowout* de 30 dias no período de inverno a partir do ponto de risco do bloco FZA-M-127 ausência (à esquerda) e com concentração de 30 mg/l de sedimentos em suspensão (à direita).

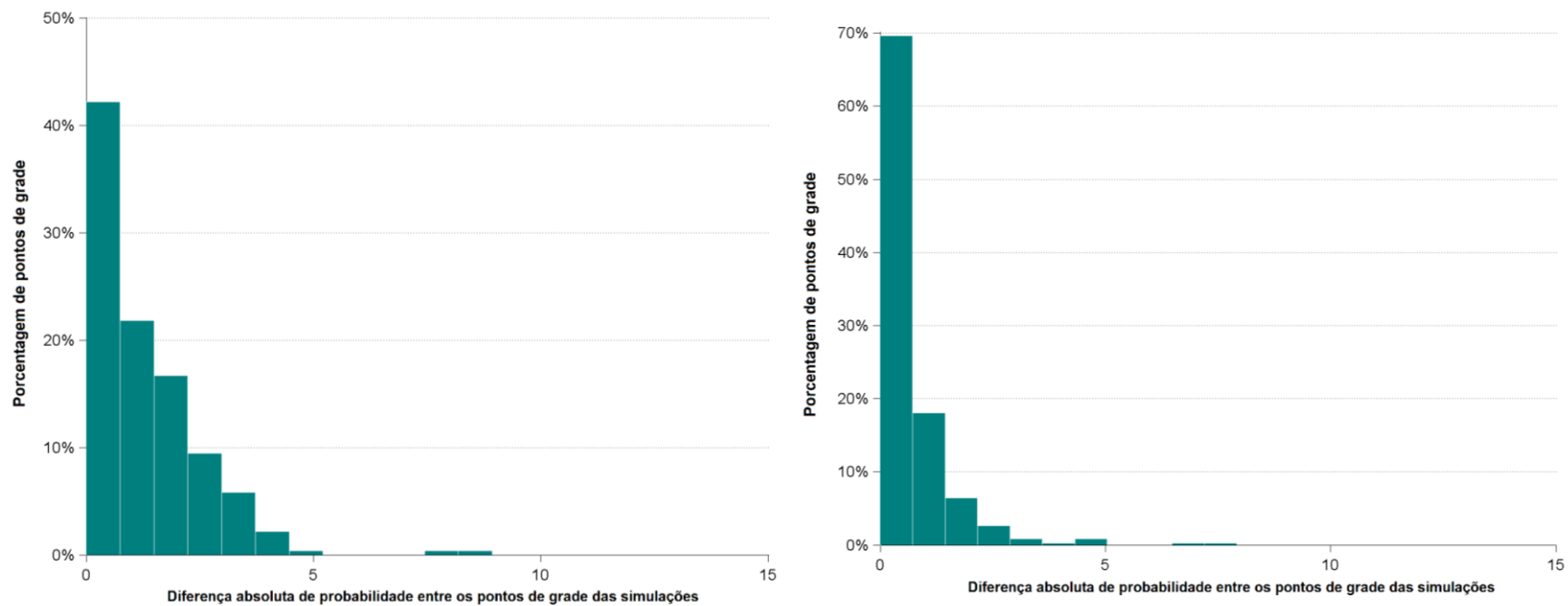


Figura 63: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-57. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.

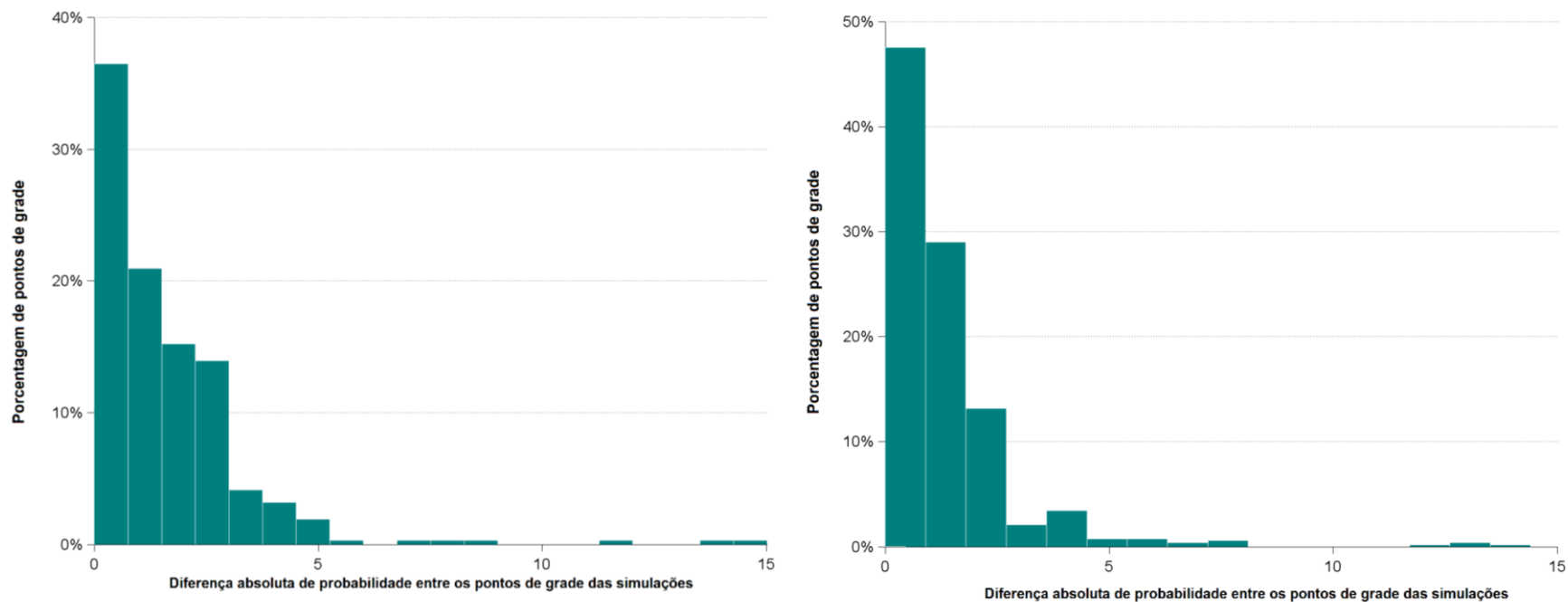


Figura 64: Histogramas de diferença absoluta de probabilidade de presença de óleo nos casos de simulação considerando ausência de sedimentos suspensos e considerando 30 mg/l de concentração de sedimentos suspensos para o ponto de risco do bloco FZA-M-127. À esquerda: período de verão; à direita: período de inverno.

Tabela 6: Valores comparativos obtidos nas simulações para a região dos recifes biogênicos descritos por Moura *et al.* (2016), considerando ausência e a presença de sedimentos suspensos em ambos os pontos de risco.

Ponto de risco	Concentração de sedimento em suspensão	Verão				Inverno			
		Concentração máxima (ppb)	Probabilidade máxima (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade (%)	Concentração máxima (ppb)	Probabilidade máxima (%)	Concentração máxima (ppb) no ponto de probabilidade máxima	Porcentagem da área mapeada dos recifes biogênicos com probabilidade (%)
FZA-M-57	0	-	-	-	-	47,81	10,00	47,81	0,14
	30	-	-	-	-	47,98	10,00	47,98	0,16
FZA-M-127	0	28,13	18,27	26,49	0,14	34,20	12,33	32,93	1,91
	30	33,40	16,28	25,66	0,14	36,09	12,00	28,39	1,91

Análise dos resultados das simulações probabilísticas

De forma qualitativa, as figuras mostram que não houve alteração no padrão de ocorrência de óleo no fundo marinho para nenhum dos pontos de risco, quando comparadas às simulações originais, em que não foi considerada a presença de sedimentos suspensos, com aquelas onde se considerou a concentração de 30mg/l de sedimentos em suspensão. Essa ausência de alteração no padrão de probabilidade é ratificada pelos histogramas de diferenças entre os mapas de probabilidade, onde se observa que a maior parte das diferenças absolutas está próxima de 0%.

Vale destacar, porém, 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 descritos por Moura *et al.* (2016), praticamente não há alterações nas quatro variáveis avaliadas, observando-se, inclusive, uma diminuição dos valores nas simulações com presença de sedimentos suspensos, lembrando que a concentração de sedimentos utilizada (30mg/l) já é bem superior à observada na região dos blocos, conforme dados obtidos no baseline realizado na região.

2.3. Modelagem de Dispersão de Poluentes na rota de embarcação

2.3.1 Questionamento 8

“Para avaliar as correntes apresentadas no modelo ROMS foram utilizados dados secundários de fundeios do projeto AmasSeds (Amazon Shelf Sediment Study), além de dados primários dos derivadores lagrangianos de superfície do GDP (Global Drifter Program).

Mesmo considerando a ponderação feita, na qual se sugere que a avaliação do modelo se dê levando em consideração a magnitude e direção dos dados de correntes apresentados, uma vez que os dados dos fundeios coletados são do ano de 1990 e o modelo ROMS foi integrado para o ano de 2013, é possível notar que a magnitude mostrada no gráfico da velocidade perpendicular a costa apresentada pelos dados de corrente oriundos dos fundeios, principalmente dos pontos M1 e M2, são consideravelmente maiores que as apresentadas pelo ROMS. No caso do gráfico da velocidade paralela à costa, é possível observar que os

resultados apresentados pelos fundeios no ponto M2 exibem orientação tanto para Noroeste como para Sudeste, enquanto que os dados do ROMs se restringem apenas para Noroeste. Isso leva a crer que o modelo hidrodinâmico não representa bem a circulação nesta região, e que o modelo de óleo apresentado conseqüentemente não demonstra resultados de deriva de óleo próximos da realidade, no caso de um vazamento.

Ainda cabe lembrar que o coeficiente de rugosidade de fundo utilizado pelo modelo ROMs é fixo, e não considera as variações de fundo na plataforma continental que alteram consideravelmente na hidrodinâmica local.

Esta coordenação não aprova a modelagem de dispersão de óleo diesel na rota de embarcação.”

Resposta: Diante da não aprovação do relatório hidrodinâmico e, conseqüentemente, da modelagem de dispersão de óleo diesel na rota de embarcação, foram refeitas as simulações com base em novas premissas, considerando a alteração do coeficiente de rugosidade do fundo. O novo relatório é apresentado no ANEXO I.

Para discutir as questões levantadas no parecer anterior (PT Nº 55/2017) sobre a subestimação dos valores de velocidade de correntes e a representação dos padrões direcionais, os dados apresentados em Alessi *et al.* (1992) foram digitalizados.

A Tabela 7 apresenta a comparação da estatística básica e dos percentis 50, 75 e 90, calculados para as velocidades de correntes nos três fundeios (M1, M2 e M3) e seus pontos correspondentes no ROMS.

Observa-se que, estatisticamente, há uma aproximação muito boa entre os dados medidos e os resultados do modelo, e que para a maior parte dos parâmetros estatísticos analisados, os valores de velocidades são mais altos para o modelo.

Para facilitar a comparação, os valores da Tabela 7 são apresentados, em forma gráfica, da Figura 65 a Figura 67, sendo uma figura para cada ponto (M1, M2 e M3).

Tabela 7: Tabela de estatística básica e percentis (50%, 75% e 90%) calculados para os fundeios M1, M2 e M3 e seus pontos correspondentes no ROMS. 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	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	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	0,006	0,592	1,247	0,192	0,612	0,731	0,826

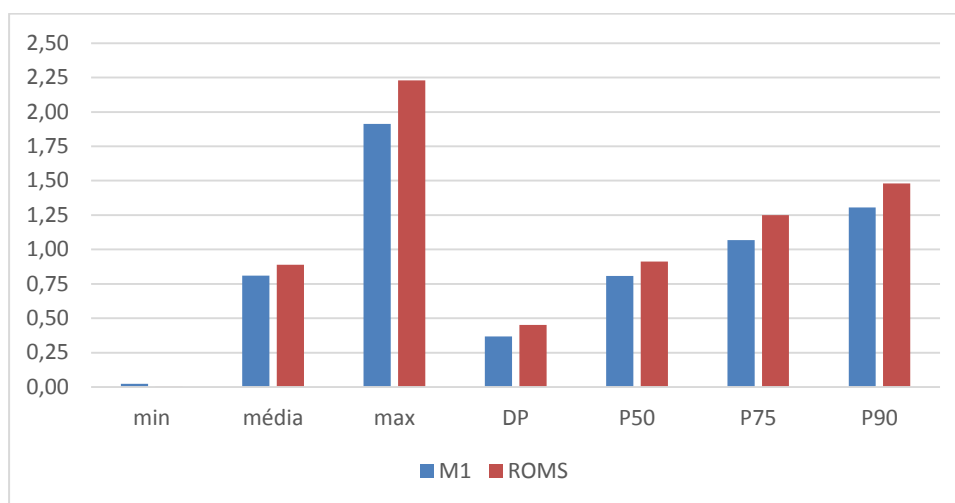


Figura 65: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M1 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

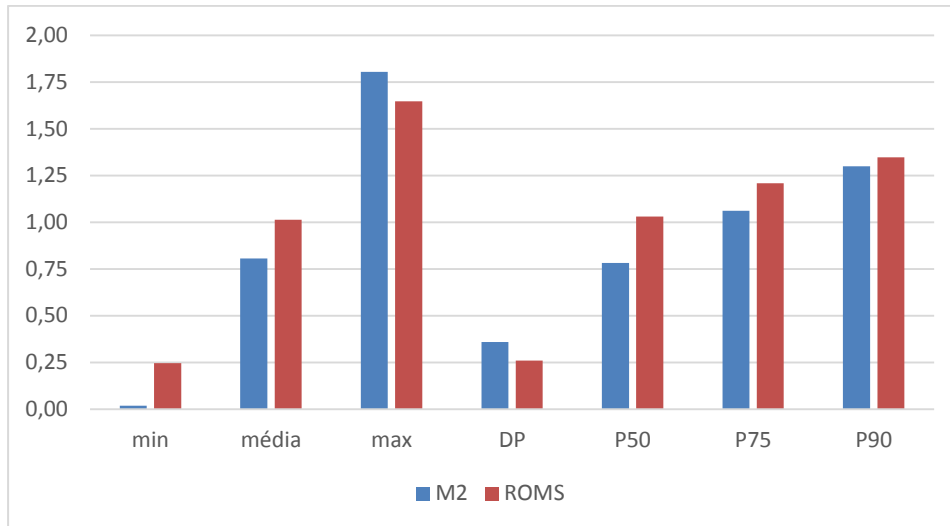


Figura 66: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M2 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

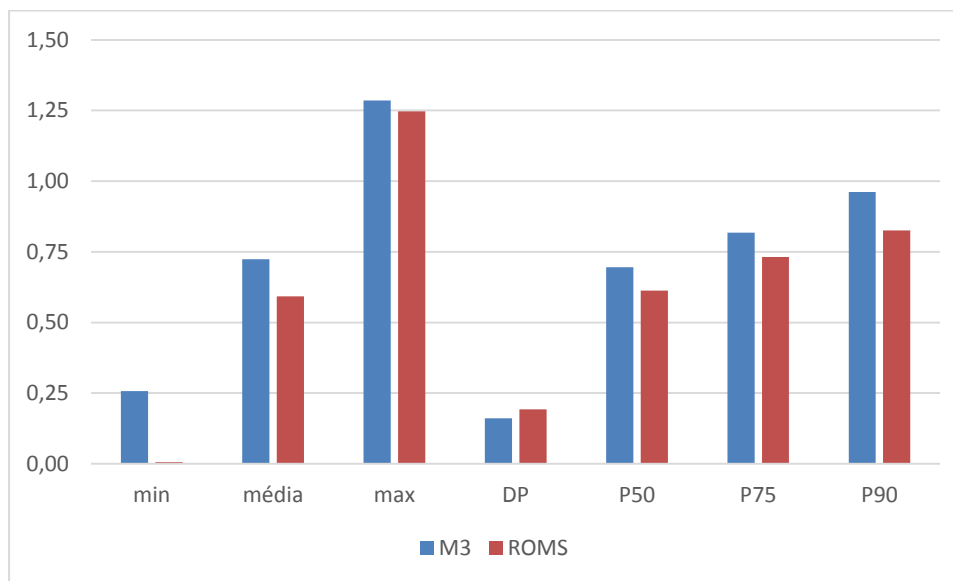


Figura 67: Comparação da estatística básica e percentis para o fundeio M3 e os resultados do ROMS. No eixo x: DP - desvio padrão, P50 – percentil 50%, P75 – percentil 75% e P90 – percentil 90%.

Para comparar o padrão direcional de correntes, foram elaboradas rosas com os dados digitalizados de Alessi *et al.* (1992) e com os resultados do ROMS (Figura 68).

Mais uma vez as comparações demonstram grande coerência dos resultados do ROMS, representando as direções principais do escoamento nos três pontos. No ponto M1, entretanto, os dados demonstram menor correlação, sendo que o dado medido apresenta correntes para

W e NW em maior percentual, enquanto que o padrão principal NNE-WSW é representado pelo modelo.

Quanto ao fato de serem observadas correntes para o quadrante SE nos dados do fundeio M2, ressalta-se que estas foram observadas em apenas 3,8% das ocorrências, não sendo representativas para a região.

Ressalta-se também que como os dados foram medidos por um curto período de tempo, eles podem estar representando, mais especificamente, o período no qual foram coletados, enquanto que os dados do ROMS são correspondentes a todo período de modelagem.

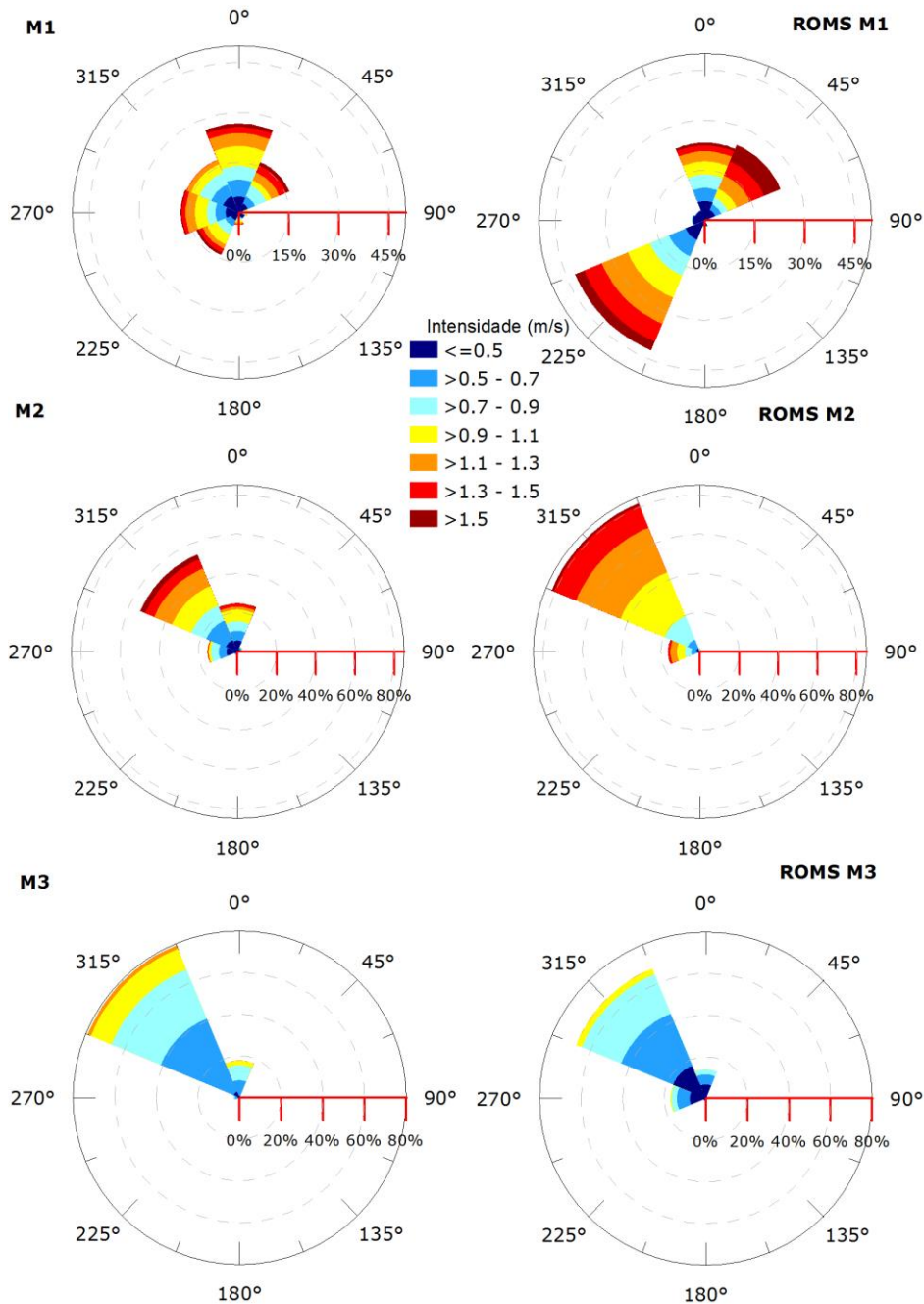


Figura 68: Rosas de correntes elaboradas com os dados de Alessi et al. (1992) digitalizados (esquerda) e os respectivos pontos do ROMS (direita).

Os resultados da nova modelagem (em anexo), incluindo variações da rugosidade, apresentaram-se bastante coerentes, tanto em intensidade quanto em direção, com os dados medidos.

A avaliação do desempenho do modelo foi baseada em comparações com dados de diversas fontes e referências bibliográficas. A Tabela 8 lista os processos avaliados, variáveis do modelo e fontes de observações utilizadas na avaliação. Comparações somente pelos dados de

fundeios, apesar de serem importantes, são pontuais e permitem apenas que se tirem conclusões sobre os resultados do modelo em pontos específicos. Portanto, considerando todo o conjunto de avaliações que foram realizadas concluímos que o modelo hidrodinâmico pode ser considerado uma fonte confiável para estimativa da circulação na região e, conseqüentemente, para subsidiar a modelagem de dispersão de óleo diesel na rota das embarcações.

Tabela 8: Processos avaliados, variáveis do modelo e fontes de observações utilizadas na avaliação.

Processo	Variável avaliada	Fonte de Observação
Maré	Elevação da superfície livre	Estações maregráficas da FEMAR
Extensão horizontal da Pluma do Amazonas	Salinidade (superficial)	Fontes <i>et al.</i> (2008); Nikiema <i>et al.</i> (2007); AMASSEDS (Geyer <i>et al.</i> 1991)
Estrutura vertical da Pluma do Amazonas	Salinidade (transectos)	Molinas <i>et al.</i> (2014); AMASSEDS (Geyer <i>et al.</i> 1991)
Correntes – Análise com dados lagrangeanos	Velocidade zonal e meridional	GDP (Derivadores SVP)
Correntes – Análise com dados eulerianos	Velocidade zonal e meridional	AMASSEDS (Fundeios)
Estrutura Termohalina	Temperatura e Salinidade	WOA (World Ocean Atlas); AMASSEDS (Geyer <i>et al.</i> 1991)

O novo relatório de modelagem de dispersão de óleo diesel e hidrodinâmica costeira apresentam mais análises dos resultados assim, como todas as premissas e a metodologia adotada. O relatório completo está apresentado no ANEXO I,

3. Referências Bibliográficas

- ALESSI, C. A., LENTZ, S. J., BEARDSLEY, R. C., CASTRO, B. M. GEYER, W. R. 1992. A Multidisciplinary Amazon Shelf SEDiment Study (AmasSeds): Physical Oceanography Moored Array Component. Wood Hole Oceanog. Inst. Tech Rept., WHOI-92-36.
- FONTES., R. F. C. F., CASTRO, B. M. & BEARDSLEY, R. C., 2008. Numerical Study of Circulation on the Inner Amazon Shelf. *Ocean Dynamics* 58:187. doi: 10.1007/s10236-008-0139-4
- FRAGOSO, M.R., CARVALHO, G.C, SOARES, F.L.M, FALLER, D.G., ASSAD, L.P.F et al. 2016. A 4D-Variational ocean data assimilation application for Santos Basin, Brazil. *Ocean Dynamics*.
- GABIOUX, M., VINZON, S. e PAIVA, A.M., 2005, "Tidal propagation over fluid mud layers in the Amazon Shelf", *Continental Shelf Research*, v. 25 (1), pp. 113-125.
- GALLO, M. N. 2004. A Influência da Vazão Fluvial sobre a propagação da Maré no estuário do rio Amazonas. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- GALLO, M.N. e VINZON, S.B. 2005, "Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary", *Ocean Dynamics*, v. 55 (5-6), pp. 441-448.
- GEYER, W. R., BEARDSLEY, R. C., CANDELA, J. CASTRO, B. M., LEHECKIS, R. V., LENTZ, S. J., LIMEBURNER, R., MIRANDA, L. B., TROWBRIDGE, J. H. 1991. The Physical Oceanography of The Amazon Outflow. *Oceanography* 4(1):8–14, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog>.
- HELLERMAN, S., ROSENSTEIN, M., 1983. Normal monthly wind stress over the World Ocean with error estimates. *J. Phys. Oceanogr.*, 13, pp. 1093-1104.
- JI, Z-G, JOHNSON, W.R, DUFORE, C.M., 2017. Oil-Spill Risk Analysis Gulf of Mexico Outer Continental Shelf (OCS) Lease Sales, Eastern Planning Area, Central Planning Area, and Western Planning Area, 2017–2022, and Gulf-wide OCS Program, 2017–2086.
- LENTZ, S. J. 1995. The Amazon River Plume during AMASSEDS: Subtidal current variability and the importance of wind forcing. *J. Geophysical Research*. DOI: 10.1029/94JC00343.
- LENTZ, S.J. AND LIMEBURNER, R., 1995. The Amazon River Plume during AMASSEDS: Spatial characteristics and salinity variability. *Journal of Geophysical Research*, v. 100, n. C2, pp. 2355-2375.

- MOLINAS, E. VINZON, S. B., VILELA, C. P. X., GALLO, M. N. 2014. Structure and position of the bottom salinity front in the Amazon Estuary. *Ocean Dynamics* 64: 1583-1599. doi 10.1007/s10236-014-0763-0.
- MOURA, R.L., PARANHOS, R.P., LEALI, C.V., et. al. (2016). An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances*. doi:e1501252
- NIKIEMA, O. DEVENON, J. L., BAKLOUTI, M. 2007. Numerical modeling of the Amazon River Plume. *Continental Shelf Research* 27: 873-899, doi:10.1016/j.csr.2006.12.004.
- NEVEU, E., MOORE, A.M., EDWARDS, C.A., FIECHTER, J., DRAKE, P., CRAWFORD, W.J., JACOX, M.G., NUSS, E. 2016. An historical analysis of the California Current circulation using ROMS 4D-Var: System configuration and diagnostics. *Ocean Modeling*, vol. 99. pp. 133-151.
- NOBRE, P. 2011. Variabilidade interanual do Atlântico tropical e sua influência no clima da América do Sul. *Climanálise-Edição Comemorativa*.
- Oey, L.-Y. 2005. Circulation model of the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea: Development of the Princeton Regional Ocean Forecast (& Hindcast) System - PROFS, and Hindcast experiment for 1992–1999. Final Report. OCS Study MMS 2005-049. U.S. Dept. of the Interior, Minerals Management Service, Environmental Division. Herndon, Virginia. 174 pp. Available at: <http://www.data.boem.gov/PI/PDFImages/ESPIS/4/4262.pdf>
- Oey, L.-Y. 2008, Loop Current and deep eddies. *J. Phys. Oceanogr.* 38: 1426-1449.
- PIATAM-OCEANO, 2008. Oceanografia Geológica. In: Coleção Síntese do Conhecimento Sobre a Margem Equatorial Amazônica, v. 4. Projeto Piatam Oceano, UFF, Niterói, Brasil
- VILELA, C. P. X. 2011. INFLUÊNCIA DA HIDRODINÂMICA SOBRE OS PROCESSOS DE ACUMULAÇÃO DE SEDIMENTOS FINOS NO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS. Tese de doutorado – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Oceânica, 2011. 85 p.
- VINZON, S. e MEHTA, A., 2001, Boundary layer effects due to suspended sediment in the Amazon River estuary, In: Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes, Marine Science Series (3), Elsevier, pp. 359-372.
- WILMOT, C. J. 1982. Some Comments on the Evaluation of Model Performance. *Bulletin American Meteorological Society*. Vol. 63, No. 11, pp. 1309-1313.
- Zhu, X., Wang¹, H., Liu, G., Régnier, C., Kuang, X., Wang, D., Ren, S. ., J., Zhiyou, and Marie Drévillon², 2016. *Comparison and validation of global and regional ocean forecasting systems. Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 1639–1655, 2016. www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/16/1639/2016/ doi:10.5194/nhess-16-1639-2016

4. Anexo I - Modelagem Hidrodinâmica Costeira e Dispersão de Óleo Diesel