



Relatório Técnico [rev.00]

## Meio Físico | Meteorologia e Oceanografia

BM-S-8 | Bacia de Santos

---

Preparado para: Statoil do Brasil

Preparado por: Felipe Soares

Lívia Sant'Angelo

Henery Garção

Marcelo Cabral

05 de dezembro de 2016

### **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](http://www.prooceano.com.br)

© PROOCEANO 2016

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

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

## Controle de revisão

---

### Revisão nº 01

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 02

Data:

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 03

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 04

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

### Revisão nº 05

Data: / /

Descrição:

Responsável:

Empresa: Prooceano

---

## Sumário

---

<b>1. Introdução .....</b>	<b>25</b>
<b>2. Meteorologia .....</b>	<b>25</b>
2.1. Caracterização dos Fenômenos de Macroescala .....	29
2.2. Caracterização dos Fenômenos de Mesoescala.....	33
2.3. Caracterização dos Fenômenos de Microescala.....	104
2.4. Identificação da Sazonalidade .....	105
2.5. Identificação de Fenômenos Meteorológicos Extremos .....	106
2.6. Síntese Conclusiva .....	108
<b>3. Oceanografia.....</b>	<b>110</b>
3.1. Caracterização dos Fenômenos de Macroescala .....	111
3.2. Caracterização dos Fenômenos de Mesoescala.....	114
3.3. Identificação de variabilidade ambiental .....	226
3.4. Identificação de fenômenos oceanográficos extremos.....	227
3.5. Síntese Conclusiva .....	229
<b>4. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>230</b>

---

## Índice de Imagens

- Figura 1: Área da Bacia de Santos, Bloco BM-S-8 e localização das fontes de dados utilizadas para a caracterização da Área de Estudo na Bacia de Santos. Os pontos em vermelho representam a localização das estações automáticas e convencionais do INMET. Os pontos em azul são os pontos de grade do NCEP e os dois pontos em verde são os mais próximos do bloco BM-S-8 utilizados para as análises de séries..... 29
- Figura 2: Campos médios sazonais do vento no nível de 850 hPa (m/s) referentes ao período de verão (acima) e inverno (abaixo). Dados de 1978 a 2007. Fonte: RI PRO06, 2007. ... 32
- Figura 3: Carta sinótica do dia 7 de março de 2011, indicativa do posicionamento de uma ZCAS (linhas verdes), de uma frente fria (linha azul) e da ZCIT (linhas em laranja). Fonte: CPTEC/INPE. .... 33
- Figura 4: Normais climatológicas de temperatura média do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990. .... 35
- Figura 5: Normais climatológicas de temperatura mínima absoluta do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990..... 36
- Figura 6: Normais climatológicas de temperatura máxima absoluta do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990..... 37
- Figura 7: Temperaturas médias do ar (°C) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. .... 38
- Figura 8: Distribuição da temperatura média do ar (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 a 2015. .... 39
- Figura 9: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Arraial do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. .... 41
- Figura 10: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Moela - SP, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. .... 42
- Figura 11: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Ilha do Mel - PR, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. .... 43

Figura 12: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Florianópolis - SC, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	44
Figura 13: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática do INMET de Arraial do Cabo (RJ). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.....	46
Figura 14: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática do INMET de Moela (SP). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.....	46
Figura 15: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	47
Figura 16: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	47
Figura 17: Normais climatológicas de precipitação (mm) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: (1961 - 1990). ....	48
Figura 18: Precipitação média (mm) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 a 2013.....	49
Figura 19: Distribuição da precipitação (mm) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 a 2015.....	50
Figura 20: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Arraial do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.....	52
Figura 21: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Moela - SP, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.....	52
Figura 22: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação da Ilha do Mel - PR, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.....	53
Figura 23: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Florianópolis - SC, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.....	53
Figura 24: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Arraial do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	55
Figura 25: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	55

Figura 26: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	56
Figura 27: Normais climatológicas de evaporação (mm) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.....	57
Figura 28: Normais climatológicas de umidade relativa (%) obtidas nas estações do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis – SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.....	59
Figura 29: Umidade relativa mensal média (%) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.....	60
Figura 30: Distribuição da umidade relativa do ar (%) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015. ....	61
Figura 31: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Arraial do Cabo (RJ), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	63
Figura 32: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Moela (SP), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	64
Figura 33: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	65
Figura 34: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	66
Figura 35: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraial do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	68
Figura 36: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Moela (SP). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	68
Figura 37: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	69

Figura 38: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	69
Figura 39: Normais climatológicas de pressão atmosférica (hPa) obtidas nas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. . Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.....	70
Figura 40: Pressão atmosférica (hPa) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.....	71
Figura 41: Pressão atmosférica (hPa) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015. 72	
Figura 42: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Arraial do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	74
Figura 43: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Moela (SP), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	75
Figura 44: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	76
Figura 45: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	77
Figura 46: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraial do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	79
Figura 47: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Moela (SP). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	79
Figura 48: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	80
Figura 49: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	80

Figura 50: Normais climatológicas de insolação (horas) obtidas nas estações do Rio de Janeiro-RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 2013. ....	81
Figura 51: Campos médios de ventos na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte de dados: NCEP. Dados de 1979 a 2015.....	83
Figura 52: Normais climatológicas de intensidade dos ventos (m/s) obtidas nas estações do INMET do Rio de Janeiro – RJ, Santos - SP, Paranaguá – PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.....	84
Figura 53: Rosa dos Ventos (m/s) para os meses de janeiro a junho na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015. .	85
Figura 54: Rosa dos Ventos (m/s) para os meses de julho a dezembro na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.....	86
Figura 55: Percentual direcional dos ventos mensais na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. As cores amarelo, laranja e vermelho indicam ventos de N a E, típicos de bom tempo, enquanto as cores do azul ao roxo indicam ventos de S, característicos de frentes frias. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.....	87
Figura 56: Percentual direcional dos ventos mensais na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a oeste. As cores amarelo, laranja e vermelho indicam ventos de N a E, típicos de bom tempo, enquanto as cores do azul ao roxo indicam ventos de S, característicos de frentes frias. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.....	87
Figura 57: Gráficos do tipo <i>stickplots</i> de vento no ponto de grade do NCEP mais próximo a leste do Bloco BM-S-8, de janeiro a dezembro de 2015 (de cima para baixo, da esquerda para direita).....	94
Figura 58: Gráficos do tipo <i>stickplots</i> de vento no ponto de grade do NCEP mais próximo a oeste do Bloco BM-S-8, de janeiro a dezembro de 2015 (de cima para baixo, da esquerda para direita).....	95
Figura 59: Média, mínima, máxima, primeiro quartil e terceiro quartil no ponto a leste do Bloco BM-S-8. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	96
Figura 60: Média, mínima, máxima, primeiro quartil e terceiro quartil no ponto a oeste do Bloco BM-S-8. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	96
Figura 61: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Arraial do Cabo (RJ), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	98

Figura 62: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	99
Figura 63: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET. ....	100
Figura 64: Intensidade do vento (m/s) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraial do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	102
Figura 65: Intensidade do vento média (m/s), máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	102
Figura 66: Intensidade do vento (m/s) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	103
Figura 67: Representação esquemática do giro subtropical do Atlântico Sul. Fonte: Peterson & Stramma (1991). ....	111
Figura 68: Representação esquemática da circulação superficial no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: Silveira (2007). ....	112
Figura 69: Representação esquemática da circulação intermediária no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: Silveira (2007). ....	113
Figura 70: Representação esquemática da circulação profunda no Oceano Atlântico Sudoeste. Fonte: Silveira <i>et al.</i> (2000). ....	114
Figura 71: Esquema do trem de ondas formado pelo meandramento da CB. Destaque para o Vórtice de Vitória (VV), Vórtice do Cabo de São Tomé (VCST) e Vórtice de Cabo Frio (VCF). A e B significam centros de alta e baixa pressão, respectivamente. Fonte: Calado (2006). ....	116
Figura 72: Figura esquemática de topografia dinâmica na região sudoeste do Atlântico Sul evidenciando a ocorrência de um giro subtropical subdividido em duas células de recirculação. Adaptado de Vianna & Menezes (2005). ....	118
Figura 73: Representação esquemática da recirculação observada por Mattos (2006). Fonte: Mattos (2006). ....	119

Figura 74: Representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil, e dos principais fenômenos associados à esse Sistema na região sudeste do Brasil. Fonte: Godoi (2005). .....	120
Figura 75: Mapa com a localização do ponto de grade do WOA13 utilizado para caracterização de temperatura, salinidade e densidade da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos.....	121
Figura 76: Perfis de temperatura e salinidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.....	122
Figura 77: Perfis de temperatura e salinidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Detalhamento para os primeiros 100 metros de coluna d’água. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013. ....	123
Figura 78: Perfis de densidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013. ....	124
Figura 79: Perfis de densidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Detalhamento para os primeiros 100 metros de coluna d’água. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.....	124
Figura 80: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	128
Figura 81: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	129
Figura 82: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	130
Figura 83: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	131
Figura 84: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e	

primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	132
Figura 85: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	133
Figura 86: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	134
Figura 87: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	135
Figura 88: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	136
Figura 89: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	137
Figura 90: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	138
Figura 91: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	139
Figura 92: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.....	140
Figura 93: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e	

primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	141
Figura 94: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	142
Figura 95: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Mapas gerados a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	144
Figura 96: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Mapas gerados a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	145
Figura 97: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	146
Figura 98: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	147
Figura 99: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	148
Figura 100: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	149
Figura 101: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	150
Figura 102: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e	

primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	151
Figura 103: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	152
Figura 104: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	153
Figura 105: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	154
Figura 106: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	155
Figura 107: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	156
Figura 108: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	157
Figura 109: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	158
Figura 110: Seções verticais de temperatura climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. ....	159
Figura 111: Seções verticais de temperatura climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição	

- aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. .... 160
- Figura 112: Seções verticais de salinidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. .... 160
- Figura 113: Seções verticais de salinidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. .... 161
- Figura 114: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. .... 161
- Figura 115: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013. .... 162
- Figura 116: Temperatura da superfície do mar na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos, para as quatro estações do ano. Figura gerada a partir de dados do OSTIA. Período dos dados: 2007 a 2013. .... 163
- Figura 117: Série temporal de TSM na região do Bloco BM-S-8 (linha azul). A linha vermelha representa a média. Fonte: OSTIA. Período de dados: 2013 a 2015. .... 164
- Figura 118: Mapa dos valores mínimos de salinidade provocados pela Água Intermediária Antártica. (a) profundidade da mínima (os tons de verde representam áreas onde o mínimo de salinidade é encontrado em áreas mais rasas, e em bege, áreas mais profundas); (b) salinidade na profundidade da mínima (a escala de cores apresenta valores crescentes do verde para o vermelho). Fonte: Tomczak & Godfrey, 1994. .... 165
- Figura 119: Seção vertical de salinidade através da bacia oeste do Oceano Atlântico. AIA – Água Intermediária Antártica (AAIW), APAN - Água Profunda do Atlântico Norte (NADW), Mar do Labrador (LS), Mar da Groenlândia (GS), AME - Água Mediterrânea Eurafricana (EMW). Fonte: Tomczak & Godfrey, 1994. .... 166
- Figura 120: Localização dos dados do WOD utilizados para caracterização da das massas d'água na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Datum: SIRGAS 2000. Período dos dados: 1931 – 2014. .... 167

- Figura 121: Diagrama TS espalhado para a região do Bloco BM-S-8, elaborado com os dados do NODC. A linha em azul representa o gabarito elaborado por Silva *et al.* (1982). Fonte: WOD13. Período dos dados: 1931 – 2014. .... 168
- Figura 122: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. As linhas isopícnais representam os limites entre as massas d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período dos dados: 1773 – 2013. .... 169
- Figura 123: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. As linhas isopícnais representam os limites entre as massas d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período dos dados: 1773 – 2013. .... 170
- Figura 124: Campo médio das correntes superficiais na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 171
- Figura 125: Campo médio das correntes em 100 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 172
- Figura 126: Campo médio das correntes em 500 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 173
- Figura 127: Campo médio das correntes em 1000 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 174
- Figura 128: Campo médio das correntes em 2000 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 175
- Figura 129: Localização do ponto do modelo ROMS utilizado para caracterização da área do bloco BM-S-8. .... 176
- Figura 130: Rosas de correntes superficiais para o período de janeiro a junho na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 177
- Figura 131: Rosas de correntes superficiais para o período de julho a dezembro na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 178
- Figura 132: Intensidade de corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. .... 179

Figura 133: <i>Stickplots</i> de corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	180
Figura 134: Média, Mínima, Máxima, primeiro quartil e terceiro quartil de intensidade da corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	181
Figura 135: Localização dos pontos de grade do ROMS utilizados para elaboração dos perfis verticais de correntes na região do Bloco BM-S-8.....	184
Figura 136: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (bacia oceânica). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	185
Figura 137: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (bacia oceânica). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	186
Figura 138: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (bacia oceânica). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	187
Figura 139: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (bacia oceânica). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	188
Figura 140: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	189
Figura 141: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	190
Figura 142: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	191
Figura 143: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	192
Figura 144: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (plataforma). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	193
Figura 145: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (plataforma). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.. ....	194
Figura 146: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (plataforma). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	195
Figura 147: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (plataforma). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	196
Figura 148: Seções verticais de correntes no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Valores positivos indicam correntes	

para E, e negativos para W. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	197
Figura 149: Seções verticais de correntes no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Valores positivos indicam correntes para E, e negativos para W. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	198
Figura 150: Campo de velocidades de corrente estimado para as costas sudeste e sul do Brasil. Fonte: Cerrone (2010) Período dos dados: 1993 - 2010.....	199
Figura 151: Intensidade média de corrente (cm/s) estimada para as costas sudeste e sul do Brasil. Fonte: Cerrone (2010). Período dos dados: 1993 - 2010.....	200
Figura 152: Linhas de corrente partindo das latitudes 25°S, 30°S, 35°S e 40°S, contemplando toda a área de estudo. Fonte: Cerrone (2010). Período dos dados: 1993 - 2010.....	201
Figura 153: Localização do ponto do modelo WaveWatch III utilizado para caracterização do regime de ondas da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. ....	203
Figura 154: Exemplo de atuação do vento de NE, associado ao ASAS (a), levando ao desenvolvimento de um mar local de até 2 m (b). Fonte: ATLASUL.....	204
Figura 155: Exemplo de passagem de uma frente fria pela Bacia de Santos. Nesse evento, os ventos se SW associados foram fracos, como pode ser visto na previsão para 36 horas (a). Porém, com a evolução do sistema, ventos fortes de SE geraram ondas com altura significativa entre 3 e 3,5 m (b). Fonte: ATLASUL.....	205
Figura 156: Diagrama de dispersão de altura significativa (Hs) por direção média das ondas. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.....	205
Figura 157: Espectro polar multimodal de ondas da região da Bacia de Santos mostrando a presença de diversos sistemas. Levando-se em conta a direção do vento (SSE), há <i>swell</i> de várias direções (NE, T ~ 8 s; ESE, T ~ 12 s; SW, T ~ 12 e 16 s), além de <i>wind sea</i> de período curto (SSE, T ~ 6 s). Fonte: ATLASUL.....	207
Figura 158: Diagrama de distribuição de direção média e altura significativa de ondas na área de estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.....	208
Figura 159: Distribuição de altura significativa, em classes de 1 m, na área de estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015. ....	208
Figura 160: Valores médios (acima) e máximos (abaixo) mensais da altura significativa na área de estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.....	209

Figura 161: Médias mensais de direções médias na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Período de dados: 2006 a 2015. ....	210
Figura 162: Médias mensais de períodos médios, na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Período de dados: 2006 a 2015. ....	211
Figura 163: Batimetria utilizada para a realização da modelagem com o modelo SWAN. Obtida a partir do SRTM, com resolução de 30 metros. ....	212
Figura 164: Direção resultante da refração de ondas originadas de E, com altura de 1,75 m e período de 7 segundos. ....	216
Figura 165: Hs resultante de ondas originadas de E, com altura de 1,75 m, e período de 7 segundos. ....	216
Figura 166: Direção resultante da refração de ondas originadas de SE, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos. ....	217
Figura 167: Hs resultante de ondas originadas de SE, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos. ....	217
Figura 168: Direção resultante da refração de ondas originadas de S, com altura de 2,25 m e período de 9 segundos. ....	218
Figura 169: Hs resultante de ondas originadas de S, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos. ....	218
Figura 170: Divisão da costa da região de interesse em 62 segmentos. As linhas pretas separadas por pontos brancos representam os segmentos e os pontos vermelhos representam os pontos dos quais os parâmetros de altura e direção de onda foram retirados. ....	219
Figura 171: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Leste, com altura significativa de 1,75 m e período de 7 segundos. ....	220
Figura 172: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Sul, com altura significativa de 1,75 m e período de 9 segundos. .	221
Figura 173: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Sul, com altura significativa de 1,75 m e período de 9 segundos. .	221
Figura 174: Localização do ponto de grade do modelo global de maré TPX07 utilizado para caracterização do regime de marés da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Datum: SIRGAS 2000. ....	223

---

Figura 175: Amplitude das componentes M2, S2, O1 e K1 para a Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: TPX07.....	224
Figura 176: Fase das componentes M2, S2, O1 e K1 para a Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: TPX07.....	224
Figura 177: Elevação da superfície do mar (cm) para todo o ano de 2013 na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: TPX07.....	225

---

## Índice das tabelas

---

Tabela 1: Resumo dos parâmetros analisados, fontes e abrangência temporal, frequência e localização dos dados utilizados para caracterização da Área de Estudo. ....	28
Tabela 2: Estatística básica dos dados horários de temperatura do ar obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	45
Tabela 3: Estatística básica dos dados horários de precipitação (mm/h) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	54
Tabela 4: Estatística básica dos dados horários de umidade relativa (%) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	67
Tabela 5: Estatística básica dos dados horários de pressão atmosférica obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	78
Tabela 6: Ocorrência conjunta total de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	88
Tabela 7: Ocorrência conjunta total de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	88
Tabela 8: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de verão. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	89
Tabela 9: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de verão. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	89
Tabela 10: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de outono. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	90

Tabela 11: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de outono. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	90
Tabela 12: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de inverno. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	91
Tabela 13: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de inverno. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	91
Tabela 14: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de primavera. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	92
Tabela 15: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de primavera. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP. ....	92
Tabela 16: Estatística básica do vento no ponto de grade mais próximo a leste do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015. ....	93
Tabela 17: Estatística básica do vento no ponto de grade mais próximo a oeste do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015. ....	93
Tabela 18: Estatística básica dos dados horários de intensidade do vento (m/s) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014. ....	101
Tabela 19: Valores climatológicos obtidos a partir de análise global para cada variável analisada na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos e períodos definidos. ....	106
Tabela 20: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação do INMET de Arraial do Cabo (RJ). ....	107
Tabela 21: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação do INMET de Moela (SP). ....	107
Tabela 22: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação INMET da Ilha do Mel (PR). ....	107
Tabela 23: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação INMET de Florianópolis (SC). ....	108

Tabela 24: Localização das fontes de dados utilizadas para caracterização da oceanografia da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Legenda: T = Temperatura; S = Salinidade; U = componente zonal da corrente; V = componente meridional da corrente. ....	110
Tabela 25: Estimativas de transporte de volume e da velocidade máxima da Corrente do Brasil entre 20°S e 28°S. Os sinais negativos denotam direção para sul-sudoeste. Fonte: Adaptado de Silveira <i>et al.</i> (2000) e Silveira (2007). ....	117
Tabela 26: Estimativas de transporte de volume e da velocidade máxima da CCI entre 21°S e 24°S. Os sinais negativos denotam direção para sul-sudoeste. Fonte: Adaptado de Silveira (2007).....	117
Tabela 27: Variação sazonal da temperatura climatológica (°C) na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.	125
Tabela 28: Variação sazonal da salinidade climatológica na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.	126
Tabela 29: Variação sazonal da densidade climatológica (kg/m <sup>3</sup> ) na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.	126
Tabela 30: Estatística básica de TSM para a região do Bloco BM-S-8. Fonte: OSTIA. Período de dados: 2007 – 2013. ....	164
Tabela 31: Índices termohalinos utilizados no diagrama TS. Fonte: Silva <i>et al.</i> (1982). ....	168
Tabela 32: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013. ....	182
Tabela 33: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de verão. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	182
Tabela 34: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de outono. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	182
Tabela 35: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de inverno. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	183
Tabela 36: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de primavera. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.....	183
Tabela 37: Correlação entre altura significativa e direção de ondas na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015. ....	206

Tabela 38: Valores médios e máximos mensais para altura significativa, na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015. ....	210
Tabela 39: Ocorrência conjunta de Hs e Tp de ondas de sudeste na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015. ....	213
Tabela 40: Ocorrência conjunta de Hs e Tp para ondas de sul na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015. ....	214
Tabela 41: Ocorrência conjunta de Hs e Tp para ondas de leste na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015. ....	214
Tabela 42: Ondas mais frequentes na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, para cada direção incidente. ....	215
Tabela 43: Constantes harmônicas obtidas pelo modelo global de maré TPX07 no ponto de latitude 25,75° S e longitude 44° W. ....	223
Tabela 44: Valores climatológicos obtidos para cada variável analisada na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos e estações definidas: verão – agosto a fevereiro, e inverno – março a julho. ....	227
Tabela 45: Estatísticas de extremos elaboradas para alturas de ondas e velocidade de correntes na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. ....	228

---

## Equipe técnica

---

**Nome: Marcelo Montenegro Cabral**

Registro no Conselho de Classe: 2010110225 - CREA/RJ

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

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Henery Ferreira Garção**

Registro no Conselho de Classe:

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

Responsável pela(s) Seção(ões): Todas

---

Assinatura: \_\_\_\_\_

---

**Nome: Livia Sant'Angelo**

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

De forma a obter um amplo conhecimento da área do Bloco BM-S-8, localizado na Bacia de Santos, neste item é realizada a caracterização meteorológica e oceanográfica da região. Além de compor um diagnóstico ambiental amplo, objetiva-se contribuir com a identificação e avaliação de processos e fenômenos que possam causar ou magnificar impactos e riscos associados aos outros compartimentos do meio ambiente.

Este diagnóstico foi elaborado a partir de bases de dados regionais e globais, além de uma ampla pesquisa bibliográfica. As análises e a estrutura do documento foram orientadas de acordo com o Termo de Referência nº 017/2016 emitido pelo CGPEG/DILIC/IBAMA.

A área de interesse é a região da Bacia de Santos, localizada na margem continental sudeste-sul do Brasil, ocupando uma área de 275.000 km<sup>2</sup>, entre os paralelos 23º e 28º Sul. Limita-se ao norte com a Bacia de Campos, e ao sul com a Bacia de Pelotas. A oeste, seu limite é dado pelas serras do Mar, da Mantiqueira e pelo Maciço da Carioca Leste, enquanto que a leste, a Bacia de Santos está em continuidade estrutural e estratigráfica com o platô de São Paulo (PORTILHO-RAMOS *et al.* 2006).

## 2. Meteorologia

A caracterização meteorológica da região da Bacia de Santos baseou-se na análise e interpretação dos dados das seguintes fontes:

- Normais climatológicas de temperatura, precipitação, evaporação, umidade, pressão atmosférica e insolação, obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) das estações meteorológicas do Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP), Paranaguá (PR) e Florianópolis (SC) – Análise de mesoescala.
- Dados de temperatura do ar, precipitação, pressão atmosférica, umidade relativa e ventos das estações automáticas do INMET de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC) – análise de meso e microescala.
- Dados de ventos, temperatura do ar, precipitação, pressão atmosférica e umidade relativa das Reanálises II do NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research) – Análise de mesoescala.
- Dados bibliográficos existentes para a região – análise de macroescala.

As normais climatológicas do INMET fornecem médias mensais de parâmetros meteorológicos de um determinado local por períodos de 30 anos, caracterizando a distribuição dos dados

dentro de uma faixa de incidência habitual. Serão apresentadas as normais climatológicas de temperatura, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica e insolação, obtidas de quatro estações meteorológicas: estação do Rio de Janeiro (RJ), estação de Santos (SP), estação de Paranaguá (PR) e estação de Florianópolis (SC), para o período de 1961 a 1990. Estas estações foram escolhidas de forma a contemplar a variabilidade regional da Bacia de Santos

Para avaliação da variabilidade dos parâmetros meteorológicos em maior frequência amostral, também foram utilizados os dados de temperatura, precipitação, umidade relativa, pressão atmosférica e ventos das estações meteorológicas automáticas do INMET de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Esses dados foram coletados em intervalos de uma hora, entre janeiro de 2013 e novembro de 2014. Não estão disponíveis as variáveis evaporação e insolação nos dados horários do INMET, sendo sua caracterização feita apenas em função das normais climatológicas descritas anteriormente. Os dados destas estações também foram utilizados na identificação de eventos extremos. Limiares foram definidos para cada variável analisada e valores fora desse limiar foram identificados como extremos. Os limiares foram baseados na distribuição normal das variáveis, ou seja, valores acima e abaixo da média, duas vezes o desvio padrão, são marcados como eventos extremos.

Os dados da Reanálise II do NCEP utilizados para as análises pontuais e de extremos do vento foram obtidos dos dois pontos de grade mais próximo ao Bloco BM-S-8, localizados em 25° 42' 50,4" S e 43° 7' 30" W e em 25° 42' 50,4" S e 45° W, com resultados diários, de janeiro de 1979 a dezembro de 2015, totalizando 37 anos. Esses dados também foram utilizados na elaboração de séries de normais climatológicas mensais, de cada parâmetro, para os pontos de grade do NCEP mais próximos do Bloco BM-S-8.

A caracterização da variação espacial dos parâmetros meteorológicos (temperatura, precipitação, umidade, e pressão atmosférica) na região oceânica da Bacia de Santos foi realizada através de médias sazonais elaboradas com dados diários da Reanálise II do NCEP, para toda a área da Bacia de Santos e para o período compreendido entre janeiro de 1979 e dezembro de 2015. Não há informações de evaporação e insolação nos resultados da Reanálise II do NCEP, por isso a caracterização destes parâmetros ficou restrita às Normais Climatológicas do INMET.

As modelagens hidrodinâmica e de dispersão de óleo para este estudo utilizaram a Reanálise II do NCEP como forçante, sendo sua utilização na caracterização meteorológica uma recomendação do Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA Nº 017/2016.

O projeto R-2 (Reanálise II, NCEP - DOE AMIP-II Reanalysis), trata-se de uma série global atualizada, de 1979 até o presente, que corrige os erros de processamento da Reanálise I, utilizando um modelo de previsão e um sistema de assimilação de dados mais robustos. Assim, é gerada uma reanálise consistente e recomendada para usuários que eram afetados por alguns erros presentes anteriormente. Dentre estes erros, podemos citar as análises de

transientes no Hemisfério Sul; o uso de temperaturas próximas à superfície e cobertura de neve sobre os continentes no Hemisfério Norte durante o inverno; análise da umidade dos solos; análises do balanço de neve; e sensibilidade das análises a mudanças no modelo de assimilação (KALNAY *et al.*, 1996). Ressalta-se que as séries de normais climatológicas apresentadas na caracterização meteorológica (INMET e NCEP) são elaboradas com duas diferentes classes de dados, dados medidos e dados de modelo. Devido aos diferentes erros associados a cada tipo de medição, comparações entre os valores exatos devem ser feitas com ressalvas.

A Tabela 1 apresenta um resumo dos dados utilizados para os diferentes parâmetros, com as fontes de dados utilizadas no estudo e suas respectivas localizações. A localização das fontes de dados utilizadas pode ser visualizada na Figura 1.

Tabela 1: Resumo dos parâmetros analisados, fontes e abrangência temporal, frequência e localização dos dados utilizados para caracterização da Área de Estudo.

Fontes	Coordenadas		Parâmetros	Descrição	Período
	Latitude	Longitude			
INMET-Rio de Janeiro	22,88° S	43,18° W	TA, P, E, UR, PA e I	Normais climatológicas (médias mensais)	1961 a 1990
INMET-Santos	23,95° S	46,33° W	TA, P, E, UR, PA e I	Normais climatológicas (médias mensais)	1961 a 1990
INMET – Paranaguá	25,56° S	48,52° W	TA, P, E, UR, PA e I	Normais climatológicas (médias mensais)	1961 a 1990
INMET – Florianópolis	27,6° S	48,62° W	TA, P, E, UR, PA e I	Normais climatológicas (médias mensais)	1961 a 1990
INMET – Arraial do Cabo	22,98° S	42,02° W	TA, P, UR e PA, V	Dados horários	Jan/2013 a nov/2014
INMET – Moela	24,04° S	46,26° W	TA, UR e PA	Dados horários	Jan/2013 a nov/2014
INMET – Ilha do Mel	25,5° S	48,3° W	TA, P, UR e PA, V	Dados horários	Jan/2013 a nov/2014
INMET – Florianópolis	27,6° S	48,62° W	TA, P, UR e PA, V	Dados horários	Jan/2013 a nov/2014
NCEP-R2 (pontual)	23,81° S	41,25° W	V	Observações a cada 6 horas.	1979 a 2015
NCEP-R2 (área)	22° S – 28°S	39° W - 45° W	TA, P, UR, PA	Observações a cada 6 horas	1979 a 2015

Legenda: TA = Temperatura do Ar; P = Precipitação; E = Evaporação; UR = Umidade Relativa; UE = Umidade Específica; PA =

Pressão Atmosférica; V = Ventos; I = Insolação; SF = Sistemas Frontais.

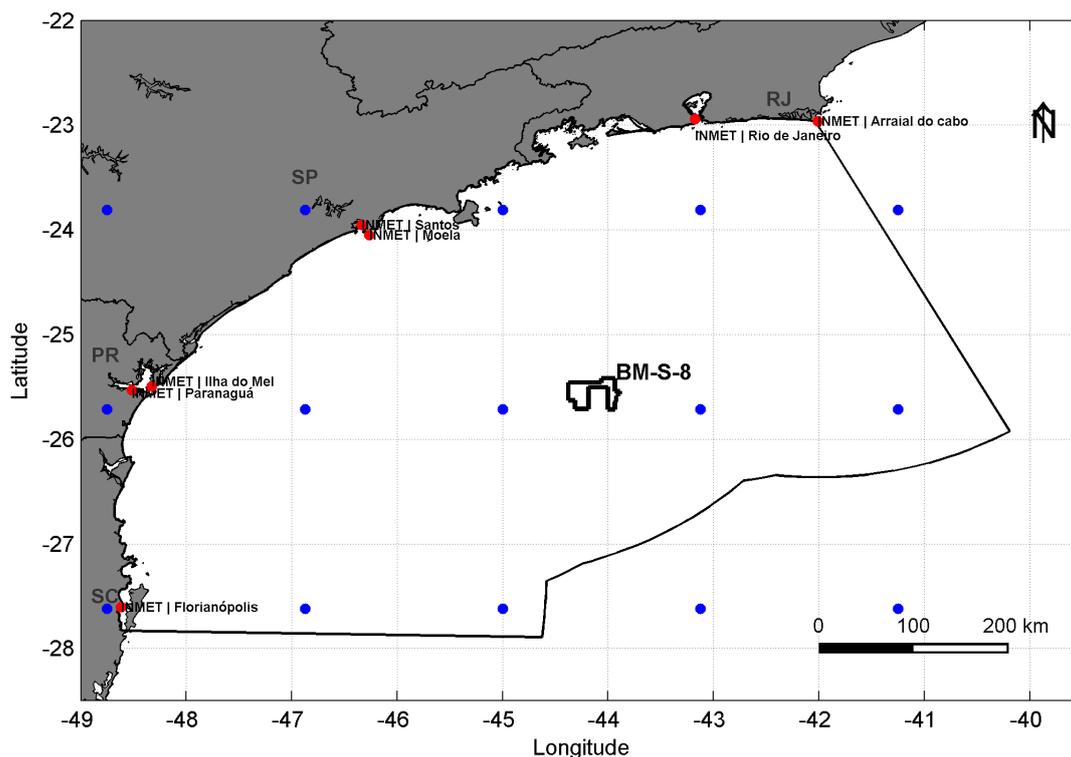


Figura 1: Área da Baía de Santos, Bloco BM-S-8 e localização das fontes de dados utilizadas para a caracterização da Área de Estudo na Baía de Santos. Os pontos em vermelho representam a localização das estações automáticas e convencionais do INMET. Os pontos em azul são os pontos de grade do NCEP e os dois pontos em verde são os mais próximos do bloco BM-S-8 utilizados para as análises de séries.

## 2.1. Caracterização dos Fenômenos de Macroescala

A meteorologia na região da Baía de Santos e na área próxima ao Bloco BM-S-8 é influenciada por fenômenos de grande escala que atuam sobre a América do Sul e oceanos adjacentes. Sendo assim, faz-se necessário o entendimento desses fenômenos para uma compreensão das características meteorológicas e climáticas da região.

Devido à sua extensão territorial, posicionamento geográfico e relevo, a América do Sul apresenta características climáticas distintas ao longo de seu território, principalmente quanto ao seu regime de chuvas e temperaturas. Essa variabilidade climática está diretamente relacionada com as condições atmosféricas decorrentes da interação entre fenômenos pertencentes a várias escalas de tempo e espaço, que vão desde a planetária até a escala local.

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) afeta o clima do Brasil oscilando em torno de sua posição média, localizando-se mais ao sul e a leste no verão (30°S e 15°W) e mais ao norte

e a oeste no inverno (22°S e 30°W). Essa oscilação E-W ocorre porque, durante o inverno, as temperaturas são menores sobre os continentes e, em consequência, os centros de alta pressão migram em direção ao continente, enquanto no verão, as temperaturas sobre os continentes são maiores e, portanto, os centros de alta pressão encontram-se mais afastados.. O fortalecimento do ASAS está associado principalmente à sua migração para norte, apresentando máximos climatológicos em torno de 1026 hPa nos meses de agosto (HASTENRATH, 1985).

Esse sistema permanece atuante ao longo de todo o ano, provocando, na região da Bacia de Santos, os ventos típicos de NE, característicos de bom tempo. Essa situação, entretanto, é modificada com a passagem de frentes frias (ou sistemas frontais) na região.

A penetração desses sistemas é um mecanismo de grande impacto no clima do sudeste brasileiro durante todo o ano e possui importante papel na transferência de calor, *momentum* e umidade das altas para as baixas latitudes, modificando o padrão de ventos, que passam de NE para SSW, e ocasionando em queda da temperatura e em precipitação.

No setor quente da frente, segundo Stech & Lorenzetti (1992), a velocidade média do vento é de 5 m/s, variando sua direção de predominantemente nordeste para noroeste com a aproximação da frente. Imediatamente após a passagem da frente fria, o vento tem direção sudoeste, com velocidades tipicamente em torno de 8 m/s (STECH & LORENZZETTI, 1992). Aproximadamente um dia após a passagem da frente pela região, o vento novamente gira no sentido anti-horário, de sudoeste para nordeste (STECH & LORENZZETTI, 1992). A entrada de sistemas frontais na América do Sul é influenciada por diversos fatores. Durante o inverno, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ocupa a sua posição mais setentrional (MARTIN *et al.*, 1998). Esta configuração colabora para que os sistemas frontais atuem com maior frequência sobre a região sudeste brasileira. Neste período, os sistemas frontais estão mais relacionados com a penetração de massas de ar frio.

No verão, o deslocamento da ZCIT mais para sul favorece a predominância dos ventos alísios de nordeste. Nesse período, os sistemas frontais raramente chegam a ultrapassar o Trópico de Capricórnio.

Durante o outono, a ZCIT encontra-se em sua posição mais ao sul, porém os sistemas frontais voltam a atuar com certa frequência, devido ao posicionamento mais a leste do ASAS neste período, e os ventos alísios passam a ser de sudeste, fechando desta forma o ciclo anual de atuação dos principais sistemas atmosféricos que atuam na região Sudeste.

Apesar de se observar sistemas frontais durante todo o ano, é no verão que eles atuam de modo a causar muita precipitação ao se associar a outros tipos de sistemas que provocam chuvas na região: os sistemas convectivos. A convecção é provocada pela associação das altas temperaturas com a umidade do ar. Estes dois fatores favorecem a formação de nuvens, causando instabilidades e chuvas isoladas em forma de pancadas, principalmente no final da

tarde (AZEVEDO, 2002). Este tipo de chuva ocorre, pois o ar úmido e quente torna-se instável, elevando-se rapidamente e encontrando porções mais frias da atmosfera, gerando precipitação.

Outro sistema típico de verão, que pode provocar chuvas intensas no sudeste do Brasil é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Este fenômeno semi-estacionário pode ser caracterizado pela presença de uma banda de nebulosidade orientada de noroeste-sudeste que se estende desde o sul da região Amazônica até a área central do Atlântico Sul (QUADRO *et al.*, 2012).

A América do Sul é também uma região de forte interação meridional entre os trópicos e os extra-trópicos. As regiões tropicais e subtropicais da América do Sul sofrem influência direta dos fenômenos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) e La Niña. Este fenômeno é caracterizado por uma oscilação entre aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) anômalo das temperaturas da superfície do mar no oceano Pacífico Tropical, podendo afetar o padrão de ventos e regime de chuvas em escala global. É importante ressaltar que, embora exista essa relação direta entre alguns fenômenos climatológicos para algumas regiões, tais como o norte da região Nordeste e o Sul do Brasil, o sudeste brasileiro está em uma região que ainda pode sofrer alguma influência do ENOS. Características adicionais e descrições destes sistemas podem ser encontradas em Satyamuty *et al.* (1998) e Lima (1996).

Em baixos níveis, o padrão médio do escoamento sobre o sudeste brasileiro não muda significativamente entre o verão e o inverno (Figura 2 (a) e (b), respectivamente). É importante destacar a presença do jato de baixos níveis, abaixo de 850 hPa, que é responsável pelo transporte de vapor d'água e calor da Amazônia para a região Sul, o Paraguai e o norte da Argentina. No inverno, observam-se os ventos associados aos centros do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), mais fracos que no verão. Observa-se também um ligeiro deslocamento do ASPS em direção à linha do Equador, em relação à sua posição no verão, e do ASAS para mais próximo do continente sul-americano, deslocado para oeste (RI PRO06, 2007).

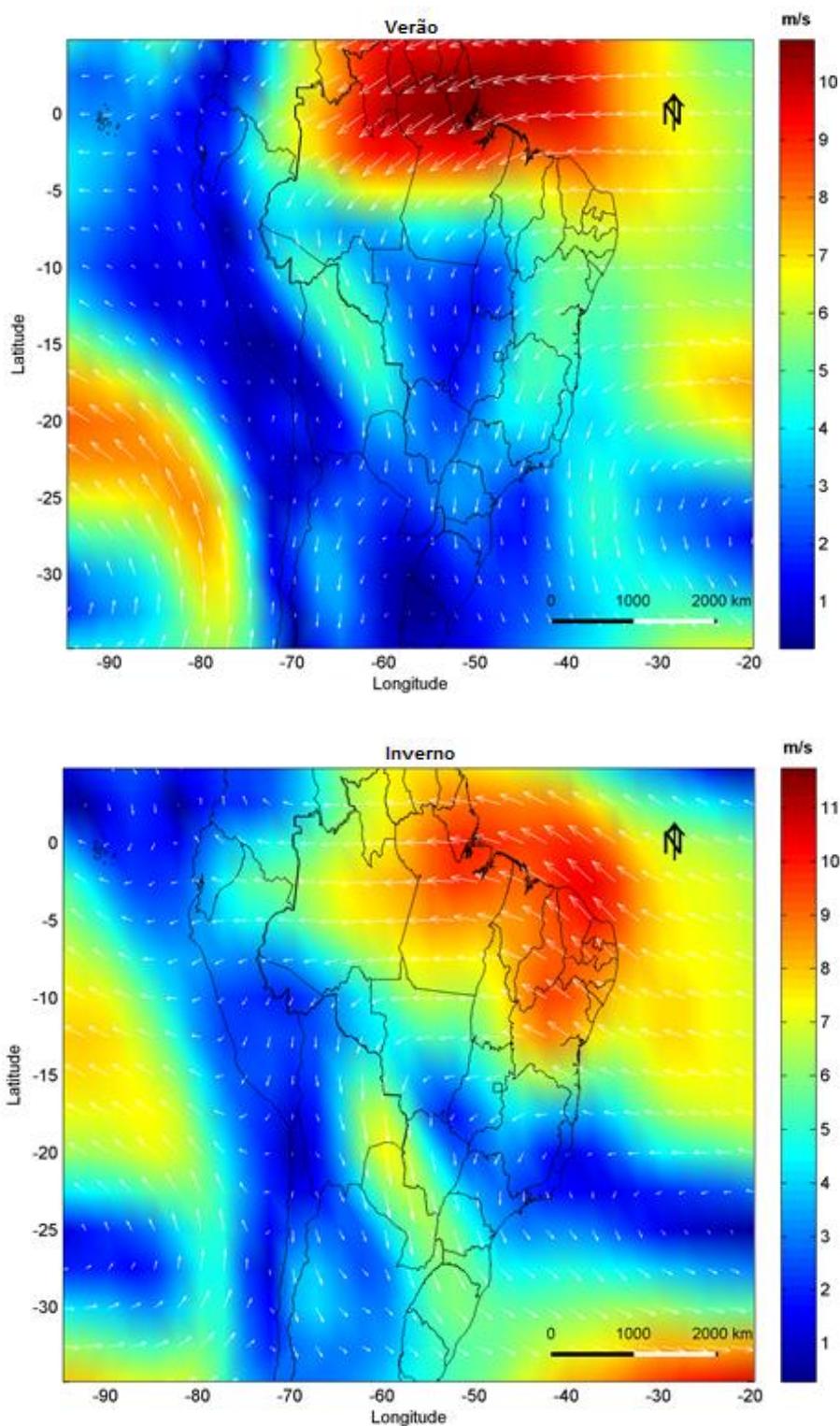


Figura 2: Campos médios sazonais do vento no nível de 850 hPa (m/s) referentes ao período de verão (acima) e inverno (abaixo). Dados de 1978 a 2007. Fonte: RI PRO06, 2007.

A Figura 3 apresenta uma carta sinótica meteorológica com a ilustração dos principais fenômenos meteorológicos de macroescala atuantes na área de estudo. Nesta carta, pode-se

observar o posicionamento da ZCAS sobre a área de estudo, o posicionamento da ZCIT ao norte da América do Sul, do ASAS sobre o oceano Atlântico Sul, além do deslocamento de uma frente fria posicionada na costa da Argentina.

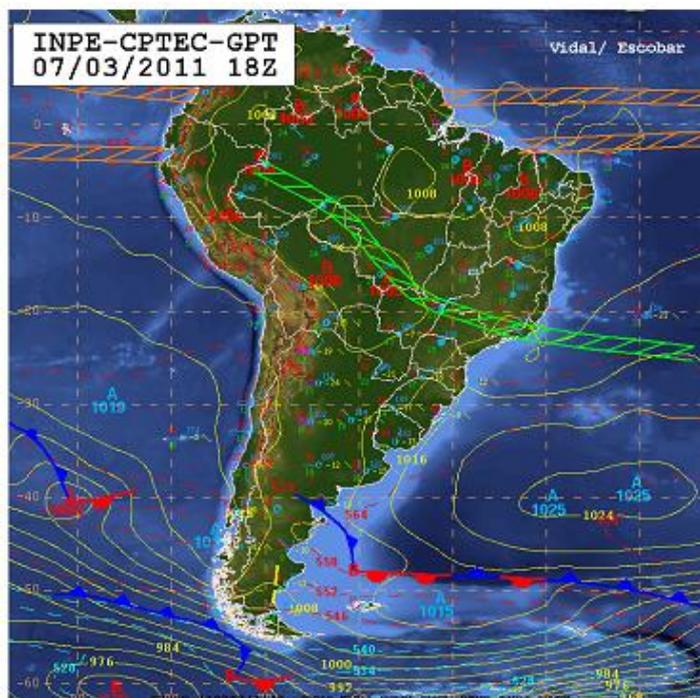


Figura 3: Carta sinótica do dia 7 de março de 2011, indicativa do posicionamento de uma ZCAS (linhas verdes), de uma frente fria (linha azul) e da ZCIT (linhas em laranja). Fonte: CPTEC/INPE.

## 2.2. Caracterização dos Fenômenos de Mesoescala

Neste item é realizada a caracterização meteorológica de mesoescala, ou seja, processos que ocorrem em escala espacial de alguns quilômetros até centenas de quilômetros e escala temporal entre semanas e meses.

O item encontra-se dividido em subitens para cada parâmetro analisado: temperatura do ar, precipitação, evaporação, umidade relativa, insolação, pressão atmosférica e regime de ventos. Informações detalhadas dos dados e suas fontes, bem como de sua abrangência temporal e espacial, podem ser encontradas na Tabela 1.

De forma a contemplar toda a área da Baía de Santos, a caracterização das normais climatológicas foi feita utilizando-se quatro estações do INMET, Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP), Paranaguá (PR) e Florianópolis (SC), e as análises de séries recentes foram realizadas a partir de dados diários das estações meteorológicas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Também foram utilizados dados de Reanálise do NCEP.

As descrições objetivas realizadas neste item serão utilizadas nos itens subsequentes (Identificação de Sazonalidade e Síntese Conclusiva) em análises globais e integradas, sempre que possível.

### 2.2.1 *Temperatura do ar*

As normais climatológicas de temperatura média do ar obtidas das estações meteorológicas do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis (Figura 4) para o período de 1961 a 1990, demonstram uma clara relação entre a latitude e as temperaturas médias ao longo da Baía de Santos. Temperaturas menores são verificadas em regiões mais ao sul da Baía, aumentando em direção ao limite norte da Baía de Santos.

Essa variação está relacionada diretamente com o ângulo de incidência solar, que aumenta em direção às latitudes mais baixas.

Ao longo de toda a Baía de Santos, fevereiro é, em média, o mês mais quente, e julho, o mais frio, como demonstram as normais climatológicas das quatro estações meteorológicas analisadas.

Os maiores valores são encontrados na estação do Rio de Janeiro (localizada mais ao norte), que apresenta média máxima de 26,6°C em fevereiro, e mínima de 21,3°C em julho. Na estação de Florianópolis, localizada próximo ao limite sul da Baía de Santos, a maior temperatura média, 24,6°C, ocorre em fevereiro, e a menor, 16,5°C, em julho.

As temperaturas mínimas absolutas (Figura 5) também apresentam uma tendência para valores menores em direção ao sul. O mês de julho, além de ter as menores temperaturas médias da região, apresentou os menores valores absolutos nas estações de Santos (~6° C) e de Paranaguá (~0° C), sendo este último o menor valor encontrado para as estações analisadas. Em Florianópolis o menor valor ao longo dos 30 ocorreu em setembro (~1°C) e outubro foi o mês com a menor temperatura verificada no Rio de Janeiro, ~10°C.

A temperatura máxima absoluta (Figura 6) de 40° C foi observada em fevereiro na estação de Paranaguá. A única estação na qual fevereiro não teve a maior temperatura máxima foi a do Rio de Janeiro, com 39° C em dezembro.

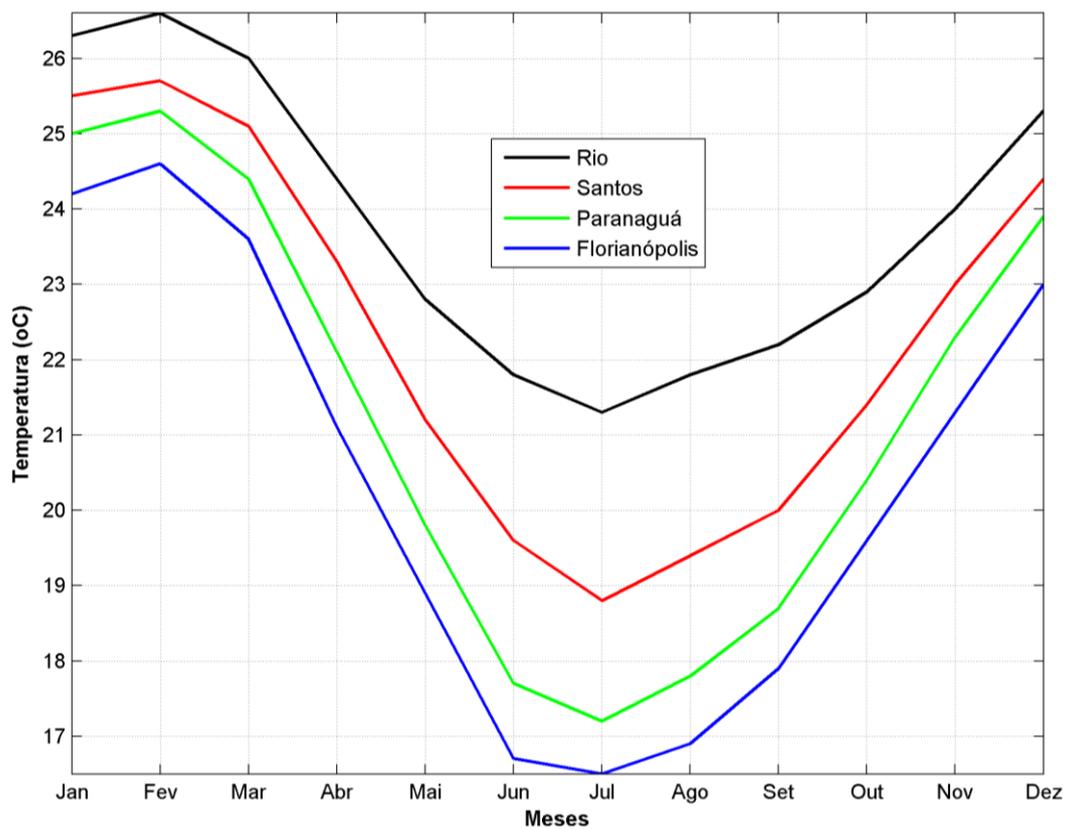


Figura 4: Normais climatológicas de temperatura média do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990.

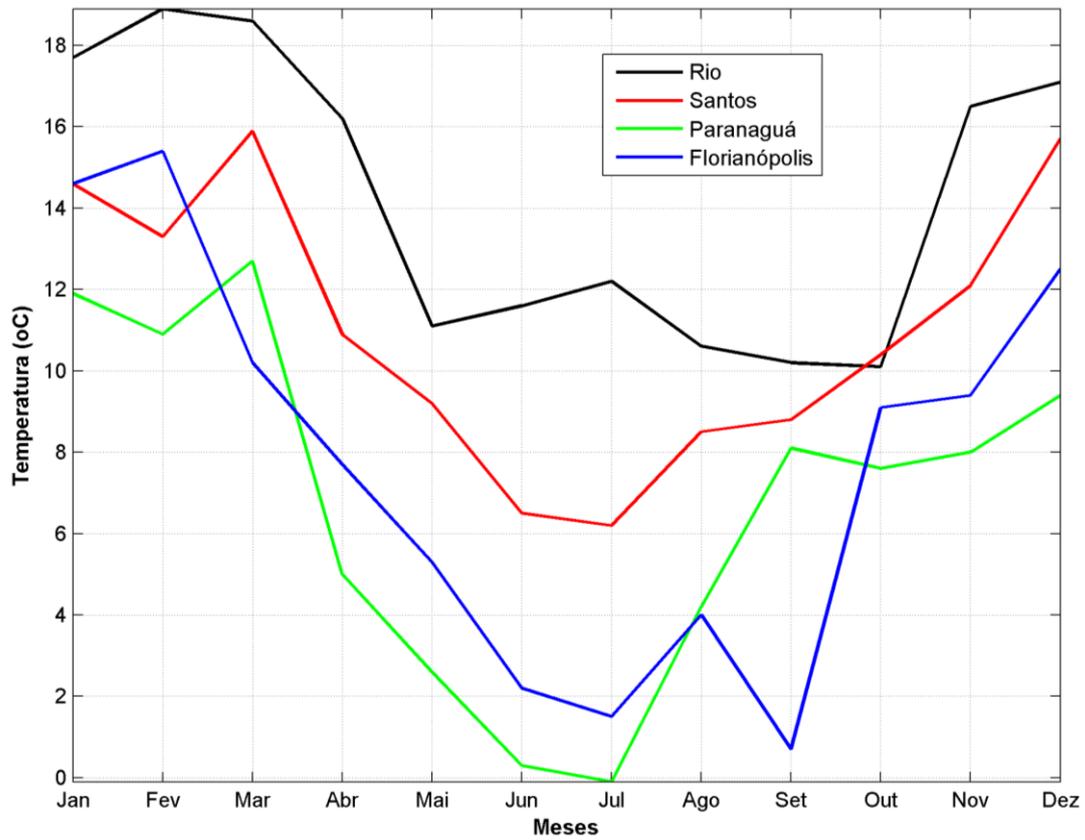


Figura 5: Normais climatológicas de temperatura mínima absoluta do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990.

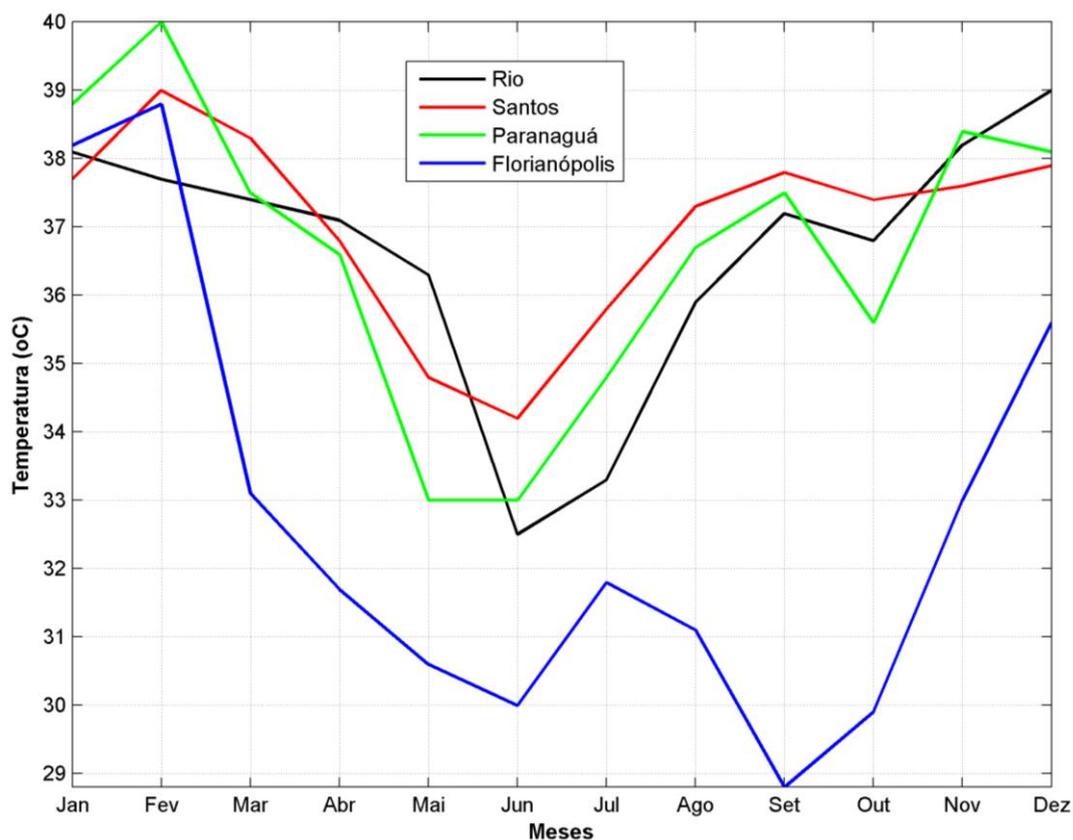


Figura 6: Normais climatológicas de temperatura máxima absoluta do ar (°C) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período de dados: 1961 – 1990.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da temperatura do ar na região da Baía de Santos e do Bloco BM-S-8, foram utilizados dados de temperatura do ar a 2 metros de altitude obtidos a partir das reanálises do NCEP.

Na Figura 7 são apresentadas as médias mensais de temperatura do ar para os pontos de grade do NCEP mais próximos ao bloco. O padrão apresentado pelos resultados do NCEP é o mesmo verificado nas normais climatológicas do INMET, porém a amplitude térmica (~5°C) é um pouco menor e setembro foi o mês de menor temperatura do ar (21,3°C). Assim como observado nos dados do INMET, fevereiro apresentou a maior temperatura média, de 26°C.

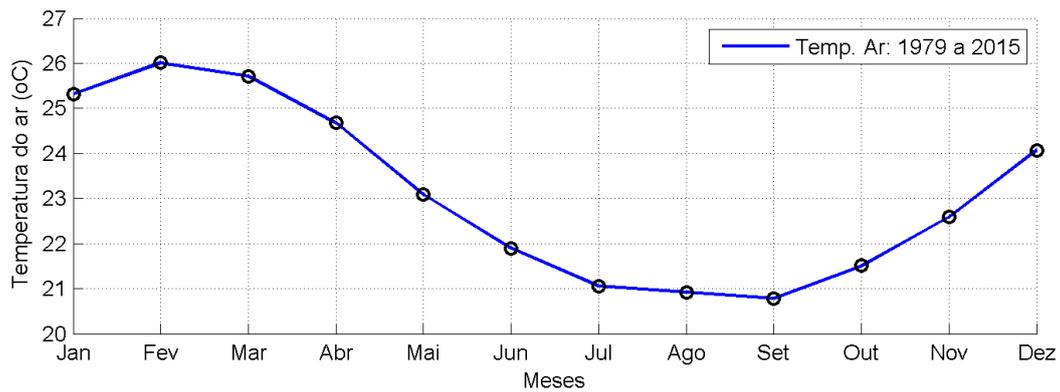


Figura 7: Temperaturas médias do ar (°C) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP.

Em todas as estações do ano, as maiores temperaturas encontram-se na região oceânica próxima próxima ao limite com a Baía de Campos, conforme demonstra a

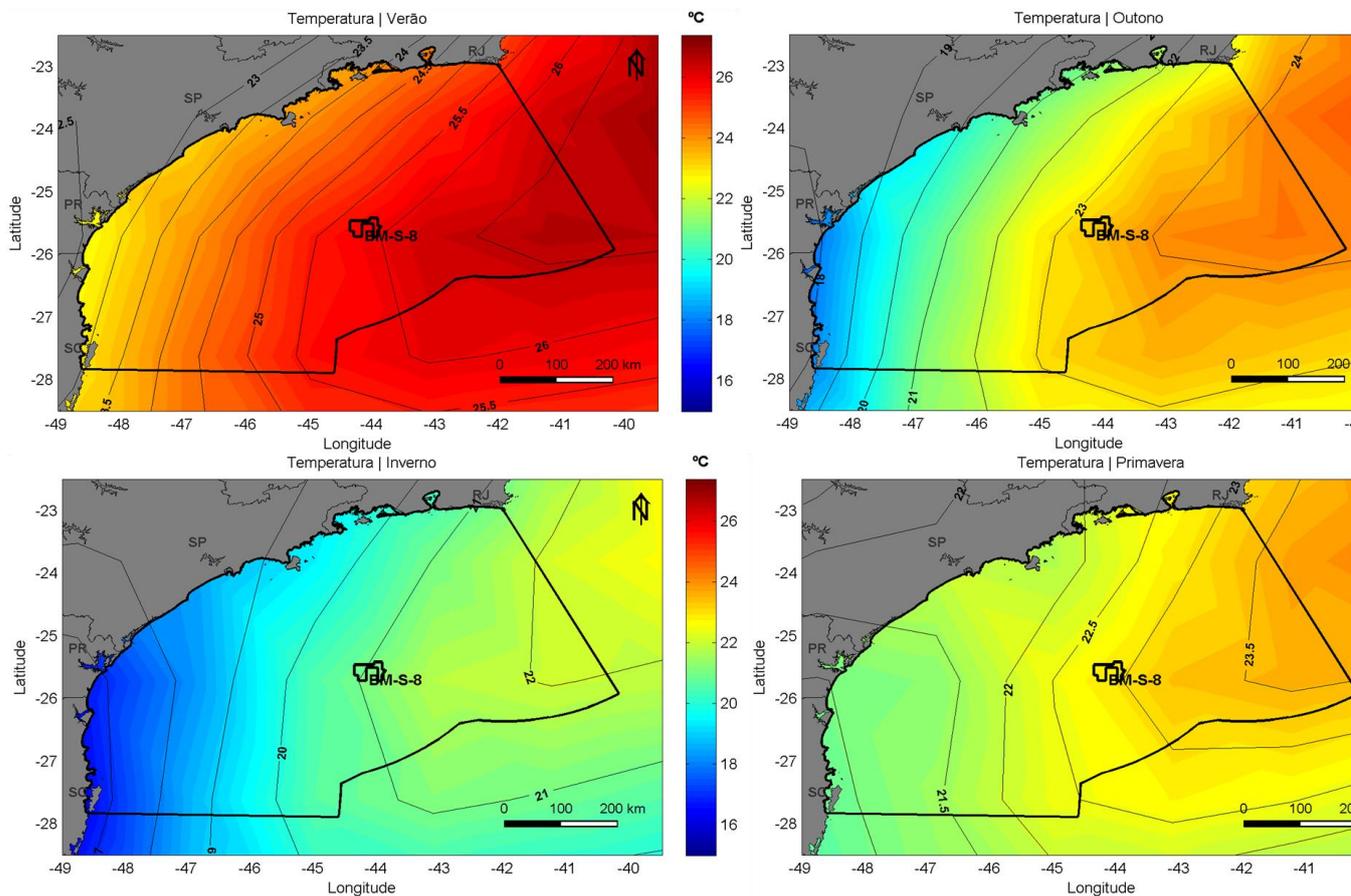


Figura 8. A maior amplitude térmica fica mais evidenciada entre os períodos de verão e inverno, com o outono e a primavera se comportando como estações de transição. Analisando as diferenças apenas entre verão e inverno, observa-se que a amplitude térmica média é de aproximadamente 4,5°C na região mais ao norte da Baía de Santos, e de ~5°C em áreas mais ao sul.

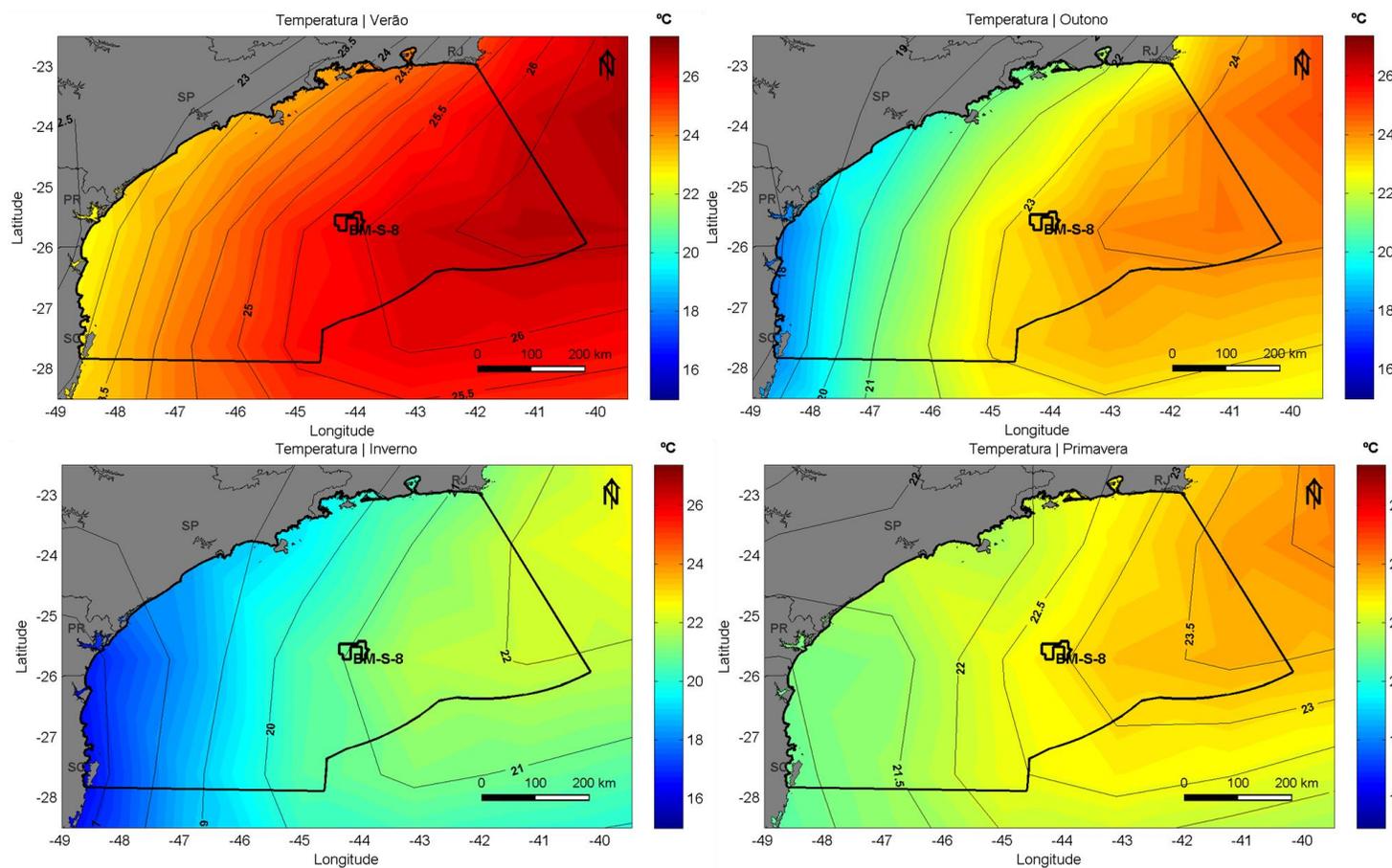


Figura 8: Distribuição da temperatura média do ar (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP.  
 Período de dados: 1979 a 2015.

Para avaliação da variabilidade da temperatura em menor período de tempo foram usados os dados horários das estações meteorológicas do INMET de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC) para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014.

Da Figura 9 à Figura 12 são apresentadas as séries temporais e respectiva análise espectral e na Tabela 2 é apresentada a estatística básica destas séries (máxima, média, mínima e desvio padrão).

Todas as estações apresentam variação sazonal e um pico de energia no período de 24 horas, relacionada ao ciclo de aquecimento solar diário. A estação de Florianópolis apresenta a maior amplitude térmica ao longo do ano (mínima de 3,5°C e máxima de 37,5°C) e ao longo do dia (energia associada ao pico de 24 horas na análise espectral é da ordem de 10 vezes maior que a das outras estações meteorológicas), próxima a 10°C. Todas as estações apresentam médias bem próximas (~22°C).

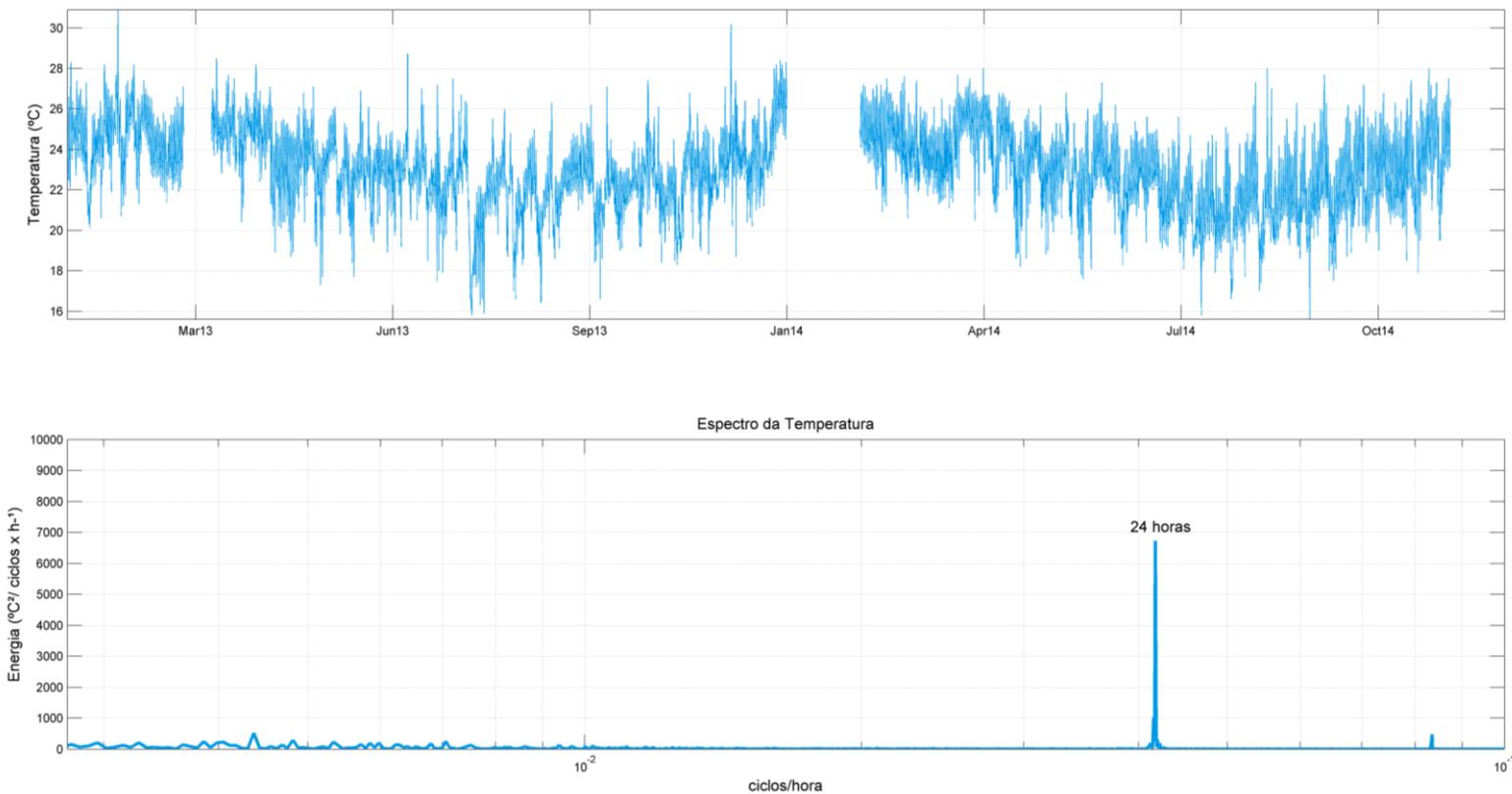


Figura 9: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Arraial do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

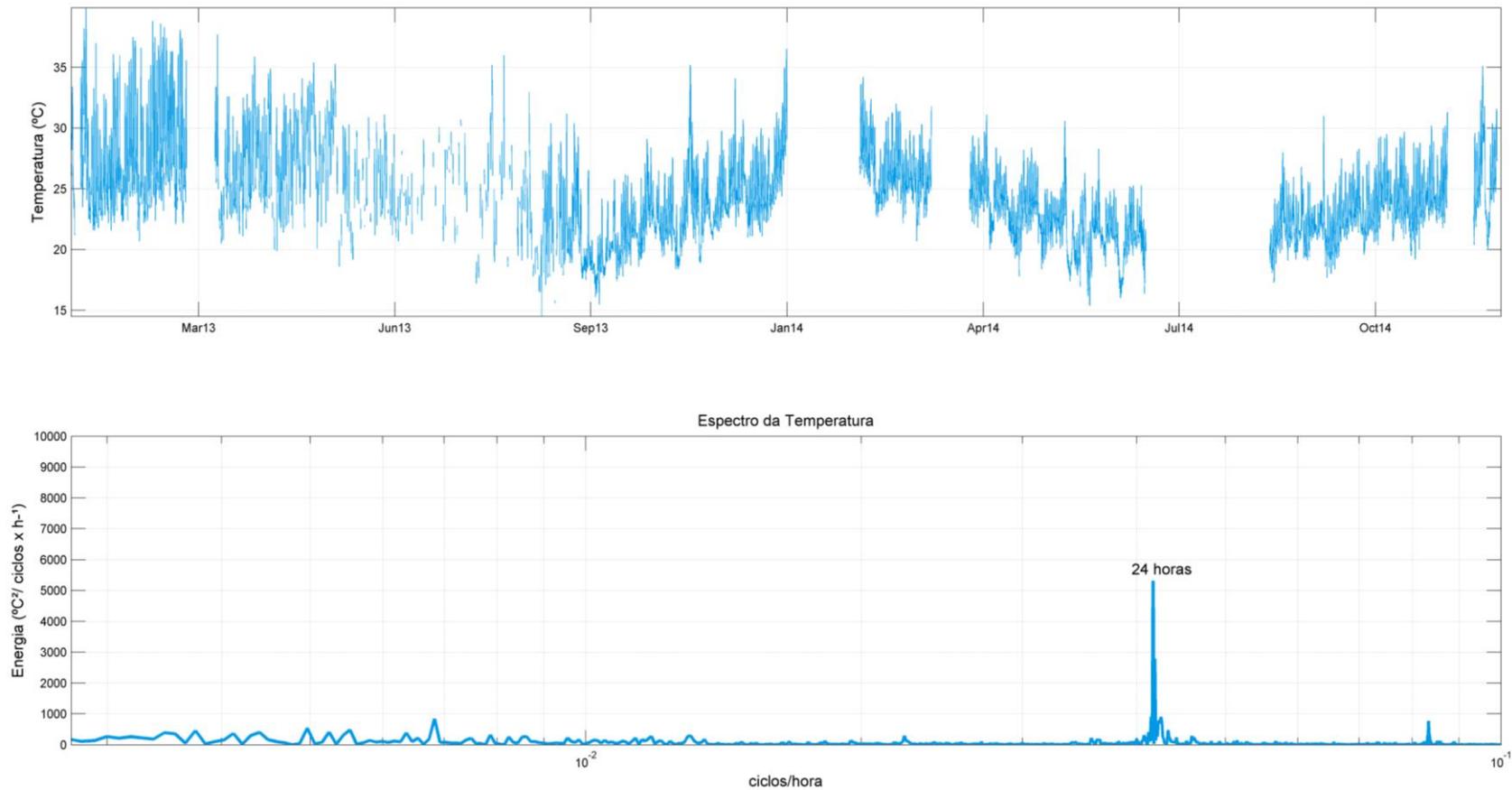


Figura 10: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Moela - SP, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

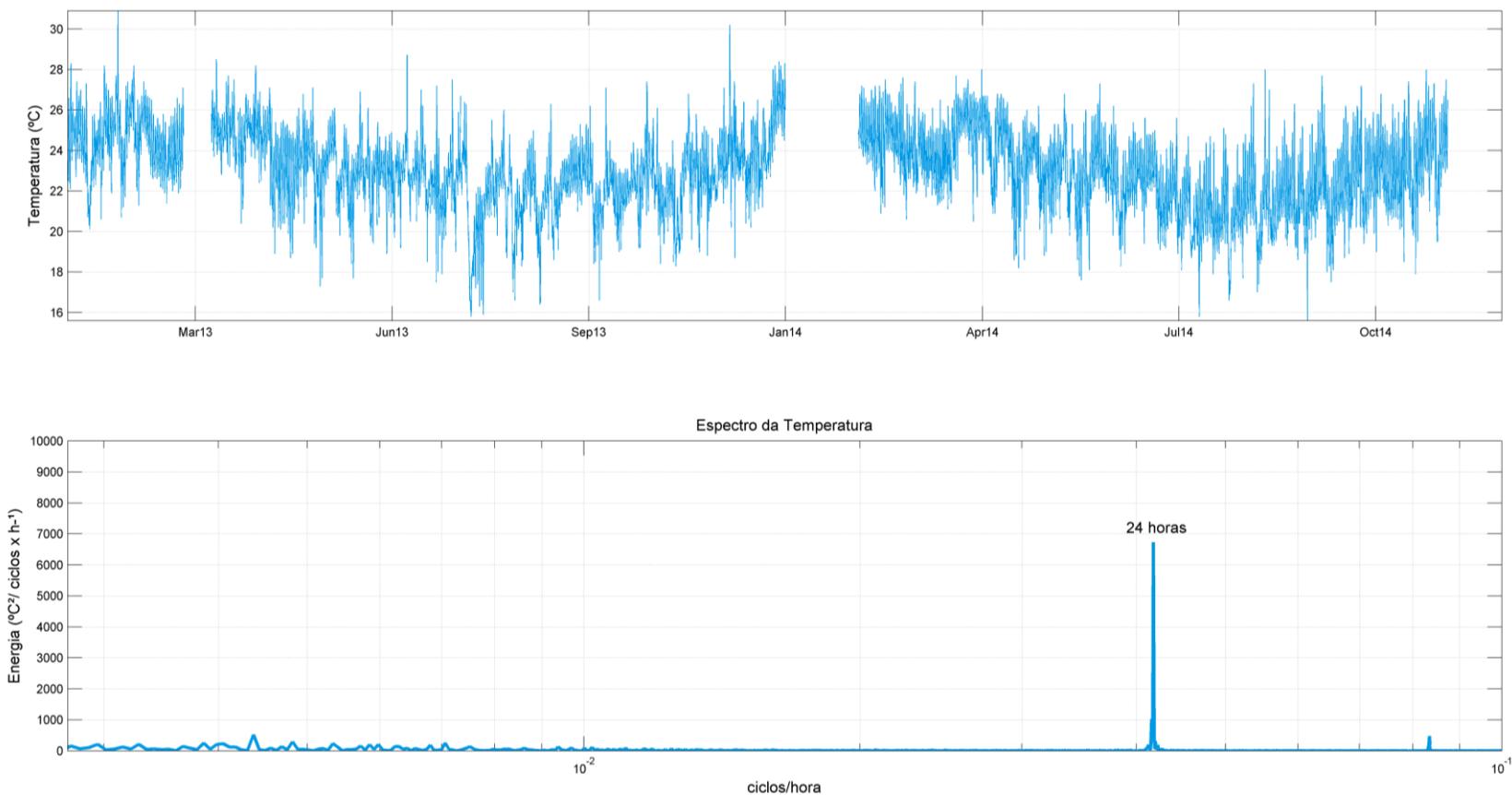


Figura 11: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Ilha do Mel - PR, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

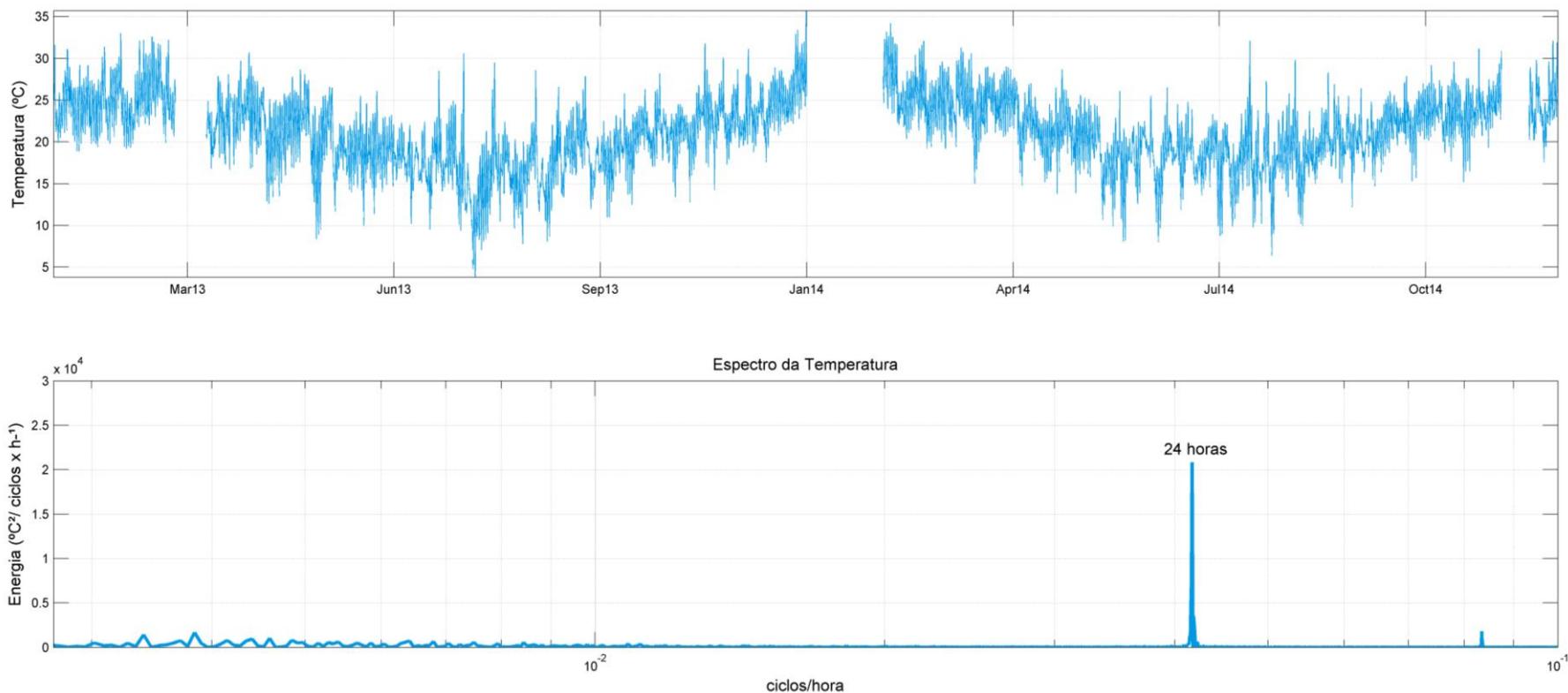


Figura 12: Série temporal de temperatura do ar (°C) na estação de Florianópolis - SC, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro de energia no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

Tabela 2: Estatística básica dos dados horários de temperatura do ar obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

<b>Estações</b>	<b>Máxima (°C)</b>	<b>Média (°C)</b>	<b>Mínima (°C)</b>	<b>Desvio Padrão (°C)</b>
Arraial do Cabo	31,7	22,8	15,3	1,9
Moela	40,6	23,9	14,4	3,5
Ilha do Mel	31,7	22,8	15,3	1,9
Florianópolis	37,5	21,3	3,5	4,3

Apresenta-se a seguir (Figura 13 à Figura 16) a temperatura do ar média, máxima e mínima mensal, para cada uma das quatro estações meteorológicas utilizadas.

O comportamento das curvas apresenta o mesmo padrão em todas as estações, com as maiores máximas, médias e mínimas nos meses de dezembro a fevereiro, e as menores nos meses de junho a setembro. Nota-se a grande amplitude térmica na estação de Florianópolis.

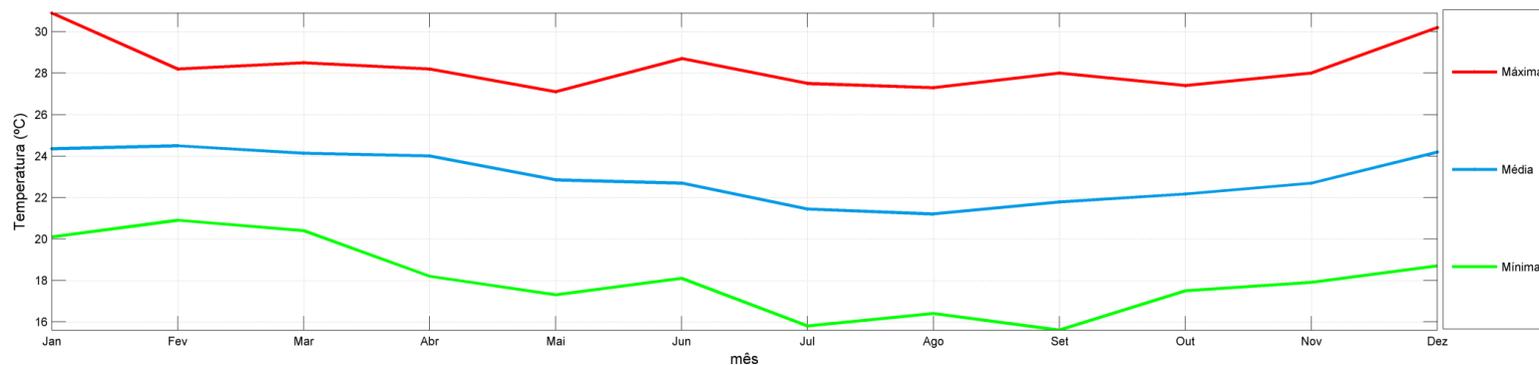


Figura 13: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática do INMET de Arraiial do Cabo (RJ). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.

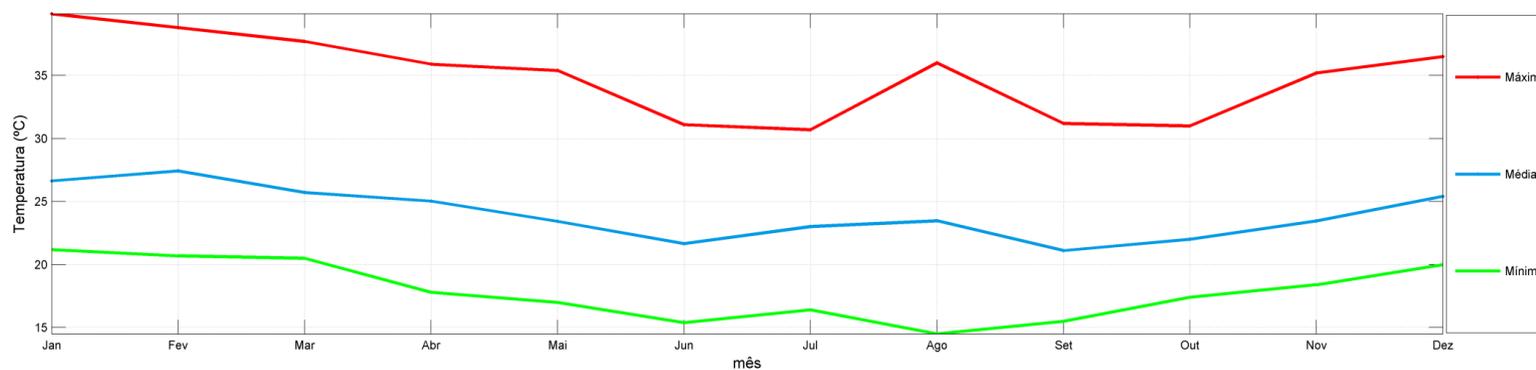


Figura 14: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática do INMET de Moela (SP). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.

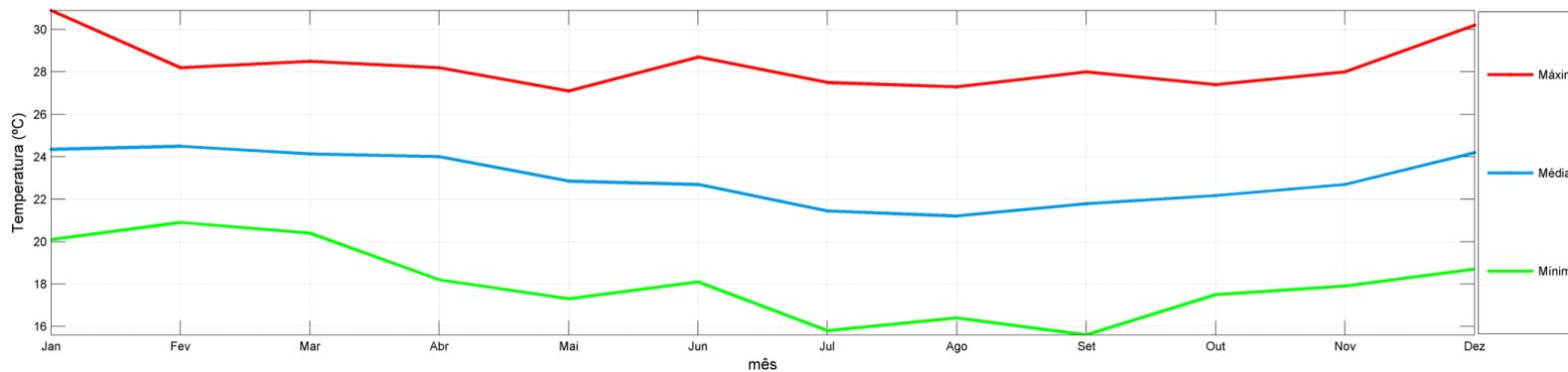


Figura 15: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.

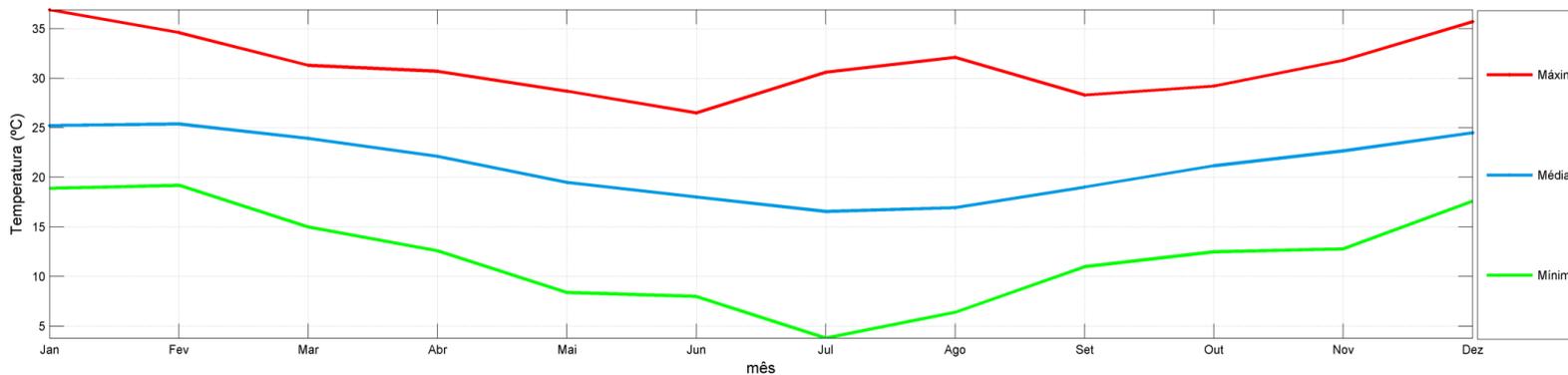


Figura 16: Temperatura do ar média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.

## 2.2.2 Precipitação

Em regiões tropicais, a precipitação reflete as características e comportamento de outros parâmetros, tais como temperatura, umidade relativa e regime de vento. Para as estações meteorológicas do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis (Figura 17), os valores médios de precipitação apresentam uma sazonalidade bem marcada, onde são observadas maiores precipitações no verão, e menores precipitações no período de inverno.

Em média, a estação do Rio de Janeiro apresentou menores precipitações médias, com mínimo de aproximadamente 45 mm (junho e julho), e máximo de 140 mm (dezembro, janeiro e março). Na maioria dos meses, as maiores precipitações foram observadas em Paranaguá, que tem a menor média, em torno de 80 mm/mês (agosto), e a maior, em torno de 280 mm/mês (janeiro). A estação meteorológica de Santos também registrou altos volumes de precipitação.

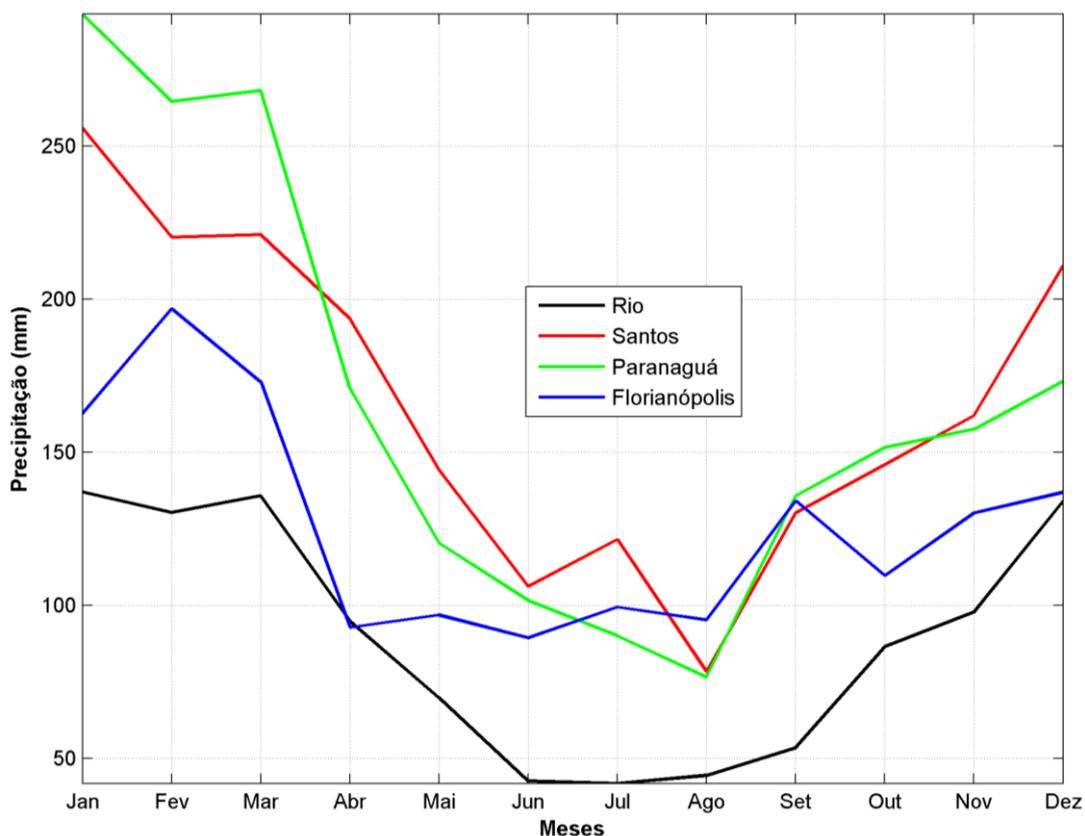


Figura 17: Normais climatológicas de precipitação (mm) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET.

Período de dados: (1961 - 1990).

As médias mensais de precipitação, elaboradas a partir dos dados obtidos dos pontos de grade do NCEP mais próximos ao Bloco BM-S-8, são apresentadas na Figura 18.

O padrão sazonal apresentado pelos resultados do NCEP na região do Bloco BM-S-8, bem como os valores de precipitação, estão coerentes com o verificado através das normais

climatológicas do INMET. A média mais elevada, de ~180 mm/mês, é verificada em março, enquanto o mínimo de ~50 mm/mês são verificados em agosto.

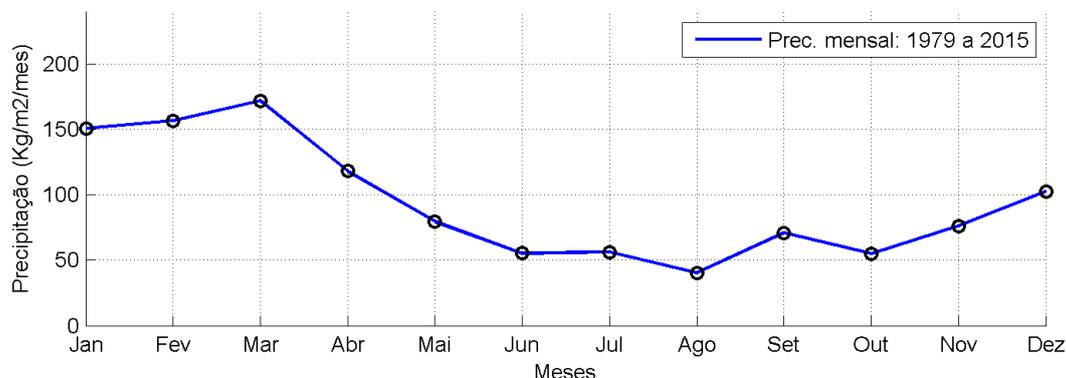


Figura 18: Precipitação média (mm) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 a 2013

Para avaliação das variações espaciais de precipitação na região da Baía de Santos, são apresentadas, na

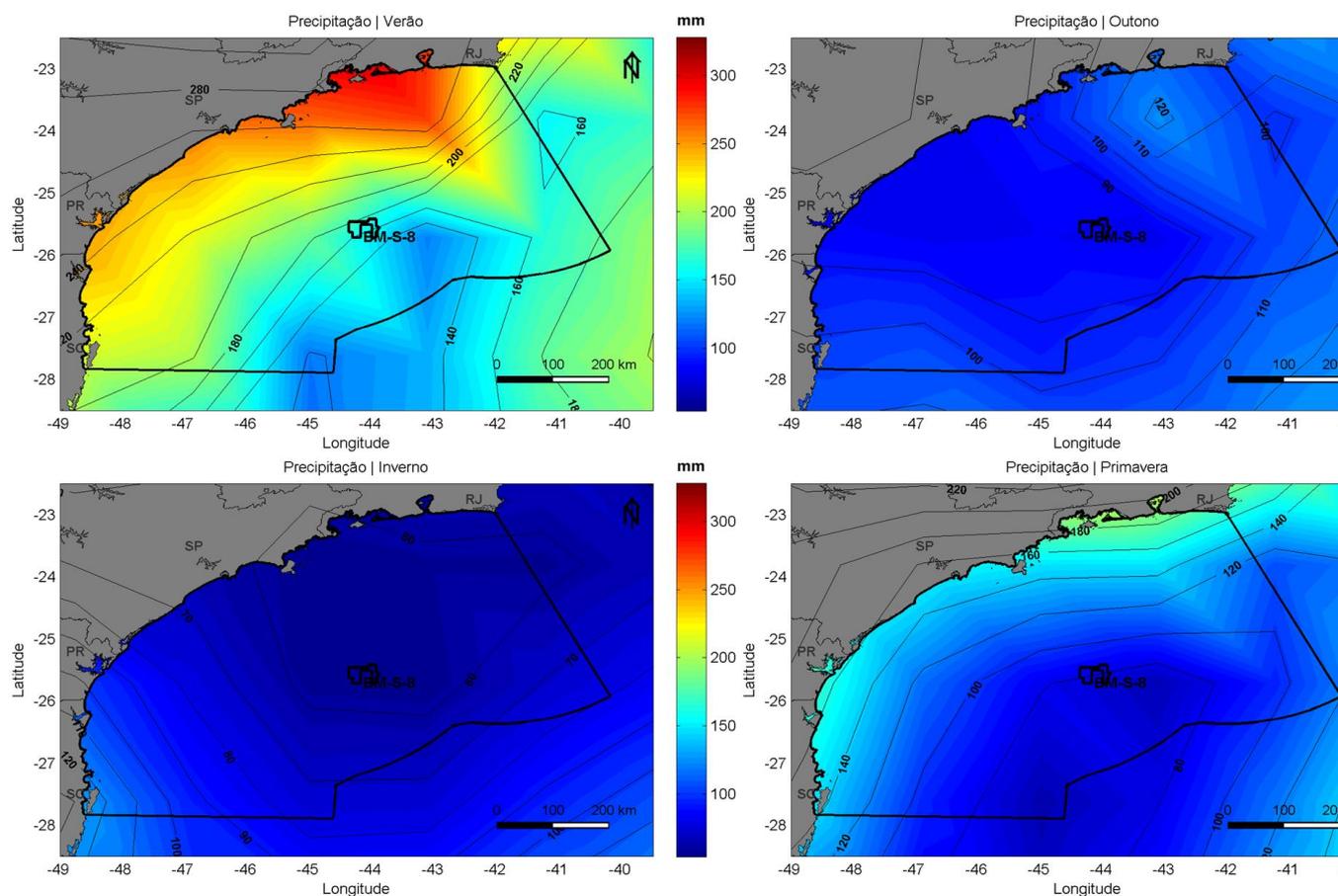


Figura 19, médias sazonais dos dados de precipitação obtidos a partir das reanálises do NCEP.

Assim como demonstrado pelas normais climatológicas, nota-se que o verão é o período chuvoso na região. Neste período, os maiores valores de precipitação (~260 mm/mês) estão concentrados próximos à região costeira. Na região oceânica próxima ao Bloco BM-S-8 a precipitação é de ~160 mm/mês nesse período. A maior pluviosidade deste período, bem como a região em que ocorre, está associada aos processos convectivos.

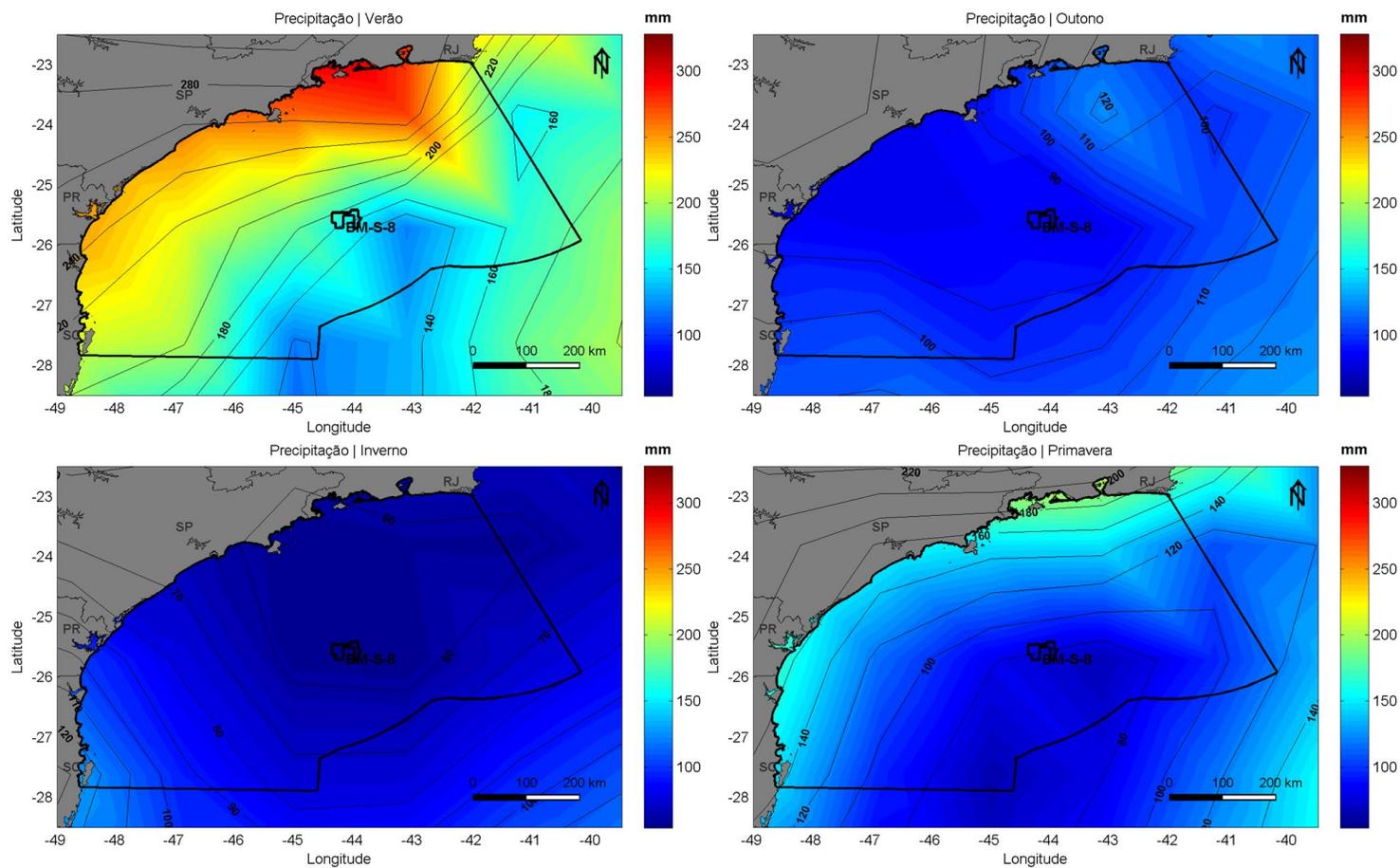


Figura 19: Distribuição da precipitação (mm) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 a 2015.

Para análise da variabilidade da precipitação na Bacia de Santos em maior frequência amostral, da Figura 20 à Figura 23 são apresentados os dados das estações do INMET de Arraial do Cabo, Moela, Ilha do Mel e Florianópolis, no período de janeiro de 2013 a novembro de 2014 e na Tabela 3 é apresentada a estatística básica desses dados. Devido ao curto período de dados disponíveis para a estação de Moela-SP (há dados apenas para o período de janeiro a abril de 2013, e de setembro de 2013 a janeiro de 2014, totalizando 9 meses), a estatística básica desta estação não foi apresentada.

As estações apresentaram valores máximos de até 68,8 mm/h, observado em Arraial do Cabo em janeiro de 2013. A estação de Florianópolis apresentou o menor máximo de precipitação por hora do período analisado, 34,4 mm/h, verificado em fevereiro de 2013.

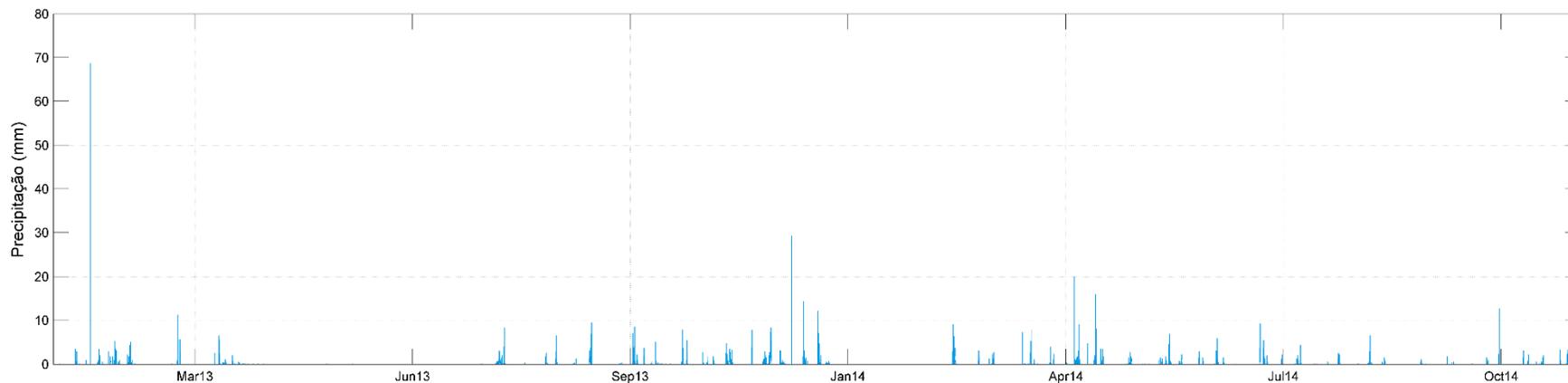


Figura 20: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Arraijal do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.

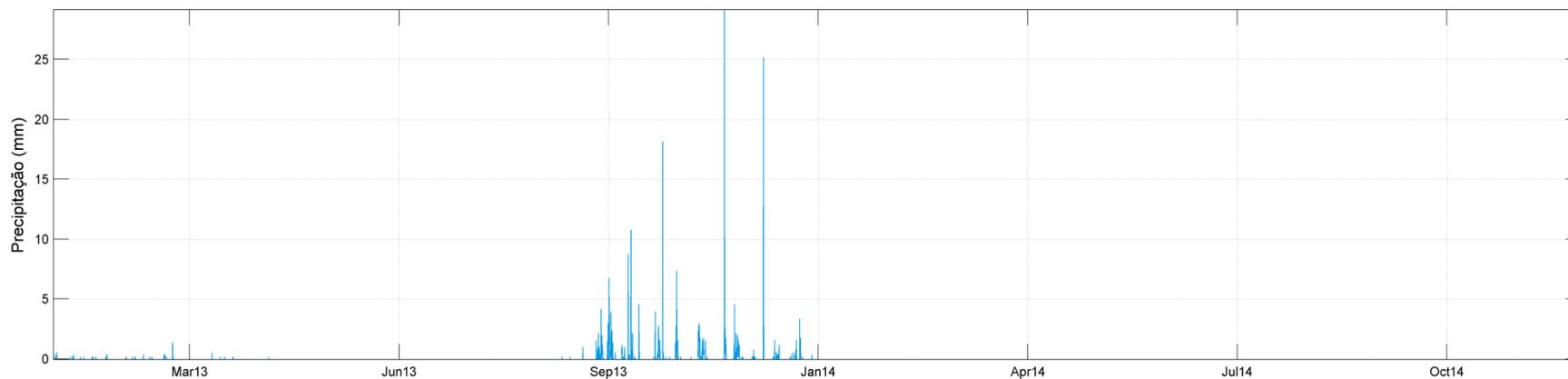


Figura 21: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Moela - SP, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.

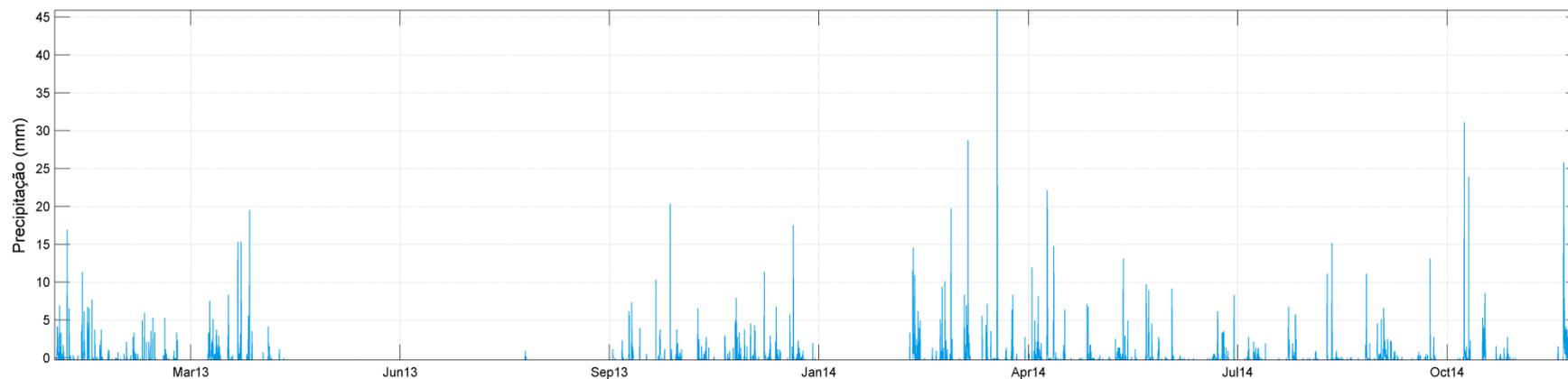


Figura 22: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação da Ilha do Mel - PR, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.

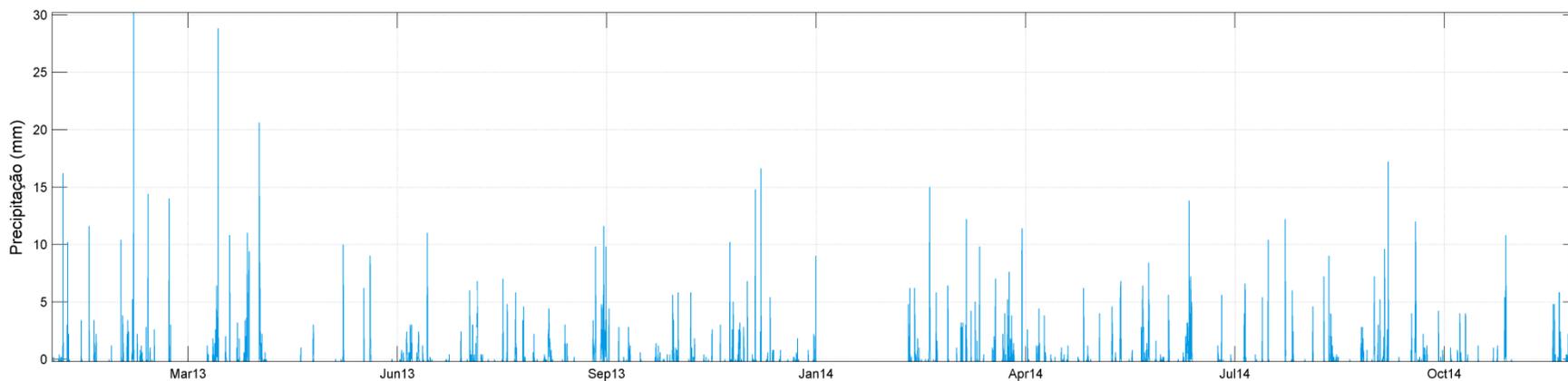


Figura 23: Série temporal de precipitação (mm/h) na estação de Florianópolis - SC, para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014. Fonte dos dados: INMET.

Tabela 3: Estatística básica dos dados horários de precipitação (mm/h) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: Janeiro de 2013 a novembro de 2014.

<b>Estações</b>	<b>Máxima (°C)</b>	<b>Média (°C)</b>	<b>Mínima (°C)</b>	<b>Desvio Padrão (°C)</b>
Arraial do Cabo	68,8	0,1	0,0	0,8
Ilha do Mel	46,2	0,3	0,0	1,5
Florianópolis	34,4	0,2	0,0	1,1

Apresenta-se a seguir (Figura 24 à Figura 26) a média mensal dos valores de precipitação acumulada e a precipitação horária máxima mensal, para as estações meteorológicas utilizadas, exceto Moela, devido ao curto período de dados de precipitação disponível na série. Ressalta-se que, nestes gráficos, os valores máximos são relativos ao dado bruto, ou seja, máximo observado de precipitação (em milímetros por hora) em cada mês, enquanto os valores médios representam a precipitação acumulada mensal média para cada mês.

O máximo médio para Arraial do Cabo (~200 mm) ocorre em novembro, enquanto para Ilha do Mel (~750 mm) e Florianópolis (~600 mm) ocorre em fevereiro. A estação da Ilha do Mel apresenta a maior diferença sazonal, com uma alta precipitação acumulada em janeiro, fevereiro e março (por volta de 600 mm/mês) quando comparada com a precipitação acumulada nos meses de maio a agosto (~100 mm). As estações de Arraial do Cabo e Florianópolis não apresentam essa sazonalidade tão bem marcada a partir destas séries de dados, mas apresentam maiores acumulados mensais e máximos horários nos meses de novembro a abril quando comparados com os meses de maio a agosto. A precipitação horária máxima apresenta valores máximos em Arraial do Cabo – RJ em janeiro (~70 mm/h). Nas estações da Ilha do Mel e de Florianópolis, os máximos de ~50 mm/h foram verificados em março e fevereiro, respectivamente.

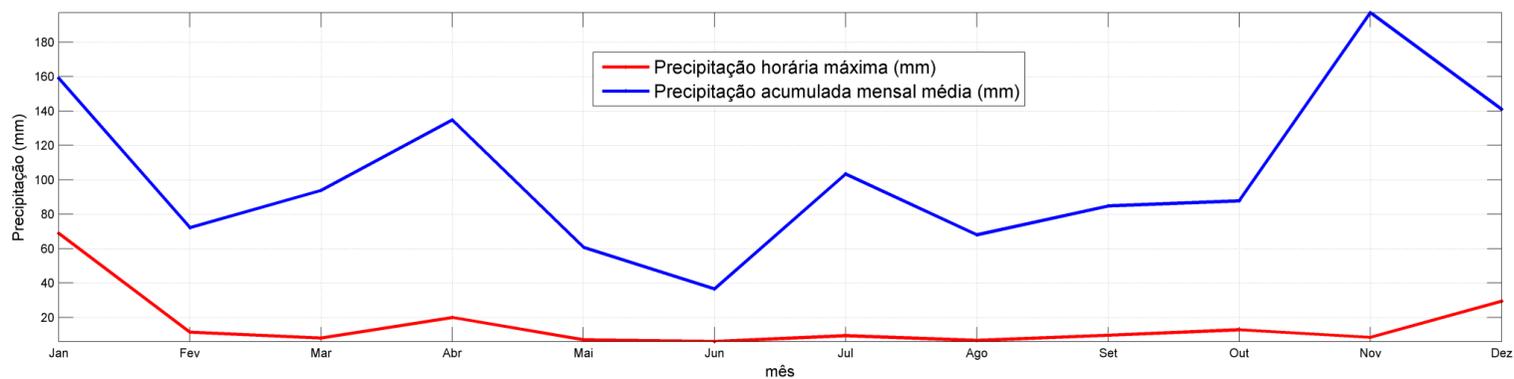


Figura 24: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Arraijal do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET.  
Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

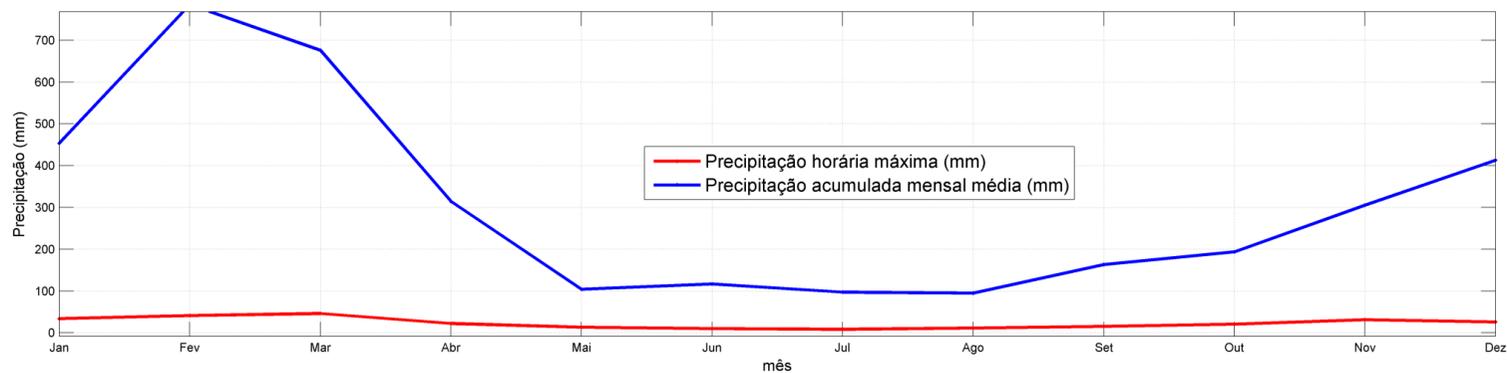


Figura 25: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET.  
Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

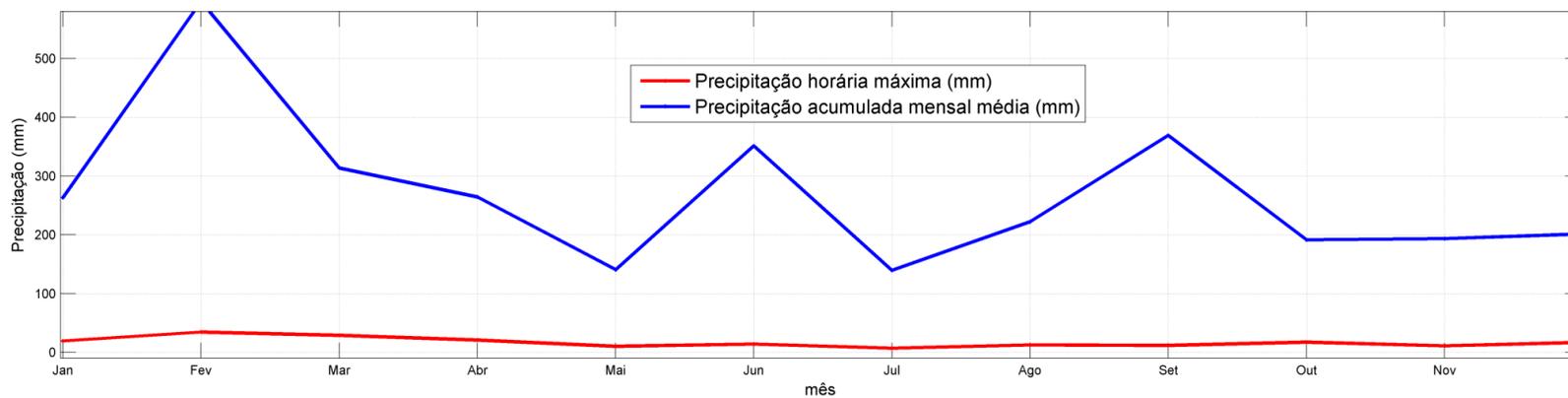


Figura 26: Precipitação acumulada mensal média (mm) e precipitação horária máxima para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET.  
Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

### 2.2.3 Evaporação

A evaporação, assim como a precipitação, apresenta menores valores médios no período de outono/inverno e maiores valores médios no período de primavera/verão. A análise global das estações evidencia que, em todas as estações meteorológicas analisadas, o máximo de evaporação é verificado em dezembro e janeiro (~ 115 mm em Florianópolis) e o mínimo (~50 mm em Paranaguá) em junho (Figura 27). As curvas de evaporação para o Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP e Florianópolis – SC são muito próximas, não havendo uma variabilidade espacial definida. Em Paranaguá – PR o comportamento mensal da precipitação embora siga o mesmo padrão, apresenta menores valores que as demais estações.

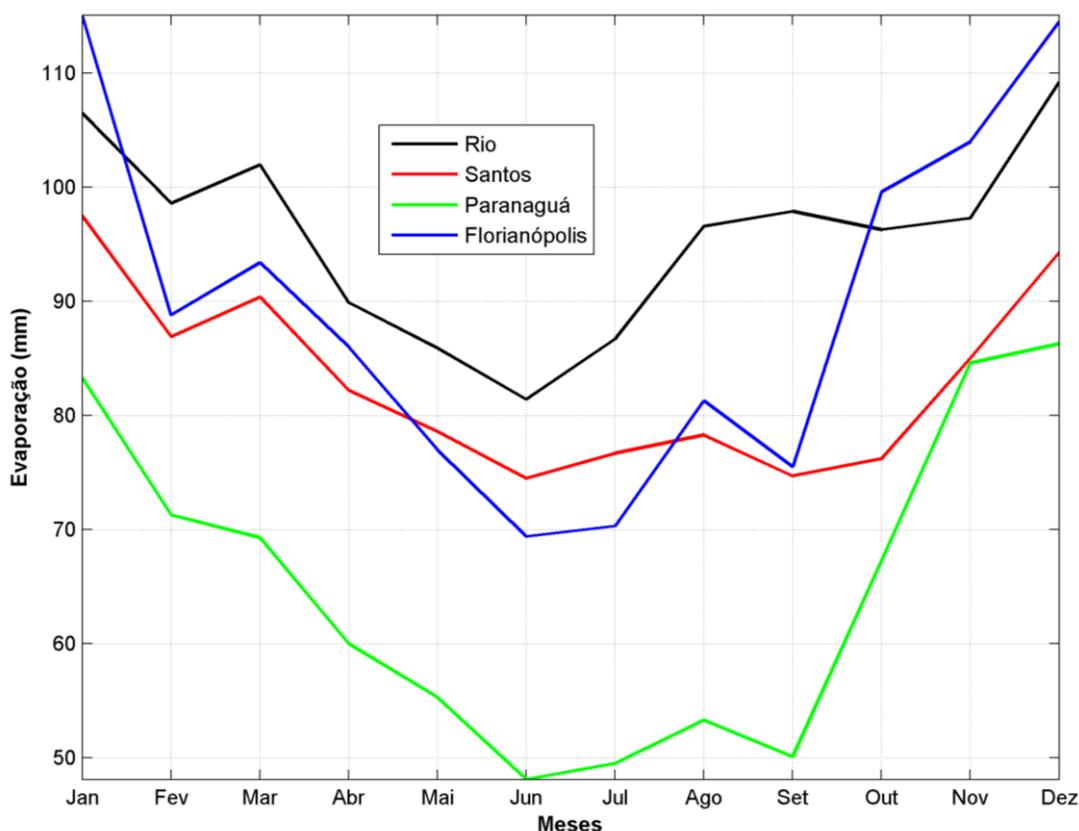


Figura 27: Normais climatológicas de evaporação (mm) obtidas nas estações meteorológicas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET.  
Período dos dados: 1961 – 1990.

#### 2.2.4 Umidade relativa

As normais climatológicas de umidade relativa para as estações meteorológicas do INMET do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis são apresentadas na Figura 28.

Para as estações do Rio de Janeiro e de Santos, a umidade relativa apresentou maiores valores (80%) nos meses de março, abril, maio, outubro e dezembro, e menores (77%) entre julho e agosto. Nas estações de Paranaguá e Florianópolis, ocorreu o inverso, com maiores valores em julho (84% em Florianópolis) e agosto (86% em Paranaguá). Essa inversão de padrão pode estar relacionada com a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), feição de macroescala, que atua na área de estudo durante o verão e abrange a região do Rio de Janeiro e parte de São Paulo.

O maior (86%) e o menor (75%) valor de umidade relativa foi verificado no mês de agosto, na estação de Paranaguá e em Santos, respectivamente.

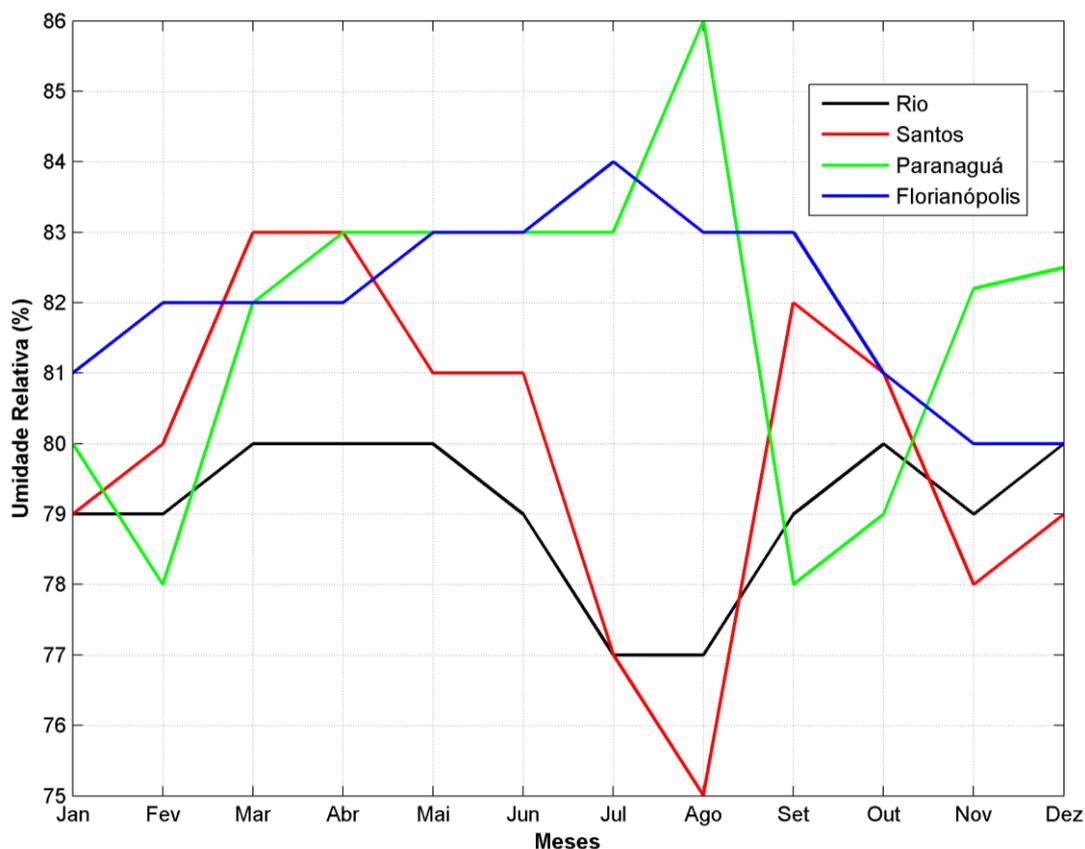


Figura 28: Normais climatológicas de umidade relativa (%) obtidas nas estações do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis – SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.

Para avaliar a variabilidade sazonal da umidade relativa na região do Bloco BM-S-8, na Figura 29, são apresentadas as médias mensais de umidade relativa elaboradas a partir dos dados obtidos nos pontos de grade do NCEP mais próximos ao bloco.

Os resultados do NCEP demonstram um padrão mais próximo ao verificado nas estações do Rio de Janeiro e de Santos, entretanto, com menores valores ocorrendo em maio (77%) e as maiores umidades relativas sendo verificadas entre outubro e dezembro (81%).

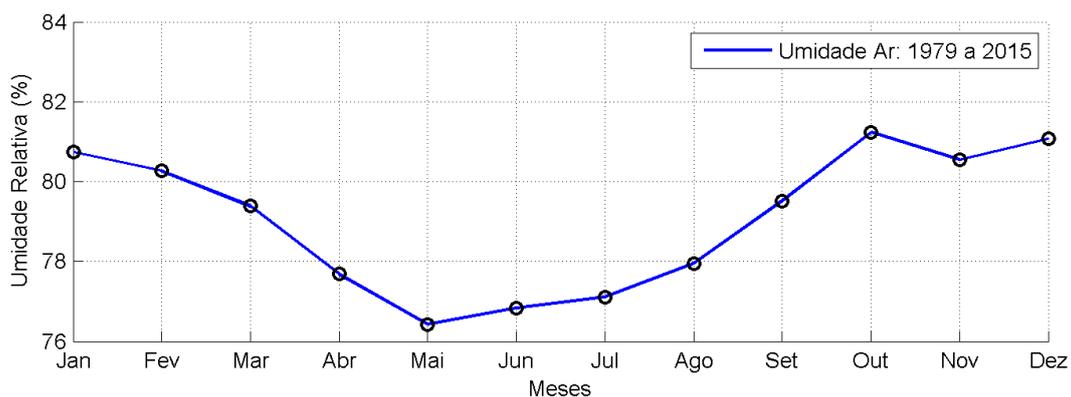


Figura 29: Umidade relativa mensal média (%) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP.  
Período dos dados: 1979 – 2015.

Para avaliação das variações espaciais da umidade do ar na região da Baía de Santos, são apresentadas, na Figura 30, as médias sazonais dos dados de umidade relativa do ar, obtidos a partir das reanálises do NCEP para toda região da Baía de Santos.

A variabilidade espacial da umidade relativa na região segue comportamento próximo ao observado para a precipitação. As maiores umidades relativas (~86 %) são observadas na zona costeira, durante o verão. No outono e no inverno há uma menor umidade relativa do ar, médias próximas a 75 % em algumas regiões.

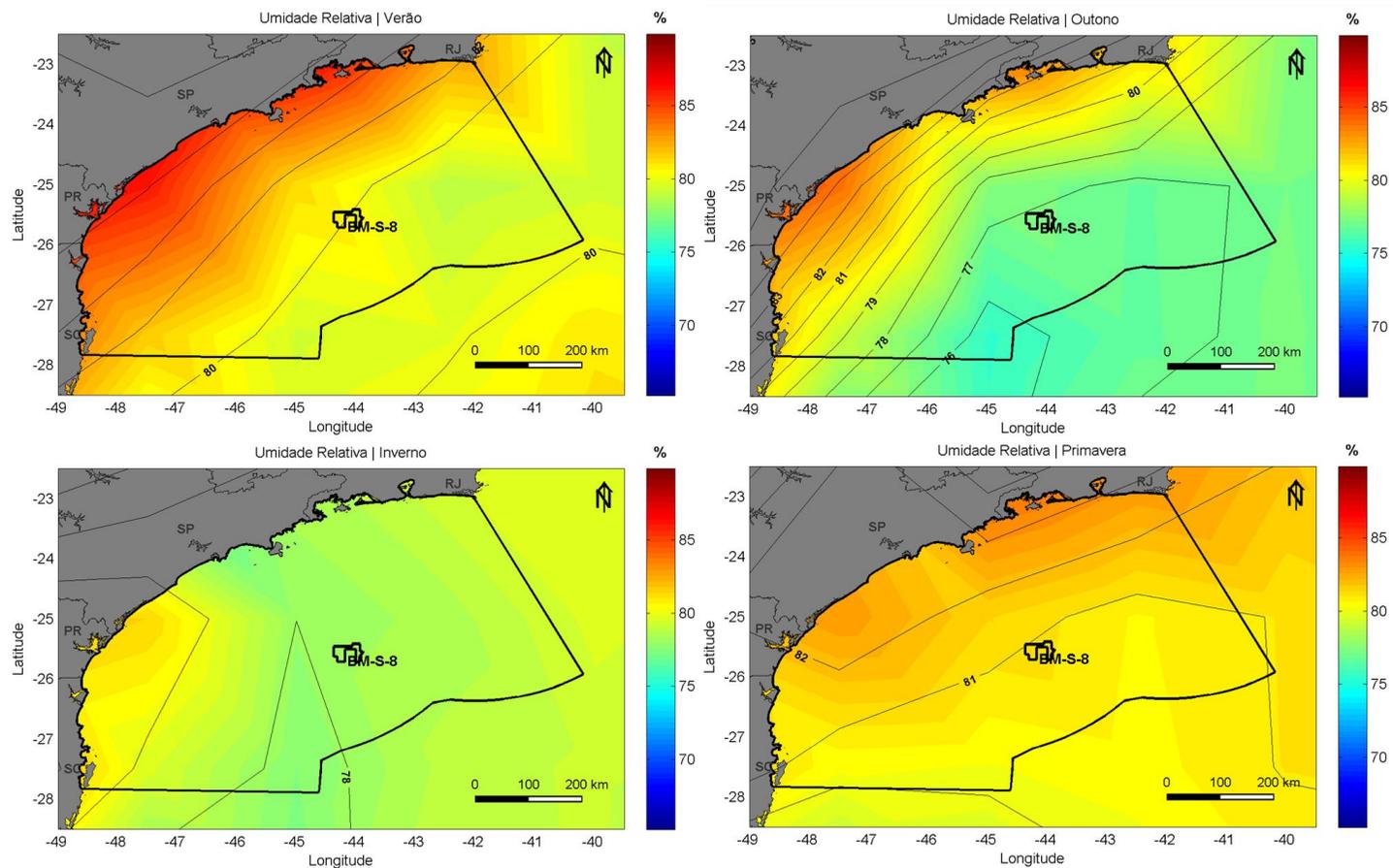


Figura 30: Distribuição da umidade relativa do ar (%) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.

Para avaliar as variações recentes da umidade relativa na região da Baía de Santos, da Figura 31 a Figura 34 são apresentados os dados das estações meteorológicas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC) no período de janeiro de 2013 a novembro de 2014.

Em todas as estações analisadas, a umidade relativa apresenta uma forte variação ao longo do dia, oscilando entre aproximadamente ~30% e ~100%. A análise espectral revelou que grande parte da variabilidade desta série está associada a períodos de 24 horas e 12 horas (que pode ser explicado pela natureza desta variável – visto que o cálculo da umidade relativa leva em conta a temperatura do ar) e a períodos de aproximadamente 10 dias, possivelmente relacionado ao período de entrada de frentes frias. Na Tabela 4 é apresentada a estatística básica de umidade relativa nas estações utilizadas.

As estações de Arraial do Cabo e Florianópolis apresentaram as menores mínimas (~20%) e a de Florianópolis apresentou o maior desvio padrão, 12,3%. As médias das estações são similares, em torno de 80%.

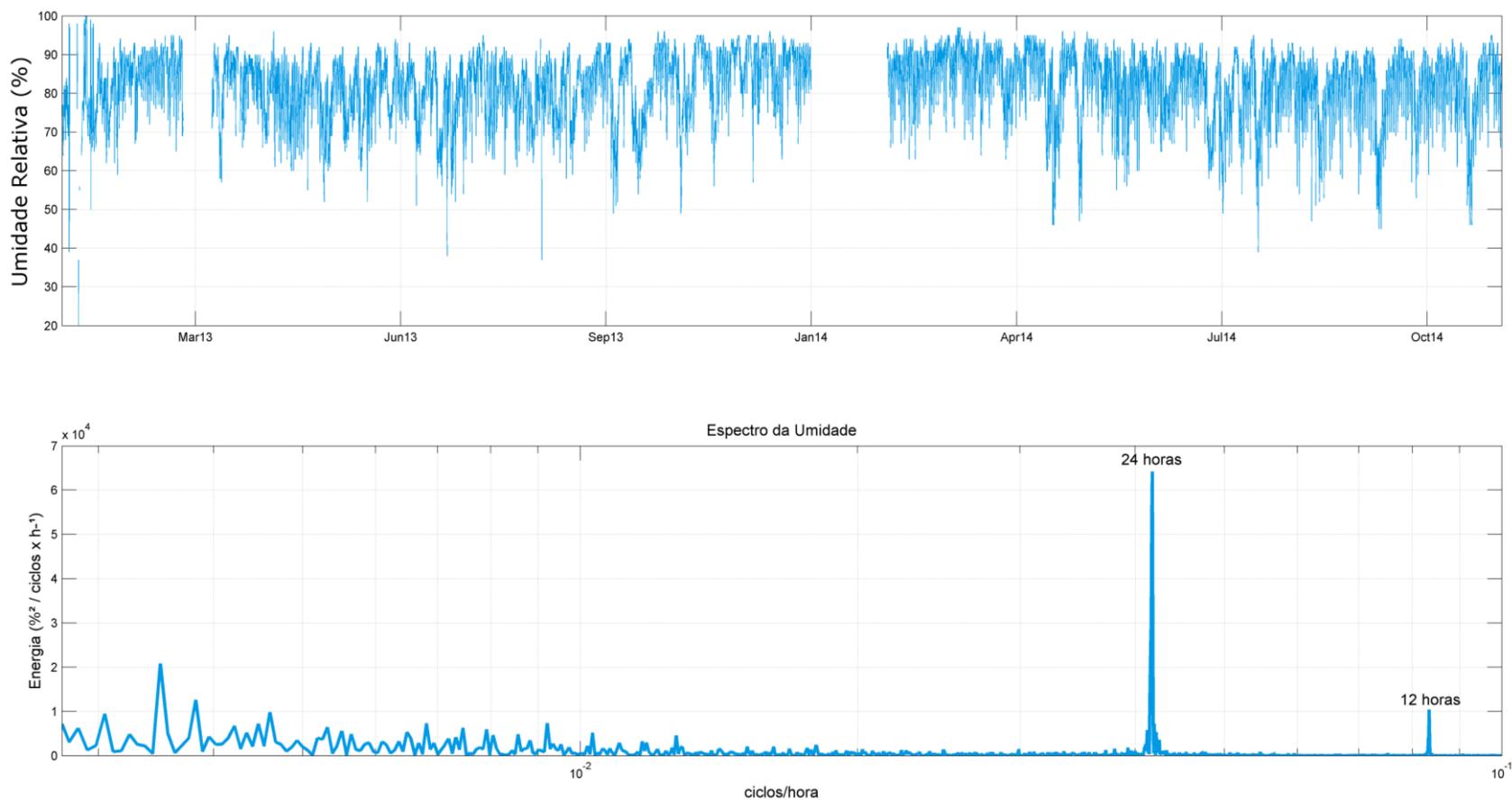


Figura 31: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Arraial do Cabo (RJ), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

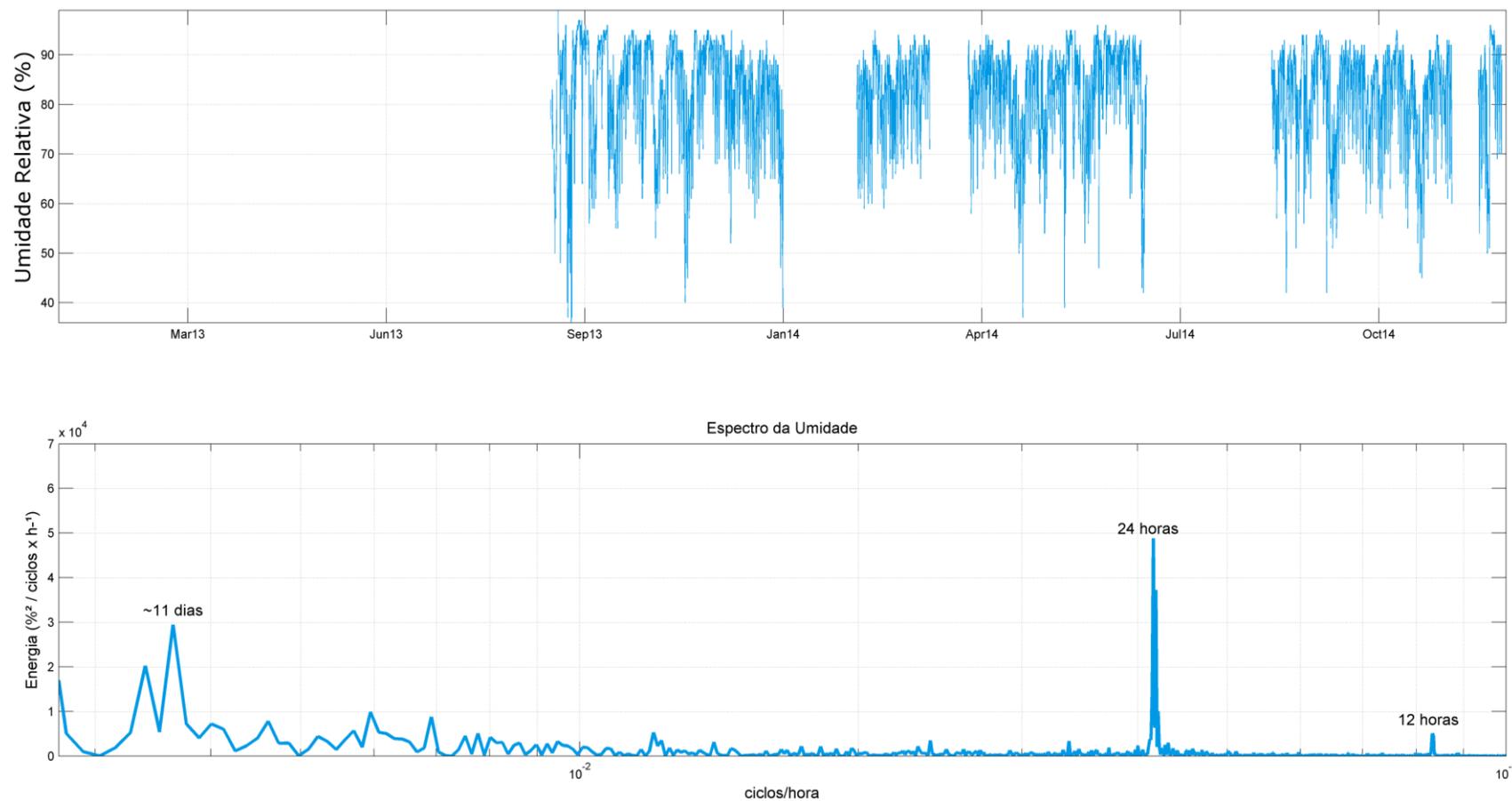


Figura 32: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Moela (SP), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

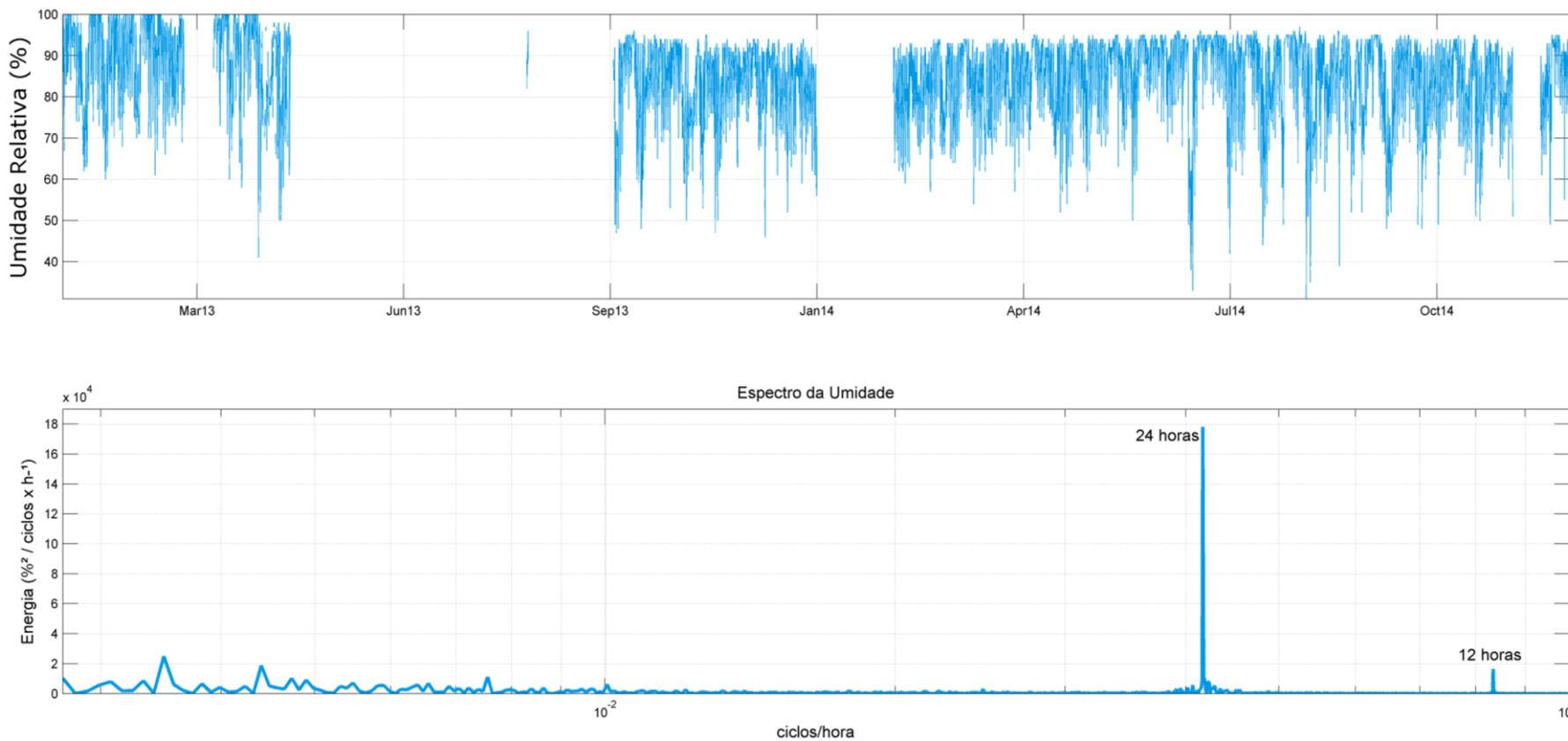


Figura 33: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

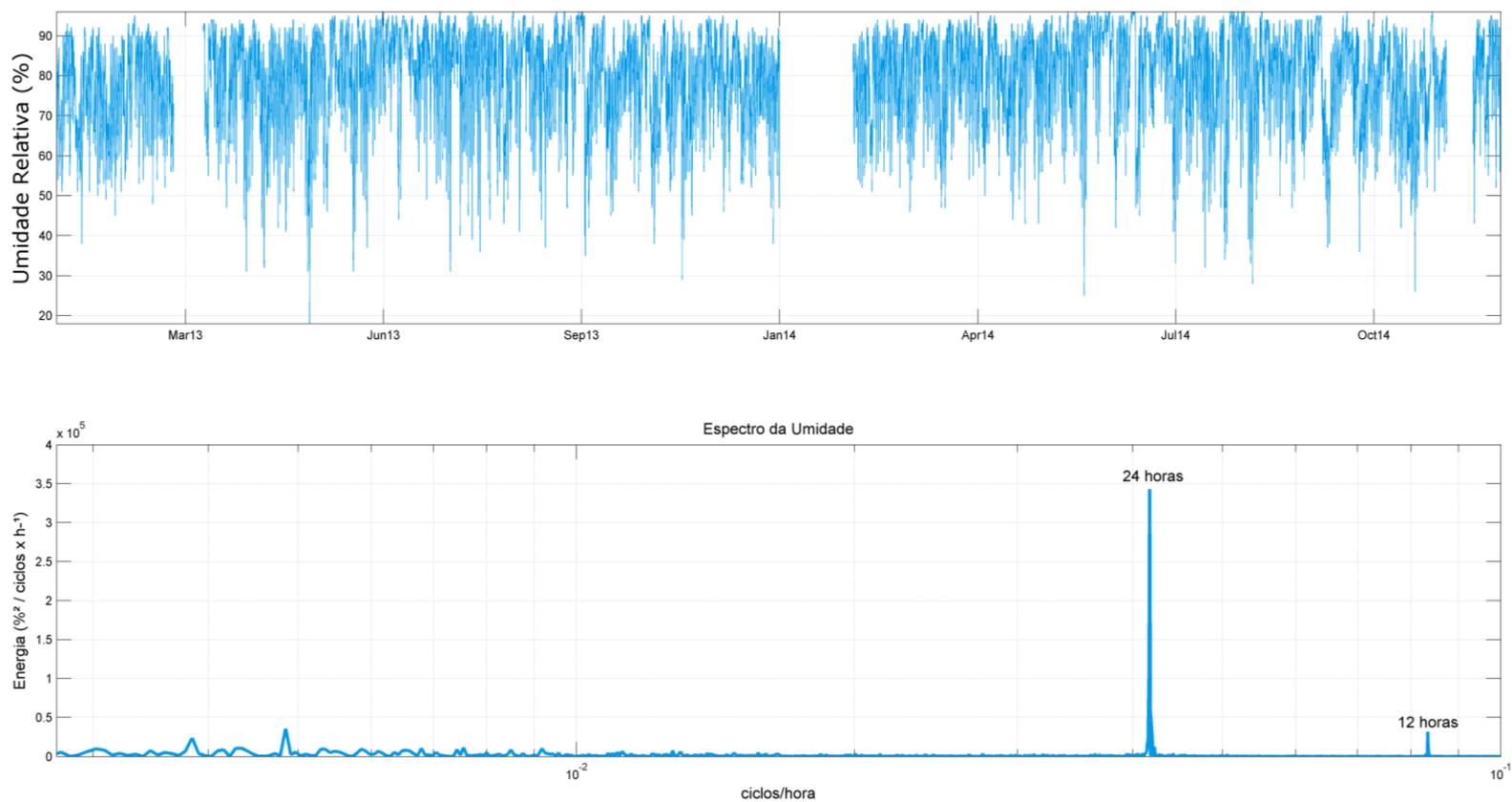


Figura 34: Série temporal de umidade relativa do ar (%) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e dezembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

Tabela 4: Estatística básica dos dados horários de umidade relativa (%) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

<b>Estações</b>	<b>Max (%)</b>	<b>Media (%)</b>	<b>Min (%)</b>	<b>Desvio Padrão (%)</b>
Arraial do Cabo	100,0	81,2	20,0	9,0
Moela	99,0	81,3	36,0	10,2
Ilha do Mel	100,0	83,6	31,0	10,2
Florianópolis	96,0	78,2	18,0	12,3

Apresenta-se a seguir (Figura 35 a Figura 38) a Umidade Relativa média, máxima e mínima mensal, para cada uma das quatro estações meteorológicas utilizadas. Nota-se que, em função de gaps na série de dados, a estação de Moela (SP) não apresenta valores de médias, mínimas e máximas para os meses de janeiro e agosto.

Nota-se que as estações mais ao sul da Baía de Santos (Ilha do Mel e Florianópolis) apresentam maiores amplitudes (diferenças entre as máximas e mínimas), assim como as menores mínimas.

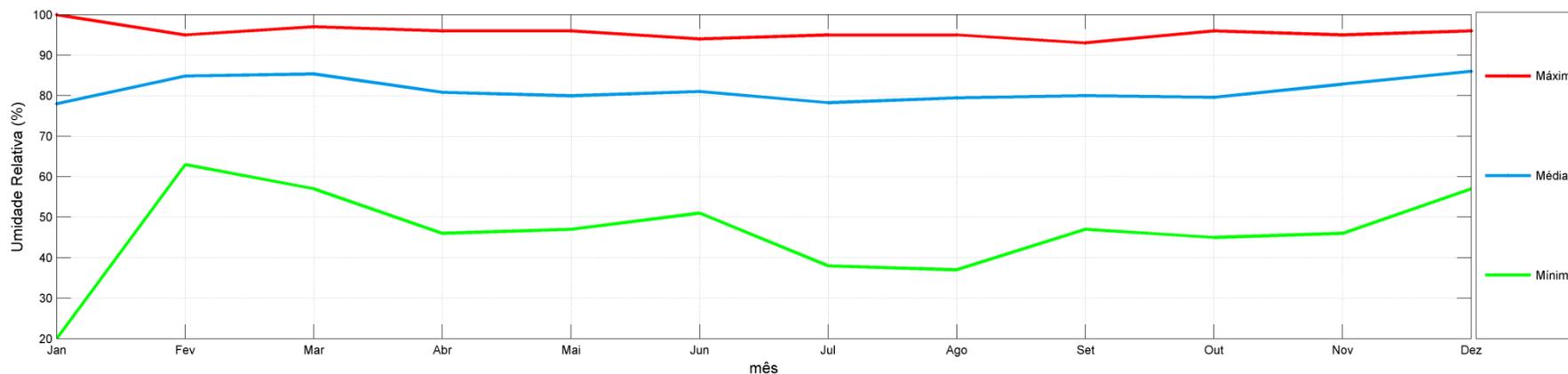


Figura 35: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraial do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

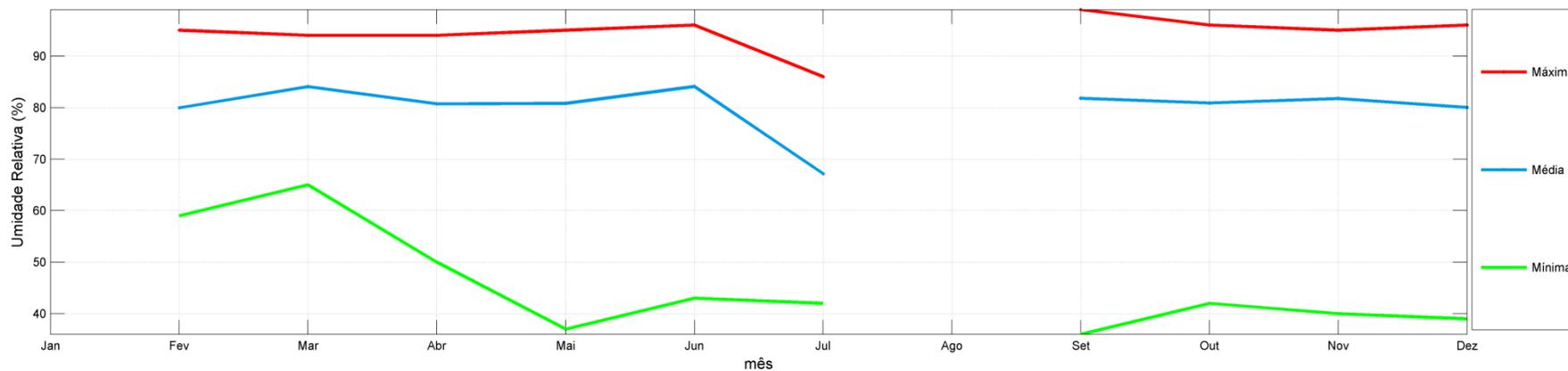


Figura 36: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Moela (SP). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

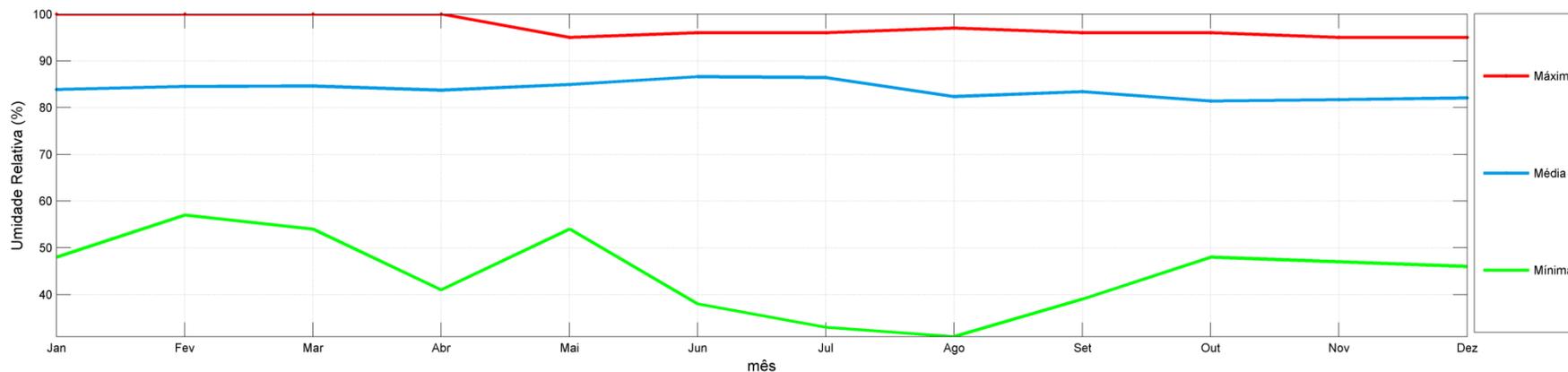


Figura 37: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

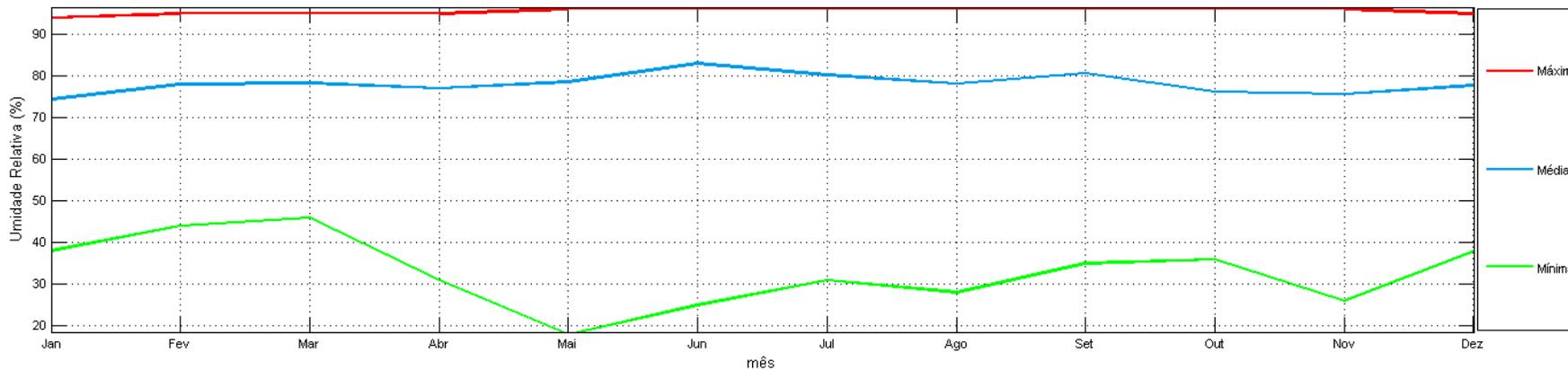


Figura 38: Umidade relativa (%) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

### 2.2.5 Pressão atmosférica

A partir das normais climatológicas de pressão atmosférica obtidas nas estações do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis (Figura 39), verifica-se valores máximos no período de inverno (~1018 hPa), com um pico em julho, e menores valores no verão (~1010 hPa). Esse padrão de maiores valores no período de inverno coincide com a migração característica do ASAS para noroeste, se aproximando do continente, e com os menores valores de temperatura do ar nesse período.

Os maiores valores de pressão atmosférica (1019 hPa, em julho) são observados na estação de Paranaguá, e os menores, na do Rio de Janeiro (1008 hPa, em janeiro).

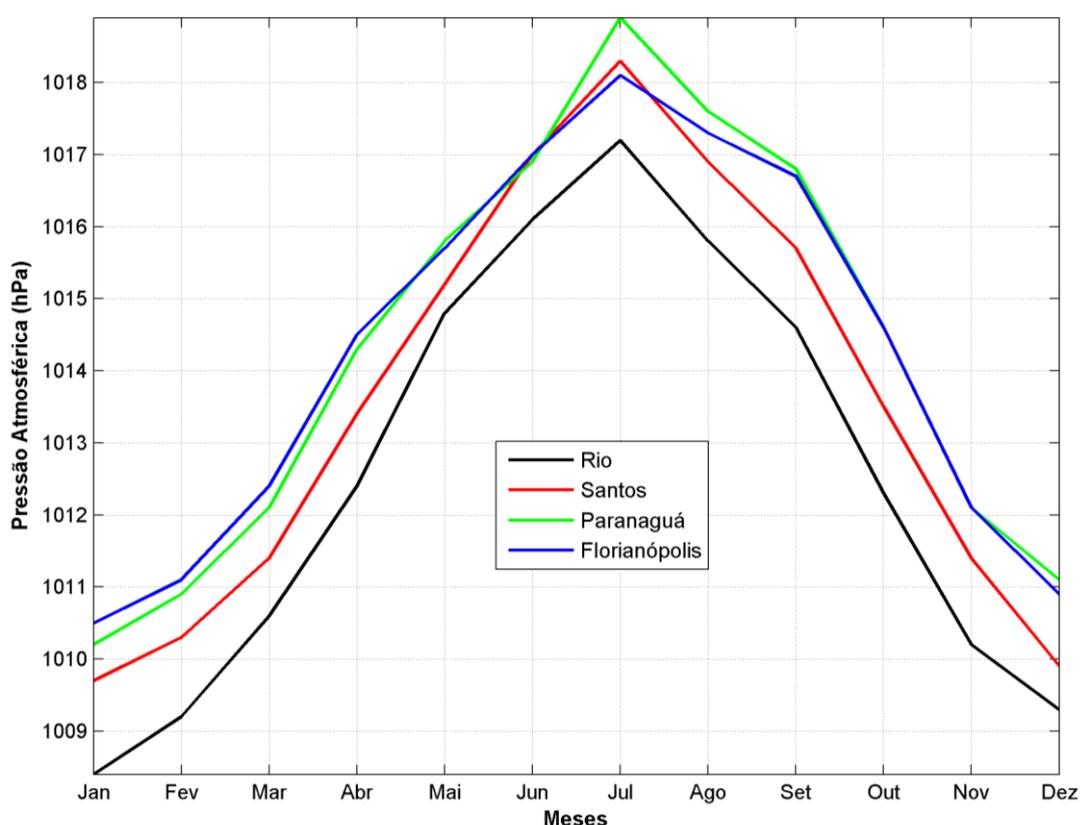


Figura 39: Normais climatológicas de pressão atmosférica (hPa) obtidas nas do Rio de Janeiro - RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. . Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990.

Para avaliação das variações espaciais e sazonais da pressão atmosférica na região do Bloco BM-S-8, foram utilizados dados obtidos a partir das reanálises do NCEP.

As médias mensais de pressão atmosférica elaboradas com os dados do NCEP dos pontos de grade mais próximos ao Bloco BM-S-8 são apresentadas na Figura 40.

O comportamento da temperatura média na área do Bloco BM-S-8 é muito semelhante ao verificado nas estações do INMET, porém, com menor amplitude de valores, que variaram entre 1007,5 a 1015 hPa.

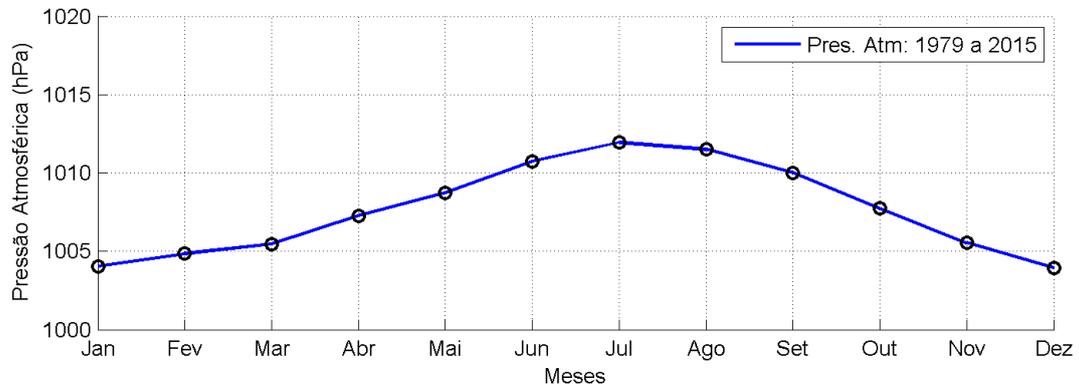


Figura 40: Pressão atmosférica (hPa) na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.

A variabilidade espacial da pressão atmosférica

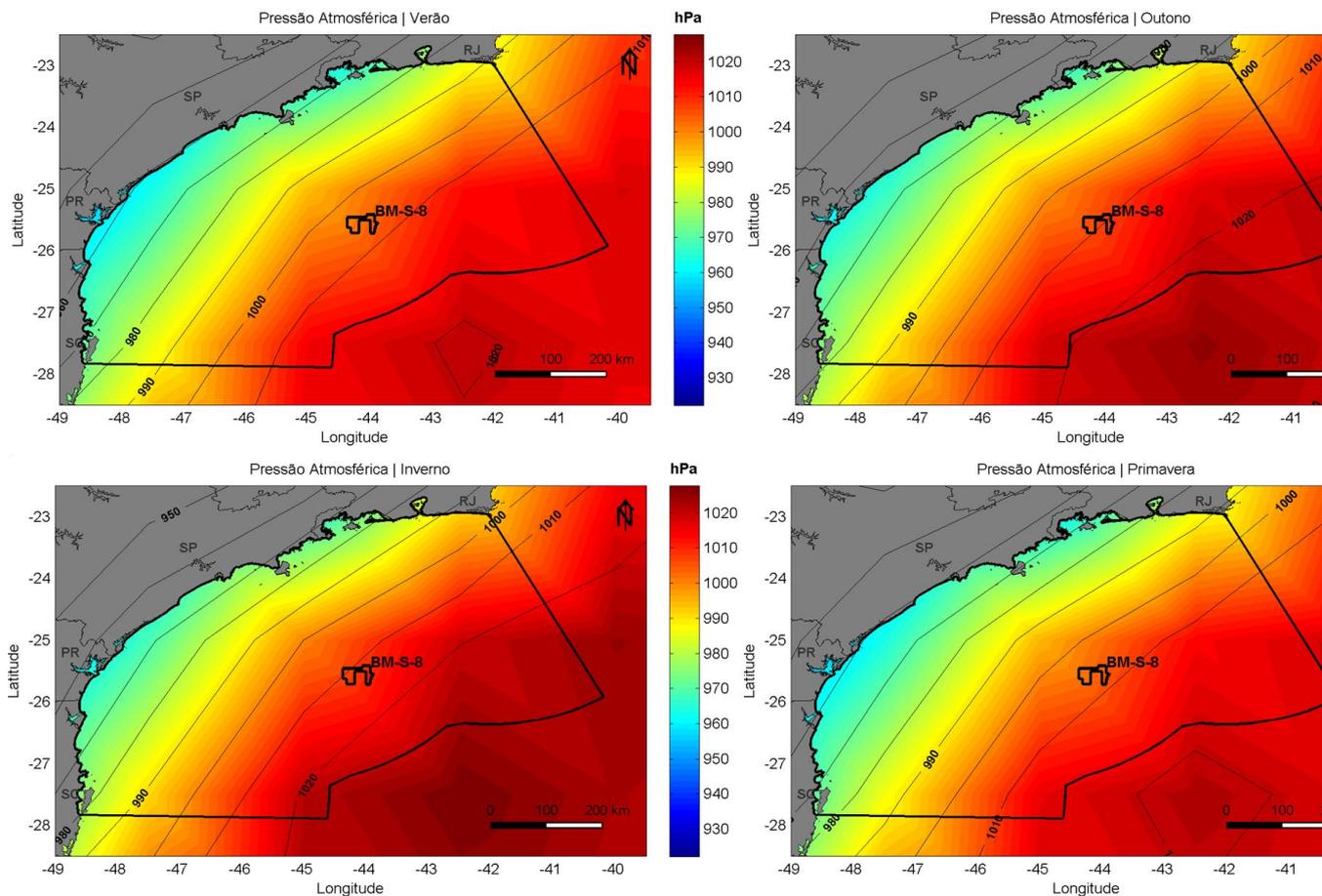


Figura 41) na região da Bacia de Santos é semelhante nas quatro estações do ano. Observa-se um gradiente na pressão atmosférica, que aumenta em direção ao sudeste da Bacia, e se intensifica no inverno. Este aumento está associado ao posicionamento do ASAS na região.

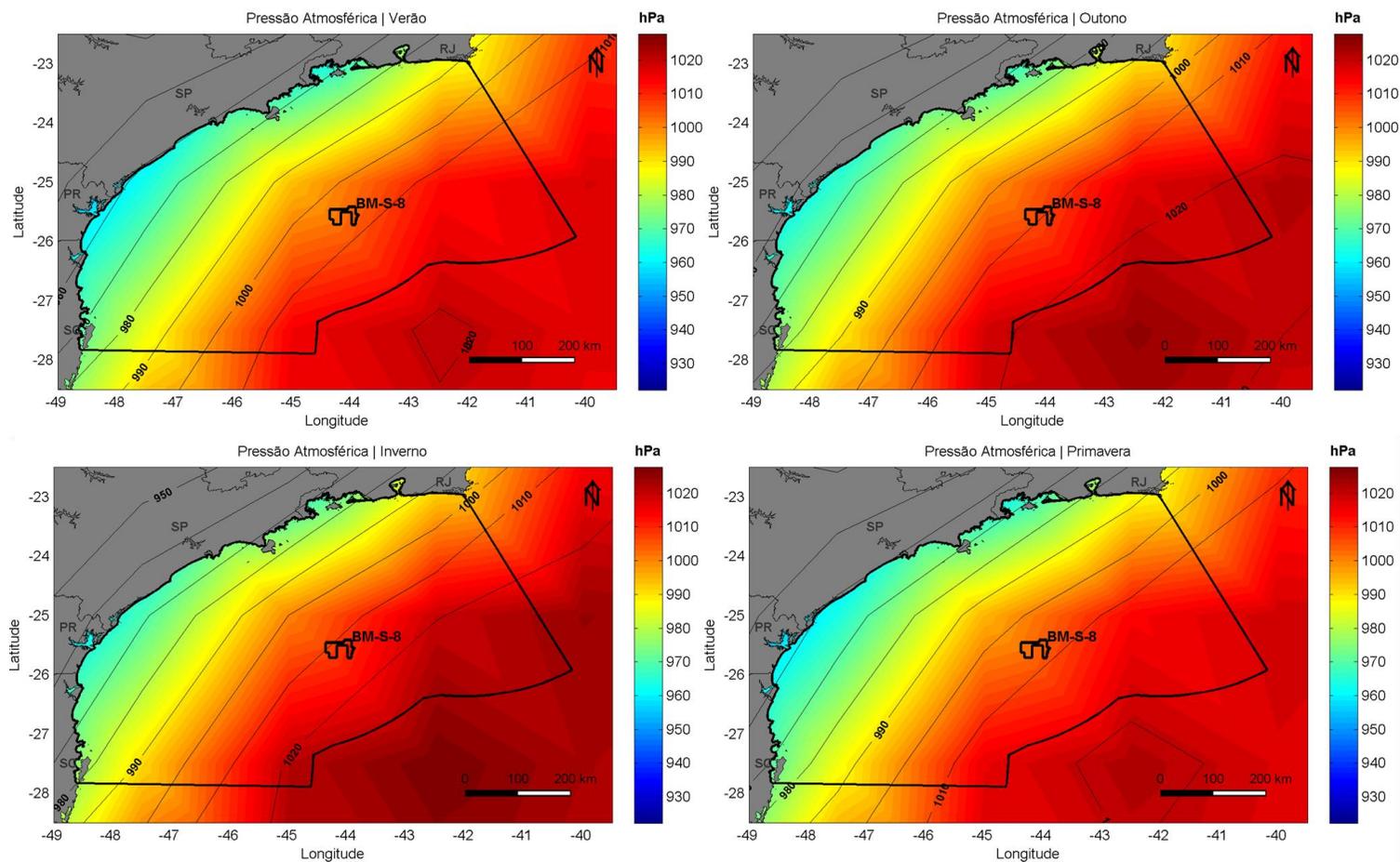


Figura 41: Pressão atmosférica (hPa) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos nas quatro estações do ano. Fonte dos dados: NCEP.

Período de dados: 1979 – 2015.

Para avaliação da variabilidade recente, e em menor período de tempo, da Figura 42 à Figura 45 são apresentados os dados de pressão atmosférica nas estações de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC) para o período de janeiro de 2013 a novembro de 2014.

Pode ser verificado em todas as estações que o pico de pressão atmosférica ocorre no inverno. A partir da análise espectral, nota-se que o pico associado a 12 horas é mais energético do que o associado a 24 horas. Este pico pode estar associado ao fenômeno da maré atmosférica, forçado pelo ciclo de aquecimento solar e efeitos de gravidade, mais detalhado no item que trata da caracterização de fenômenos de microescala.

Porém, mais energético do que os picos em 12 e 24 horas observado nas análises espectrais, são os picos na região, que são de 6, 7 e 10, 13 dias. Estes são os períodos aproximados da passagem de frentes frias, que possuem grande influência na pressão atmosférica, por consistir na passagem de centros de baixa e alta pressão.

Na Tabela 5 é apresentada a estatística básica de pressão atmosférica para as estações meteorológicas utilizadas e para todo o período de dados. Verificam-se valores bem similares em todas as estações, com médias em torno de 1013 hPa, mínimos de ~1000 hPa e máximos em torno de 1030 hPa.

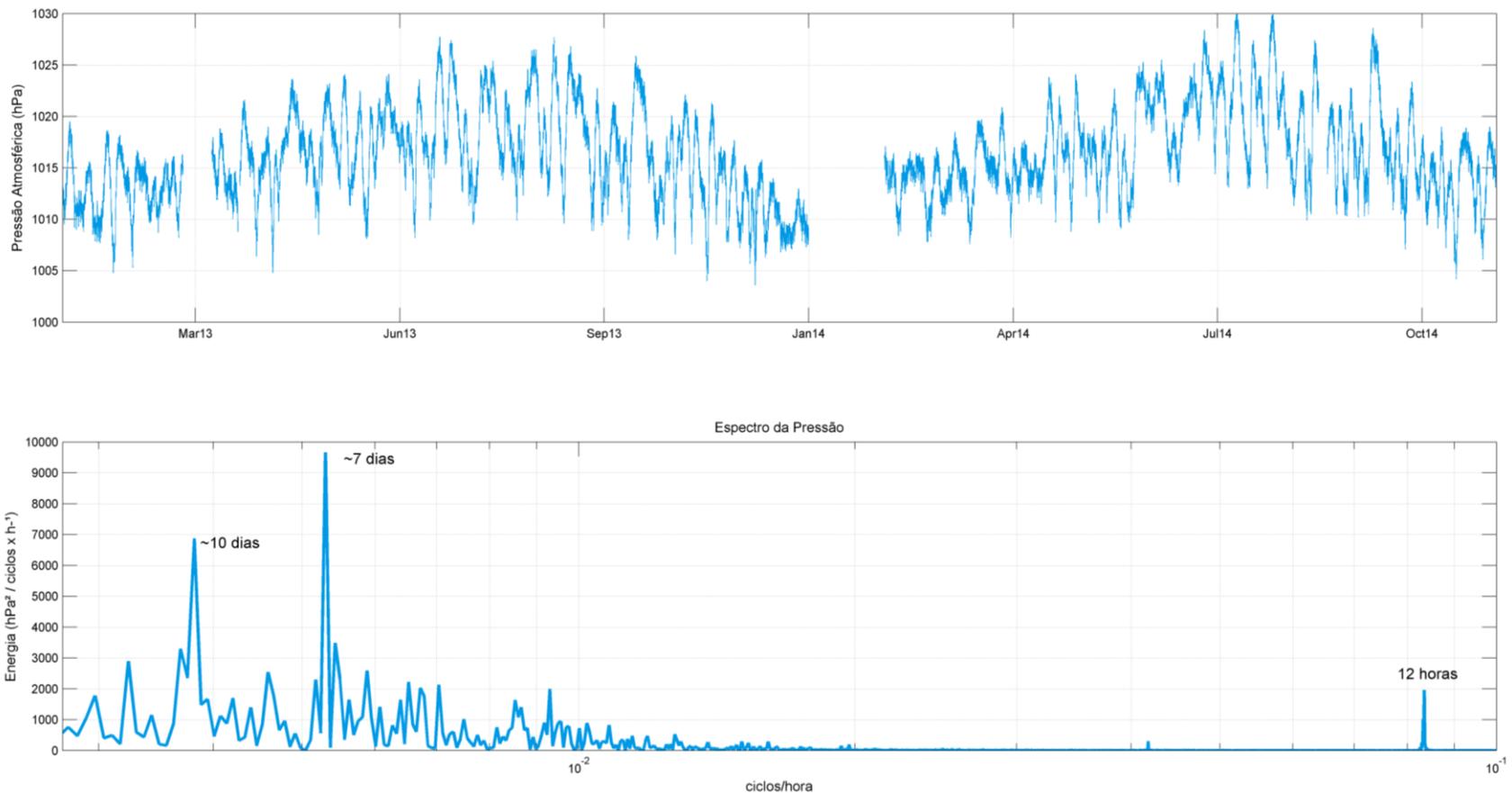


Figura 42: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Arraial do Cabo - RJ, para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

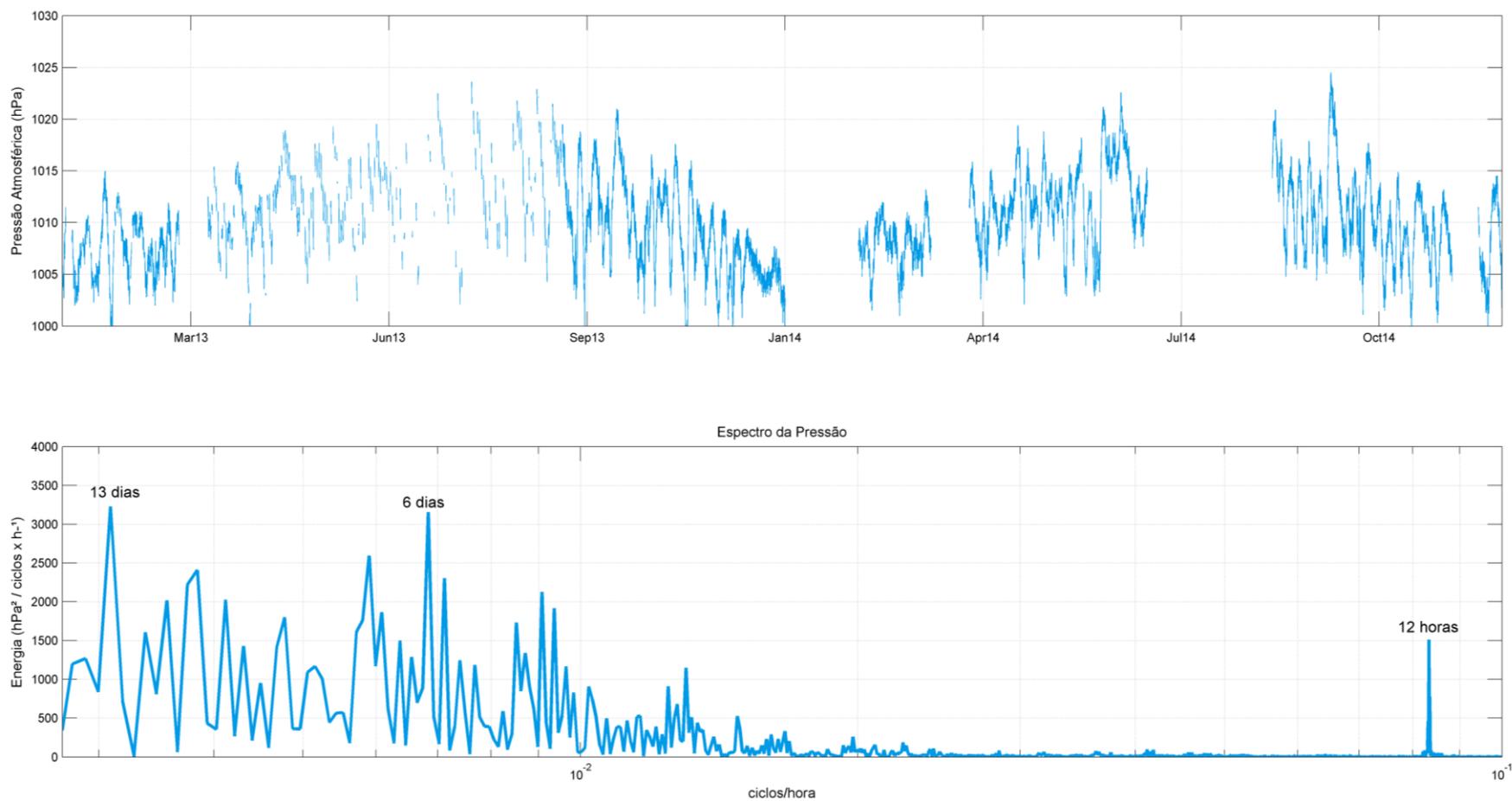


Figura 43: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Moela (SP), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

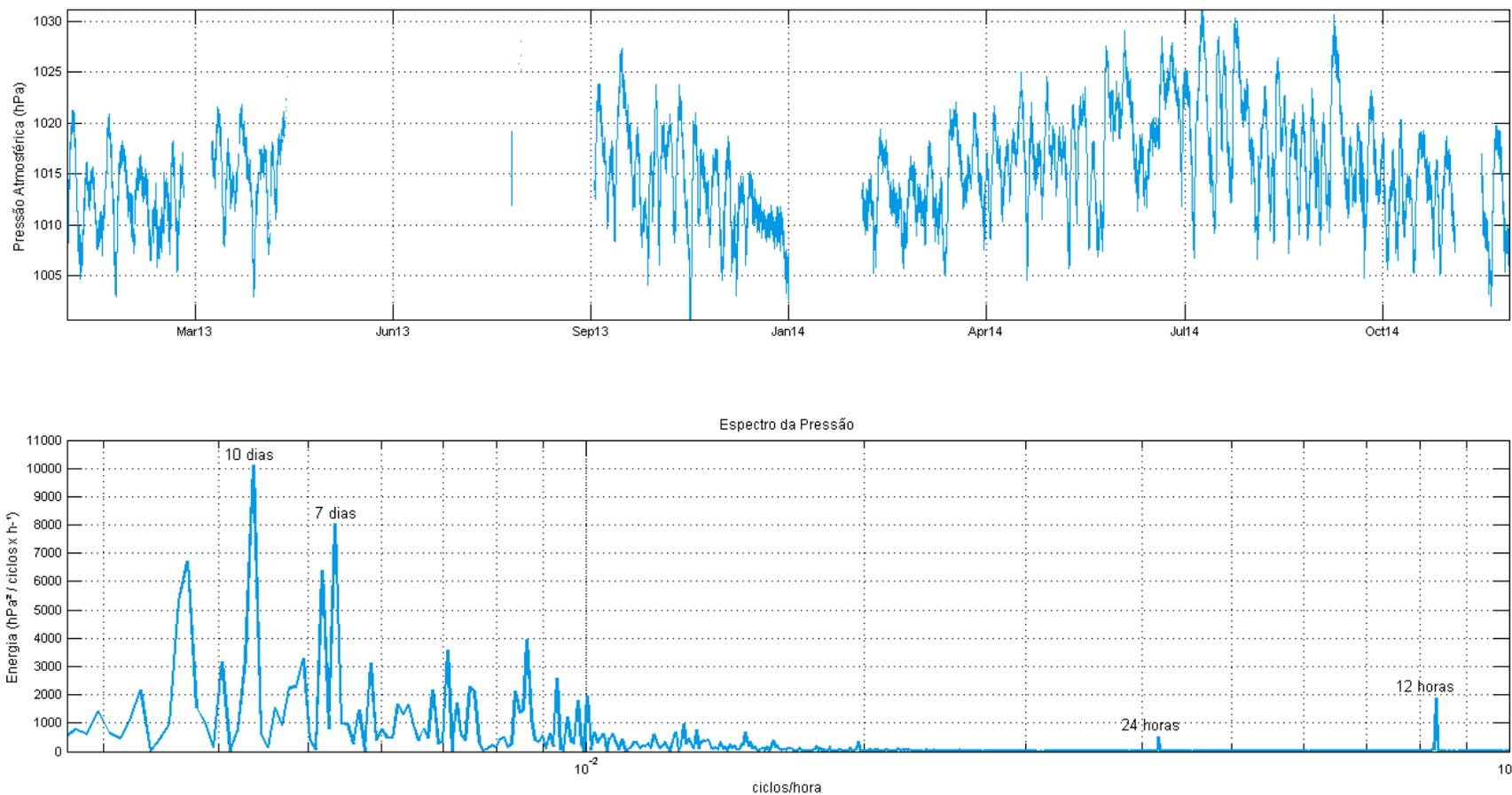


Figura 44: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

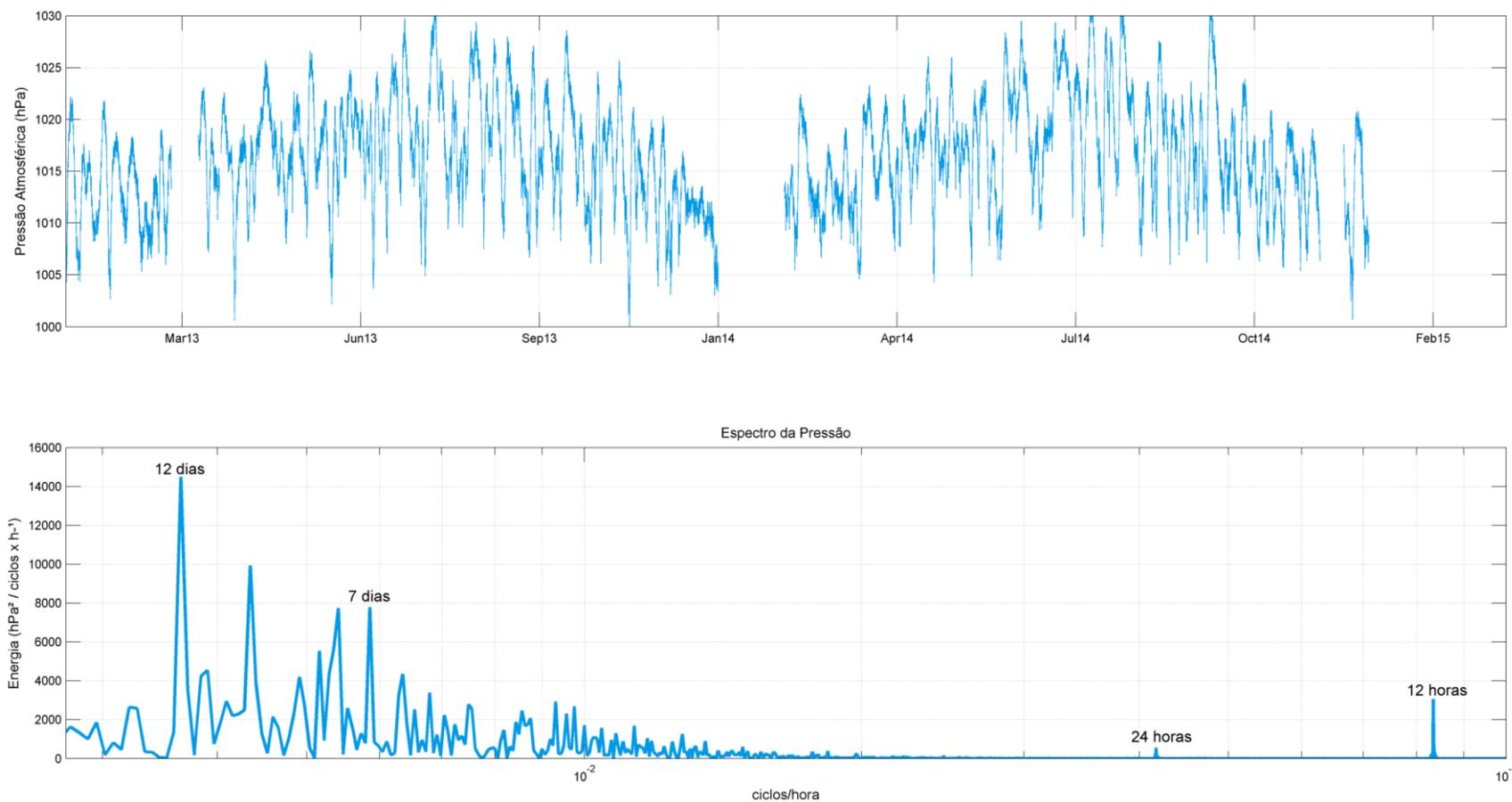


Figura 45: Série temporal de pressão atmosférica (hPa) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

Tabela 5: Estatística básica dos dados horários de pressão atmosférica obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

<b>Estações</b>	<b>Máxima (hPa)</b>	<b>Média (hPa)</b>	<b>Mínima (hPa)</b>	<b>Desvio Padrão (hPa)</b>
Arraial do Cabo	1031,0	1016,2	1003,6	4,5
Moela	1024,5	1009,9	997,5	4,3
Ilha do Mel	1031,2	1015,0	1000,7	4,9
Florianópolis	1032,9	1016,0	999,2	5,3

Apresenta-se a seguir (Figura 46 a Figura 49) a pressão atmosférica média, máxima e mínima mensal, para cada uma das quatro estações utilizadas.

As curvas de mínimas e máximas acompanham a curva de médias, com o mesmo padrão já observado e descrito nas normais climatológicas (maior pressão atmosférica no inverno e menor no verão). Nota-se, contudo, com esse gráfico que durante os meses de junho a outubro, a amplitude desta variável é maior do que nos meses de novembro a abril.

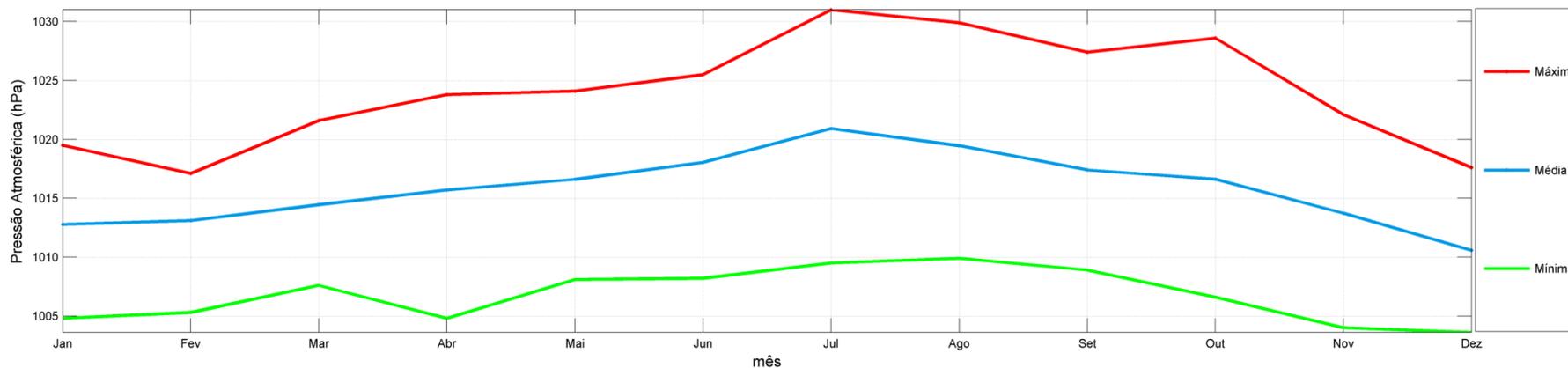


Figura 46: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraiá do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

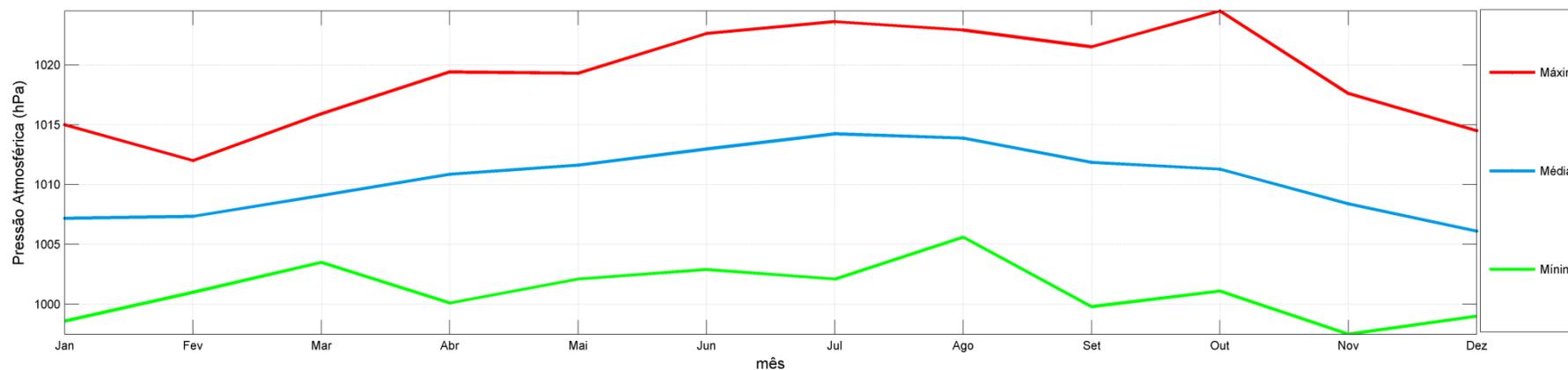


Figura 47: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Moela (SP). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

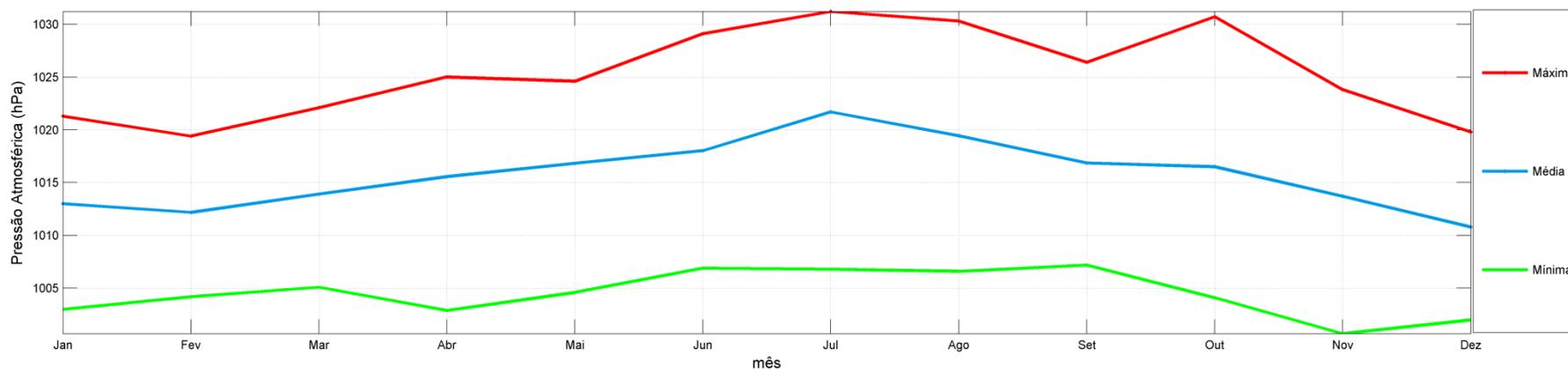


Figura 48: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

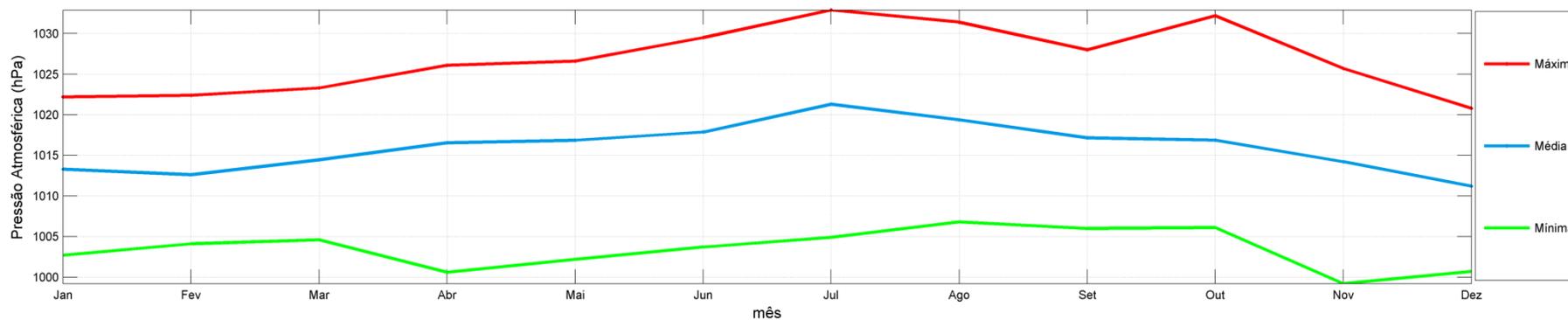


Figura 49: Pressão atmosférica (hPa) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período de dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

### 2.2.6 Insolação

As normais climatológicas de insolação para as estações do INMET do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis são apresentadas na Figura 50. Em todas as estações, os maiores valores foram observados em janeiro (210 h – Rio de Janeiro, 200 h – Florianópolis, 155 h – Santos, 142 h – Paranaguá) e os menores em setembro (147 h – Rio de Janeiro, 130 h – Florianópolis, 90 h – Santos e 77 h - Paranaguá).

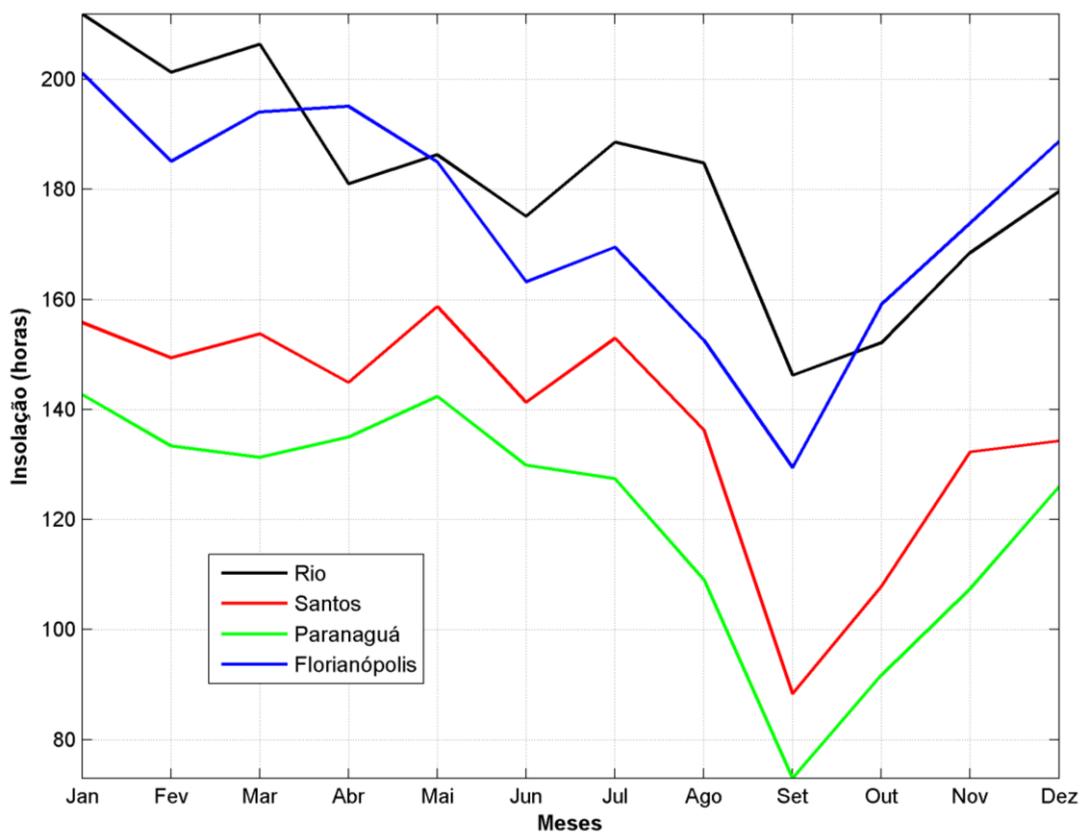


Figura 50: Normais climatológicas de insolação (horas) obtidas nas estações do Rio de Janeiro- RJ, Santos - SP, Paranaguá - PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 2013.

### 2.2.7 Ventos

A partir dos campos médios de ventos elaborados com os dados da reanálise do NCEP para as quatro estações do ano

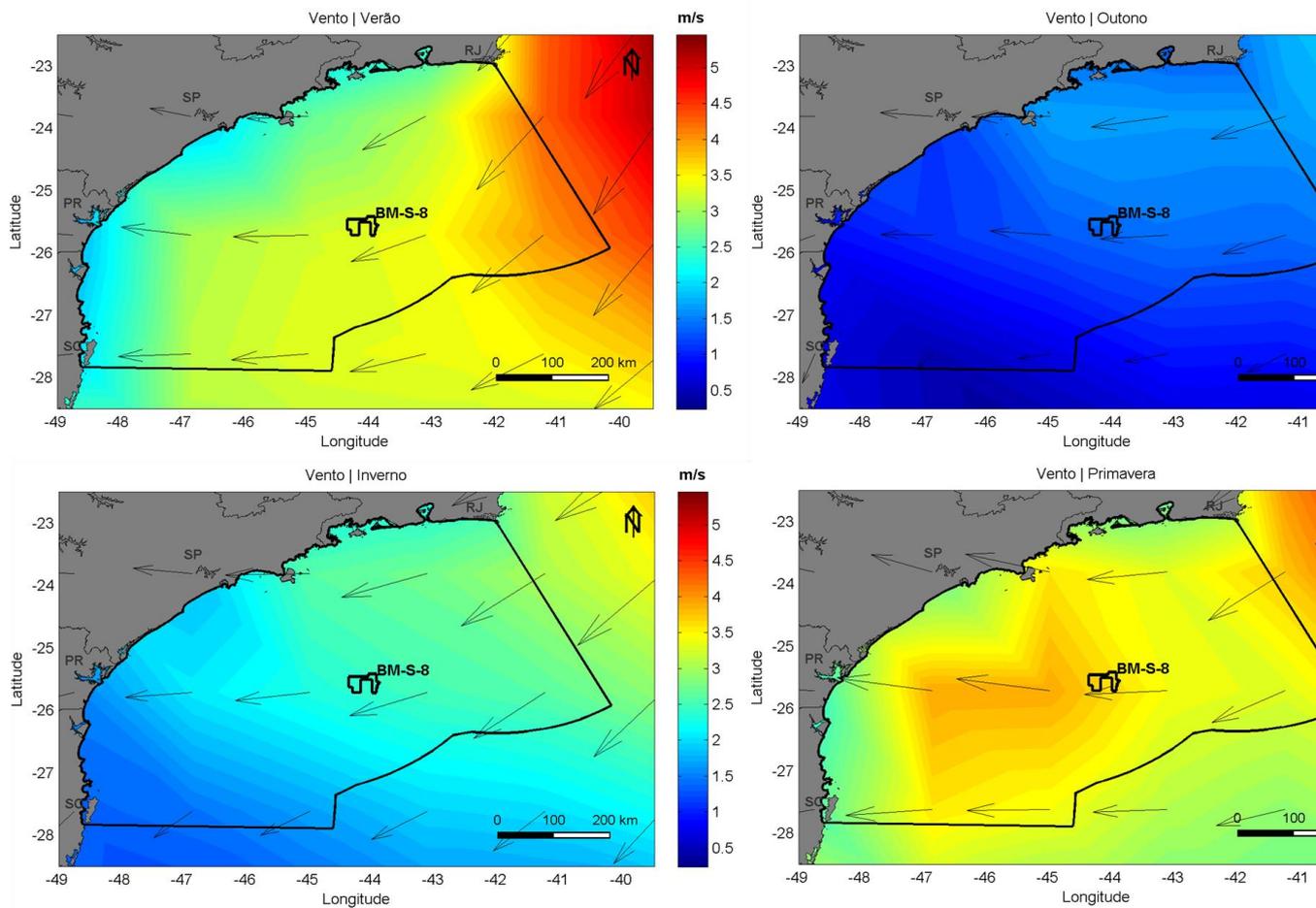


Figura 51), verifica-se que, na região da Baía de Santos, os ventos são mais intensos no período de primavera e verão. A situação típica na região é marcada por ventos com direção predominante de nordeste e leste. Esse regime, entretanto, é perturbado por eventos transientes associados a sistemas frontais, onde predominam os ventos do quadrante sul, variando de sudeste a sudoeste.

Com relação à variação dos ventos ao longo da Baía de Santos, é possível notar que os ventos na porção leste da Baía, onde se encontra o Bloco BM-S-8, apresentam direção média de nordeste. À medida que se aproxima da região oeste da Baía de Santos, nota-se uma rotação nos ventos médios para a direção leste, provavelmente associada à alteração da orientação da linha de costa.

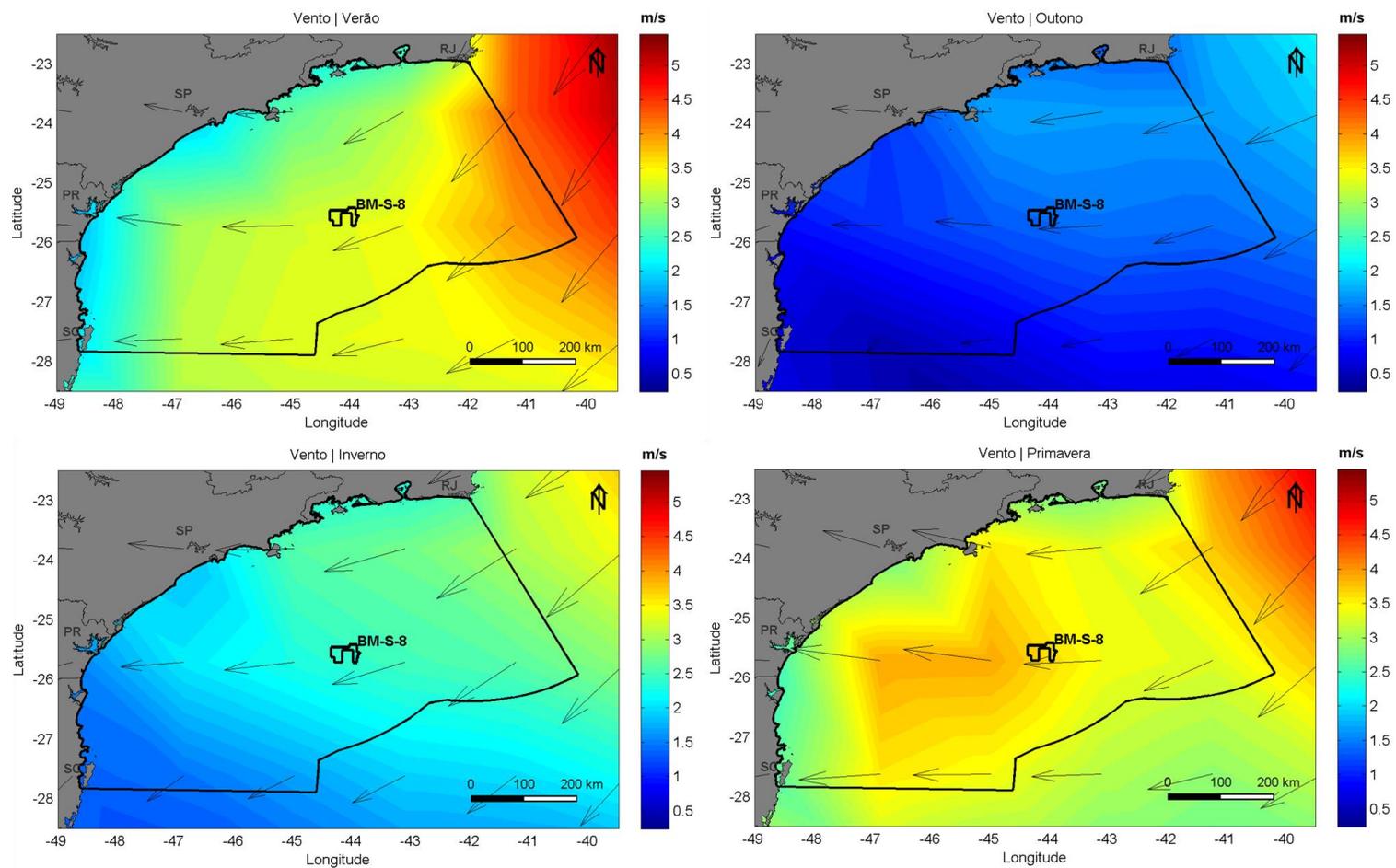


Figura 51: Campos médios de ventos na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte de dados: NCEP. Dados de 1979 a 2015.

A variação climatológica da intensidade dos ventos ao longo da região costeira da Baía de Santos pode ser inferida através das normais climatológicas do INMET para as estações do Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá e Florianópolis (Figura 52), considerando o período compreendido entre 1961 e 1990.

A variação média dos ventos ao longo do ano é semelhante em toda Baía de Santos. Em média, são verificados ventos mais intensos no período de primavera e verão, com valores médios de normais climatológicas de até 4 m/s, observado no mês de novembro em Florianópolis, e mínimo de 1,2 m/s, observado no mês de junho em Paranaguá. De maneira geral, Florianópolis apresenta ventos mais intensos que todas as demais estações, enquanto Paranaguá apresentou os ventos mais amenos, possivelmente pela posição da estação, que se encontra no interior da Baía de Paranaguá.

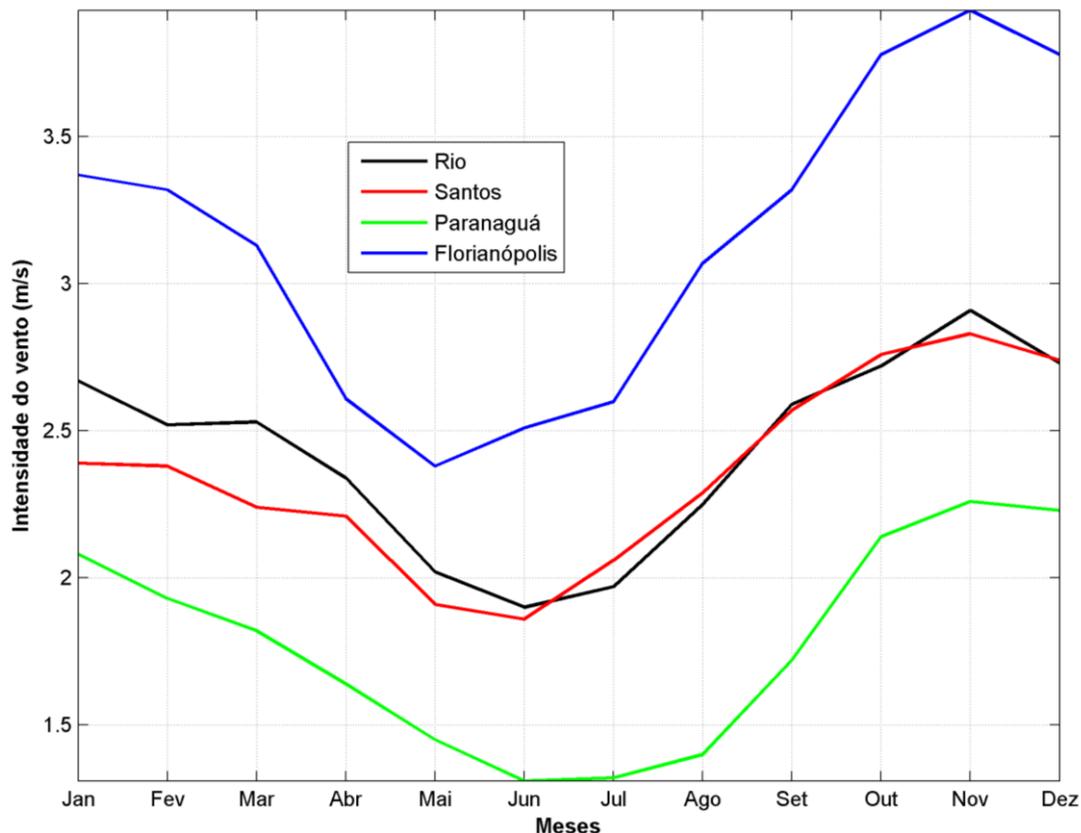


Figura 52: Normais climatológicas de intensidade dos ventos (m/s) obtidas nas estações do INMET do Rio de Janeiro – RJ, Santos - SP, Paranaguá – PR e Florianópolis - SC. Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: 1961 – 1990

Na Figura 53 e na Figura 54 são apresentadas as rosas dos ventos mensais para os dois pontos de grade do NCEP mais próximos do Bloco BM-S-8 no período entre 1979 e 2015.

A análise dos dados de vento obtidos a partir das reanálises II do NCEP demonstra que há predomínio dos ventos do quadrante nordeste durante todo o ano na região, sendo estes mais significativos nos meses entre agosto e fevereiro. No período compreendido entre março e julho

há uma redução dos ventos de nordeste e aumento relativo de ventos de quadrante Sul, característicos de frentes frias. Este padrão é evidenciado na Figura 55.

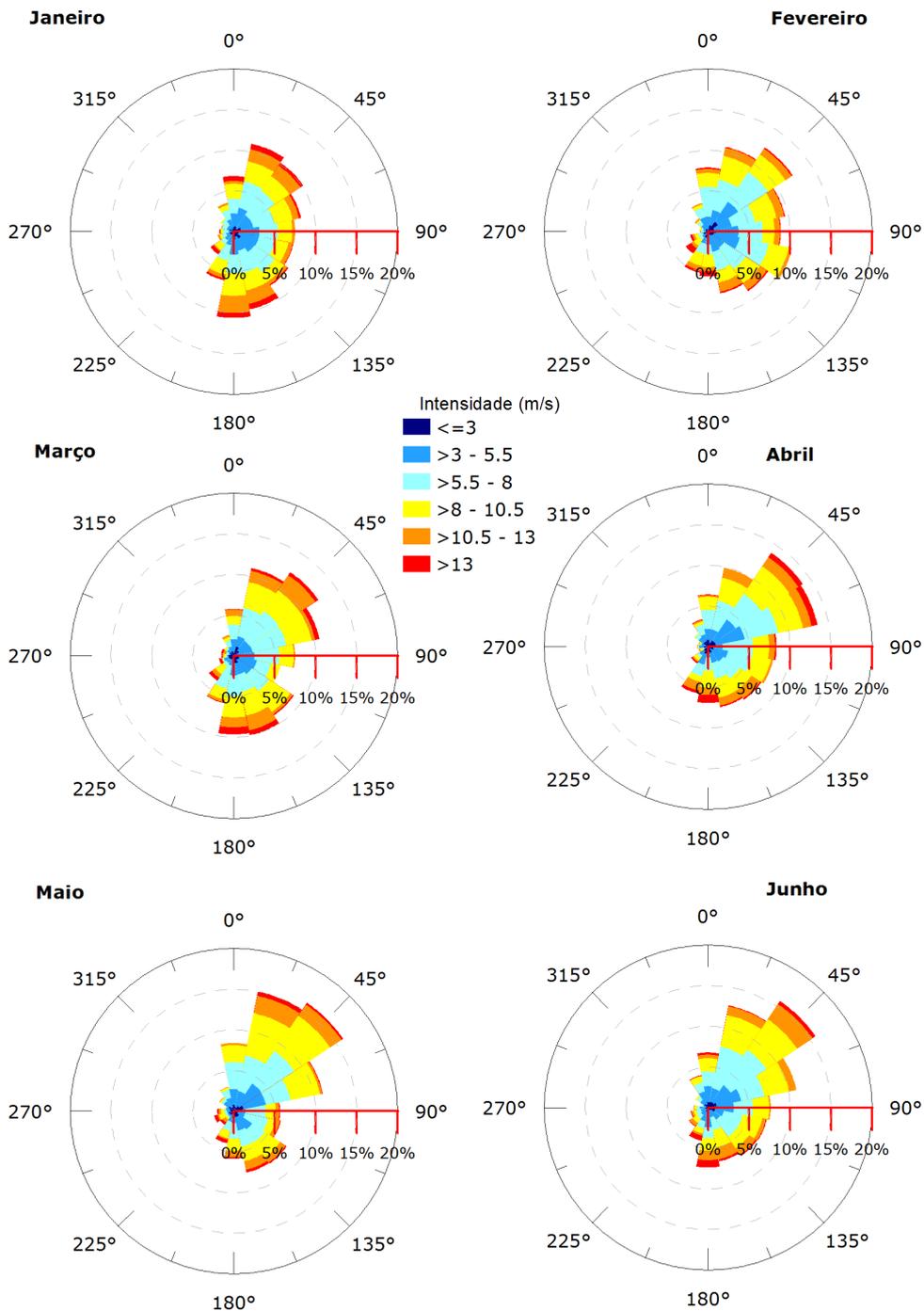


Figura 53: Rosa dos Ventos (m/s) para os meses de janeiro a junho na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.

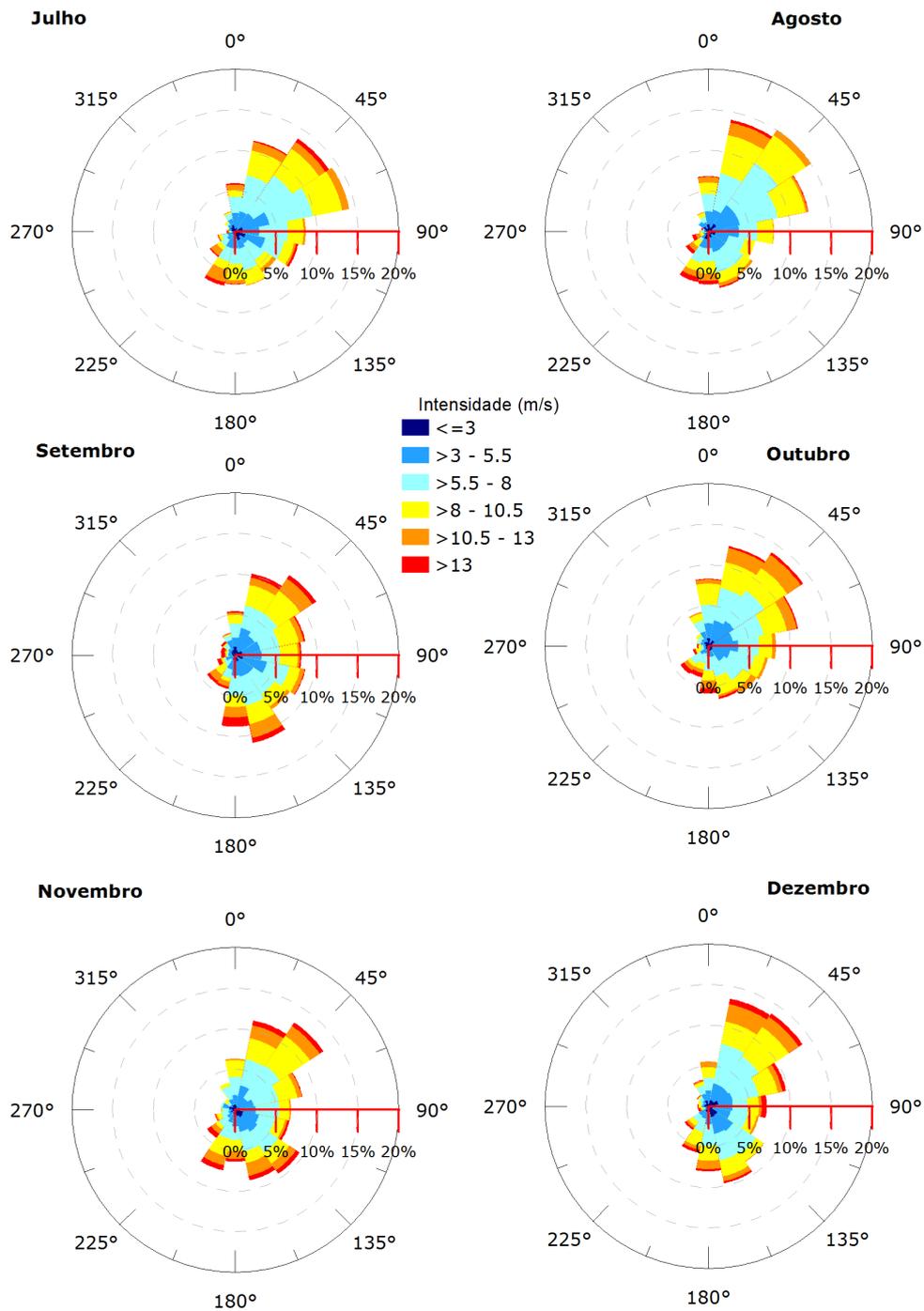


Figura 54: Rosa dos Ventos (m/s) para os meses de julho a dezembro na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.

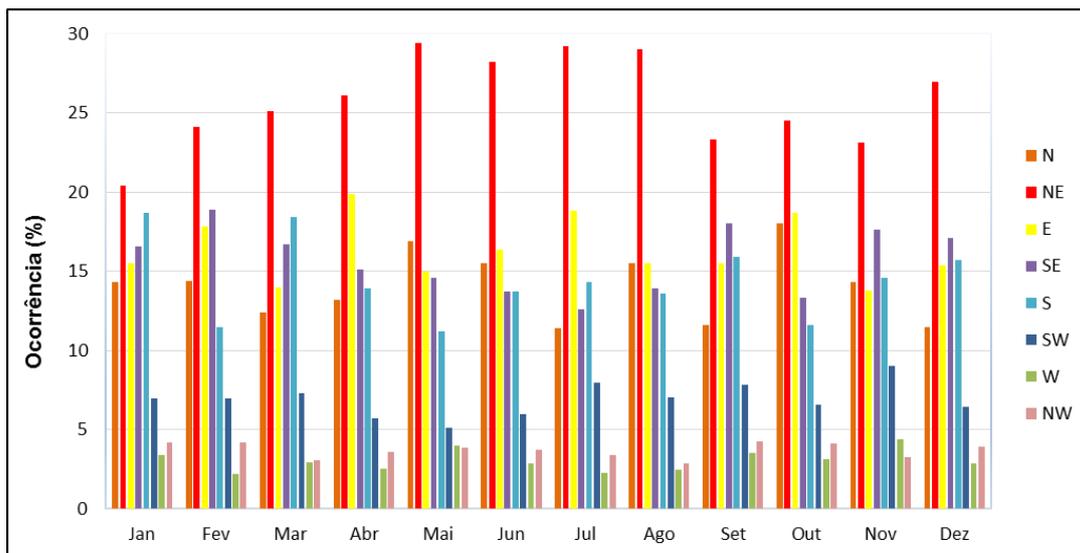


Figura 55: Percentual direcional dos ventos mensais na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a leste. As cores amarelo, laranja e vermelho indicam ventos de N a E, típicos de bom tempo, enquanto as cores do azul ao roxo indicam ventos de S, característicos de frentes frias. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.

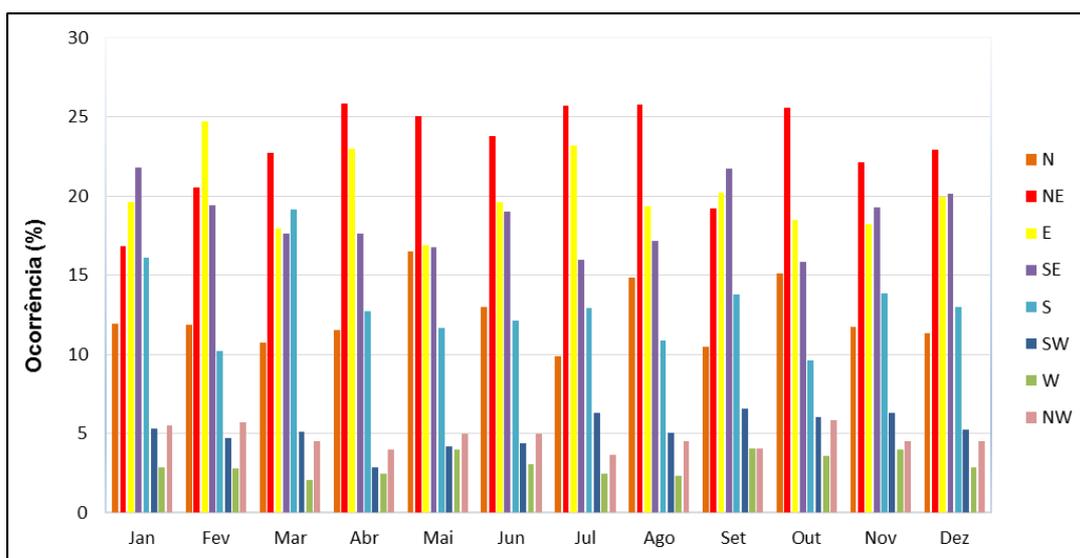


Figura 56: Percentual direcional dos ventos mensais na região do Bloco BM-S-8. Ponto mais próximo a oeste. As cores amarelo, laranja e vermelho indicam ventos de N a E, típicos de bom tempo, enquanto as cores do azul ao roxo indicam ventos de S, característicos de frentes frias. Fonte dos dados: NCEP. Período de dados: 1979 – 2015.

Na Tabela 6 e na Tabela 7 são apresentadas as tabelas de ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 usando como base os dados do NCEP para o período de 1979 a 2013. Nesta, as direções representam as seguintes faixas de direção: N (337,5°-22,5°), NE (22,5°-67,5°), E (67,5°-112,5°), SE (112,5°-157,5°), S (157,5°-202,5°), SW (202,5°-247,5°), W (247,5°-292,5°) e NW (292,5°-337,5°).

Tabela 6: Ocorrência conjunta total de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção -> Intensidade (m/s)		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
0,5	3	708	853	791	756	628	486	411	528	5161	9,55
3	5,5	1774	2505	2266	1893	1441	802	548	753	11982	22,17
5,5	8	2525	4492	3023	2551	1922	872	358	587	16330	30,21
8	10,5	1838	4048	2256	1748	1626	727	252	286	12781	23,64
10,5	13	794	1787	735	733	944	468	149	90	5700	10,54
> 13,0		207	480	159	210	521	349	149	27	2102	3,89
<b>Total</b>		7846	14165	9230	7891	7082	3704	1867	2271	54056	
<b>Freq. (%)</b>		14,51	26,20	17,07	14,60	13,10	6,85	3,45	4,20		

Tabela 7: Ocorrência conjunta total de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção -> Intensidade (m/s)		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
0,5	3	905	1029	989	843	674	466	468	631	6005	11,11
3	5,5	2030	3110	2685	2097	1433	707	490	925	13477	24,93
5,5	8	2292	4354	3847	3097	1843	706	384	706	17229	31,87
8	10,5	1136	2911	2731	2190	1556	562	236	310	11632	21,52
10,5	13	325	860	749	788	875	375	157	103	4232	7,83
> 13,0		43	147	92	207	513	293	153	33	1481	2,74
<b>Total</b>		6731	12411	11093	9222	6894	3109	1888	2708	54056	
<b>Freq. (%)</b>		12,45	22,96	20,52	17,06	12,75	5,75	3,49	5,01		

Nos 34 anos analisados, observa-se que das 54.056 informações, a maior incidência foi de ventos de NE (26,20% no ponto a leste e 22,96% no ponto a oeste) e E (17,07% no ponto a leste e 20,52% no ponto a oeste) nos dois pontos. A classe de intensidades mais comum foi a de 5,5 a 8,0 m/s, com aproximadamente 30% das ocorrências nos dois pontos.

A seguir (Tabela 8 a Tabela 15) são apresentadas as ocorrências conjuntas de intensidade e direção para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Novamente, pode ser observado que ventos de nordeste estão presentes o ano todo, porém, no verão apresentam porcentagem acima da média anual (30,72% no ponto a leste e 24,66% no ponto a oeste). Nota-se que a porcentagem dos ventos de N e NE migram para as direções de E a SW nas estações de outono e inverno, sendo estes ventos mais frequentes no outono. A distribuição das intensidades não apresentou variação significativa entre as diferentes estações do ano.

Tabela 8: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de verão. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	197	389	234	178	135	63	30	47	1273	9,53
3	5,5	528	912	547	397	279	124	78	130	2995	22,43
5,5	8	676	1313	718	659	398	146	116	150	4176	31,27
8	10,5	447	965	557	555	335	128	70	116	3173	23,76
10,5	13	136	282	165	147	95	28	26	27	906	6,78
> 13,0		138	241	148	128	97	29	16	33	830	6,22
<b>Total</b>		2122	4102	2369	2064	1339	518	336	503	13353	
<b>Freq. (%)</b>		15,89	30,72	17,74	15,46	10,03	3,88	2,52	3,77		

Tabela 9: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de verão. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0.5	3	192	321	299	229	145	55	39	77	1357	10.16
3	5.5	408	830	728	584	323	120	85	168	3246	24.31
5.5	8	516	1054	1068	882	398	141	91	225	4375	32.76
8	10.5	309	728	746	572	314	114	75	116	2974	22.27
10.5	13	77	207	192	149	79	15	19	34	772	5.78
> 13,0		75	153	150	115	74	16	16	30	629	4.71
<b>Total</b>		1577	3293	3183	2531	1333	461	325	650	13353	
<b>Freq. (%)</b>		11.81	24.66	23.84	18.95	9.98	3.45	2.43	4.87		

Tabela 10: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de outono. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	154	272	227	232	168	106	74	53	1286	9,44
3	5,5	376	696	605	486	407	238	125	148	3081	22,63
5,5	8	540	948	821	674	607	329	182	178	4279	31,43
8	10,5	407	755	606	506	438	242	118	143	3215	23,61
10,5	13	123	224	142	139	138	75	33	41	915	6,72
> 13,0		112	174	157	143	120	60	35	39	840	6,17
<b>Total</b>		1712	3069	2558	2180	1878	1050	567	602	13616	
<b>Freq. (%)</b>		12,57	22,54	18,79	16,01	13,79	7,71	4,16	4,42		

Tabela 11: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de outono. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	144	274	288	250	181	89	76	74	1376	10,11
3	5,5	399	660	706	549	450	245	152	168	3329	24,45
5,5	8	495	974	876	847	585	281	194	222	4474	32,86
8	10,5	336	613	638	555	406	186	135	150	3019	22,17
10,5	13	74	149	165	163	115	58	25	33	782	5,74
> 13,0		68	118	136	107	87	49	27	44	636	4,67
<b>Total</b>		1516	2788	2809	2471	1824	908	609	691	13616	
<b>Freq. (%)</b>		11,13	20,48	20,63	18,15	13,40	6,67	4,47	5,07		

Tabela 12: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de inverno. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	261	325	134	139	154	127	65	81	1286	9,44
3	5,5	610	751	360	309	398	311	149	193	3081	22,63
5,5	8	807	1035	580	423	543	431	188	272	4279	31,43
8	10,5	645	768	369	364	421	287	178	183	3215	23,61
10,5	13	159	232	90	118	149	70	44	53	915	6,72
> 13,0		138	190	110	103	135	74	35	55	840	6,17
<b>Total</b>		2620	3301	1643	1456	1800	1300	659	837	13616	
<b>Freq. (%)</b>		19,24	24,24	12,07	10,69	13,22	9,55	4,84	6,15		

Tabela 13: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de inverno. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	279	334	164	142	148	117	79	113	1376	10,11
3	5,5	621	745	384	350	466	304	180	279	3329	24,45
5,5	8	875	1003	602	479	598	398	210	309	4474	32,86
8	10,5	493	713	412	378	421	233	149	220	3019	22,17
10,5	13	125	175	88	115	129	55	39	56	782	5,74
> 13,0		96	143	91	81	93	54	28	50	636	4,67
<b>Total</b>		2489	3113	1741	1545	1855	1161	685	1027	13616	
<b>Freq. (%)</b>		18,28	22,86	12,79	11,35	13,62	8,53	5,03	7,54		

Tabela 14: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a leste para o período de primavera. Elaborado com dados de 1979 a 2015.

Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	152	322	248	197	194	95	36	34	1278	9,49
3	5,5	320	814	602	450	499	200	74	71	3030	22,50
5,5	8	430	1143	833	745	652	240	80	108	4231	31,42
8	10,5	317	917	657	528	440	182	70	77	3188	23,67
10,5	13	88	283	163	146	134	56	21	20	911	6,76
> 13,0		84	214	157	125	146	63	24	17	830	6,16
<b>Total</b>		1391	3693	2660	2191	2065	836	305	327	13468	
<b>Freq. (%)</b>		10,33	27,42	19,75	16,27	15,33	6,21	2,26	2,43		

Tabela 15: Ocorrência conjunta de intensidade e direção dos ventos na região do Bloco BM-S-8 no ponto mais próximo a oeste para o período de primavera. Elaborado com dados de 1979 a 2015.

Fonte dos dados: NCEP.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0,5	3	131	283	341	251	216	73	36	37	1368	10,16
3	5,5	307	745	804	627	486	162	55	94	3280	24,35
5,5	8	365	1085	1116	879	599	183	83	109	4419	32,81
8	10,5	255	732	757	645	378	99	65	64	2995	22,24
10,5	13	46	236	181	153	102	32	12	15	777	5,77
> 13,0		45	136	161	120	101	30	18	18	629	4,67
<b>Total</b>		1149	3217	3360	2675	1882	579	269	337	13468	
<b>Freq. (%)</b>		8,53	23,89	24,95	19,86	13,97	4,30	2,00	2,50		

A estatística básica obtida dos dados de vento do NCEP para o período entre 1979 e 2013 é apresentada na Tabela 16 e na Tabela 17. O mês de setembro, na média, foi o que apresentou os ventos mais intensos (8,25 m/s no ponto a leste e 7,62 m/s no ponto a oeste). As intensidades máximas observadas foram de 21,91 m/s, observada em setembro no ponto leste, e 22,32 m/s, ocorrendo no mês de junho no ponto oeste.

Tabela 16: Estatística básica do vento no ponto de grade mais próximo a leste do Bloco BM-S-8.

Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.

Meses	Direção média (°)	Intensidade (m/s)	Desvio Padrão	Máxima Absoluta (m/s)	Média das Máximas (m/s)	Desvio Padrão
Jan	E	6,74	2,96	20,01	14,00	1,75
Fev	E	6,73	2,74	16,84	13,49	1,28
Mar	E	6,48	2,92	19,67	14,12	2,20
Abr	E	6,60	2,97	20,50	15,53	2,36
Mai	E	6,91	3,32	21,79	15,97	2,59
Jun	E	7,03	3,15	21,60	16,23	2,30
Jul	E	7,54	3,27	19,73	16,59	1,87
Ago	E	7,58	3,18	19,92	16,05	1,82
Set	E	8,25	3,41	21,91	17,09	2,15
Out	E	7,70	3,22	20,56	15,45	1,84
Nov	E	7,25	3,22	19,61	15,47	1,67
Dez	E	6,86	3,04	20,10	14,81	1,70

Tabela 17: Estatística básica do vento no ponto de grade mais próximo a oeste do Bloco BM-S-8.

Fonte dos dados: NCEP. Período dos dados: 1979 – 2015.

Meses	Direção média (°)	Intensidade (m/s)	Desvio Padrão	Máxima Absoluta (m/s)	Média das Máximas (m/s)	Desvio Padrão
Jan	E	6,39	2,84	16,71	13,67	1,54
Fev	E	6,15	2,69	17,15	13,11	1,96
Mar	E	6,14	2,83	20,63	13,68	2,50
Abr	E	6,25	2,91	20,69	15,21	2,23
Mai	E	6,51	3,20	21,89	15,57	2,69
Jun	E	6,48	3,07	22,32	15,74	2,44
Jul	E	6,87	3,13	19,85	15,78	2,03
Ago	E	6,88	2,98	19,87	15,33	1,88
Set	E	7,62	3,24	21,59	16,09	2,04
Out	E	7,33	3,03	18,56	15,00	1,81
Nov	E	7,18	3,07	19,13	15,28	2,24
Dez	E	6,71	2,91	19,05	14,61	2,17

Visando uma análise mais detalhada sobre o comportamento do vento na região da Baía de Santos, são apresentados, na Figura 57 e na Figura 58, gráficos do tipo *stickplots* nos pontos mais próximo do Bloco BM-S-8 considerando o ano de 2015.

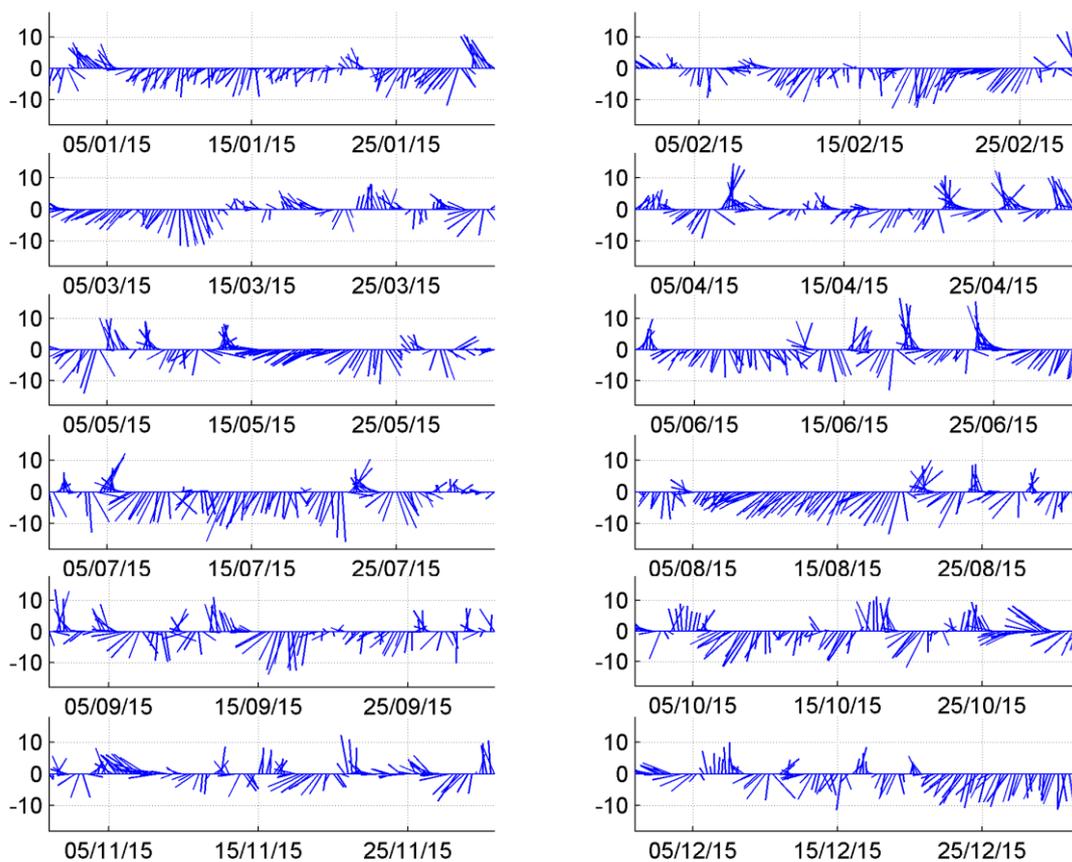


Figura 57: Gráficos do tipo *stickplots* de vento no ponto de grade do NCEP mais próximo a leste do Bloco BM-S-8, de janeiro a dezembro de 2015 (de cima para baixo, da esquerda para direita).

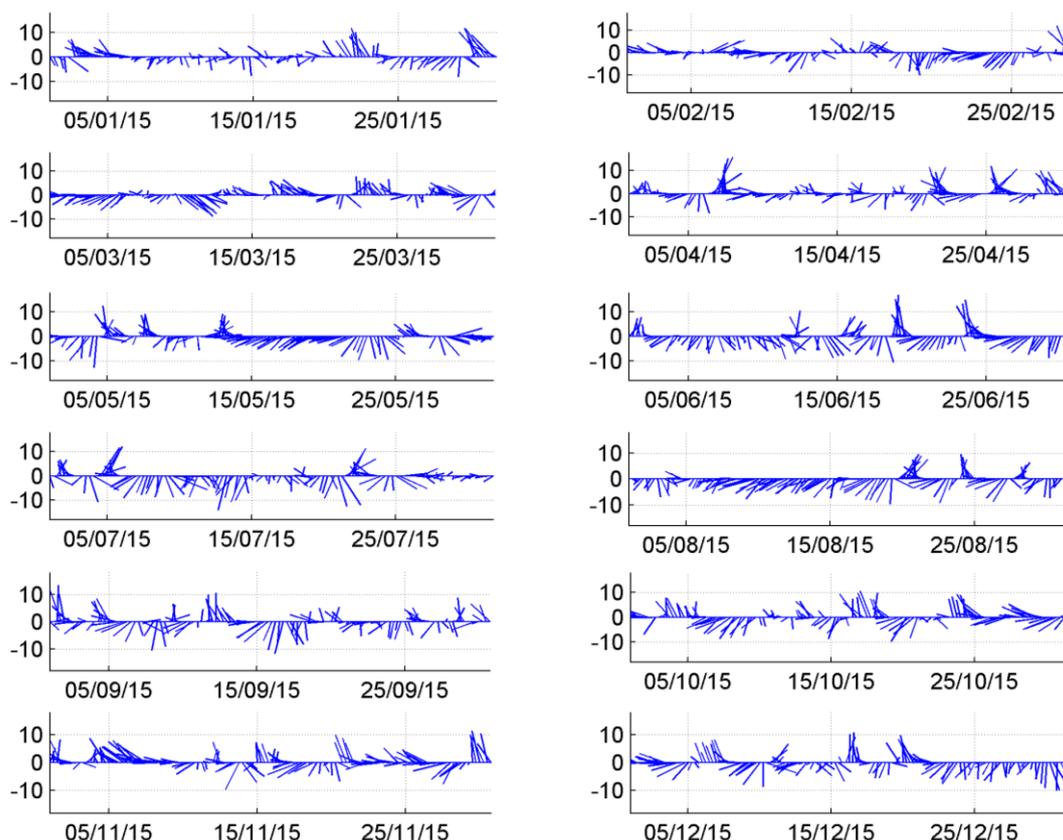


Figura 58: Gráficos do tipo *stickplots* de vento no ponto de grade do NCEP mais próximo a oeste do Bloco BM-S-8, de janeiro a dezembro de 2015 (de cima para baixo, da esquerda para direita).

Pode-se observar que o regime de ventos na região é basicamente dominado por ventos de nordeste e leste, característicos do domínio do ASAS. Esse padrão é alterado por passagens de frentes frias, que invertem os ventos para sul e sudoeste. Os *stickplots* demonstram que o período entre março e agosto é mais propício à ocorrência de frentes frias na região. A partir destes gráficos, é interessante notar que durante uma passagem de frente fria, os ventos de NE giram para NW, passando para SW e depois para SE, E, retornando, por fim, para NE.

A seguir, na Figura 59 e na Figura 60, apresenta-se um gráfico com valores climatológicos (elaborados com todo o período do dado de vento da NCEP-R2) de intensidade média, máxima, mínima, primeiro quartil e terceiro quartil, do ponto mais próximo do Bloco BM-S-8.

As intensidades médias, em geral são mais elevadas no período de verão, devido ao fortalecimento do ASAS. No período entre o outono e a primavera, são observadas as maiores intensidades máximas, devido a maior frequência e intensidade das frentes frias na região.

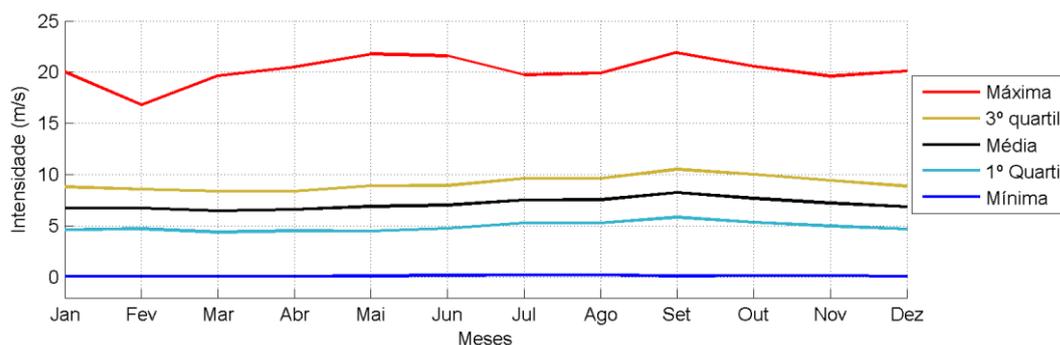


Figura 59: Média, mínima, máxima, primeiro quartil e terceiro quartil no ponto a leste do Bloco BM-S-8. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

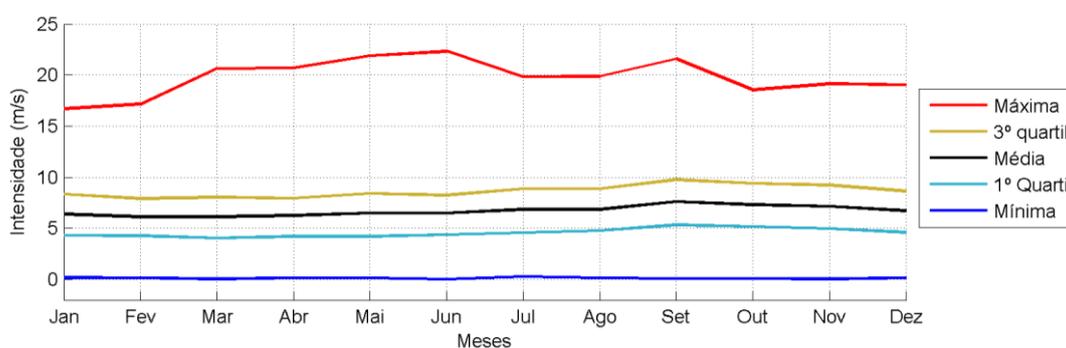


Figura 60: Média, mínima, máxima, primeiro quartil e terceiro quartil no ponto a oeste do Bloco BM-S-8. Elaborado com dados de 1979 a 2015. Fonte dos dados: NCEP.

A seguir, são apresentados os dados das estações automáticas do INMET de Arraial do Cabo-RJ, Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC), possibilitando a análise de séries temporais de dados recentes de intensidade de vento com maior frequência amostral (dados horários).

Da Figura 61 a Figura 63 podem ser observadas as séries temporais de intensidade de vento (acima) e suas respectivas análises espectrais (abaixo). Ressalta-se que a estação de Moela (SP), por conter muitas lacunas de dados, não foi apresentada nesta seção. Na Tabela 18 é apresentada a estatística básica dos dados destas séries.

Os dados apresentam um pico de energia bem definido com período de 24 horas, associado ao fenômeno de brisa terrestre-brisa marinha. A estação de Arraial do Cabo apresentou grande energia na faixa de período de 8 a 12 dias, período coincidente com o período de passagem de frentes frias. Porém, as demais estações não apresentaram energia significativa nesta faixa de período.

A estação de Arraial do Cabo (RJ) apresentou as maiores máximas (28,4 m/s) e médias (4,4 m/s) observadas nessa análise. A direção predominante variou bastante entre as estações,

com ventos de nordeste (53°) em Arraial, leste (95°) na Ilha do Mel e norte (356°) em Florianópolis.

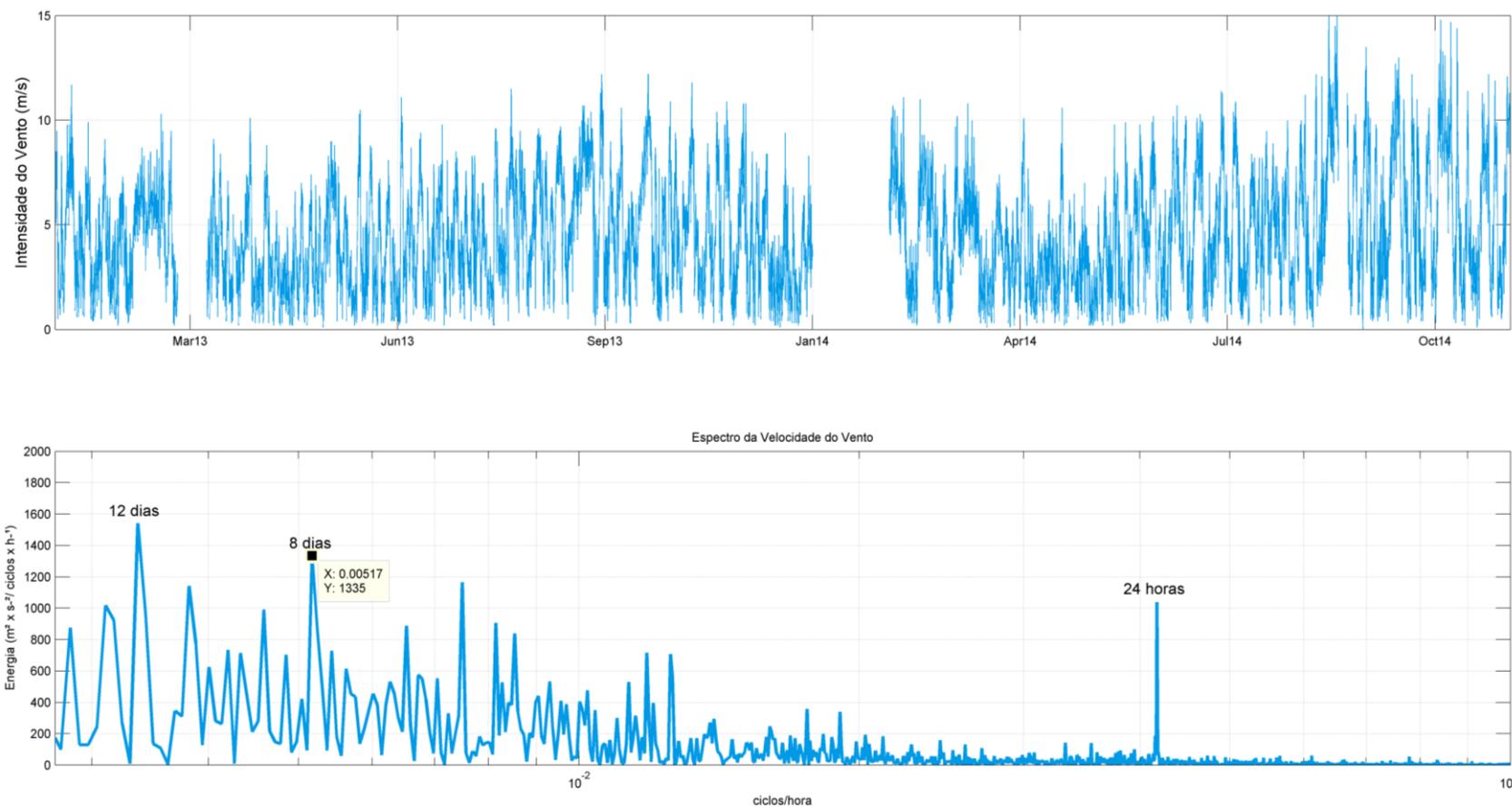


Figura 61: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Arraial do Cabo (RJ), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

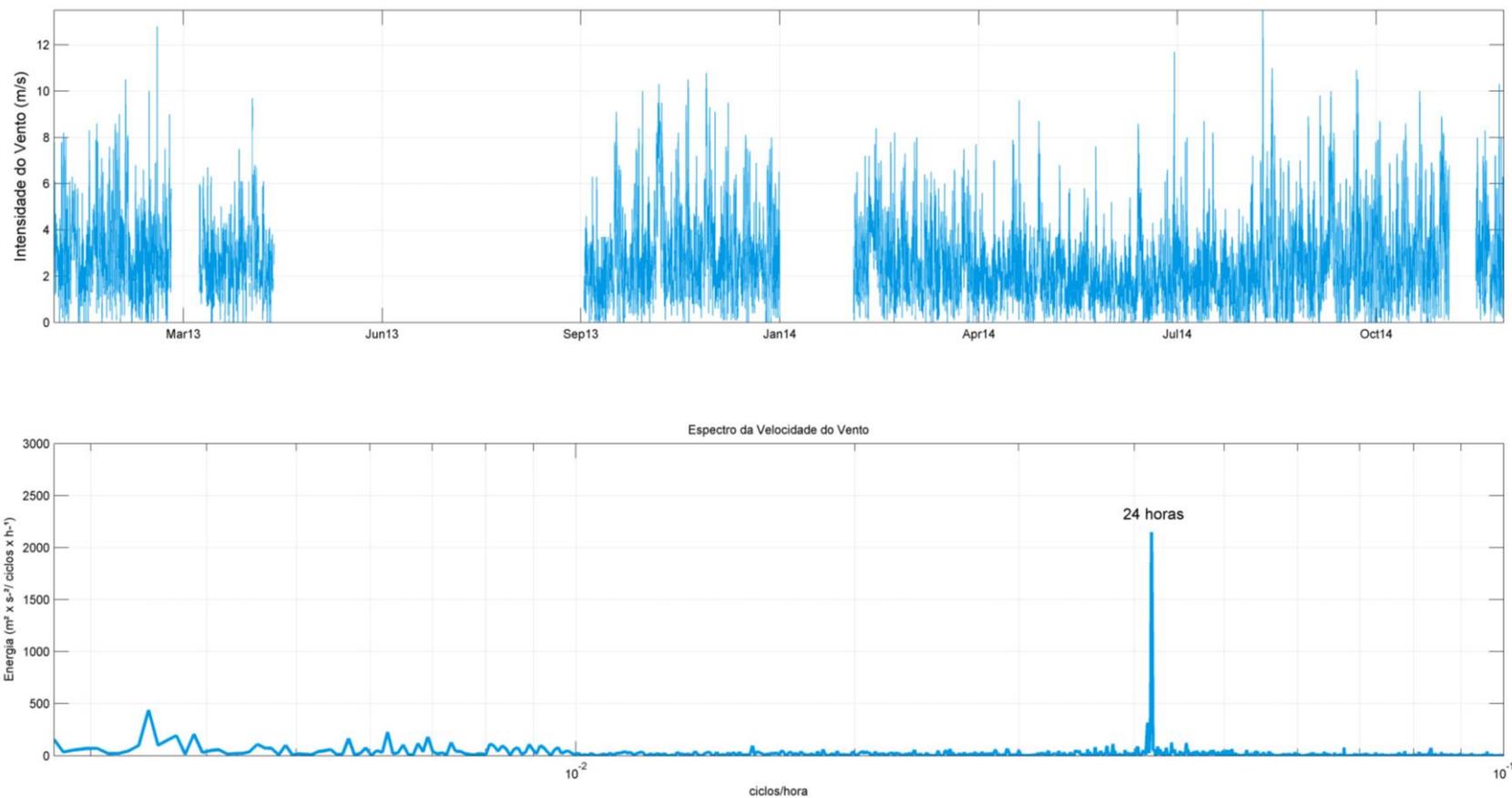


Figura 62: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Ilha do Mel (PR), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

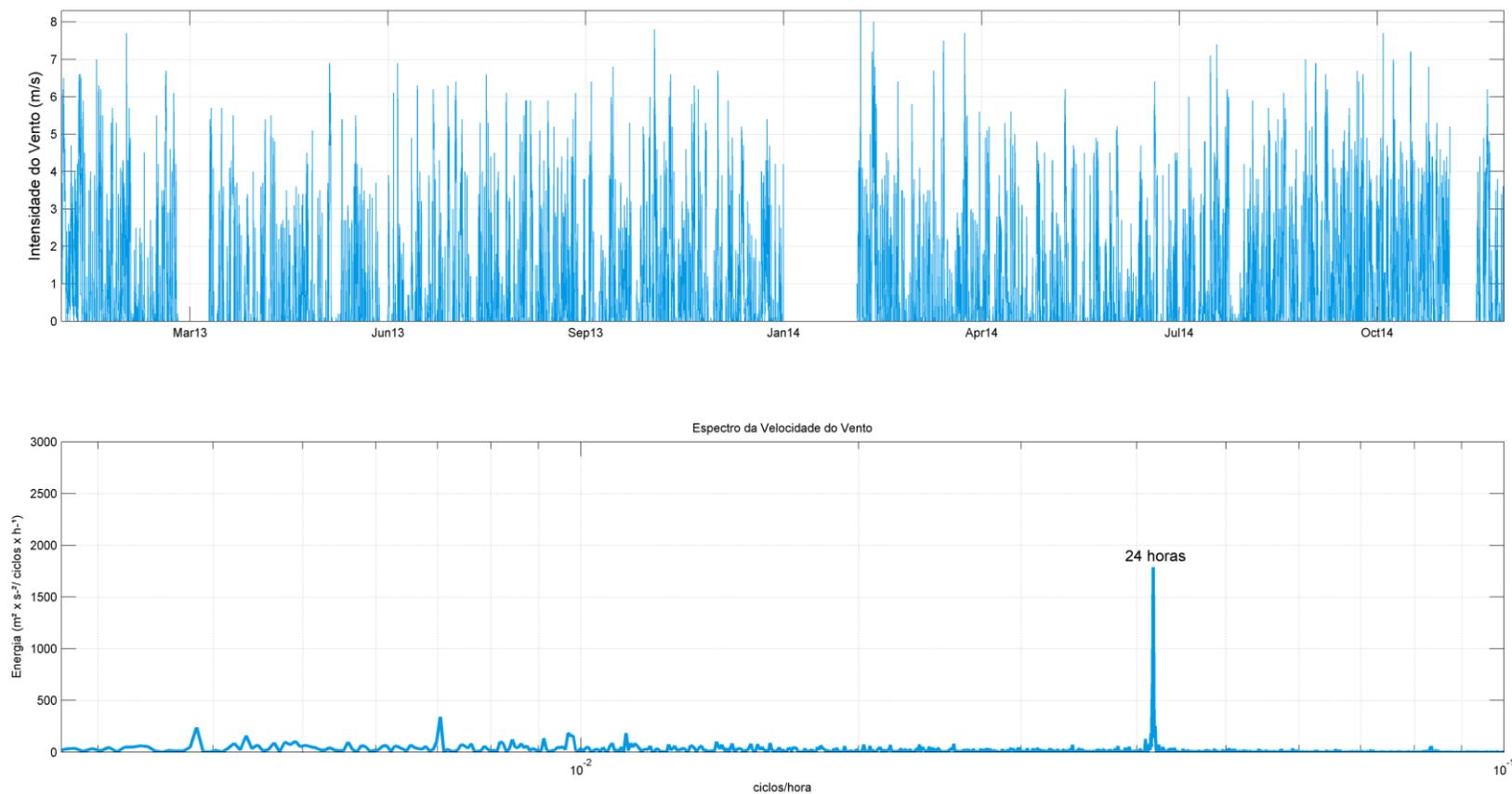


Figura 63: Série temporal de intensidade do vento (m/s) na estação de Florianópolis (SC), para o período entre janeiro de 2013 e novembro de 2014 (acima) e espectro no domínio da frequência (abaixo). Fonte dos dados: INMET.

Tabela 18: Estatística básica dos dados horários de intensidade do vento (m/s) obtidos nas estações meteorológicas automáticas de Arraial do Cabo (RJ), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

<b>Estações</b>	<b>Máx. (m/s)</b>	<b>Média (m/s)</b>	<b>Mín. (m/s)</b>	<b>Direção predominante (°)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Arraial do Cabo	28,4	4,4	0,0	53,0	2,6
Ilha do Mel	20,7	2,6	0,0	95,0	1,7
Florianópolis	15,8	0,8	0,0	356,0	1,4

Apresenta-se a seguir (Figura 64 à Figura 66) as intensidades média, máxima e mínima do vento mensal, para cada uma das quatro estações meteorológicas utilizadas.

De uma forma geral, a intensidade máxima do vento nas estações de Arraial do Cabo e Ilha do Mel oscila em torno de 22 e 18 m/s, respectivamente, e na estação de Florianópolis, em torno de 15 m/s. Os valores médios também apresentam redução de intensidade conforme o aumento da latitude – em torno de 5 m/s em Arraial do Cabo, de 3 m/s na Ilha do Mel e de 1 m/s na estação de Florianópolis.

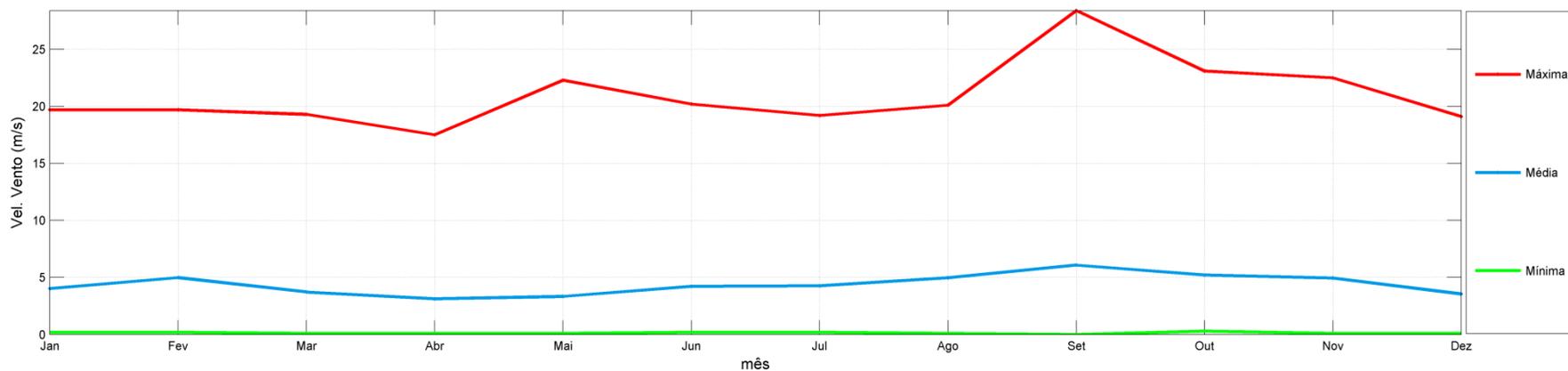


Figura 64: Intensidade do vento (m/s) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Arraijal do Cabo (RJ). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

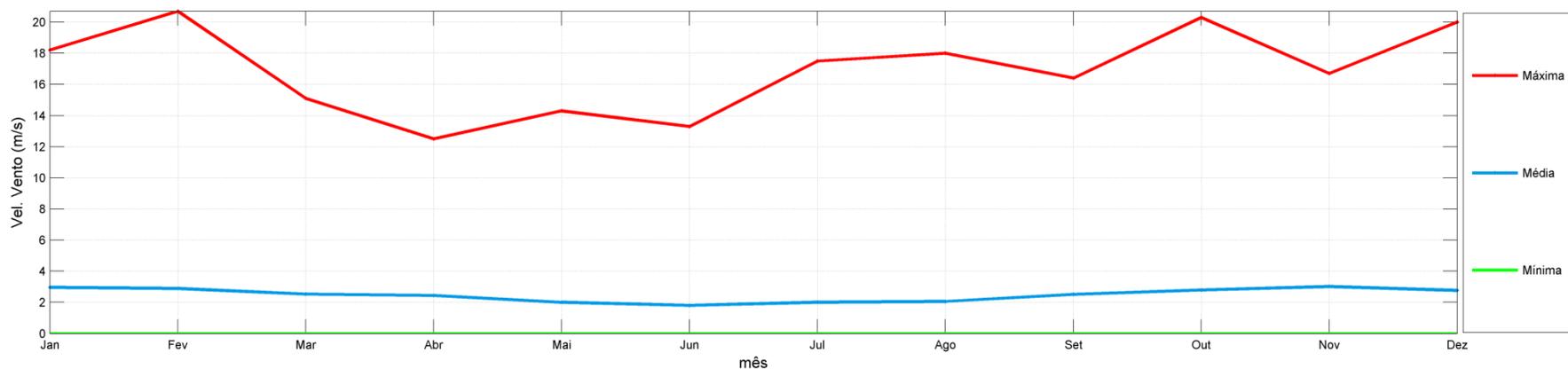


Figura 65: Intensidade do vento média (m/s), máxima e mínima mensal para a estação automática de Ilha do Mel (PR). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

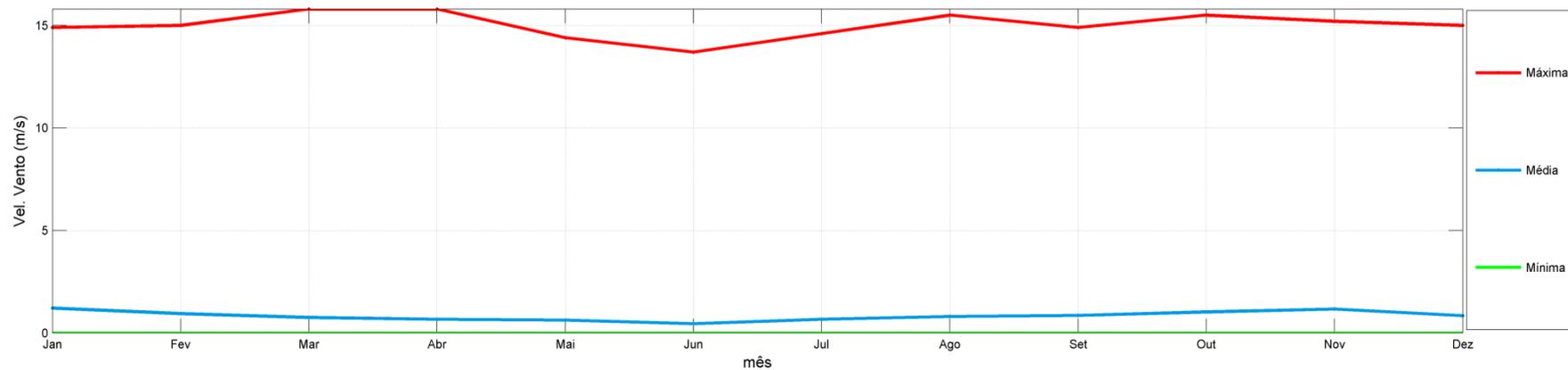


Figura 66: Intensidade do vento (m/s) média, máxima e mínima mensal para a estação automática de Florianópolis (SC). Fonte dos dados: INMET. Período dos dados: janeiro de 2013 a novembro de 2014.

Apesar de ser a estação meteorológica automática analisada com os ventos mais intensos, os dados médios dos ventos na estação de Arraial do Cabo apresentaram-se menos intensos que os ventos na região do Bloco BM-S-8 (dados do NCEP).

Após análise global dos resultados apresentados neste tópico a partir de diferentes fontes de dados e análises, pode-se concluir que os ventos na região do Bloco BM-S-8 são predominantemente de nordeste, associados ao ASAS, durante o ano inteiro.

Este sistema pode ser perturbado pela passagem de frentes frias, invertendo o seu sentido para o quadrante sul, com ventos de sudeste e sudoeste. A intensidade máxima observada nos conjuntos de dados utilizados foi de 28,4 m/s.

### 2.3. Caracterização dos Fenômenos de Microescala

Puderam ser identificados fenômenos de microescala nos dados das estações automáticas analisadas, pois estas séries possuem frequência amostral horária. Na análise espectral de todas as variáveis puderam ser observados picos de energia nos períodos de 24 e 12 horas.

Para a variável temperatura, o pico de energia no período diurno é relacionado com o ciclo de aquecimento e resfriamento da terra induzido pelo sol, durante o dia. O pico diurno na análise espectral da umidade relativa pode ser explicado pela natureza desta variável, visto que o cálculo da umidade relativa leva em consideração a temperatura do ar. Na série de vento, também pode ser observado um pico de energia no período de 24 horas, relacionado provavelmente ao efeito de brisa terrestre e marinha.

Além do efeito mais evidente e descrito no parágrafo acima, acerca do ciclo diurno de temperatura do ar e suas implicações nas outras variáveis (vento, umidade relativa), o pico de energia associado ao ciclo semidiurno (12 horas), pode ser explicado pelo efeito da maré atmosférica.

Maré atmosférica é um fenômeno importante nas camadas média e superior da atmosfera e que encontra reflexo também na superfície terrestre. A principal forçante deste fenômeno é o aquecimento solar, seguido de efeitos de gravidade. Segundo Covey *et al.* (2011) a principal variação observada no campo de pressão atmosférica na superfície, devido à maré atmosférica, é um ciclo semidiurno. Este efeito da maré atmosférica, detectado nas séries das estações meteorológicas automáticas costeiras analisadas, pode ser esperado também para a região do Bloco BM-S-8.

## 2.4. Identificação da Sazonalidade

Neste item, as séries de dados dos parâmetros meteorológicos foram analisadas visando à identificação da presença de variações intra-anuais na área de estudo, em especial do regime de ventos.

Uma análise global e integrada dos resultados apresentados em formas de gráficos e tabelas na análise de mesoescala (Item 2.2) evidencia um padrão sazonal, principalmente no regime de ventos, relacionado à variação de posição e intensidade do ASAS, bem como a perturbação causada por sistemas passagens de sistemas frontais.

As variações sazonais das variáveis estão relacionadas também direta ou indiretamente com a variação da intensidade da radiação solar ao longo do ano, fato que advém da obliquidade do eixo da terra em relação à eclíptica (plano da órbita da terra em torno do sol).

Considerando-se que o vento é a variável meteorológica que pode apresentar maiores riscos à atividade *offshore*, a variabilidade intra-anual da mesma foi utilizada como principal orientadora da divisão sazonal para a área de estudo.

Desta forma, como pode ser observado na Figura 55 e Figura 56, o período de setembro a fevereiro apresenta dominância de ventos cuja direção varia de norte a nordeste. Já entre março e agosto, há uma diminuição na porcentagem de ventos de nordeste e aumento no percentual relativo de ventos de sul, sudeste e sudoeste. Este padrão está correlacionado aos processos de grande escala da migração do ASAS, explicitada no Item 2.1, e a penetração de sistemas frontais.

Portanto, foram definidos dois grandes períodos sazonais para a região: Período 1, compreendido entre os meses de setembro a fevereiro, e Período 2, compreendido entre os meses de março a agosto.

A partir desta demarcação sazonal, apresenta-se a seguir (Tabela 19) um quadro resumindo os valores médios de cada variável durante os dois períodos. Estes valores foram obtidos a partir de uma análise global das normais climatológicas das estações meteorológicas do INMET selecionadas para o estudo e do ponto de grade do NCEP mais próximo do Bloco BM-S-8, quando possível.

Tabela 19: Valores climatológicos obtidos a partir de análise global para cada variável analisada na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos e períodos definidos.

Variáveis	Média climatológica – Período 1	Média climatológica – Período 2
Temperatura (°C)	24,5	22,5
Precipitação (mm)	120	75
Umidade relativa (%)	80	78
Pressão Atmosférica (hPa)	1010	1012
Ventos (m/s)	3,5	2,5
Insolação (horas/mês)	180	180
Evaporação (mm)	105	90

A temperatura apresentou uma média de 24,5°C para o período 1 e de 22,5°C no período 2. A umidade relativa apresentou valores próximos a 80% no período 1, diminuindo para aproximadamente 78% no período 2. A precipitação durante o período 1 apresenta uma média mensal de 120 mm e de 75 mm durante o período 2. A insolação não apresentou variação significativa entre os períodos e a evaporação variou entre 90 mm e 105 mm, assim como a pressão atmosférica, de 1010 e 1012 hPa.

Em resumo, o período 1 pode ser definida como um período mais quente e úmido, com maior incidência de chuvas e com ventos predominantemente de nordeste. Em contraste, o período 2 pode ser definida como um período mais frio e seco, com menor incidência de chuvas, embora possam ocorrer ainda em grande quantidade, associadas a maior ocorrência de frentes frias, e com maior ocorrência de ventos do quadrante sul, também relacionados com as frentes frias.

## 2.5. Identificação de Fenômenos Meteorológicos Extremos

Neste item, buscou-se identificar a ocorrência de eventos extremos a partir das séries de dados obtidas nas estações meteorológicas do INMET de Arraial do Cabo (RJ), Moela (SP), Ilha do Mel (PR) e Florianópolis (SC). A definição utilizada para evento extremo é a de evento raro. Desta forma, para esta análise foram considerados eventos extremos aqueles que estão a uma distância da média de mais ou de menos de duas vezes o desvio padrão.

Não é apresentada a estatística de ventos para a estação de Moela (SP), pois há diversas lacunas nos dados, dificultando maiores avaliações.

Apresenta-se, a seguir, da Tabela 20 a Tabela 23 uma síntese dos eventos extremos para cada estação meteorológica utilizada. Para cada variável, podem-se observar os limiares positivos e negativos (duas vezes acima e abaixo da média, respectivamente), a frequência de ocorrência

de ambos os limiares na série e os meses onde eventos extremos ocorreram mais vezes dentro das séries analisadas.

Tabela 20: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação do INMET de Arraial do Cabo (RJ).

Variável	Limiares		Frequência de ocorrência (% de horas/ano)		Meses críticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Temperatura (°C)	26,74	18,93	1,60	2,41	dez	jul
Precipitação (mm/h)	1,73	0	1,22	94,18	nov	mai
Umidade Relativa (%)	99,23	63,12	0,04	4,22	jan	jul
Pressão Atmosférica (hPa)	1025,23	1007,21	2,90	0,94	jul	nov
Ventos (m/s)	13,04	1,06	2,70	1,28	set	mar

Tabela 21: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação do INMET de Moela (SP).

Variável	Limiares		Frequência de ocorrência (% de horas/ano)		Meses críticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Temperatura (°C)	31	16,78	4,3	0,4	fev	jun
Precipitação (mm/h)	1,1	0	0,95	96,2	nov	out
Umidade Relativa (%)	94	56	4,22	1,62	set	nov
Pressão Atmosférica (hPa)	1018,4	1001,3	3,19	1,2	out	nov
Ventos (m/s)	-	-	-	-	-	-

\*

Tabela 22: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação INMET da Ilha do Mel (PR).

Variável	Limiares		Frequência de ocorrência (% de horas/ano)		Meses críticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Temperatura (°C)	26,74	18,92	1,6	2,4	dez	jul
Precipitação (mm/h)	3,3	0	2,1	85,68	fev	out
Umidade Relativa (%)	99	59	2,8	2,1	jan	out
Pressão Atmosférica (hPa)	1024,8	1005,1	3,8	0,9	set	dez
Ventos (m/s)	11,7	0,3	2,21	0,007	fev	jan

Tabela 23: Estatísticas de extremos elaboradas para as variáveis meteorológicas da estação INMET de Florianópolis (SC).

Variável	Limiares		Frequência de ocorrência (% de horas/ano)		Meses críticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Temperatura (°C)	29,9	12,6	1,9	3	fev	jul
Precipitação (mm/h)	2,3	0	2,3	89,7	fev	mai
Umidade Relativa (%)	95	50	3	2,1	jun	ago
Pressão Atmosférica (hPa)	1026,6	1005,4	3,2	1,2	set	dez
Ventos (m/s)	12,4	0,1	1,3	0,1	nov	fev

Devido à grande variação de latitude entre as estações, variando de ~23°S até ~28°S, observam-se diferenças entre os limiares superiores e inferiores e os meses de maior ocorrência entre as estações analisadas. De um modo geral, os meses entre novembro e fevereiro são os mais críticos para temperatura e precipitação e os meses de novembro e dezembro para a pressão atmosférica. A maior ocorrência de ventos acima do limiar monitorado ocorreu em novembro na estação de Florianópolis e fevereiro na estação da Ilha do Mel.

Na estação da Ilha do Mel (de latitude mais próxima ao BM-S-8), os eventos extremos de vento ocorreram com maior frequência em fevereiro, enquanto o mês de janeiro apresentou o extremo negativo, indicando que este é um mês de calmaria. Deve ser ressaltado que os ventos na região costeira sofrem influência do relevo, apresentando intensidades geralmente menores que na região oceânica. Os dados do NCEP demonstraram que podem ocorrer ventos de até 22,32 m/s na região do BM-S-8.

Os valores extremos inferiores de temperatura, precipitação e umidade relativa, e superiores de pressão atmosférica ocorrem no período 2, o contrário ocorre para o período 1, conforme sazonalidade identificada e descrita anteriormente (item 2.4) e adotada para este estudo.

## 2.6. Síntese Conclusiva

Foram apresentados dados e gráficos de maneira a caracterizar a meteorologia da região da Baía de Santos e do entorno do Bloco BM-S-8. As seguintes variáveis e parâmetros foram analisados: temperatura, precipitação, evaporação, umidade relativa, pressão atmosférica, insolação, ventos e as condições extremas atuantes.

Ao longo da Baía de Santos, puderam ser identificadas variações espaciais significativas nas variáveis analisadas (por exemplo, mínimo de temperatura ~3°C em Florianópolis e ~15°C em

Arraial do Cabo), e um padrão sazonal bem definido, com dois grandes períodos e meses de transição.

Durante o denominado período 1, cujo pico pode ser considerado nos meses de janeiro e fevereiro, encontram-se as maiores temperaturas, com máximos em torno de 30 °C, altos índices de precipitação e umidade relativa (nas proximidades do Bloco BM-S-8), pressão atmosférica mais baixa e ventos predominantemente de nordeste, com pouca porcentagem de ventos do quadrante sul. Nos meses do período 2, cujo pico pode ser observado em junho e julho, as temperaturas são mais baixas, com mínimos em torno de 15 °C na região do Bloco BM-S-8, maior porcentagem de ventos do quadrante sul, menor taxa de precipitação e evaporação, umidade relativa mais baixa e pressão atmosférica mais alta.

Os fenômenos de macroescala que mais são presentes nas variáveis analisadas e nos comportamentos gerais descritos são o ASAS e a ZCAS, cuja presença e variação sazonal influencia todas as variáveis.

A partir da análise das estações automáticas, localizadas em terra, puderam ser identificados alguns fenômenos com reflexos na microescala, como efeitos de brisa nos ventos, possivelmente a maré atmosférica nos campos de pressão, temperatura e umidade relativa, e variações diurnas relacionadas com o ciclo solar.

Para além das estações sazonais clássicas (verão, inverno, outono e primavera), a partir das análises e gráficos apresentados na caracterização dos fenômenos de mesoescala, puderam-se definir dois grandes períodos sazonais no ano, tendo como base principalmente o parâmetro vento. O período 1 foi definido como o período do ano compreendido entre setembro e fevereiro e o período 2 pelo intervalo compreendido entre março e agosto.

Os ventos na região do Bloco BM-S-8 são predominantemente de nordeste e leste, associados ao ASAS, durante o ano inteiro. Este sistema pode ser perturbado pela passagem de frentes frias, invertendo o seu sentido para o quadrante sul, com ventos de sudeste e sudoeste. Os meses de março a agosto apresentam maior frequência de ventos do quadrante sul, característicos de passagens de frentes frias. A faixa de intensidade com a maior taxa de ocorrência foi de 5,5 a 8,0 m/s, e a intensidade máxima observada nos conjuntos de dados utilizados foi de 22,32 m/s.

Condições extremas para o período 1 foram caracterizadas por temperatura acima de 26,74 °C, precipitação acima de 1,73 mm/h e umidade relativa acima de 99,23%. Condições extremas do período 2 foram caracterizadas por temperatura abaixo de 18,93°C e umidade relativa abaixo de 63%.

### 3. Oceanografia

A caracterização oceanográfica da região foi feita a partir das seguintes fontes de dados:

- Dados de temperatura e salinidade disponíveis no *National Oceanographic Data Center* (NODC), nas bases de dados WOA13 (*World Ocean Atlas*) e WOD13 (*World Ocean Data*);
- Dados de temperatura da superfície do mar (TSM) obtidos de dados de satélite do produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*);
- Dados do modelo global de marés TPX07 contendo a fase e a amplitude das principais constituintes de maré;
- Resultados de uma modelagem hidrodinâmica desenvolvida com o ROMS;
- Dados de onda oriundos de um *hindcast* de 10 anos obtido da reanálise ERA-Interim do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF);
- Dados de refração de ondas oriundos do modelo SWAN;
- Referências bibliográficas sobre a oceanografia local.

Na Tabela 24 é apresentado um resumo das fontes de dados utilizadas no estudo, e as suas respectivas localizações.

Tabela 24: Localização das fontes de dados utilizadas para caracterização da oceanografia da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Legenda: T = Temperatura; S = Salinidade; U = componente zonal da corrente; V = componente meridional da corrente.

Fonte	Coordenadas		Parâmetro	Período	Intervalo amostral
	Latitude	Longitude			
NODC (WOA13) (pontual)	25,875°S	44,125°W	T e S	1773 – 2013	-
NODC (WOA13) (área)	25,5°S – 28,5°S	49°W -39,5°W	T e S	1773 - 2013	-
NODC (WOD13) (área)	25,15°S – 26,15°S	44,5°W – 45,5°W	T e S	1886 - 2014	-
OSTIA	22,5°S – 28,5°S	49°W -39,5°W	T	2007 – 2013	1 dia
Mercator	22,5°S – 28,5°S	49°W -39,5°W	T, S, U e V	2013	6 h
ROMS	25,76°S	44,0°W	U e V	2013	6 h
ERA-Interim	25,5°S	44W	Ondas	01/01/2006 – 31/12/2015	6 h
SWAN	22,5°S – 26°S	42,5°W – 50°W	Refração de ondas	-	-
TPX07	25,75° S	44° W	Maré	-	-

### 3.1. Caracterização dos Fenômenos de Macroescala

A área de estudo encontra-se sob influência do Giro Subtropical do Atlântico Sul (Figura 67), feição que compõe a circulação de grande escala da bacia oceânica do Atlântico Sul (PETERSON & STRAMMA, 1991).

O Giro Subtropical do Atlântico Sul é formado a partir da ação dos ventos do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), sendo composto pelas seguintes correntes superficiais: Corrente Sul Equatorial, em seu limite norte, Corrente do Atlântico Sul, limite sul, Corrente de Benguela, limite leste, e a Corrente do Brasil, limite oeste (PETERSON & STRAMMA, 1991).

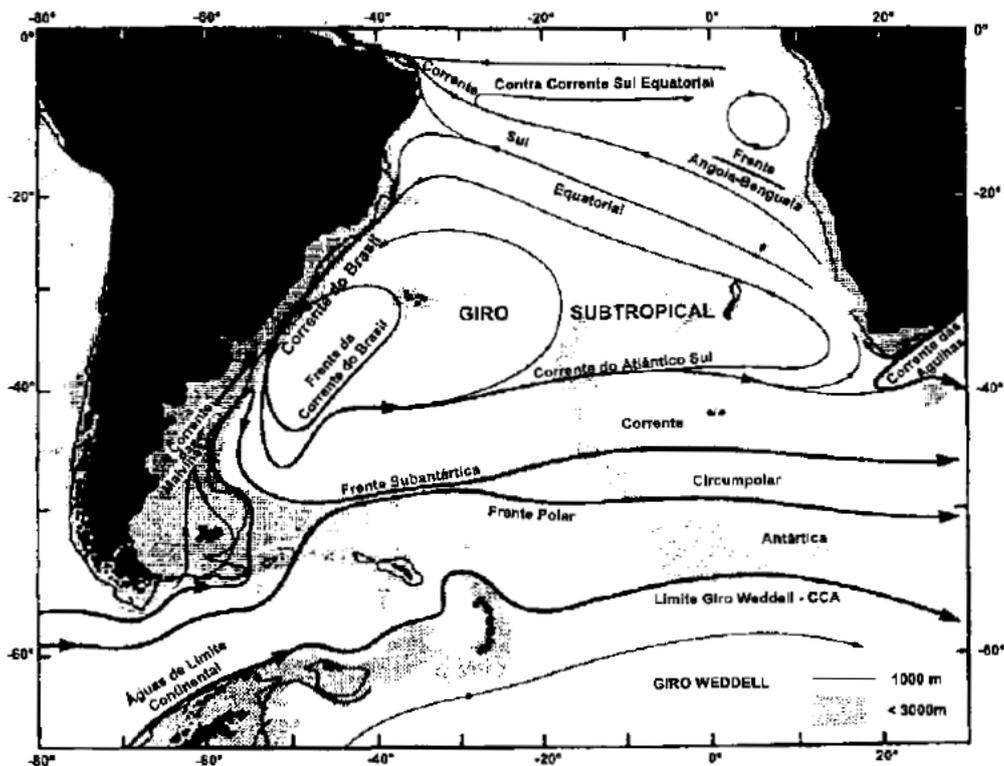


Figura 67: Representação esquemática do giro subtropical do Atlântico Sul. Fonte: Peterson & Stramma (1991).

Na Baía de Santos, em níveis superficiais até aproximadamente 400 m, predomina o fluxo da Corrente do Brasil (CB), que tem origem a partir da Corrente Sul Equatorial, que se bifurca entre aproximadamente 10 e 15° S (RODRIGUES *et al.*, 2007; SOUTELINO, 2008), originando os fluxos da Subcorrente Norte do Brasil (SNB), que flui para norte, e da CB, que flui para sul.

A CB caracteriza-se por ser uma corrente que flui para sul ao longo da área de estudo (Figura 68), transportando Água Tropical (AT) entre a superfície e 200 m e Água central do Atlântico Sul (ACAS) entre 200 e 400 m (SILVEIRA *et al.*, 2000).

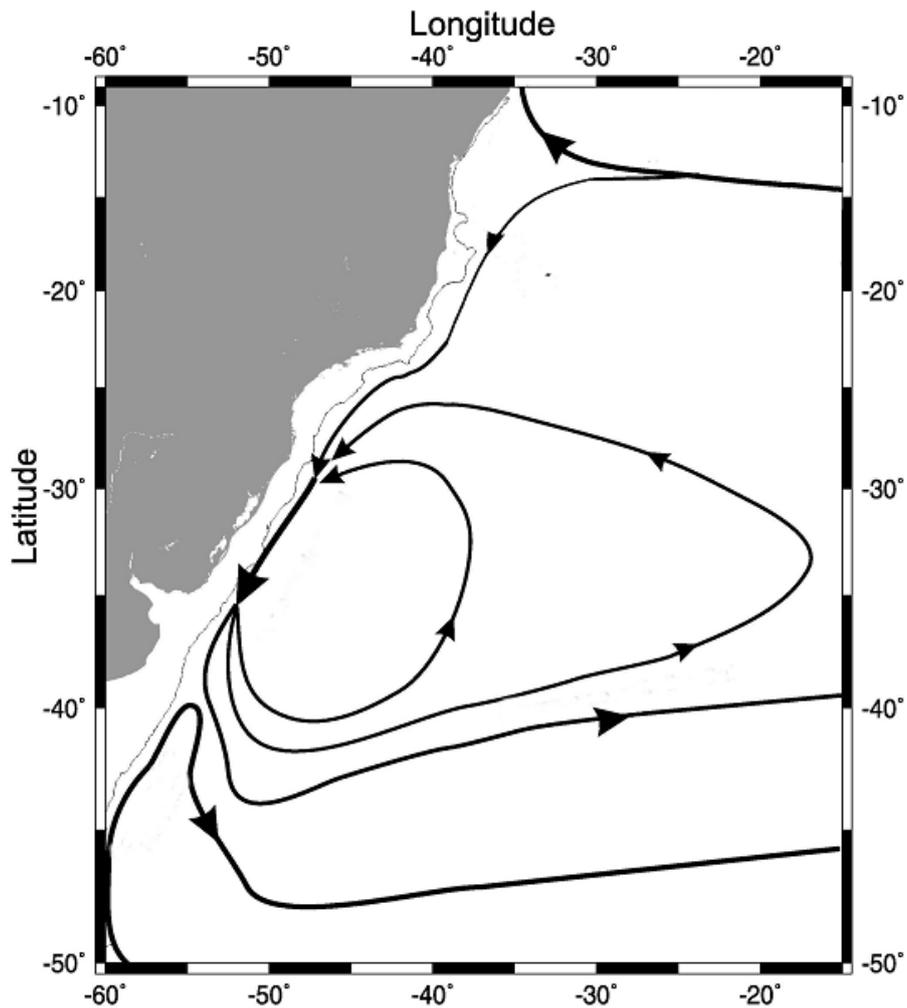


Figura 68: Representação esquemática da circulação superficial no Oceano Atlântico Sudoeste.

Fonte: Silveira (2007).

Abaixo desse nível, há um cisalhamento do fluxo e, inversão para norte entre aproximadamente 500 e 1200 m de profundidade (Figura 69), associado à Corrente de Contorno Intermediária (CCI), responsável pelo transporte da Água Intermediária Antártica (AIA) ao longo da costa sudeste brasileira (STRAMMA & ENGLAND, 1999).

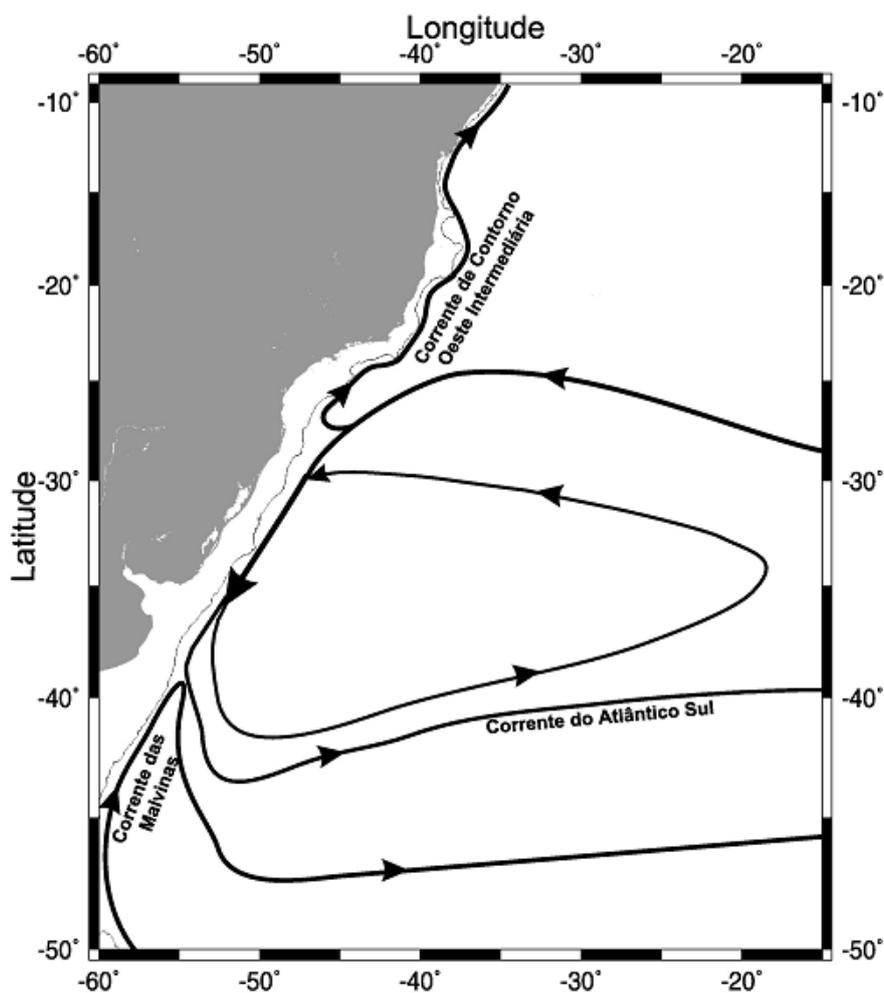


Figura 69: Representação esquemática da circulação intermediária no Oceano Atlântico Sudoeste.

Fonte: Silveira (2007).

Sob a CCI, a Corrente de Contorno Profunda (CCP) (Figura 70) transporta a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN), e tem sua circulação descrita na literatura como um escoamento organizado para sul ao longo do contorno oeste até a latitude de 32° S (SILVEIRA, 2007).

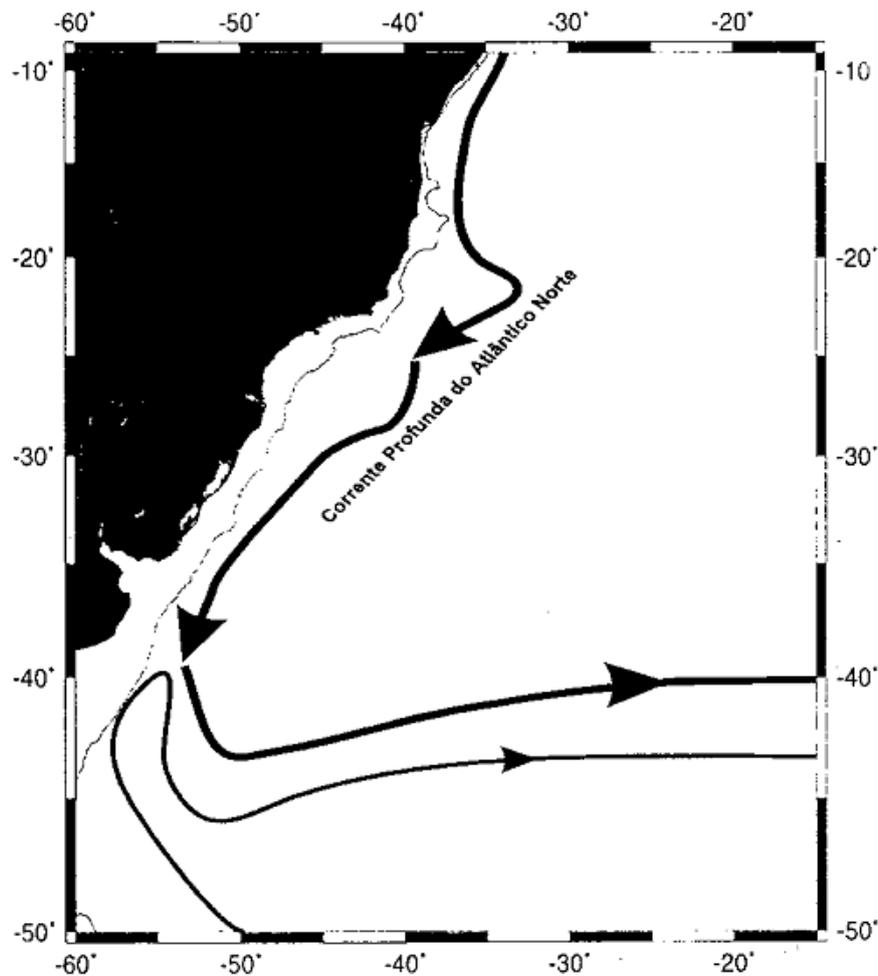


Figura 70: Representação esquemática da circulação profunda no Oceano Atlântico Sudoeste.

Fonte: Silveira *et al.* (2000).

### 3.2. Caracterização dos Fenômenos de Mesoescala

Os fenômenos transientes da Corrente do Brasil, vórtices e meandros, também são fatores bastante relevantes de sua dinâmica, sendo os primeiros observados no final da década de 1950 (DHN, 1969, *apud* FRAGOSO, 2004).

Ao largo da região sudeste, há uma intensa atividade de mesoescala, com meandros e vórtices sendo observados, principalmente entre Vitória (20° S) e o Cabo de Santa Marta (28° S), com destaque na recorrente formação de meandros e vórtices em Vitória, Cabo de São Tomé e Cabo Frio (CALADO, 2006; SILVEIRA, 2007).

Mascarenhas *et al.* (1971) foram os primeiros a descrever os meandramentos e vórtices da CB ao largo do sudeste brasileiro. Os autores descreveram estruturas ciclônicas e anticiclônicas na região ao largo de Cabo Frio, a partir de mapas de topografia dinâmica.

Campos *et al.* (1995) indicaram que a formação de vórtices na região de Cabo Frio (23° S) seria ocasionada pela mudança abrupta da orientação da linha de costa e ao gradiente batimétrico da região. Segundo o autor, ao se deslocar sobre essa região onde a orientação da linha de costa muda para o eixo leste-oeste, a CB segue por inércia rumo ao sul, atingindo, assim, regiões mais profundas. Ao atingir essas regiões a CB sofre um estiramento e adquire vorticidade ciclônica, inflexionando-se de volta em direção à plataforma continental. Este processo desencadearia uma onda de vorticidade ao longo da Baía de Santos.

Segundo Calado (2006), a presença dos vórtices de Vitória e do Cabo de São Tomé sugere que essa onda de vorticidade gerada ao longo da costa sudeste brasileira pode ser originada mais ao norte, em 19° S, onde a CB meandraria para contornar o Banco de Abrolhos, passando posteriormente pela cadeia Vitória-Trindade. Este processo poderia favorecer o desencadeamento da formação dos vórtices de Vitória (VV), do Cabo de São Tomé (VCST), e de Cabo Frio (VCF), como exemplificado na Figura 71.

Os vórtices da CB inserem variabilidade no regime de correntes, alterando o padrão clássico de circulação da CB. No caso do VV, VCST e VCF, as correntes predominantes para S e SW associadas a CB são substituídas por um circulação de sentido horário, com diâmetro da ordem de 100 km.

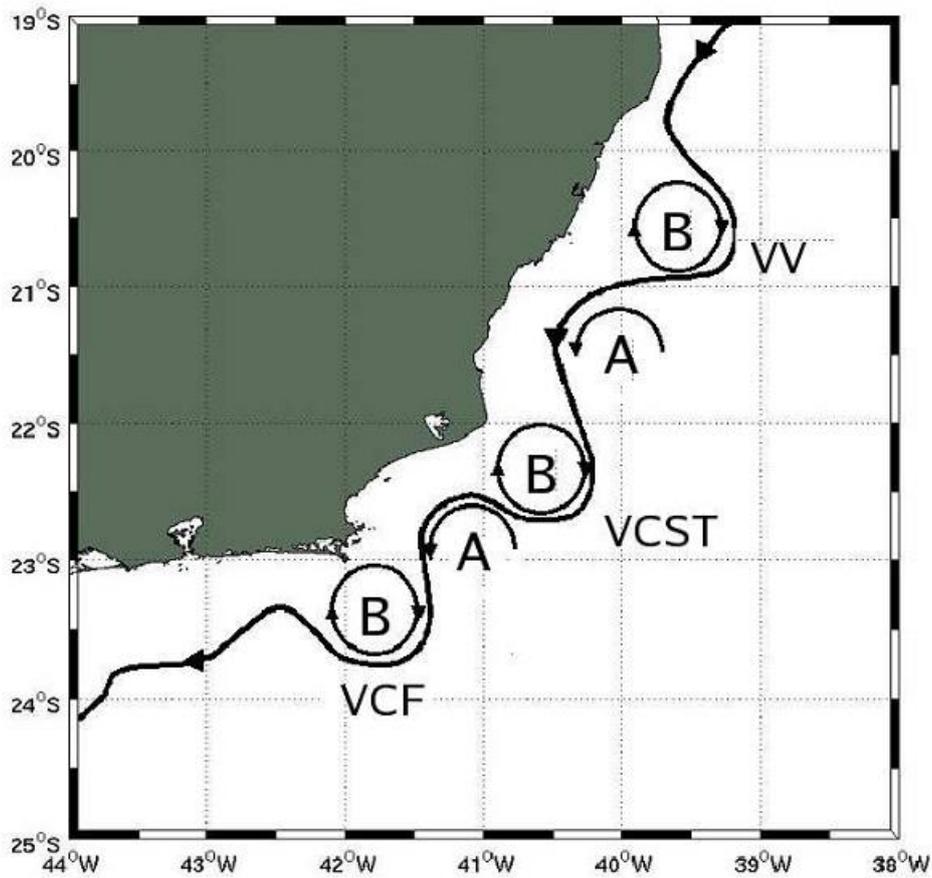


Figura 71: Esquema do trem de ondas formado pelo meandramento da CB. Destaque para o Vórtice de Vitória (VV), Vórtice do Cabo de São Tomé (VCST) e Vórtice de Cabo Frio (VCF). A e B significam centros de alta e baixa pressão, respectivamente. Fonte: Calado (2006).

Em relação aos transportes de volume, Silveira (2007) aponta que é pequena a quantidade de estimativas de transporte calculado para a CB na região da costa sudeste brasileira. Dentre estas, a maioria é proveniente de cálculos geostróficos. A Tabela 25 e a Tabela 26 apresentam um resumo das estimativas de transporte obtidas ao largo da costa sudeste brasileira entre 20° S e 28° S para a CB e CCI, respectivamente.

Tabela 25: Estimativas de transporte de volume e da velocidade máxima da Corrente do Brasil entre 20°S e 28°S. Os sinais negativos denotam direção para sul-sudoeste. Fonte: Adaptado de Silveira *et al.* (2000) e Silveira (2007).

Latitude	Prof. Referência	Transporte (Sv)	Referência
20° 3' S	590-630	-1,6	Stramma <i>et al.</i> (1990)
21° S	600	-9,4	Schimid <i>et al.</i> (1995)
21° S	numérico	-6,7	Silveira <i>et al.</i> (2005)
21° S	numérico	-7,9	Silveira <i>et al.</i> (2005)
21° 40' S	500	-4,4	Evans <i>et al.</i> (1983)
22° S	600	-5,2	Signorini (1978)
22° S	medições de correntes	-5,5±2,6	Lima (1997)
22° S	numérico	-7,1	Lima (1997)
22° S	numérico	-5,1±3,2	Fragoso (2004)
23° S	600	-6	Signorini (1978)
23° S	550	-2,2/2,7	Miranda & Castro Filho (1979)
23° S	medições de correntes	-11	Evans & Signorini (1985)
23° S	medições de correntes	-6	Garfield (1990)
23° S	600/1300	-10,1/10,9	Stramma (1989)
23° S	medições de correntes	-1,3	Muller <i>et al.</i> (1998)
23° 30' S	600	-9,4	Signorini (1978)
24° S	1300	-7,5	Evans <i>et al.</i> (1983)
24° S	600/1300	-9,4/-10,1	Stramma (1989)
24° S	750/900	-7,3/-8,8	Campos <i>et al.</i> (1995)
24° S	600/1300	-9,4/-10,1	Stramma (1989)
25° S	750	-7,3	Campos <i>et al.</i> (1995)
28° S	medições de correntes	-11,4	Muller <i>et al.</i> (1998)

Tabela 26: Estimativas de transporte de volume e da velocidade máxima da CCI entre 21°S e 24°S. Os sinais negativos denotam direção para sul-sudoeste. Fonte: Adaptado de Silveira (2007).

Latitude	Prof. Referência	Transporte (Sv)	Referência
21° S	1500	4,0	Schimid <i>et al.</i> (2000)
21° S	1500	4,8	Böebel <i>et al.</i> (1997)
21° S	Numérico	3,8	Silveira <i>et al.</i> (2005)
21° S	Numérico	6,0	Silveira <i>et al.</i> (2005)
22° S	Por fundeio	5,1±2,8	Lima. (1997)
22° S	Numérico	1,9	Lima (1997)
23° S	Por fundeio	1,3	Müller <i>et al.</i> (1998)
23° S	Flutuadores	4,0±2	Böebel <i>et al.</i> (1999)
24° S	1500	2,9	Böebel <i>et al.</i> (1997)

A existência de células de recirculação associadas às correntes de contorno oeste poderia explicar as variações do transporte de volume ao longo de seu percurso (MATTOS, 2006).

Figuras esquemáticas de topografia dinâmica, como o elaborado por Vianna & Menezes (2005) (Figura 72), demonstram a ocorrência de uma subdivisão do Giro Subtropical do Atlântico Sul em duas células de circulação, centradas em aproximadamente 23° S e 30° S, apresentando movimento anticiclônico.

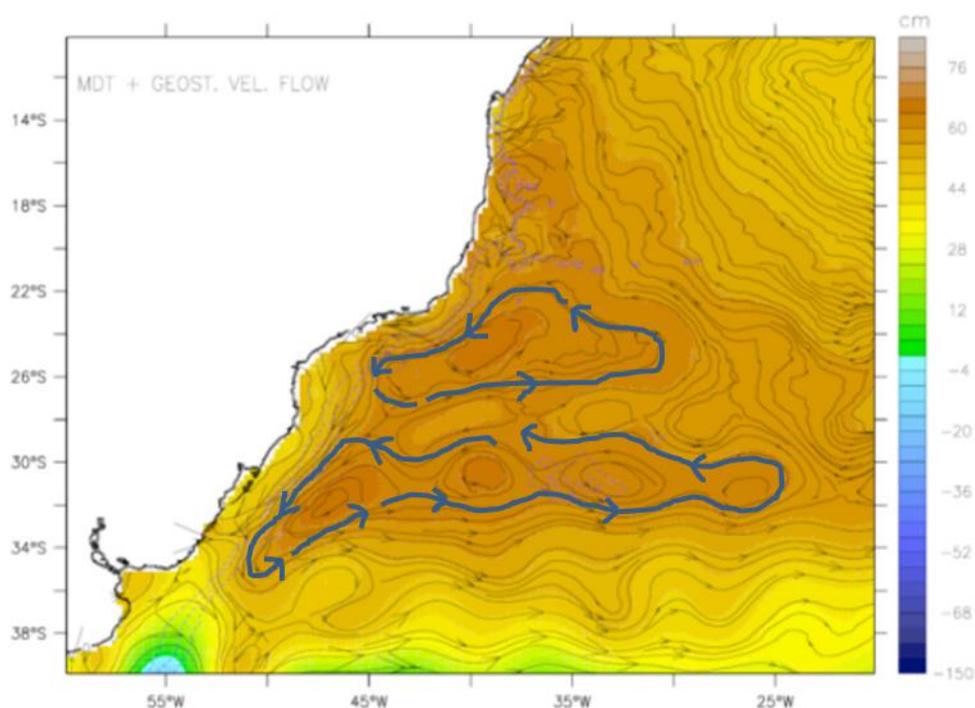


Figura 72: Figura esquemática de topografia dinâmica na região sudoeste do Atlântico Sul evidenciando a ocorrência de um giro subtropical subdividido em duas células de recirculação.

Adaptado de Vianna & Menezes (2005).

Mattos (2006) destaca que, próximo a 27° S, parte do fluxo da CB se separa do contorno oeste, caracterizando a Contracorrente Subtropical do Atlântico Sul (CCST-AS), com o ramo sul da célula de recirculação localizado mais ao norte. Uma representação do sistema de recirculação verificado pelo autor a partir de dados hidrográficos pode ser observado na Figura 73

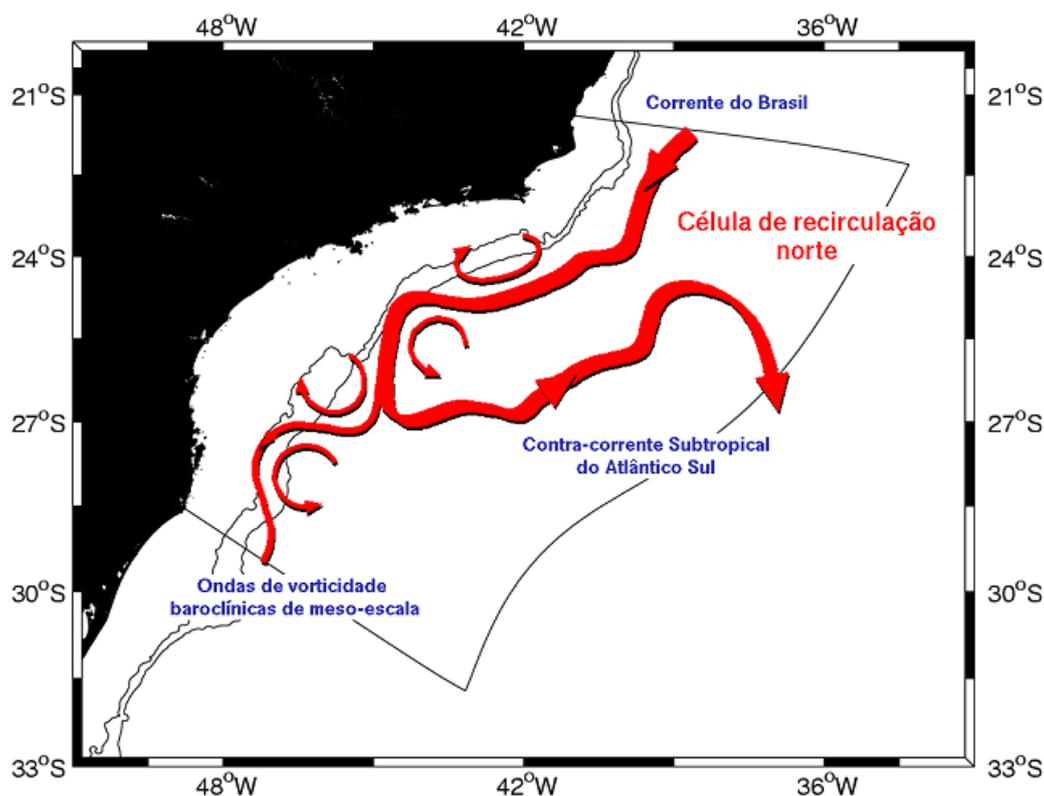


Figura 73: Representação esquemática da recirculação observada por Mattos (2006). Fonte: Mattos (2006).

Além disso, na região da plataforma continental sudeste brasileira, é observado o movimento de uma pluma de água fria que flui do sul em direção ao norte. Souza & Robinson (2004) denominaram esse fenômeno de Corrente Costeira do Brasil (CCB), e indicaram que a pluma sobe a plataforma continental entre abril e agosto, atingindo latitudes até aproximadamente 24°S.

A ocorrência de eventos de ressurgência é outra característica a ser destacada na área de estudo. Esse fenômeno ocorre na região costeira, principalmente em Cabo Frio e Arraial do Cabo – RJ.

Os ventos predominantes de nordeste, gerados pelo Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), e a mudança de orientação da linha de costa de norte-sul para leste-oeste, a partir de Cabo Frio, contribuem para a ocorrência da ressurgência na região (MASCARENHAS *et al.*, 1971; ODA, 1997), uma vez que o transporte de Ekman, que se dá à esquerda da direção do vento, força as águas superficiais em direção ao oceano.

No caso de Cabo Frio e Arraial do Cabo, ocorre o afloramento da ACAS em superfície, e a disponibilidade dessa massa d'água em camadas mais rasas da plataforma continental ao largo dessa região é outro fator importante para que o mecanismo de ressurgência possa ocorrer na região (TORRES JR., 1995 *apud* FRAGOSO, 2004).

Em estudo sobre a variabilidade interanual da ressurgência, Calil Elias (2009) verificou que o fenômeno na região apresentou uma resposta efetiva à persistência do vento local e em maior escala. Entretanto, o autor concluiu que o vento não foi capaz de explicar toda a variabilidade encontrada, sugerindo uma possível influência de outras forçantes no fenômeno.

Na Figura 74 é apresentada uma representação esquemática dos principais fenômenos de mesoescala descritos para a região de estudo, associados ao Sistema Corrente do Brasil. Denomina-se como Sistema Corrente do Brasil, o sistema formado pelas feições oceanográficas geradas pela própria CB, seus meandros e vórtices e pela subjacente Corrente de Contorno Intermediária (GODOI, 2005).

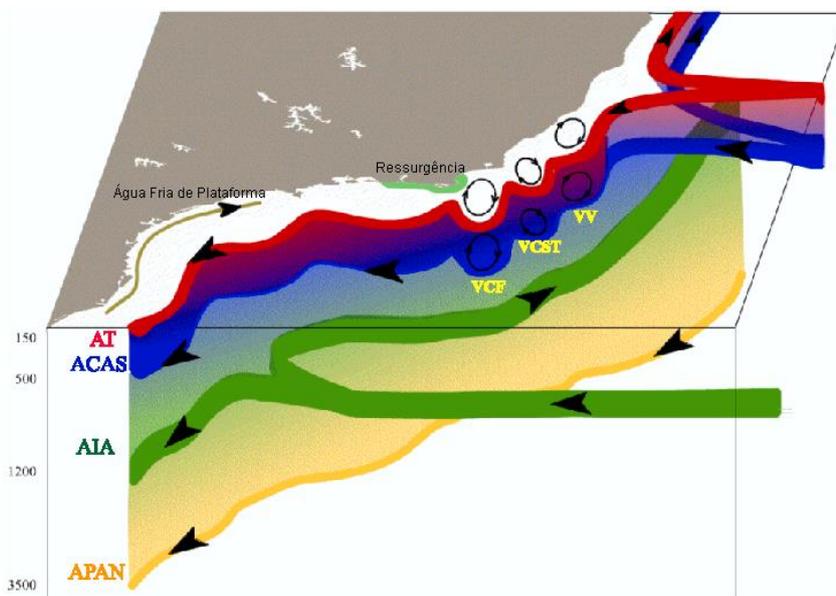


Figura 74: Representação esquemática do Sistema Corrente do Brasil, e dos principais fenômenos associados à esse Sistema na região sudeste do Brasil. Fonte: Godoi (2005).

### 3.2.1 Temperatura, salinidade e densidade

Para avaliar a variação vertical de temperatura, salinidade e densidade na região da Baía de Santos, foram utilizados os dados da climatologia sazonal WOA13 (*World Ocean Atlas*, 2013) do NODC.

Os campos que compõem a base de dados da climatologia WOA13 consistem da análise objetiva dos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos, em navios de pesquisa e de oportunidade. Essa análise objetiva utiliza dados irregularmente espaçados, gerando uma grade global com resolução espacial de  $1/4^\circ$ . Esses 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. Os dados da climatologia WOA13 podem ser obtidos através da sua página na internet ([http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA13/pr\\_woa13.html](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOA13/pr_woa13.html)). Maiores informações sobre as bases climatológicas do WOA13 podem ser obtidas em Locarnini *et al.* (2013) e Zweng *et al.* (2013).

Os dados utilizados foram extraídos de um ponto de grade na região central do Bloco BM-S-8, localizado em 25,875°S e 44,125°W, conforme apresentado na Figura 75.

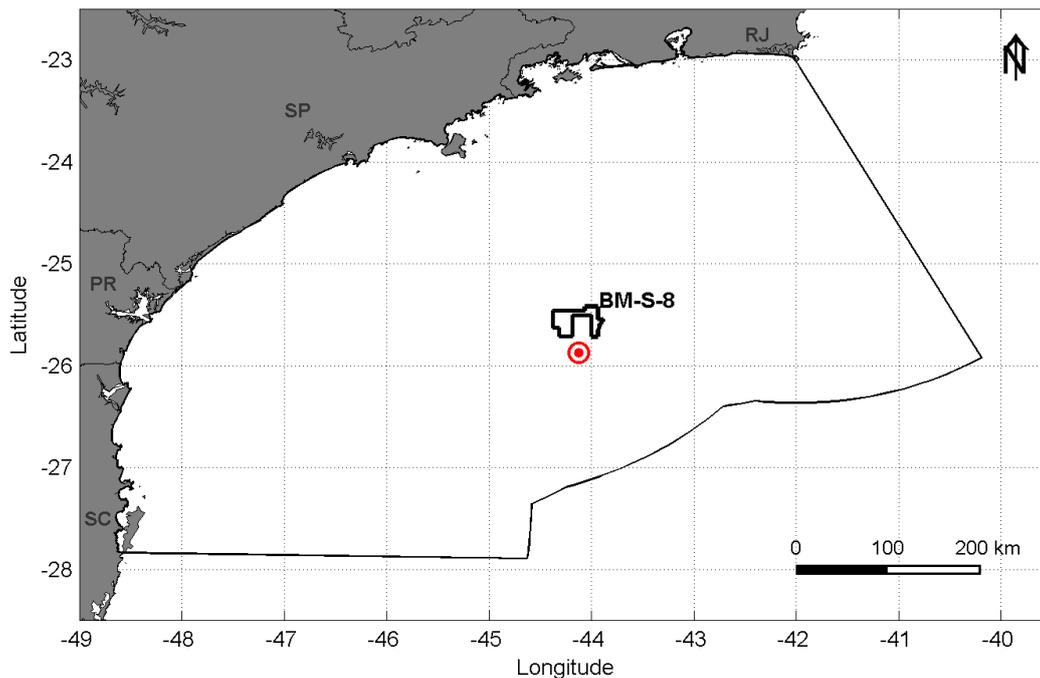


Figura 75: Mapa com a localização do ponto de grade do WOA13 utilizado para caracterização de temperatura, salinidade e densidade da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos.

Os perfis de temperatura, salinidade e densidade para as 4 estações do ano são apresentados da Figura 76 a Figura 79.

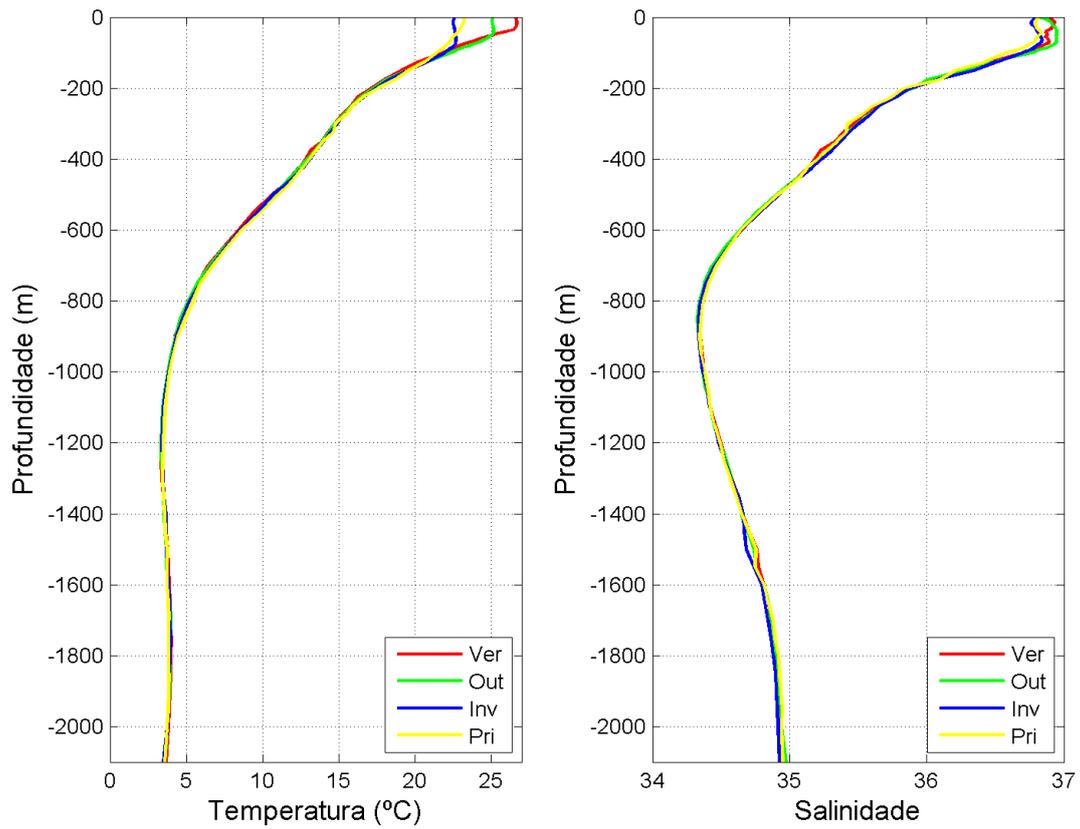


Figura 76: Perfis de temperatura e salinidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

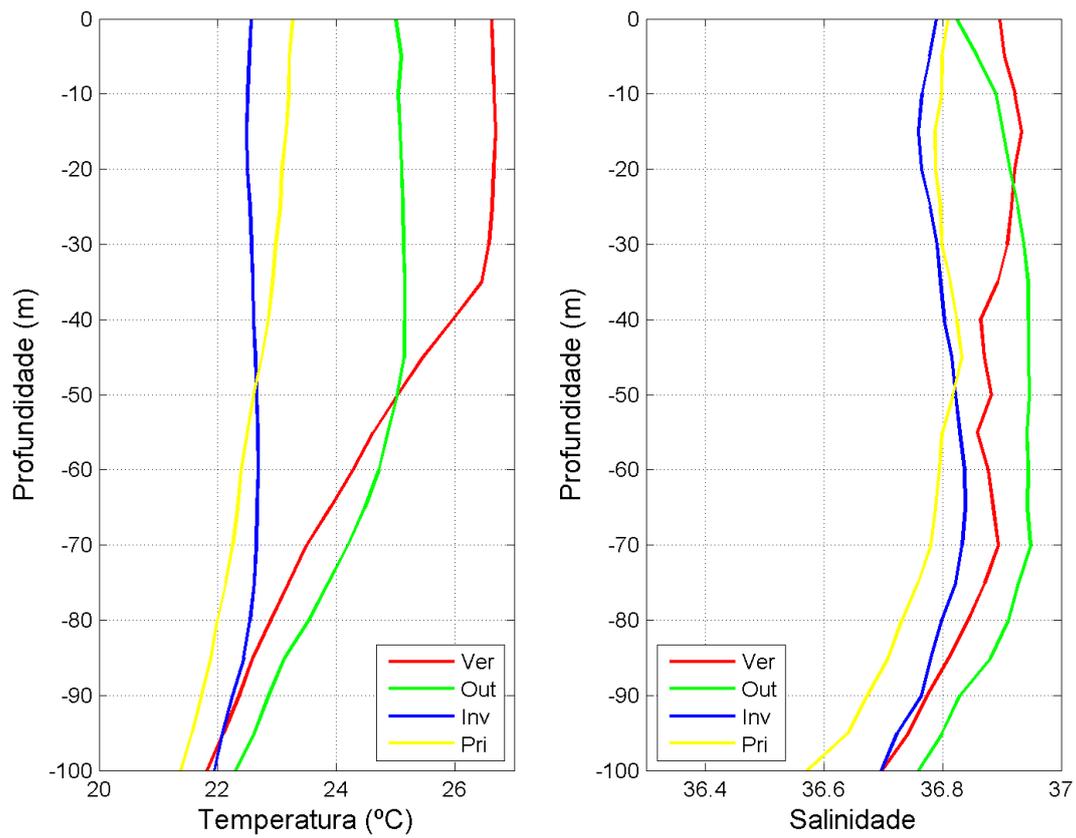


Figura 77: Perfis de temperatura e salinidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Detalhamento para os primeiros 100 metros de coluna d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

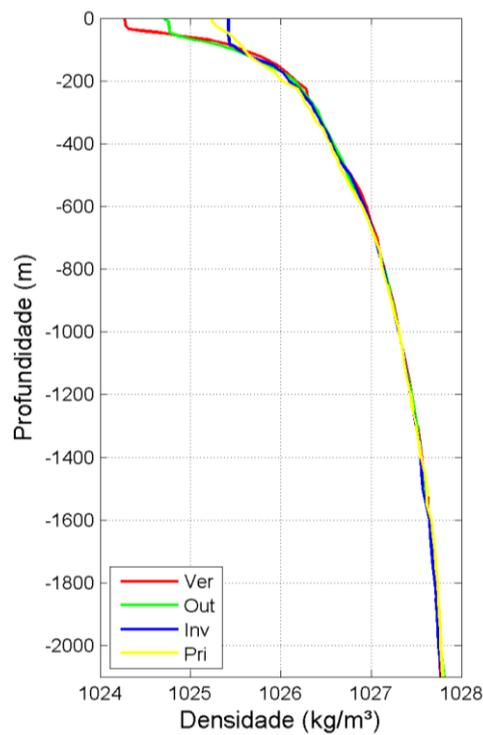


Figura 78: Perfis de densidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

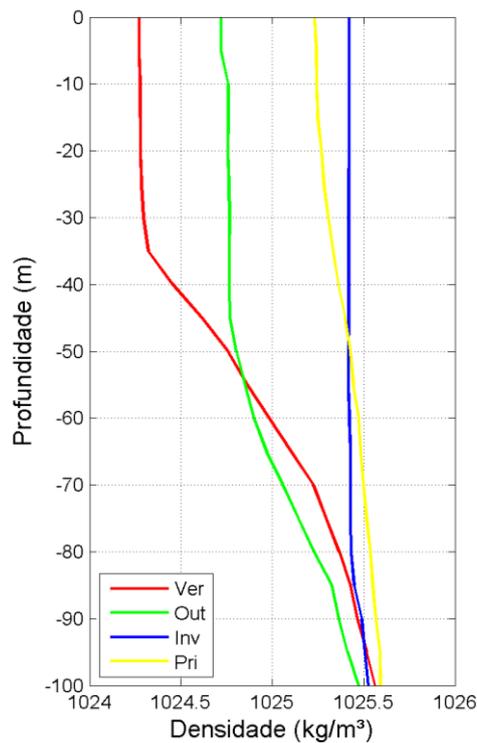


Figura 79: Perfis de densidade para as quatro estações do ano na região do Bloco BM-S-8. Detalhamento para os primeiros 100 metros de coluna d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

Ao analisar os perfis apresentados anteriormente, nota-se uma marcada sazonalidade nas variáveis analisadas, nos primeiros 100 metros da coluna d'água. Devido à diferença na intensidade da incidência de radiação solar, a temperatura da água nos primeiros 50 metros da coluna d'água varia expressivamente entre as estações do ano, com máxima em superfície de aproximadamente 26,5° C no verão e de aproximadamente 22,5° C no inverno. Como esperado, nas estações de transição (outono e primavera) os valores de temperatura são intermediários a esses dois valores, sendo maiores no outono. Abaixo de 100 metros, não existem variações expressivas entre os perfis de temperatura, salinidade e densidade nas diferentes estações do ano (Tabela 27).

A salinidade apresenta pouca amplitude de variação, como esperado. Em superfície, é menor no período de inverno (36,62), e maior no verão (36,80). Há um pequeno aumento nos valores de salinidade à medida que se aproxima da base da camada de mistura (~50 m). Entre 50 m e aproximadamente 800 m de profundidade, há uma queda brusca nos valores de salinidade, caracterizando a haloclina da região. O mínimo de salinidade (~34,50) pode ser observado em 800 m de profundidade e está associado ao núcleo da Água Intermediária Antártica.

Os perfis de densidade apresentam padrão inverso ao da temperatura, pois as variações de temperatura são maiores que as de salinidade no oceano. As termoclina, haloclina e picnoclina da região se estendem até aproximadamente 800 m de profundidade.

Da Tabela 27 a Tabela 29 são apresentadas as temperaturas, salinidades e densidades climatológicas nas profundidades de 0, 50, 100, 500, 1000 e 2000 m na região do Bloco BM-S-8.

Tabela 27: Variação sazonal da temperatura climatológica (°C) na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

<b>Profundidade</b>	<b>Verão</b>	<b>Outono</b>	<b>Inverno</b>	<b>Primavera</b>
0	26,22	24,91	22,33	23,12
100	20,75	21,90	21,58	21,50
500	10,32	10,41	10,51	10,69
1000	3,75	3,74	3,78	3,73
2000	3,72	3,69	3,73	3,63

Tabela 28: Variação sazonal da salinidade climatológica na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

Profundidade	Verão	Outono	Inverno	Primavera
0	36,80	36,73	36,62	36,79
100	36,53	36,67	36,60	36,62
500	34,86	34,87	34,88	34,90
1000	34,36	34,36	34,35	34,36
2000	34,93	34,92	34,90	34,93

Tabela 29: Variação sazonal da densidade climatológica (kg/m<sup>3</sup>) na região do Bloco BM-S-8 em diferentes profundidades. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 – 2013.

Profundidade	Verão	Outono	Inverno	Primavera
0	1024,33	1024,68	1025,35	1025,25
100	1025,73	1025,52	1025,55	1025,59
500	1026,79	1026,78	1026,77	1026,75
1000	1027,30	1027,30	1027,29	1027,30
2000	1027,76	1027,75	1027,74	1027,77

Para a análise da variação espacial e sazonal dessas variáveis na região da Baía de Santos, são apresentadas as seções horizontais de temperatura, salinidade e densidade, em superfície, 100, 500, 1000 e 2000 m, para as quatro estações do ano (Figura 80 a Figura 94).

É marcante no período de verão a presença do sinal da ressurgência de Cabo Frio (região próxima a 23°S e 42°W) no mapa de temperatura superficial. Apesar de não apresentar os valores de temperatura típicos da massa d'água de ressurgência (abaixo de 18°C), sua ocorrência causa a diminuição nos valores médios de temperatura.

Em geral, em todas as estações do ano, as maiores temperaturas na Baía de Santos são verificadas na região da Corrente do Brasil e as menores na região costeira próxima ao limite sul da baía. As maiores temperaturas observadas na região da Corrente do Brasil em superfície e a 100 metros são associadas à massa de água Água Tropical (AT), caracterizada como quente e salina devido aos intensos fluxos de radiação e evaporação (ILSON, 2007). Abaixo desta, a 500 metros, ainda é possível notar a influência da Corrente do Brasil, porém com temperaturas mais baixas, caracterizando a presença da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). Em profundidades de 500 a 1200 metros, conforme descrito na seção de caracterização de macroescala, a região passa a ser influenciada pela CCI, e o campo de temperatura observado nas seções horizontais é associado à massa d'água Água Intermediária

Antártica. Os campos de temperatura a 2000 metros são associados à massa d'água Água Profunda do Atlântico Norte (APAN).

Conforme observado nas seções horizontais (Figura 80), os campos de temperatura superficiais climatológicos apresentam grandes diferenças sazonais, de  $-26,5\text{ °C}$  no verão até  $-22,5\text{ °C}$  no inverno (aproximadamente  $4\text{ °C}$ ), associadas à variabilidade no fluxo de radiação ao longo do ano. Nas demais profundidades, não se observaram variações sazonais significativas.

Para a salinidade, como esperado, há pouca variabilidade sazonal, com valores de salinidade superficial (Figura 85) entre 36,5 e 37 em todas as estações, na região do Bloco BM-S-8. Os maiores valores de salinidade encontram-se na região da Corrente do Brasil, e os menores na região costeira, associados à influência da massa d'água Água Costeira (AC) que apresenta menor salinidade pela influência do aporte fluvial. No período de inverno, menores salinidades são observadas na região sul da baía, devido à presença da Corrente Costeira. Em 500 m e 1000 de profundidade, observam-se salinidades mais baixas, associadas à Água Intermediária Antártica (Figura 87 e Figura 88).

A Corrente Costeira mencionada é um importante fenômeno sazonal que ocorre sobre a plataforma continental e consiste na penetração de uma pluma de água fria vinda do sul, durante o período de outono/inverno. A subida desta pluma já foi registrada em diversos trabalhos, através da assinatura termal na superfície do mar (SOUZA & ROBINSON, 2004), pela trajetória de derivadores (ASSIREU *et al.*, 2003), a partir de dados hidrográficos (CAMPOS *et al.* 1996; MOLLER *et al.*, 2008), modelagem numérica (PIOLA *et al.*, 2005) e através da biomassa fitoplanctônica (CIOTTI *et al.*, 1995). O trabalho de Souza & Robinson (2004) classificou essas variações sazonais como a presença de uma corrente costeira (Corrente Costeira Brasileira - CCB).

Os mapas de densidade (Figura 90 a Figura 94), em geral, seguem o comportamento inverso ao da temperatura.

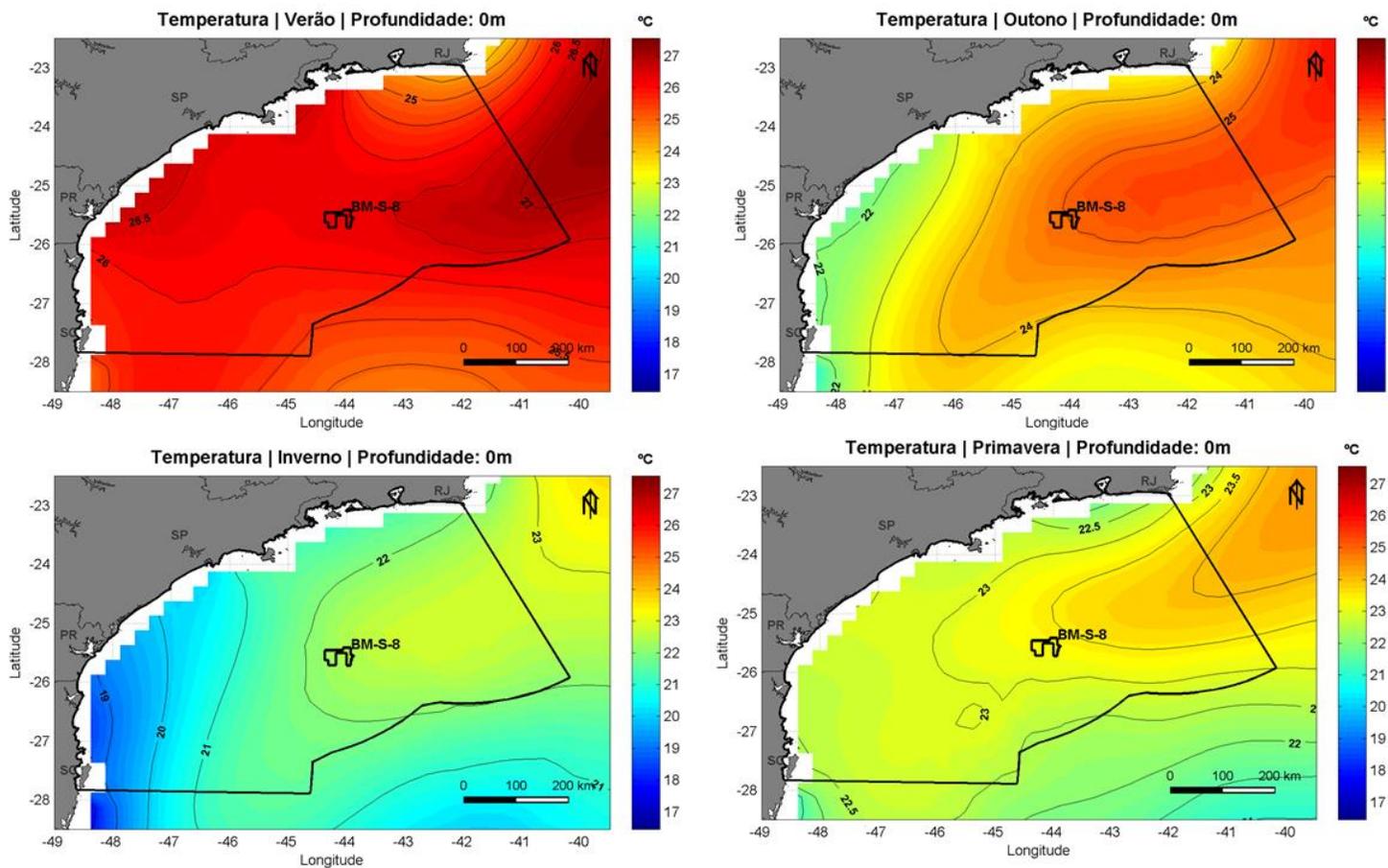


Figura 80: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

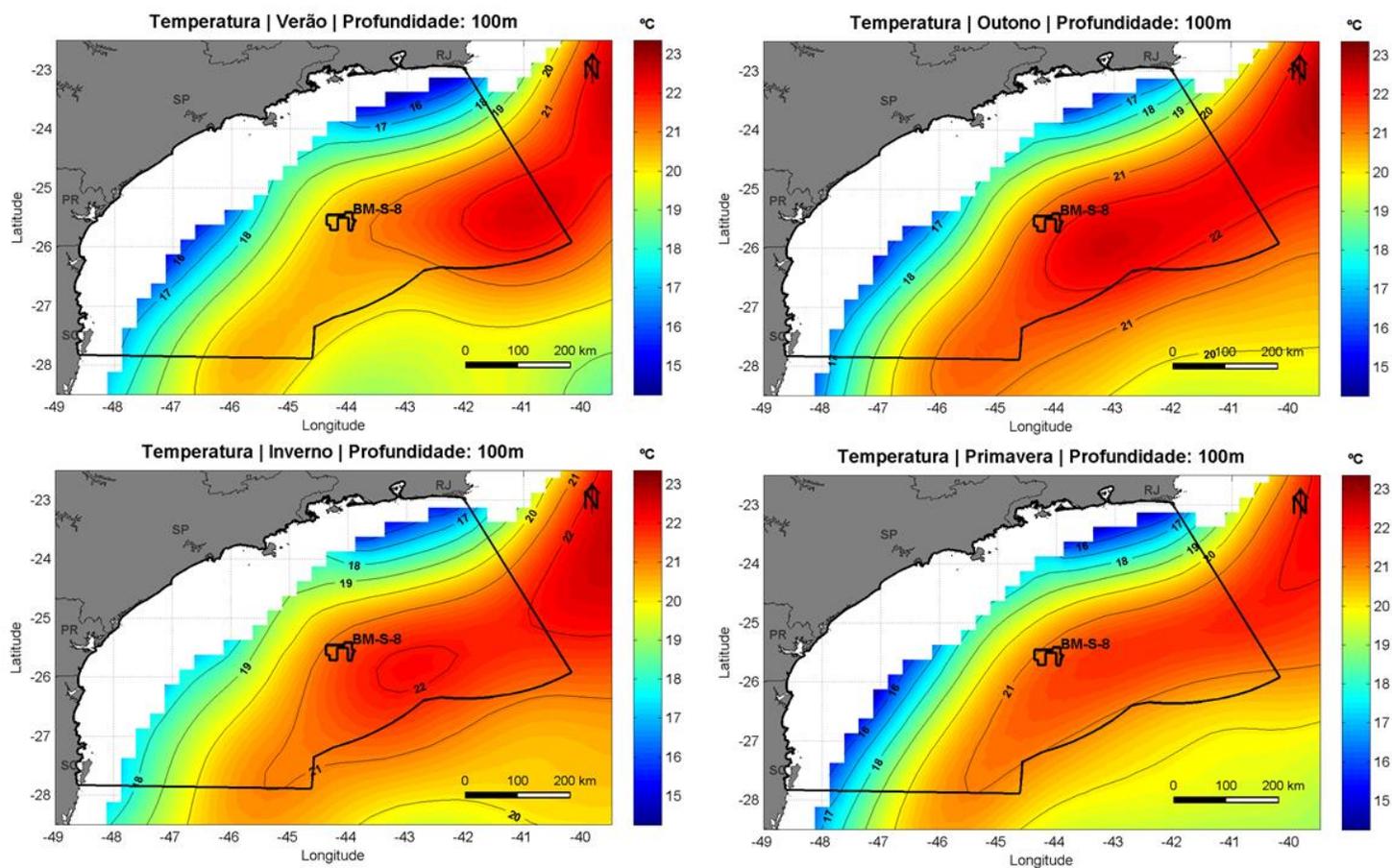


Figura 81: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

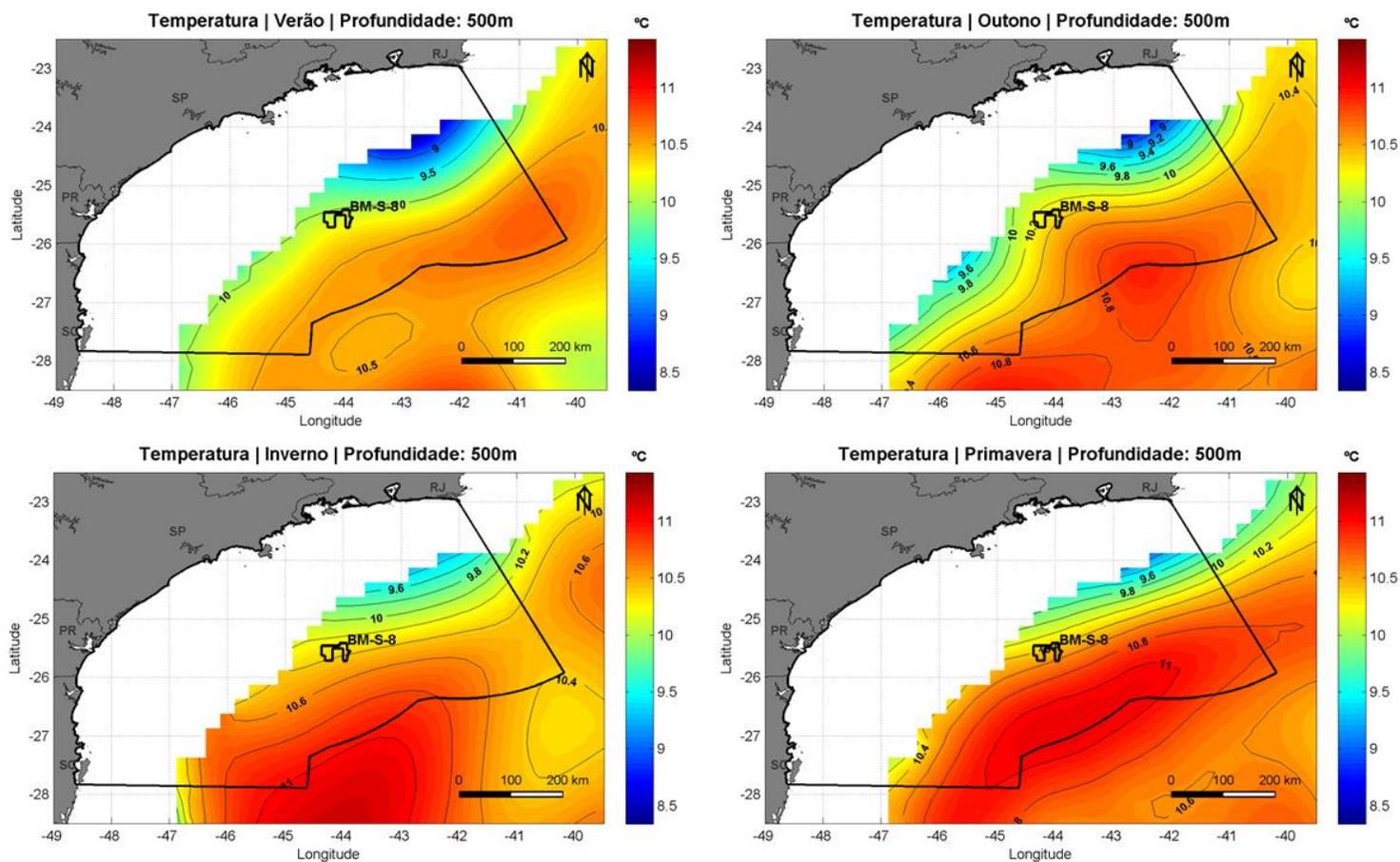


Figura 82: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

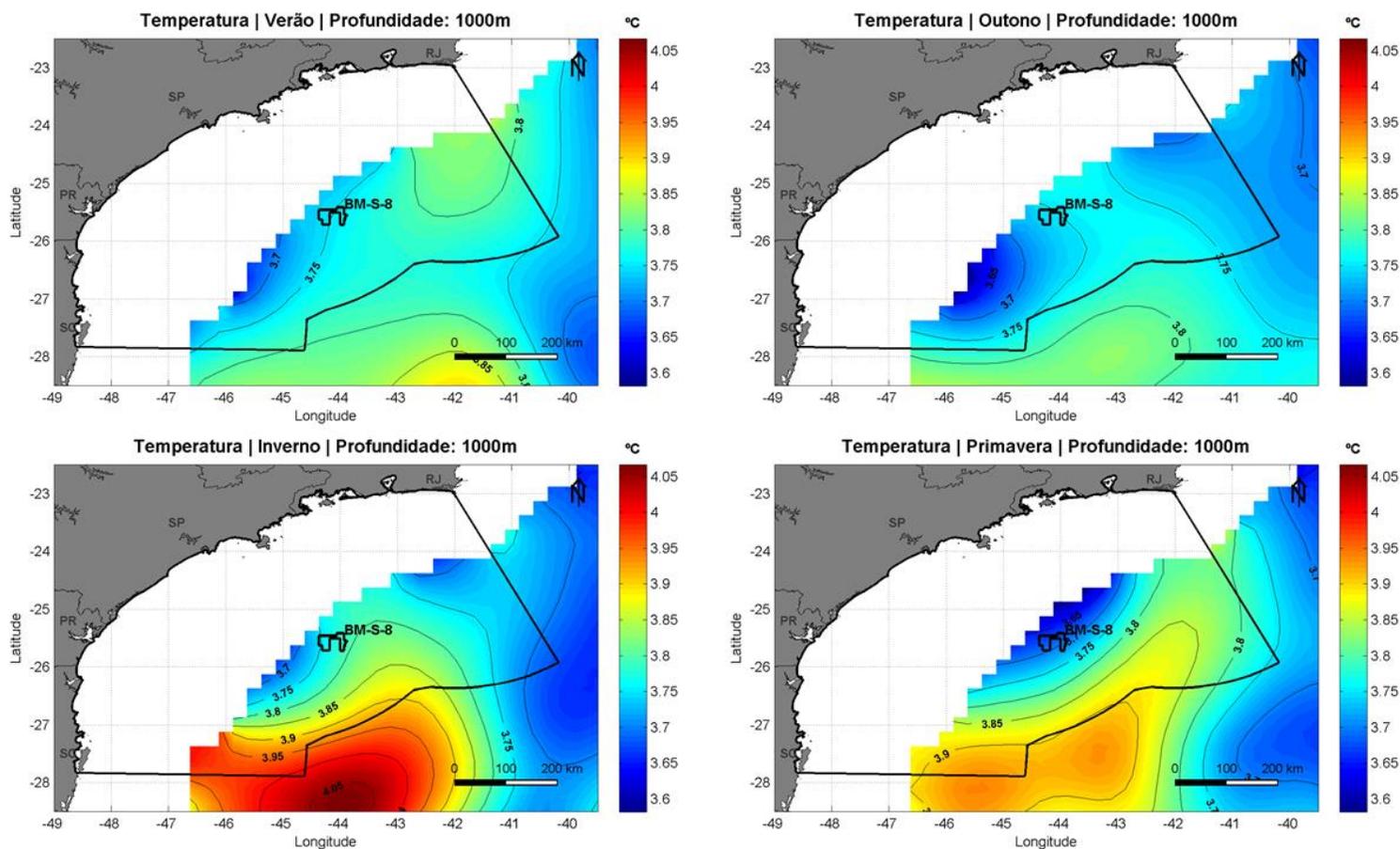


Figura 83: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

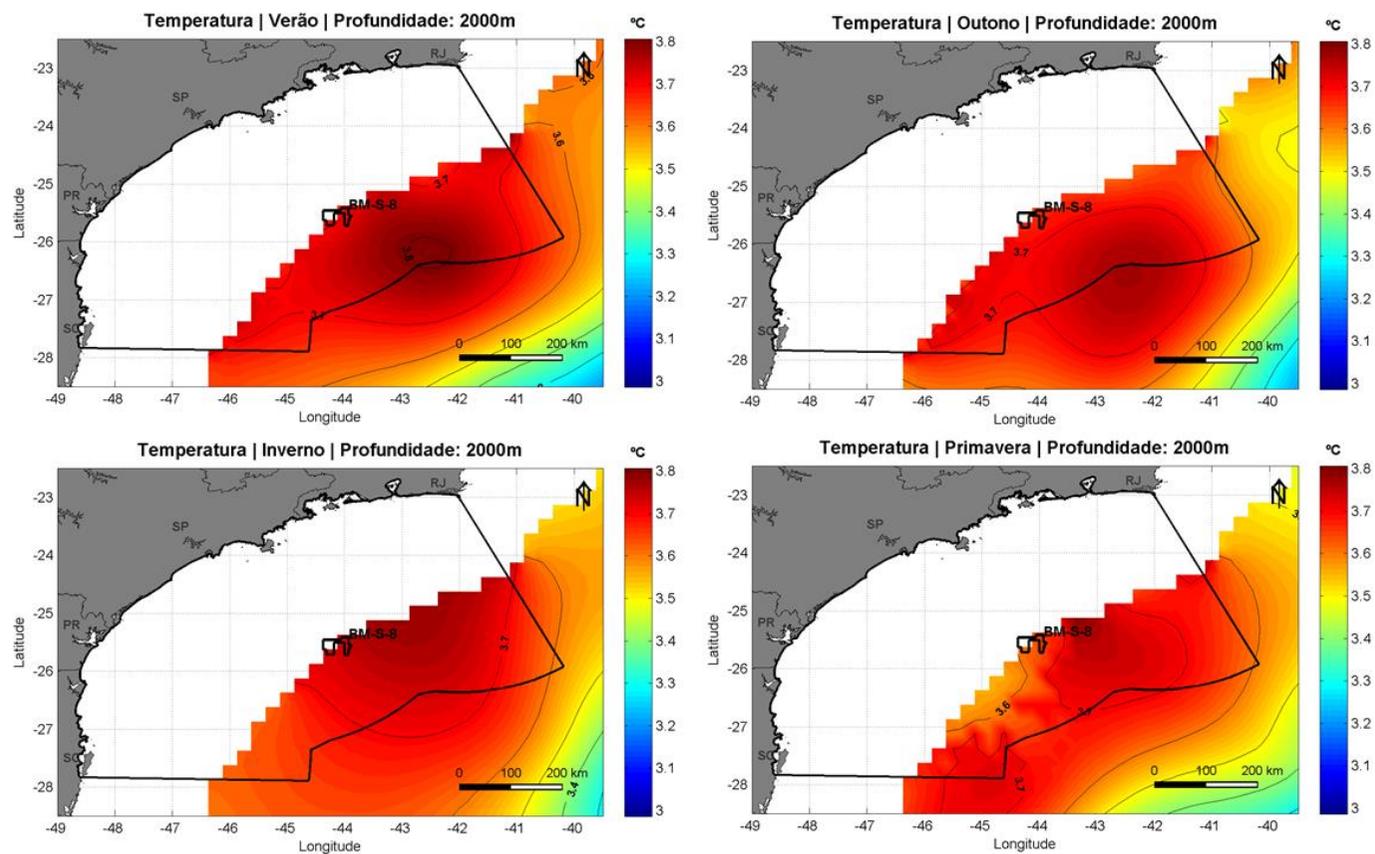


Figura 84: Seção horizontal de temperatura (°C) na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

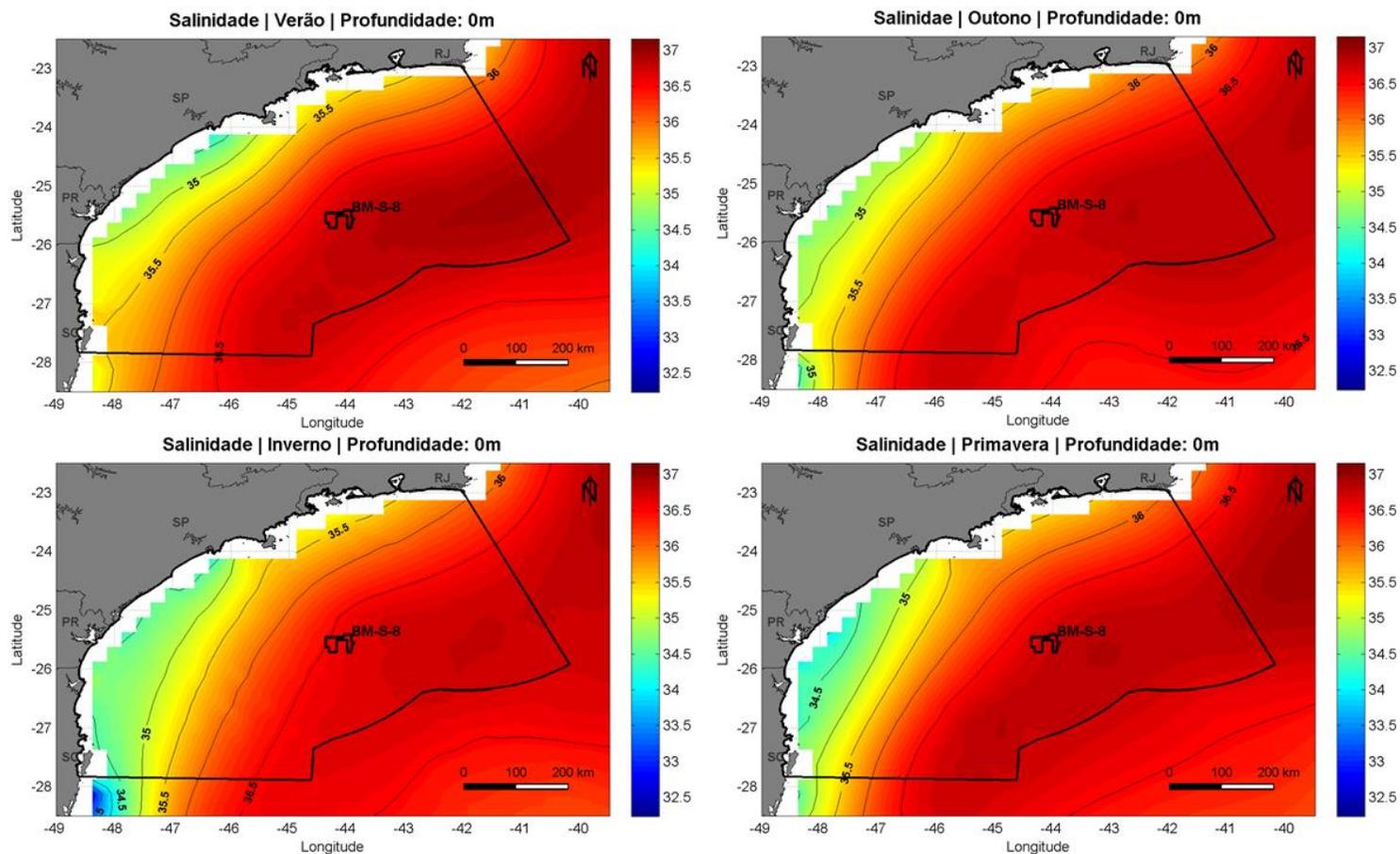


Figura 85: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

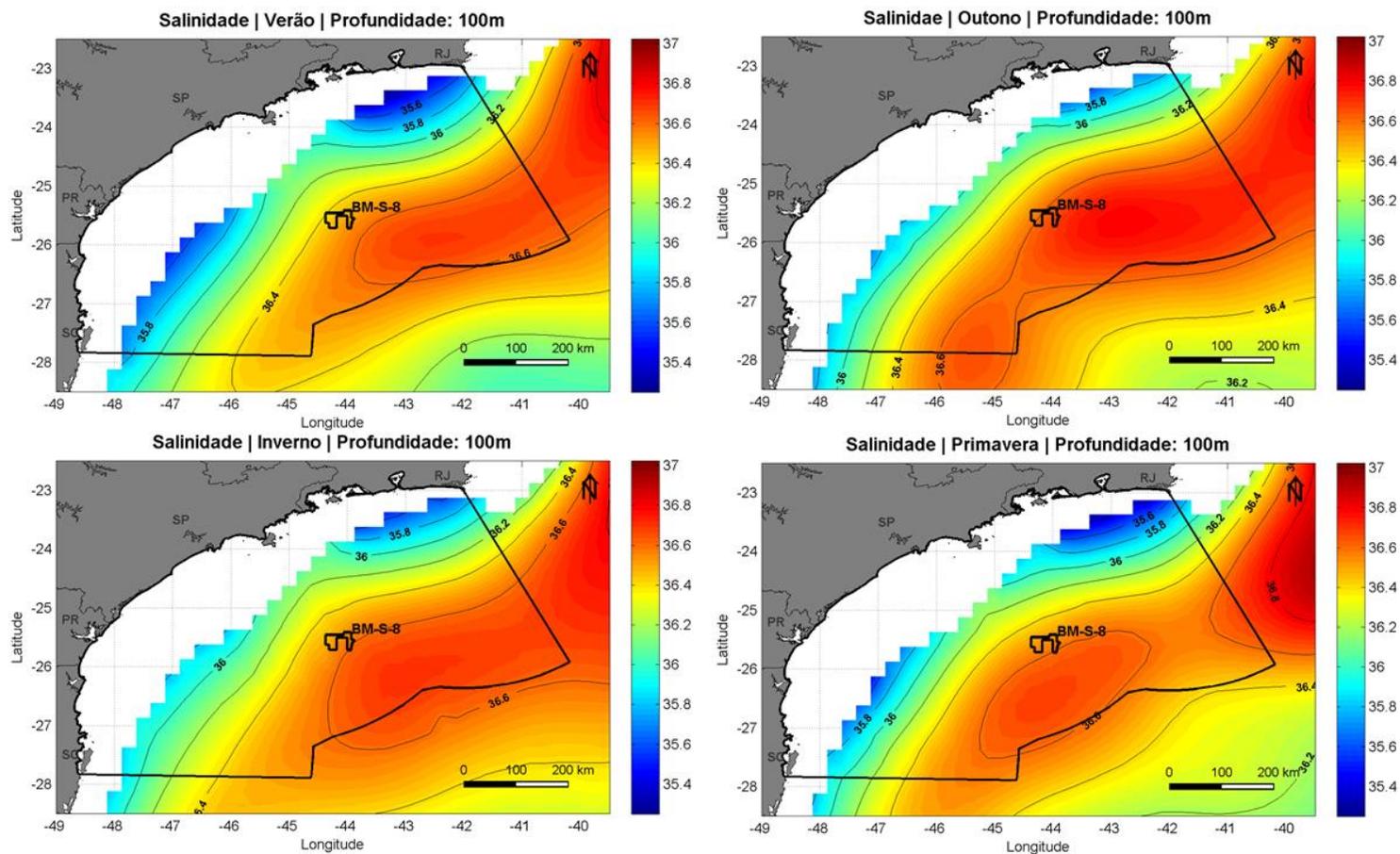


Figura 86: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

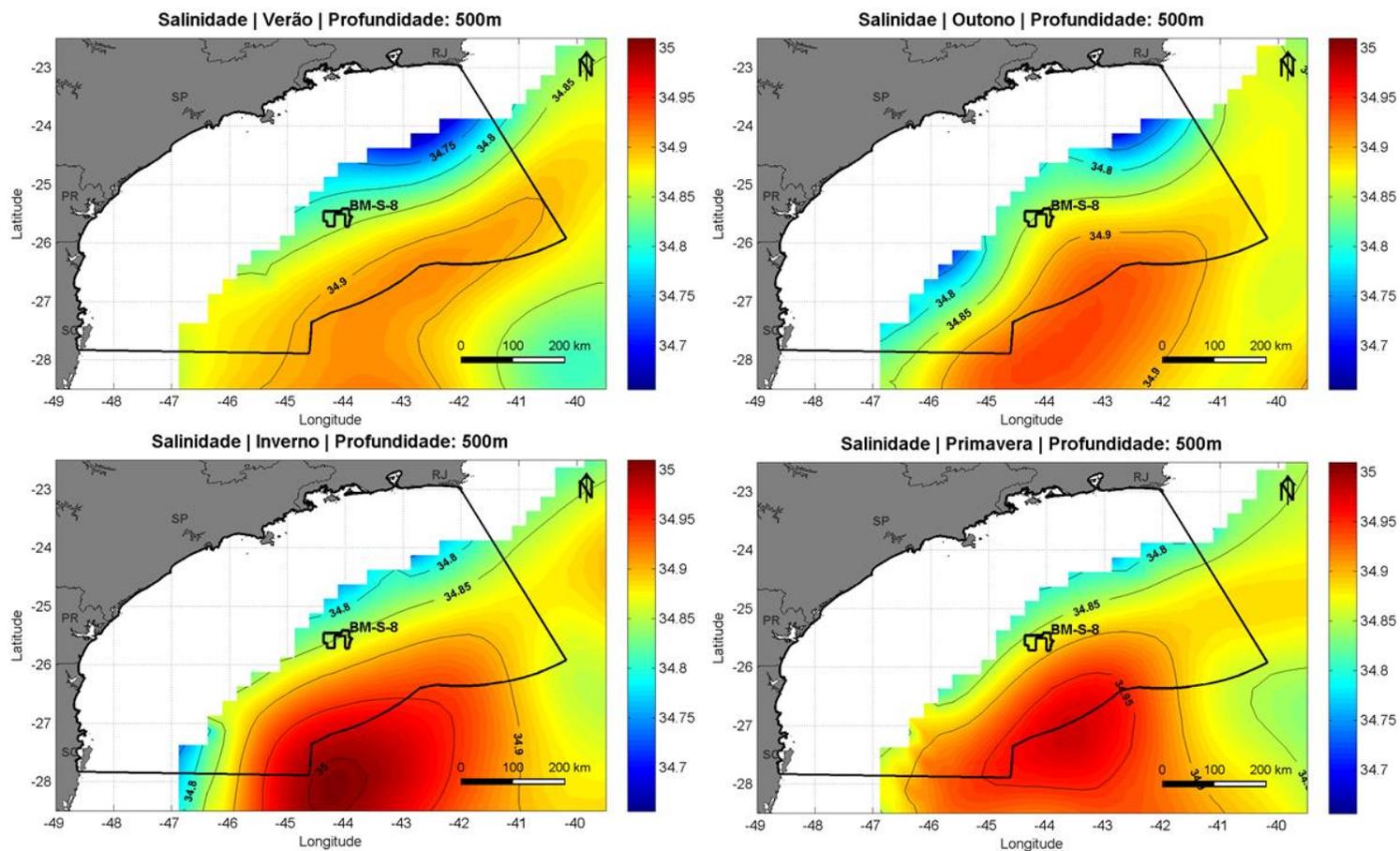


Figura 87: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

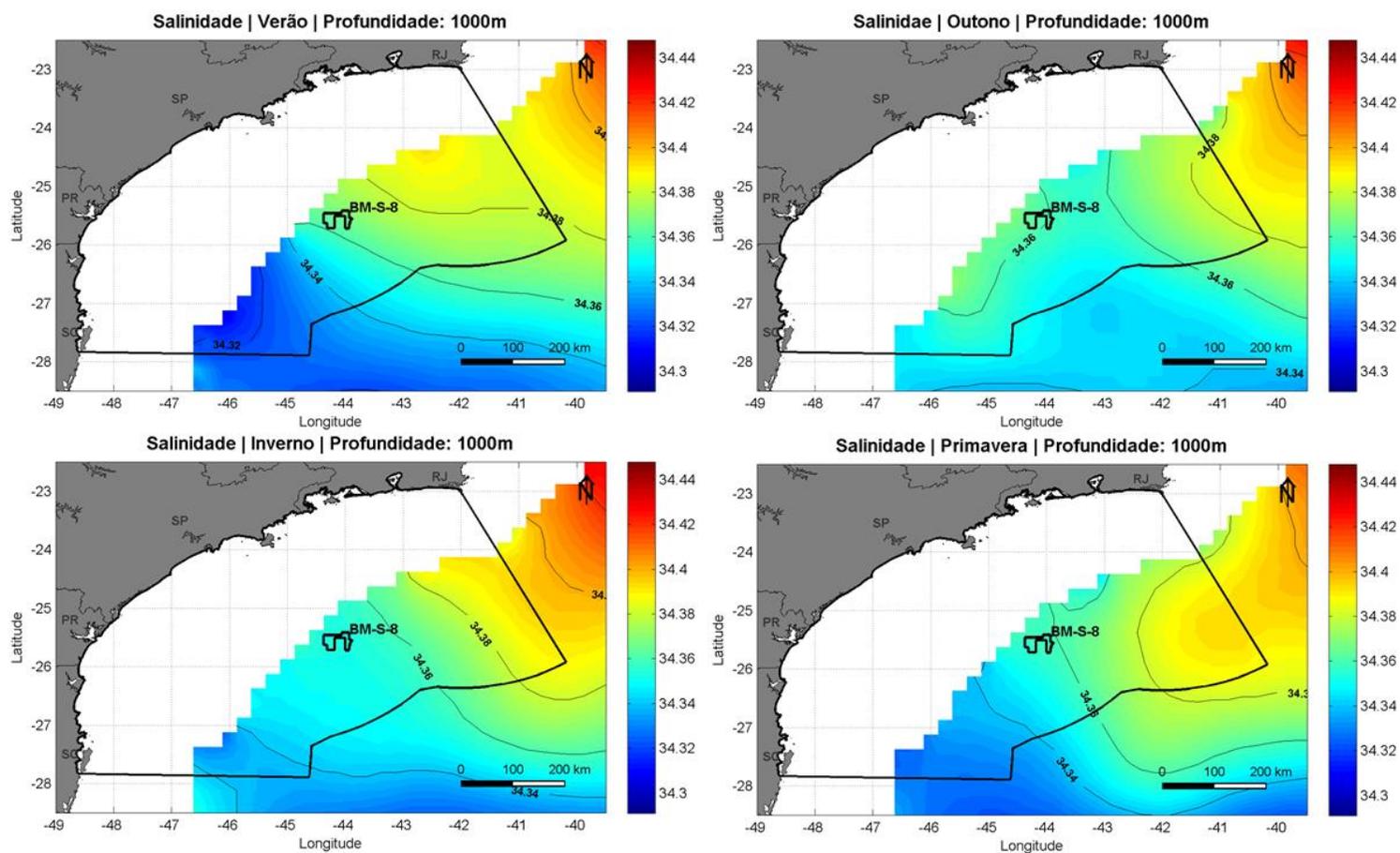


Figura 88: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

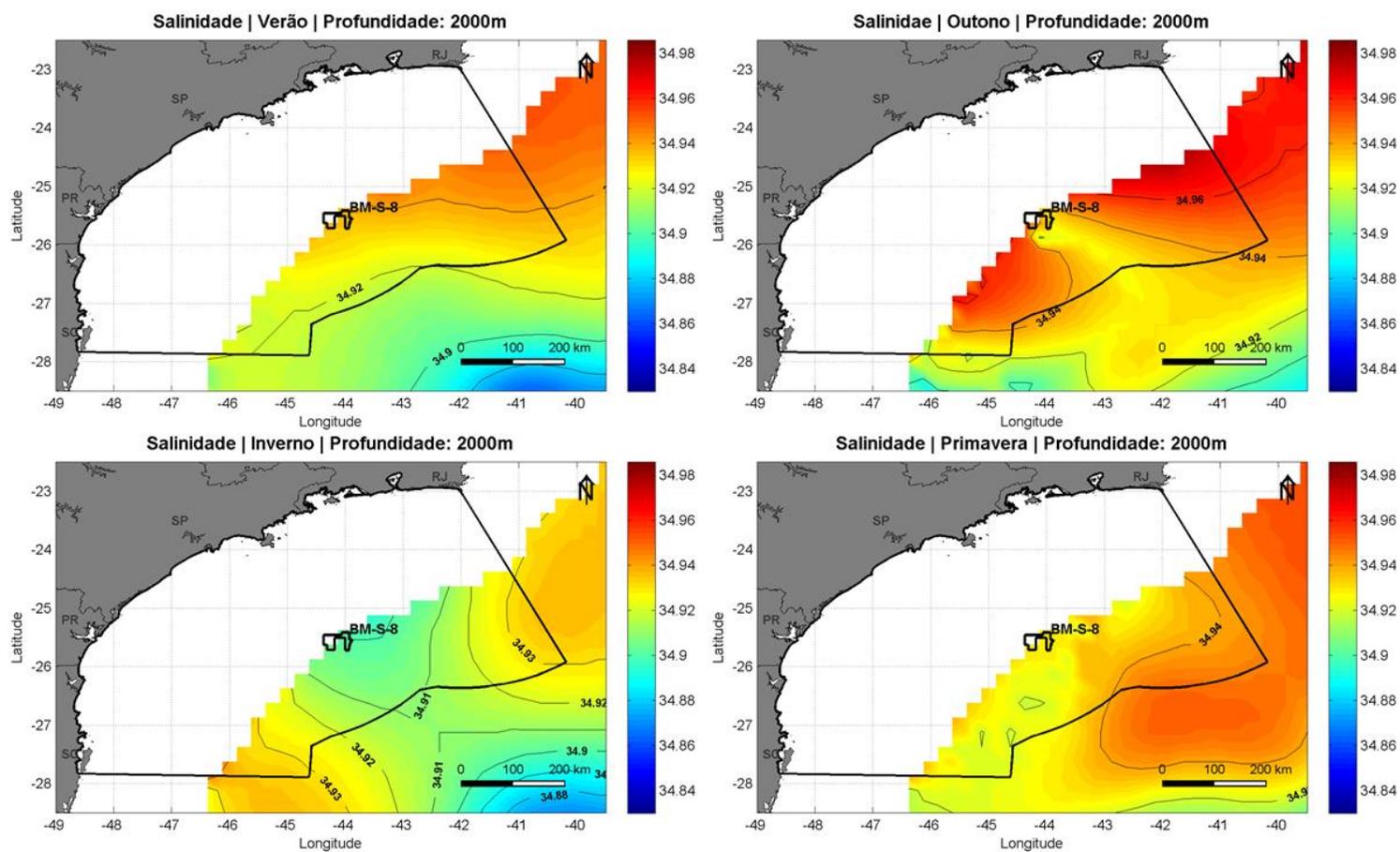


Figura 89: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

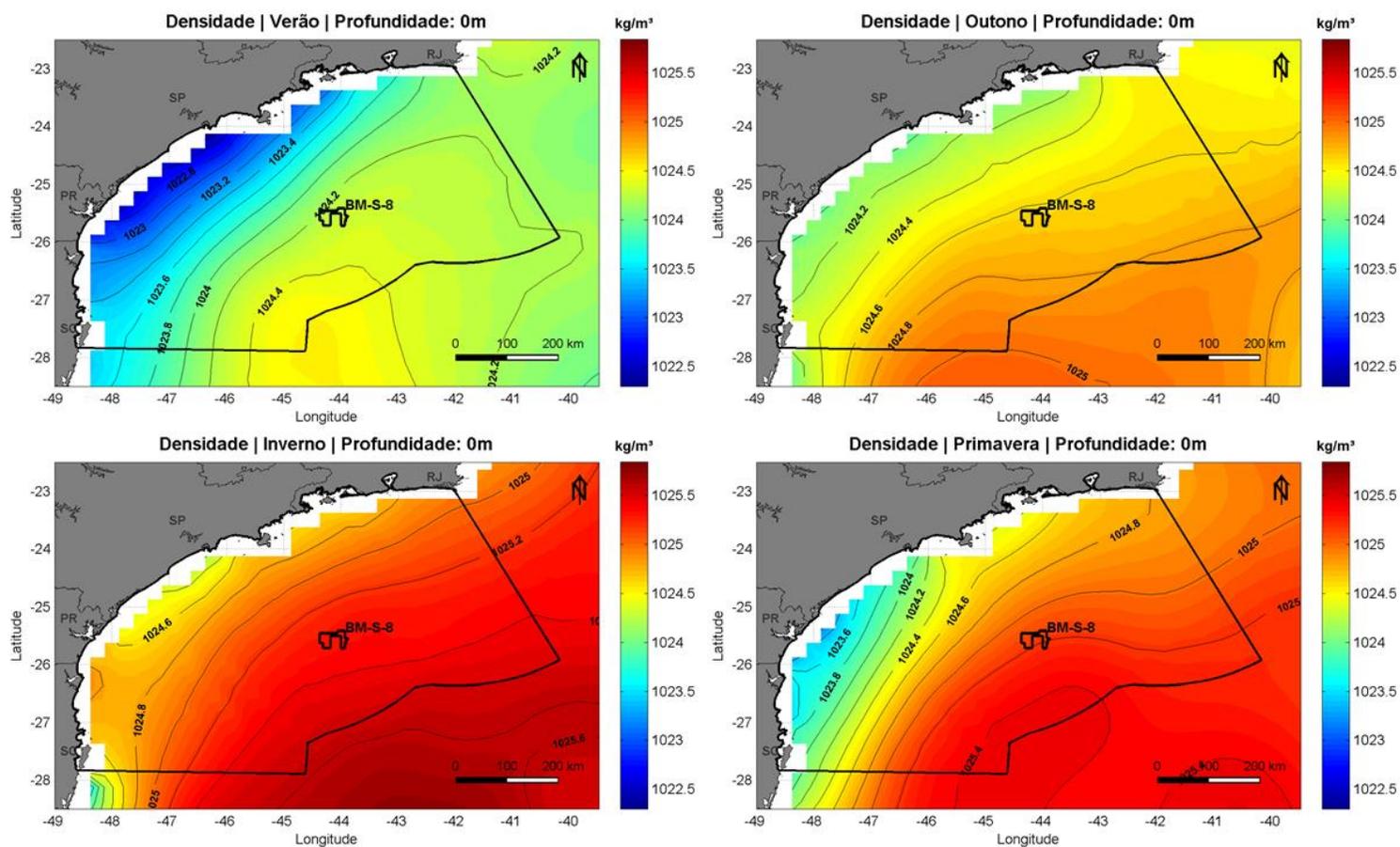


Figura 90: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

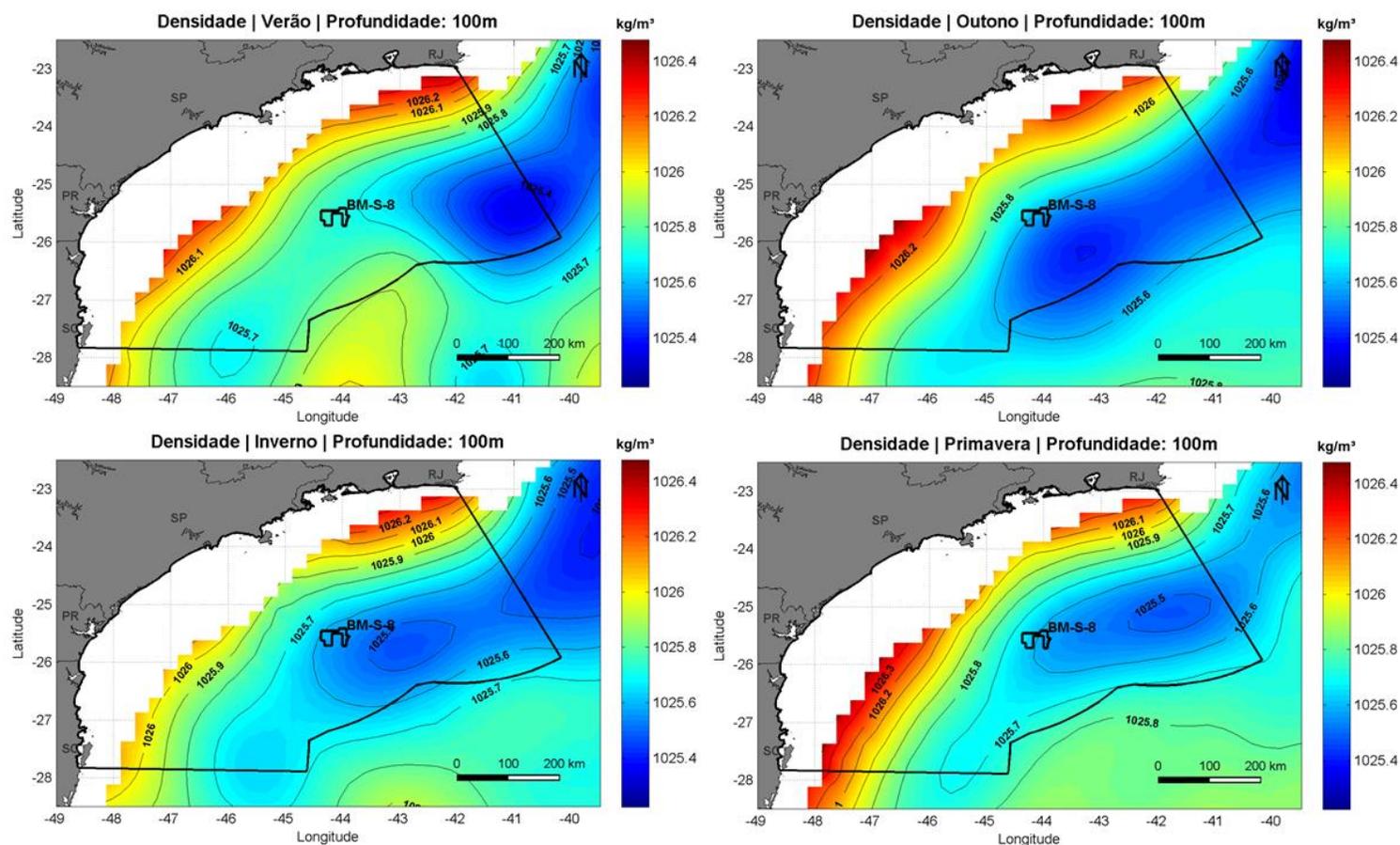


Figura 91: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

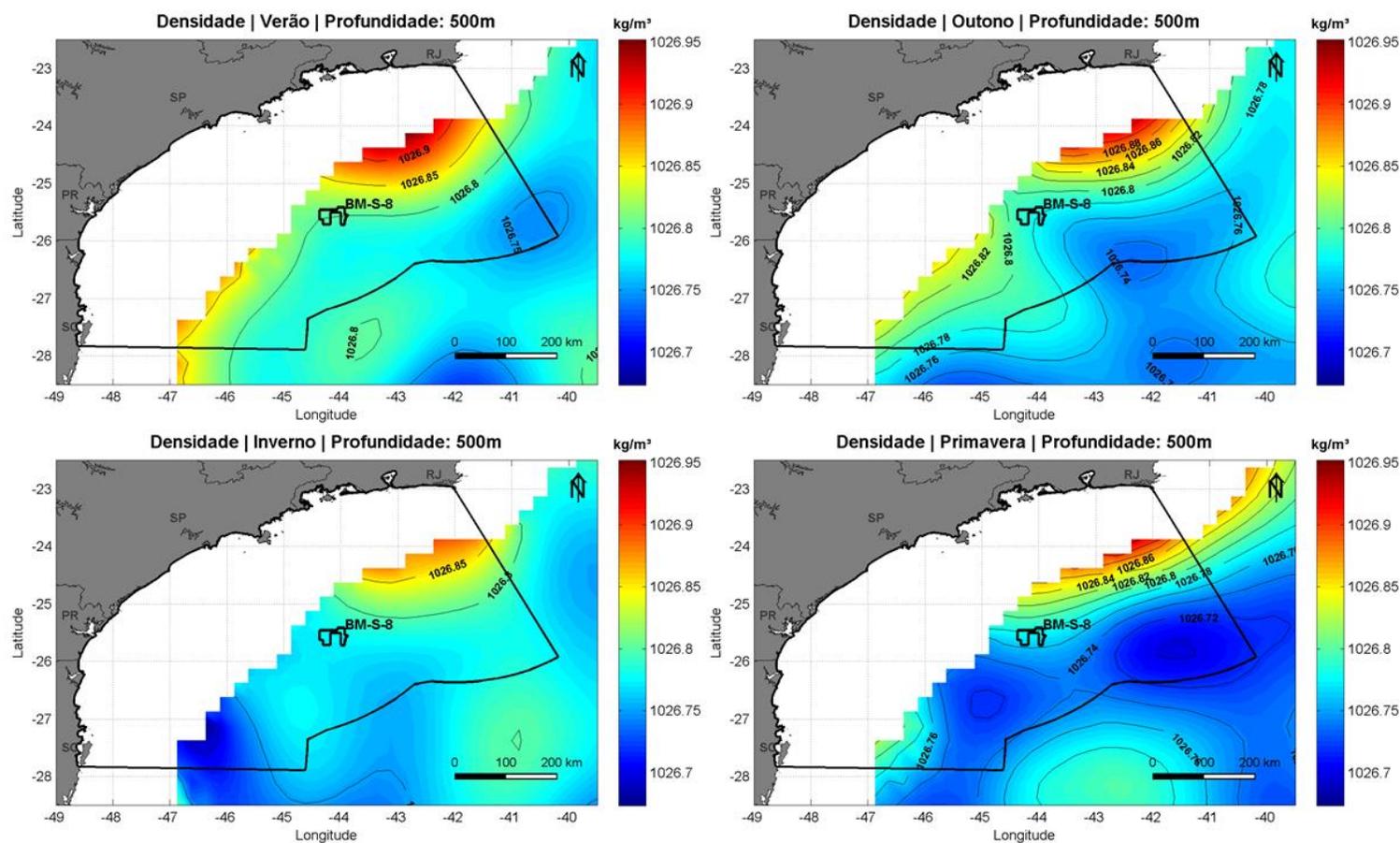


Figura 92: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

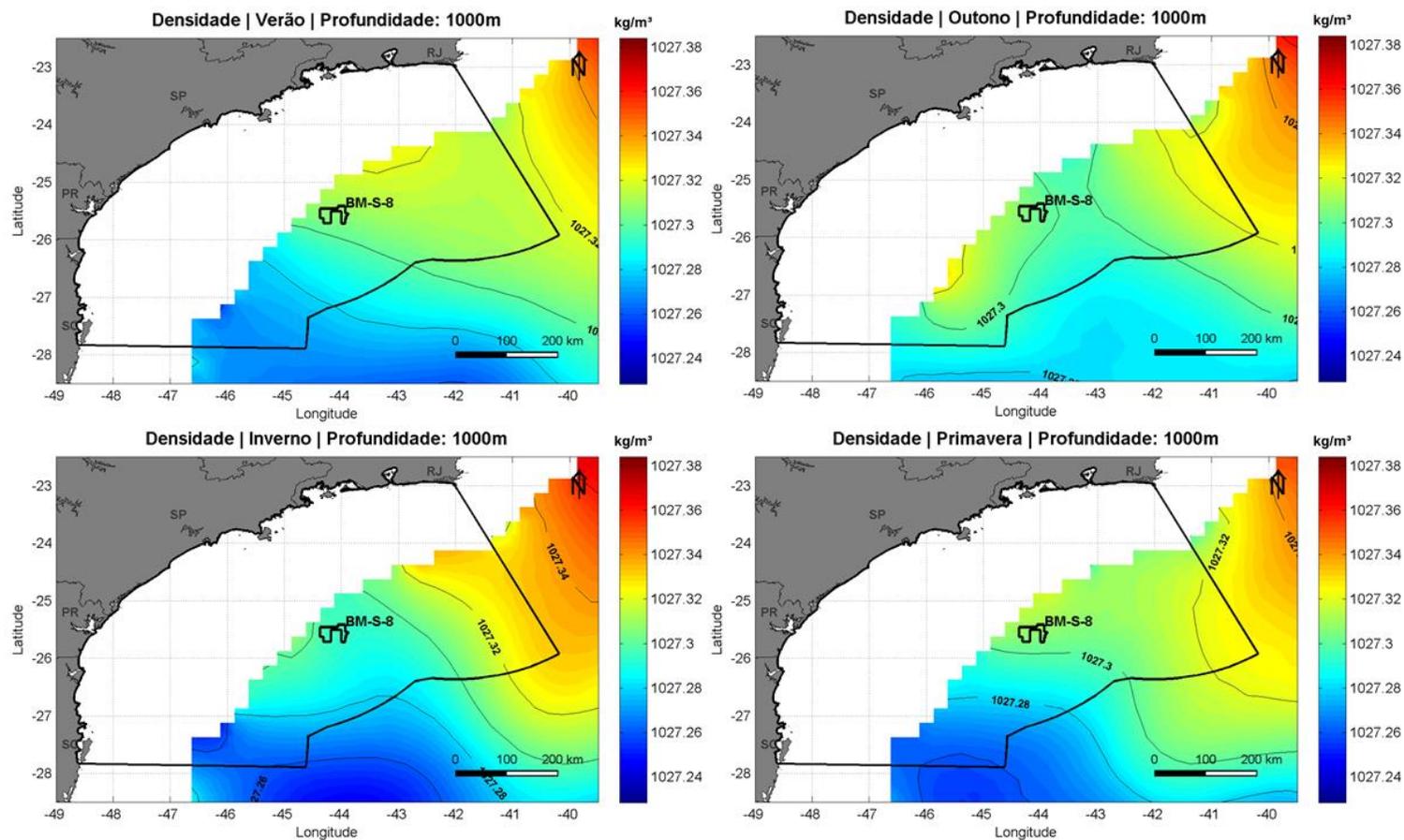


Figura 93: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

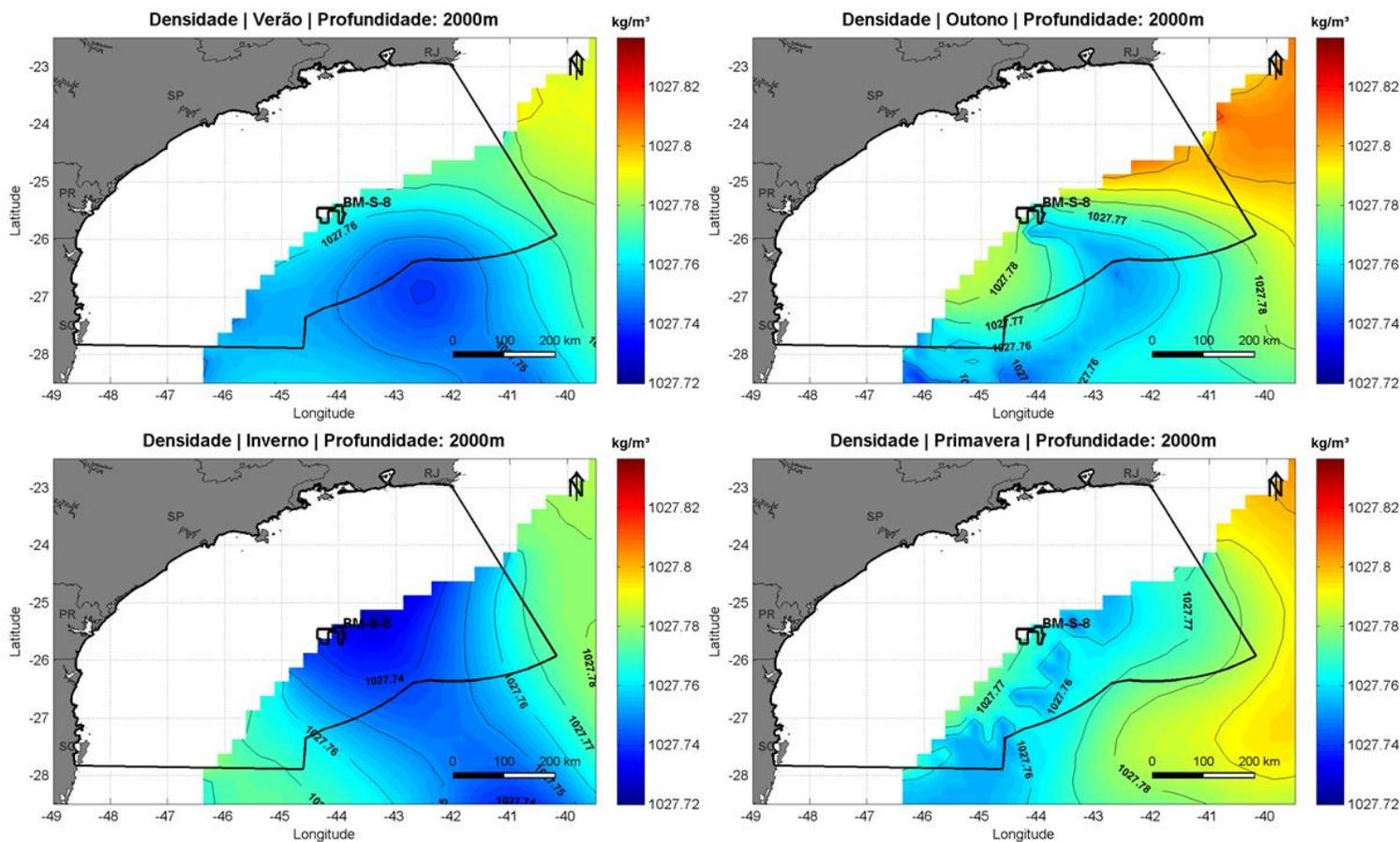


Figura 94: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

Conforme solicitação do Termo de Referência (TR) nº 17/2016, devem ser apresentados mapas de temperatura, salinidade e densidade elaborados com os dados utilizados na modelagem hidrodinâmica. A seguir, da Figura 95 à Figura 109 são apresentados mapas horizontais com dados de temperatura, salinidade e densidade obtidos dos resultados do modelo do Mercator. Estes dados foram utilizados como condição inicial e de contorno na modelagem hidrodinâmica desenvolvida para o bloco BM-S-8.

O projeto Mercator disponibiliza diariamente os resultados da análise global do estado dos oceanos, com resolução de 1/12°. O sistema de previsão utiliza o modelo NEMO (Nucleus for European Models of the Ocean) versão 3.1, forçado pelos campos atmosféricos obtidos da Análise do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). O modelo assimila dados de correntes, elevação da superfície e TSM obtidos de satélites, além de dados de temperatura e salinidade obtidos in situ. A distribuição dos dados fica a cargo do projeto Copernicus ([www.copernicus.eu](http://www.copernicus.eu)).

Observa-se que os principais contornos termohalinos, associados às feições da região, estão presentes em superfície. Destacam-se a região mais quente e salina marcada pela Corrente do Brasil e as isotermas mais frias (em torno de 20 °C) na região costeira sul do domínio, nos meses de inverno.

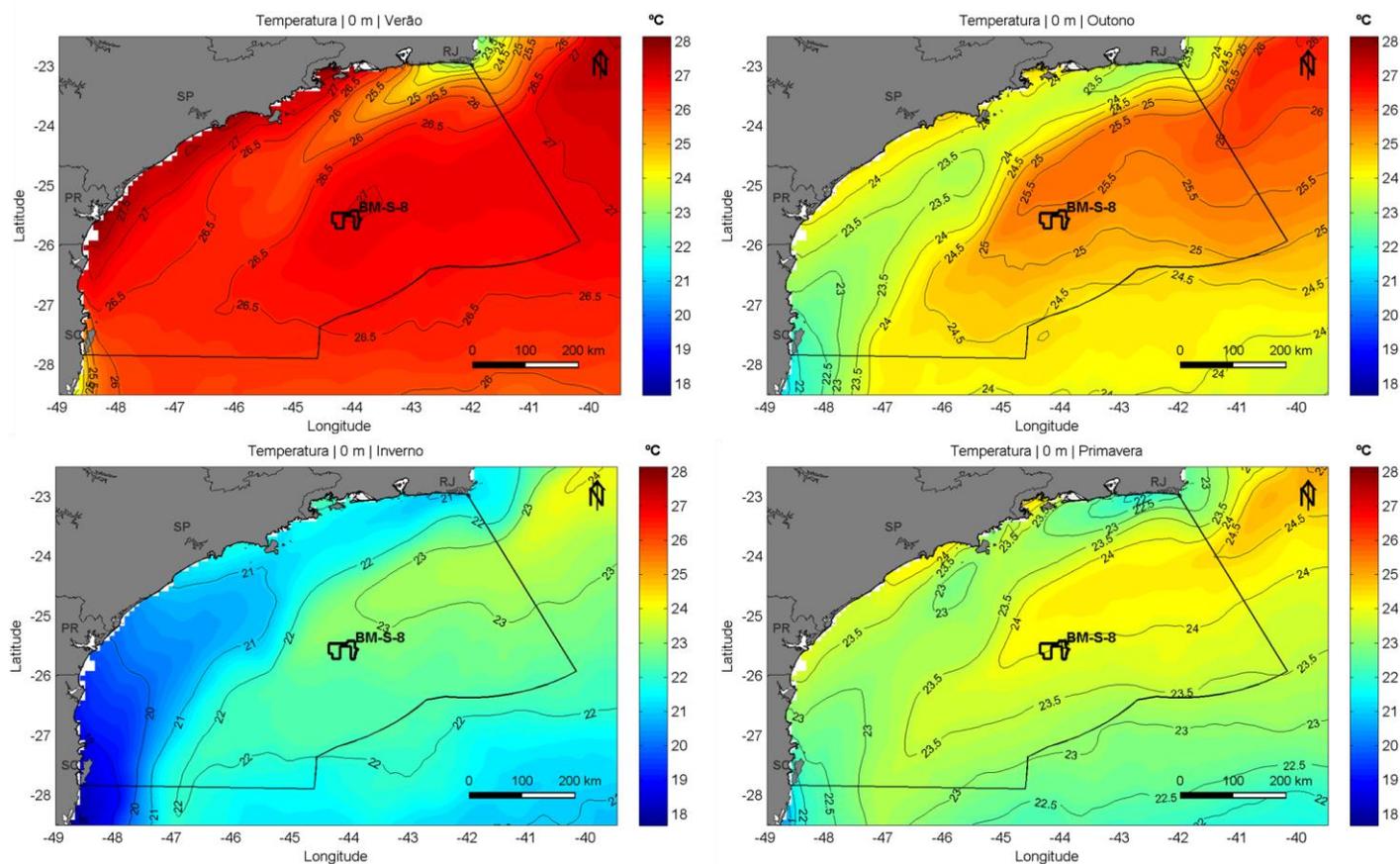


Figura 95: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Mapas gerados a partir de dados do Mercator. Período dos dados:janeiro a dezembro de 2013.

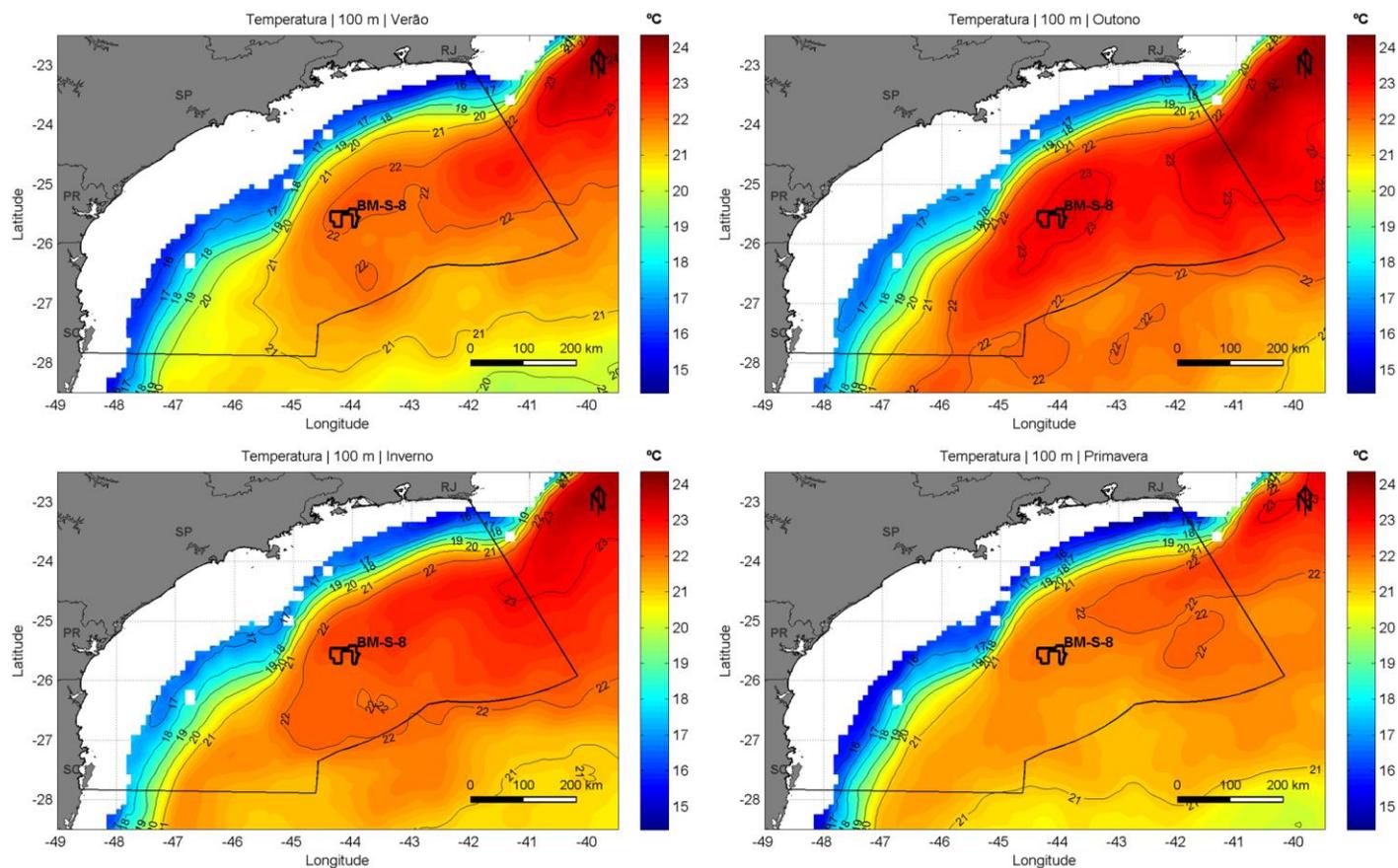


Figura 96: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Mapas gerados a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

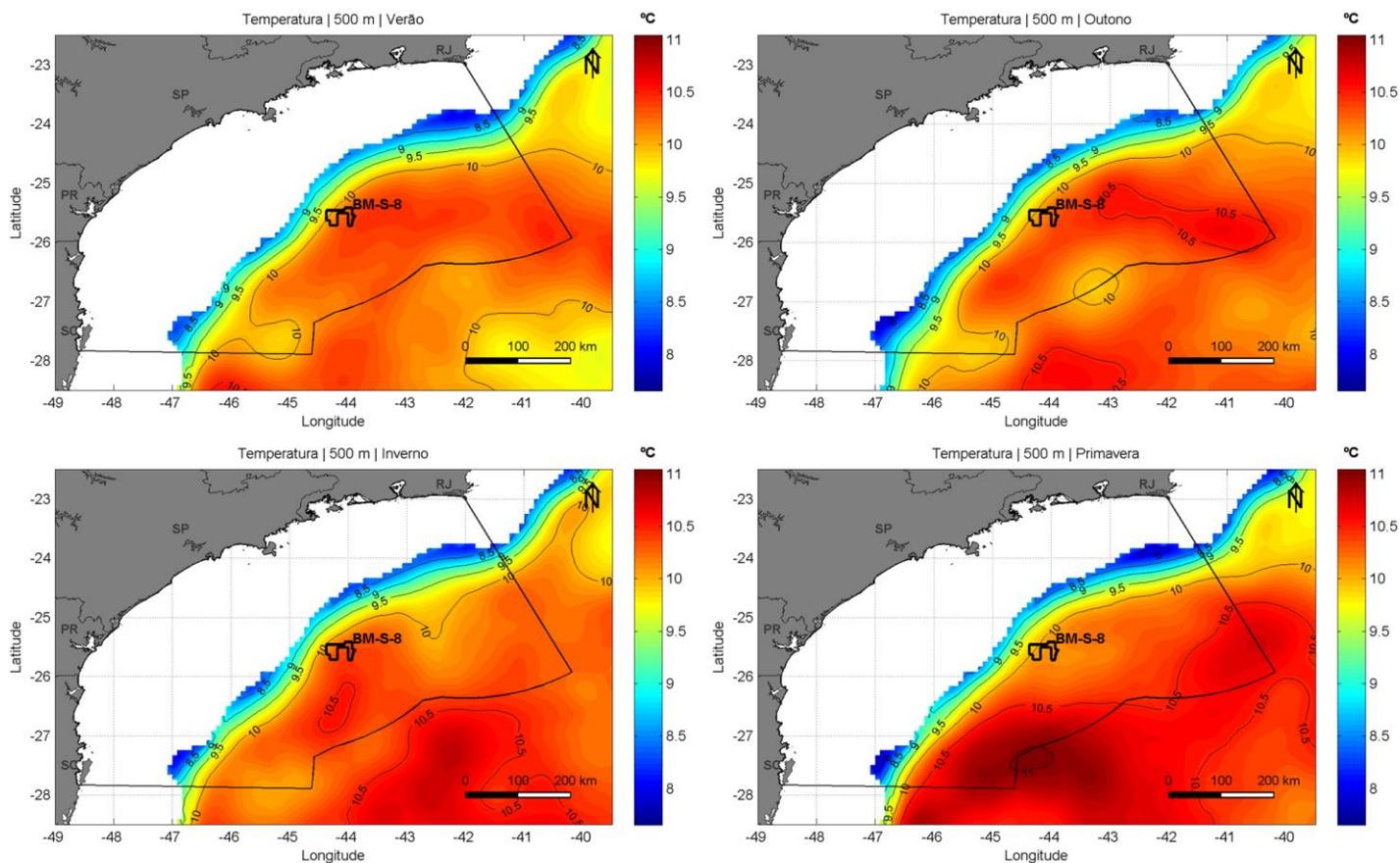


Figura 97: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

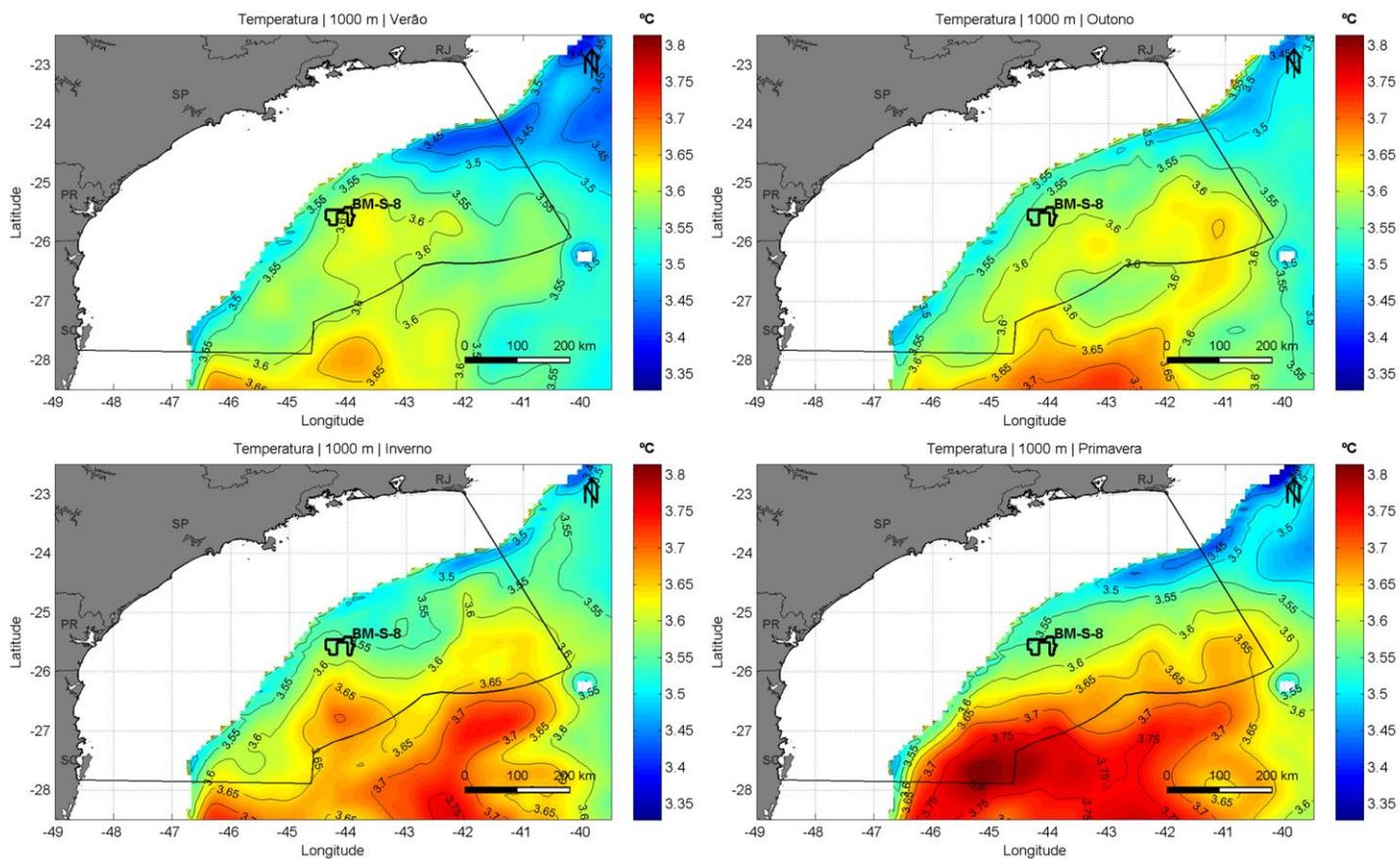


Figura 98: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

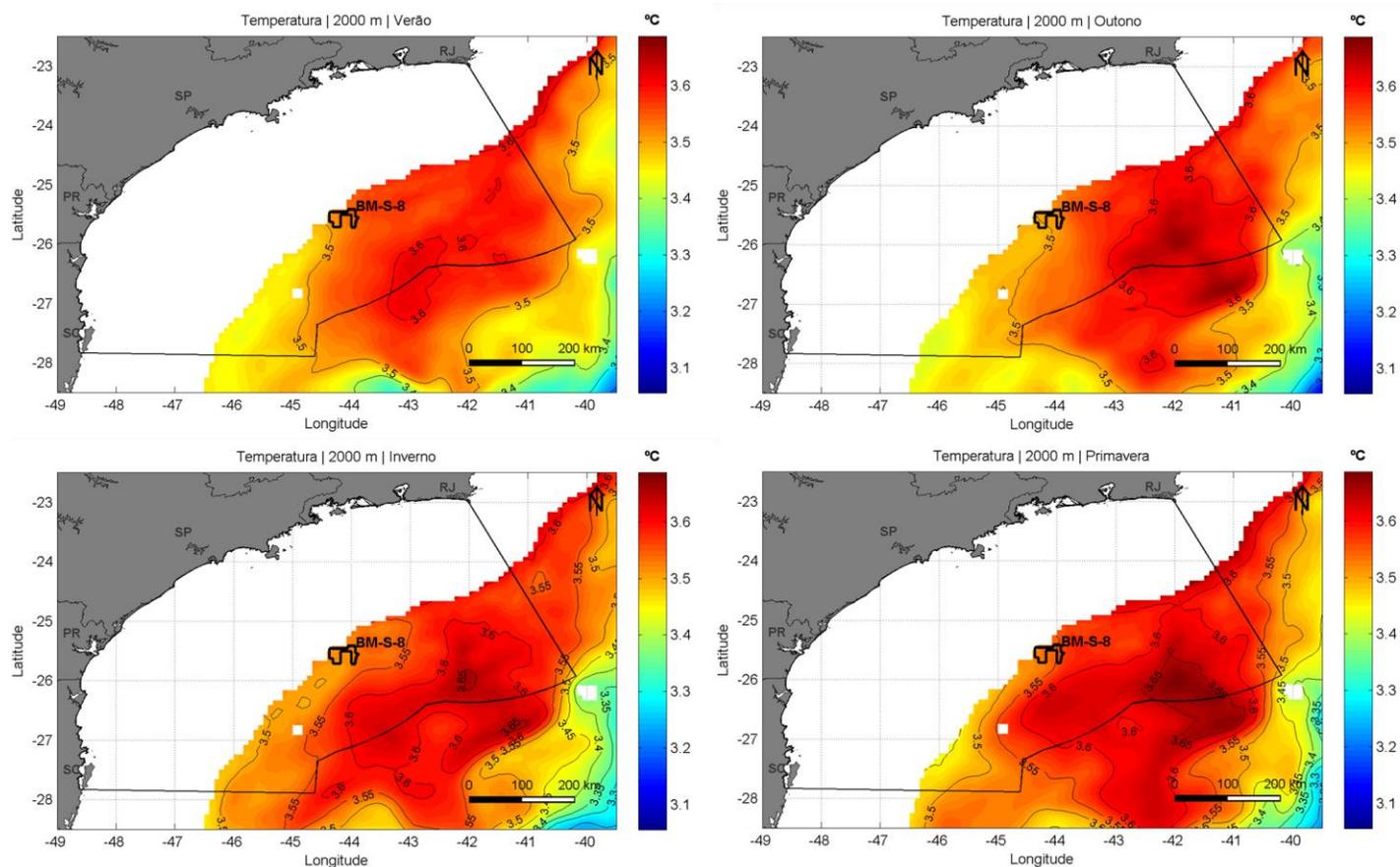


Figura 99: Seção horizontal de temperatura na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

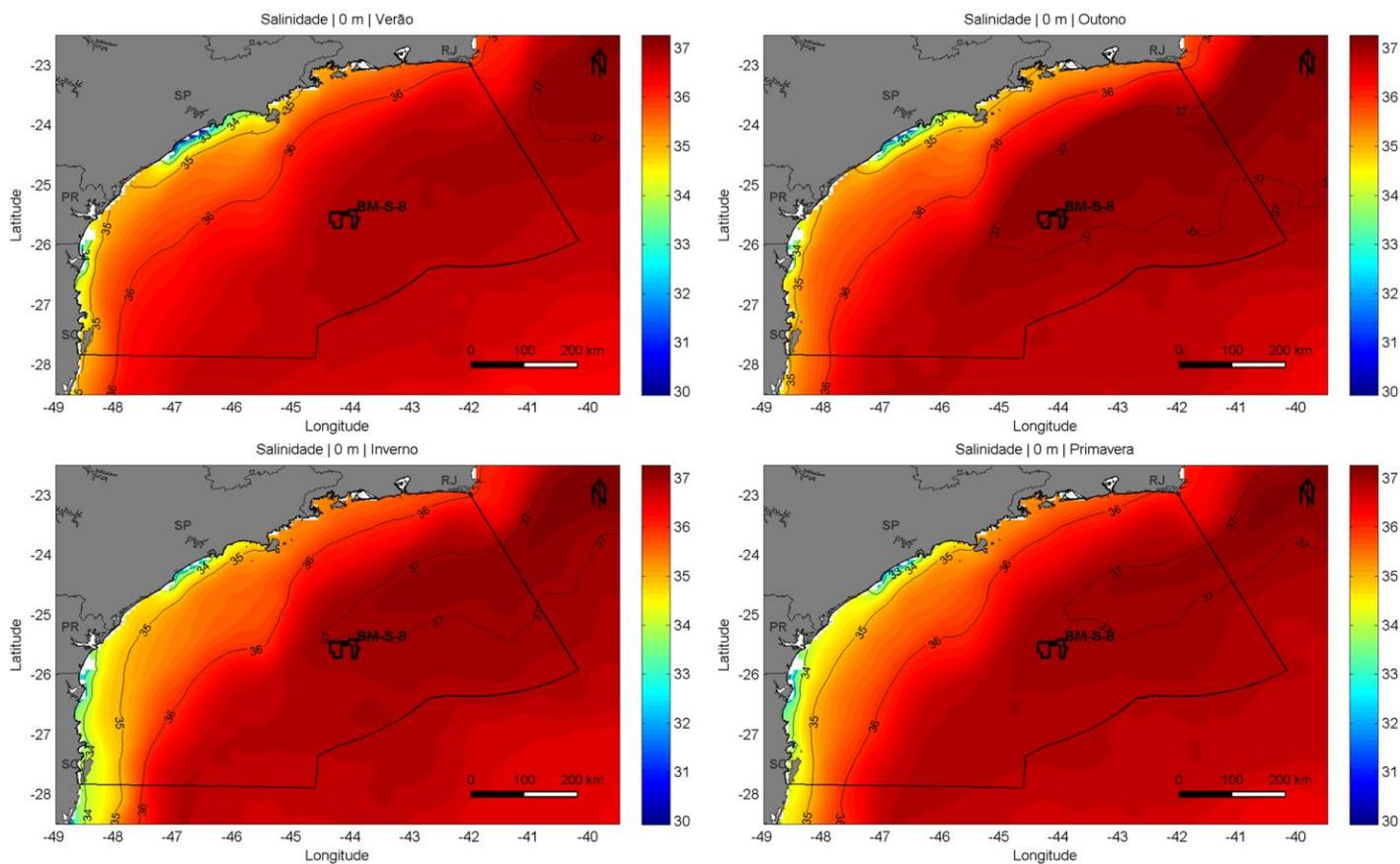


Figura 100: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

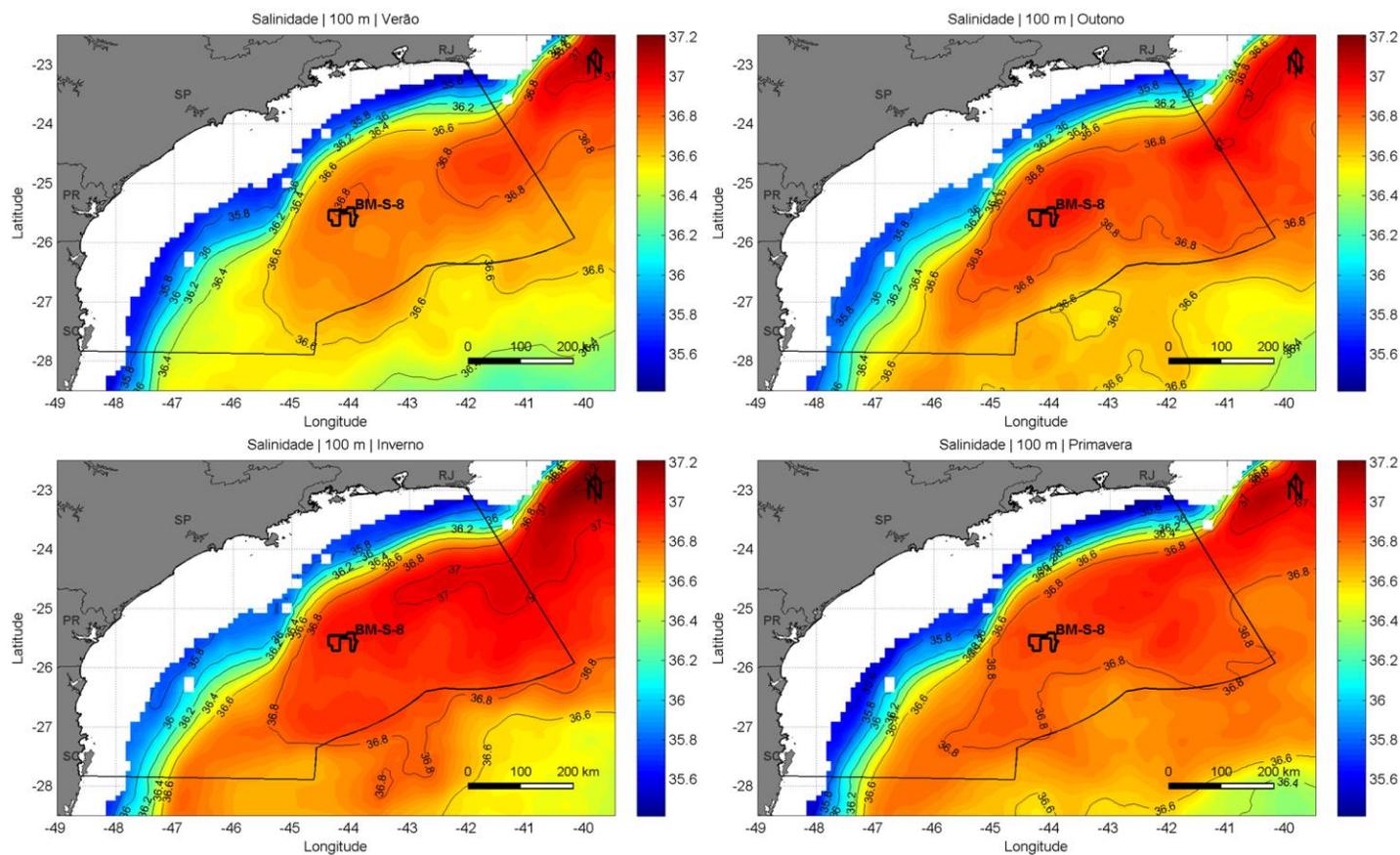


Figura 101: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

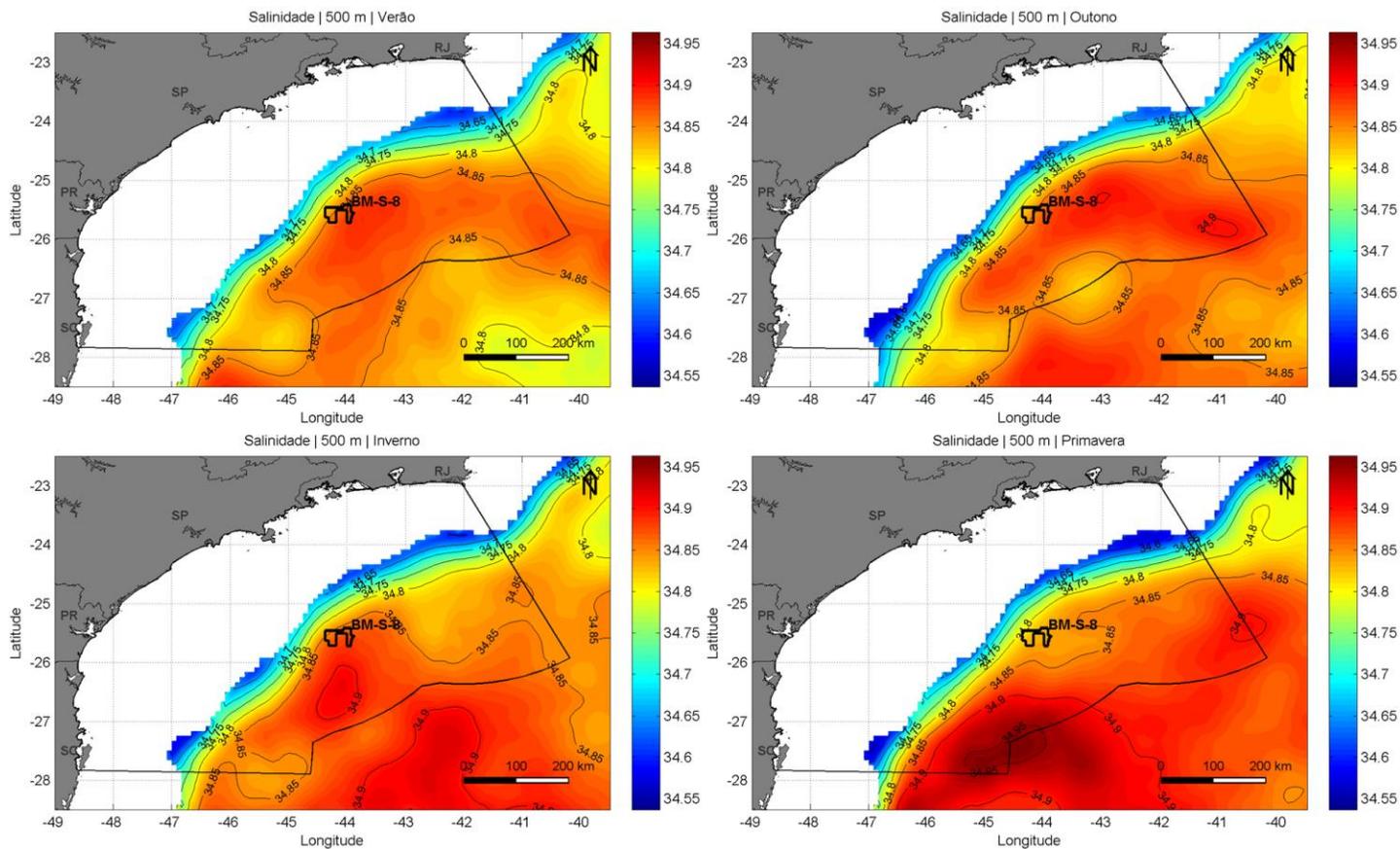


Figura 102: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

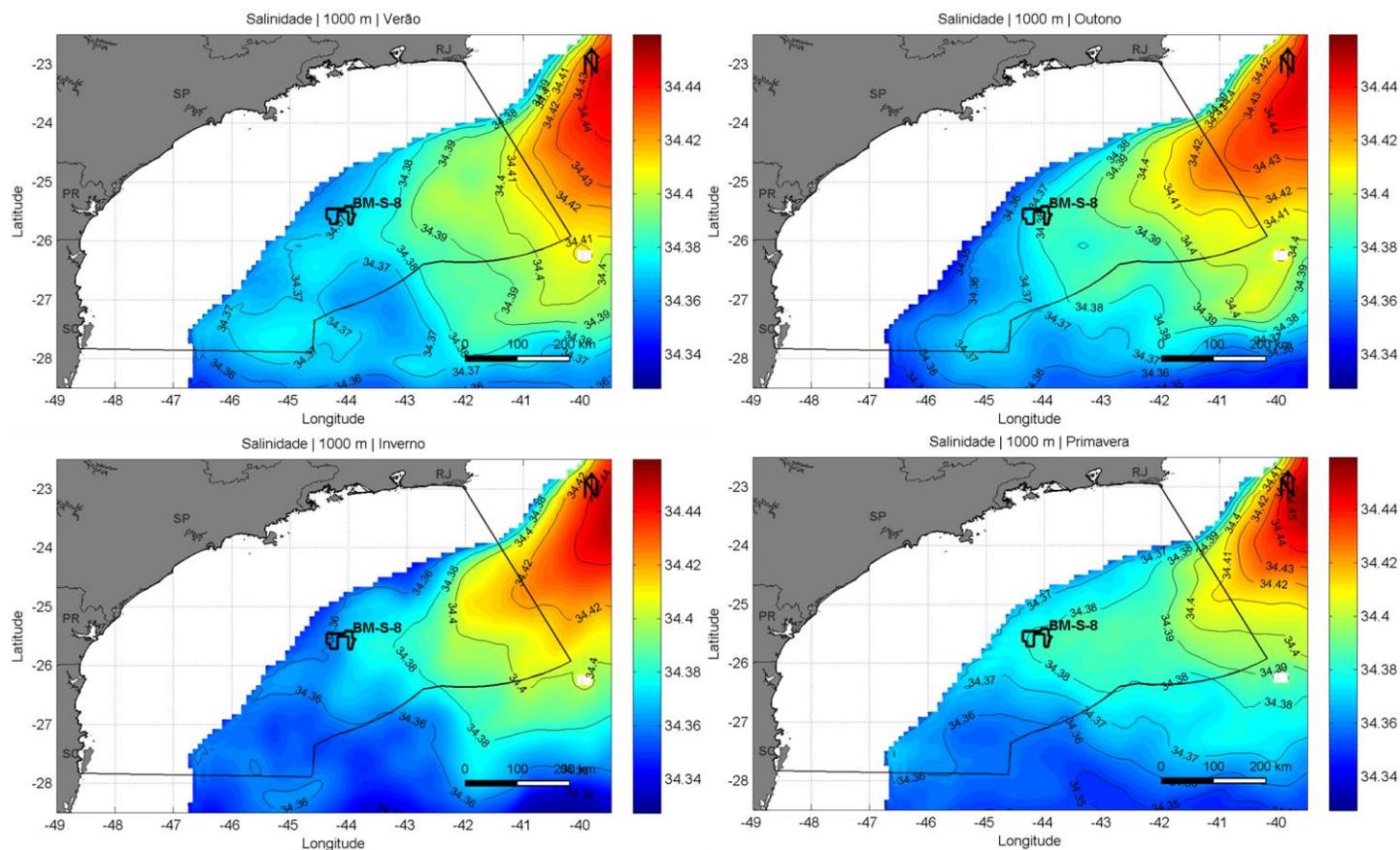


Figura 103: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

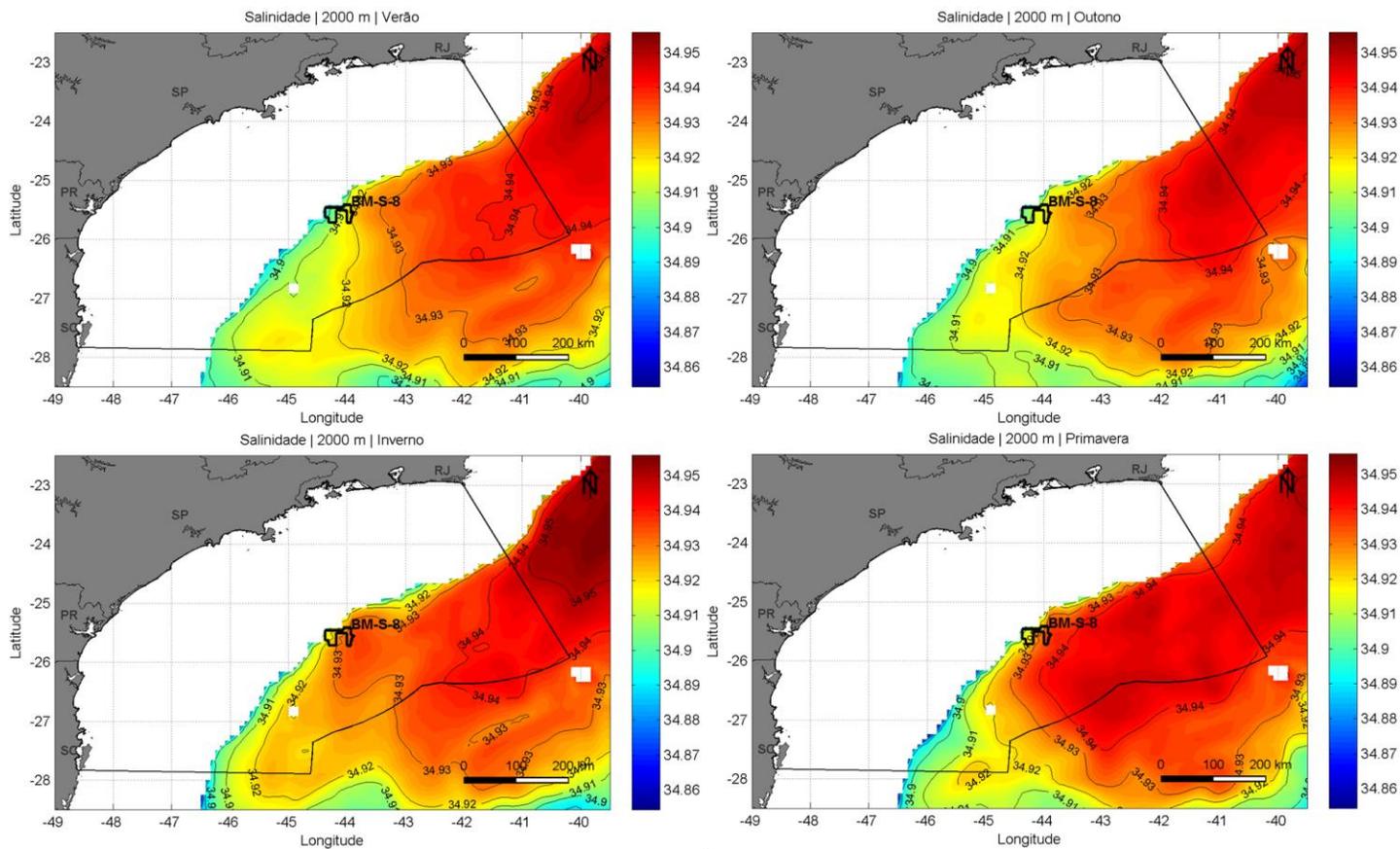


Figura 104: Seção horizontal de salinidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

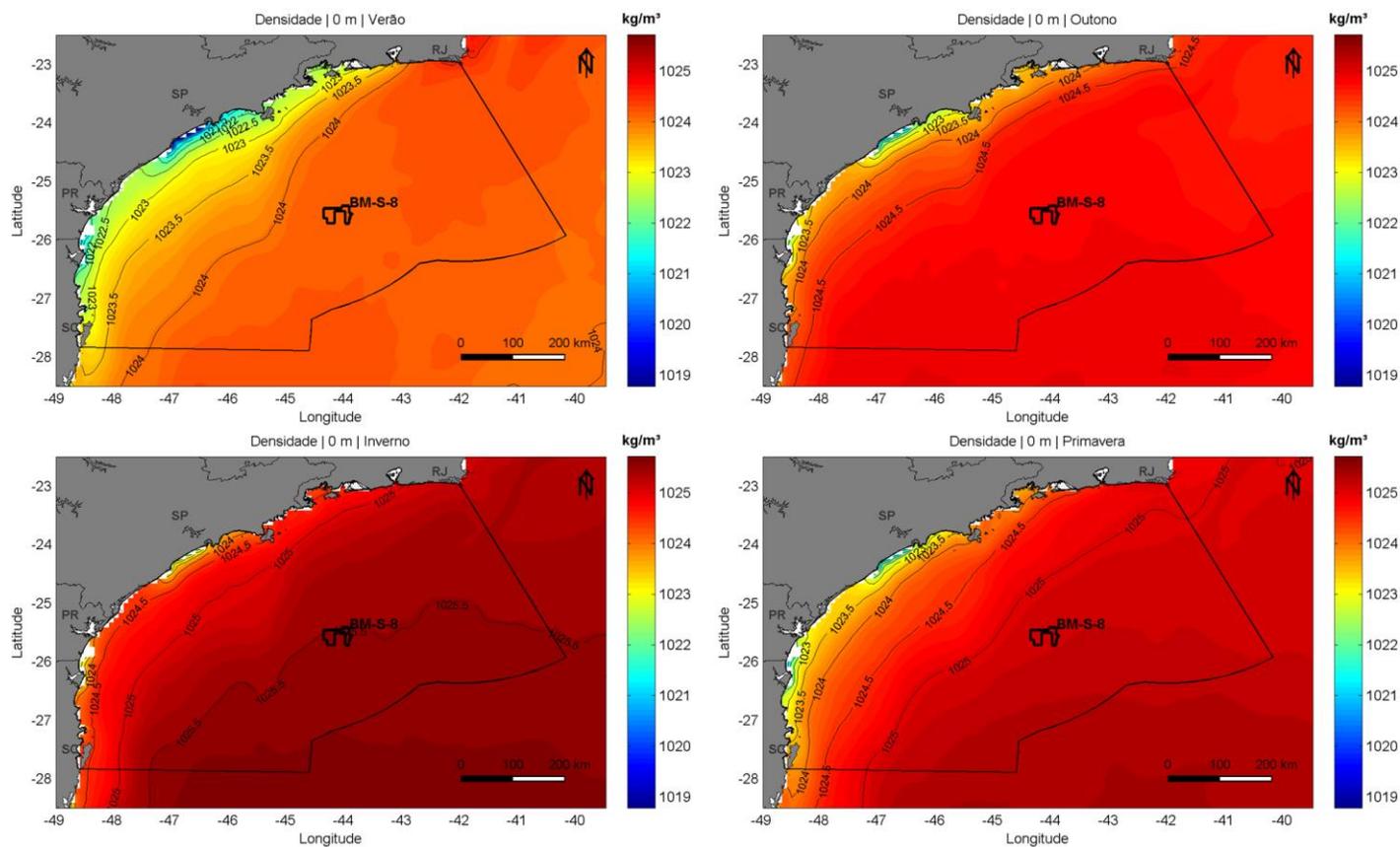


Figura 105: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 0 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

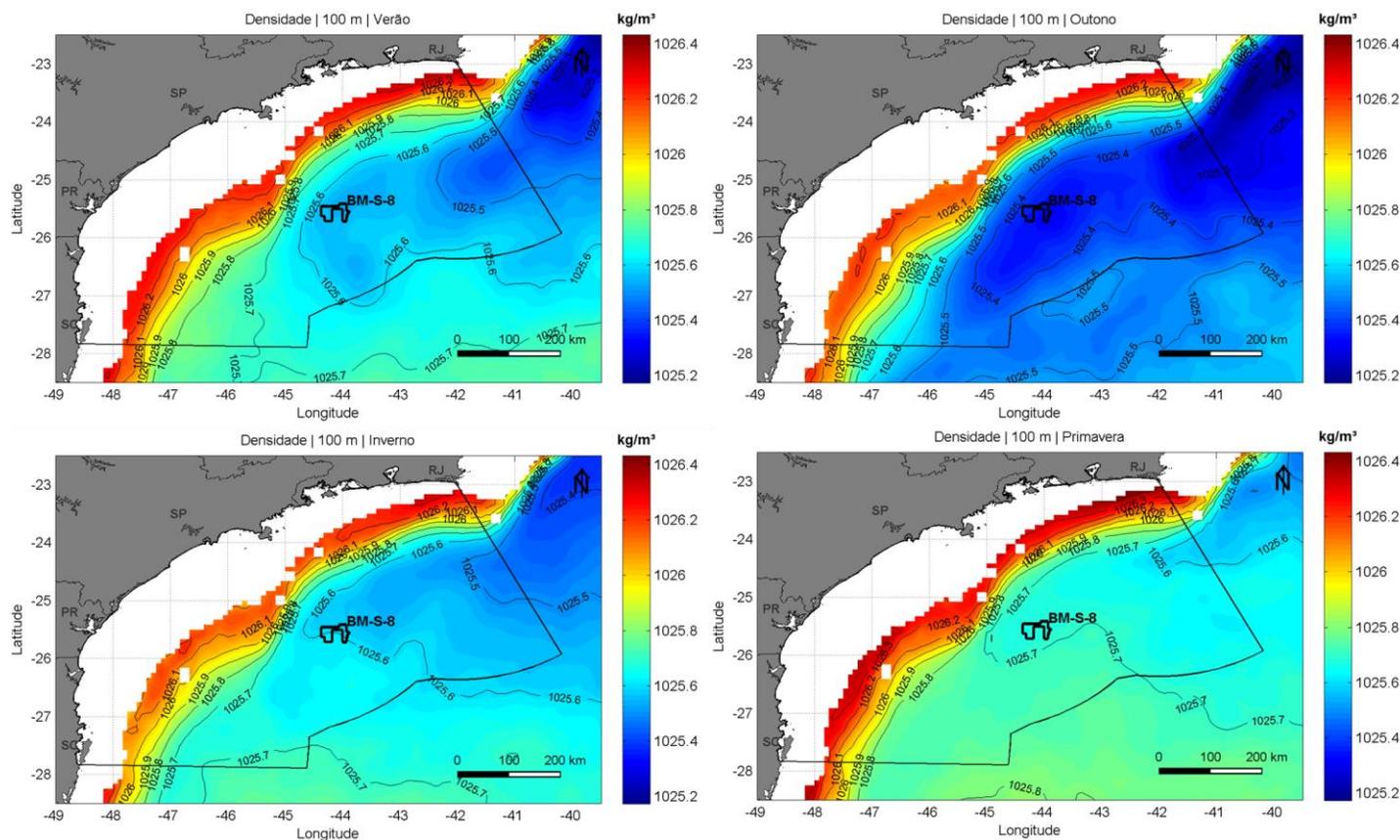


Figura 106: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 100 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

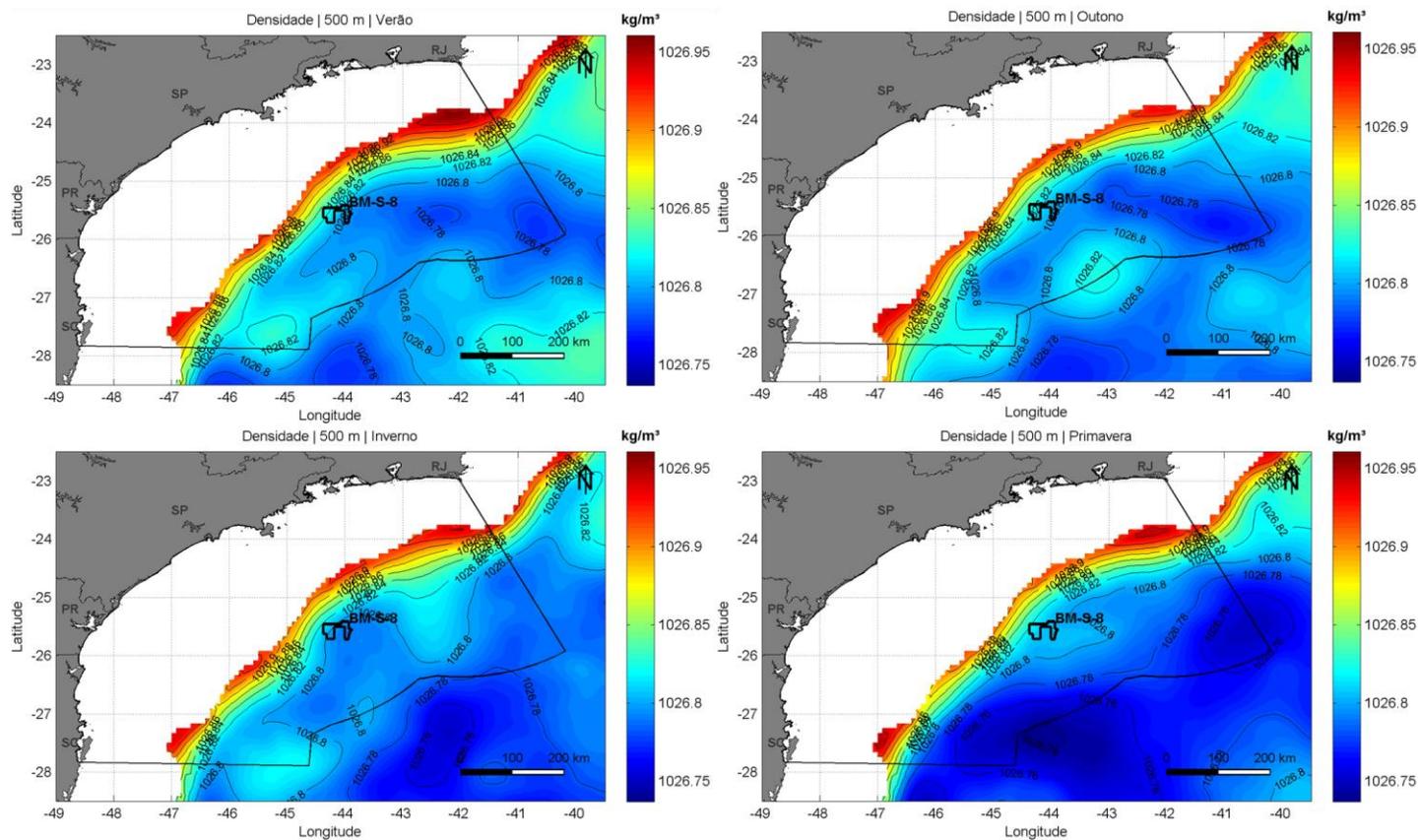


Figura 107: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 500 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

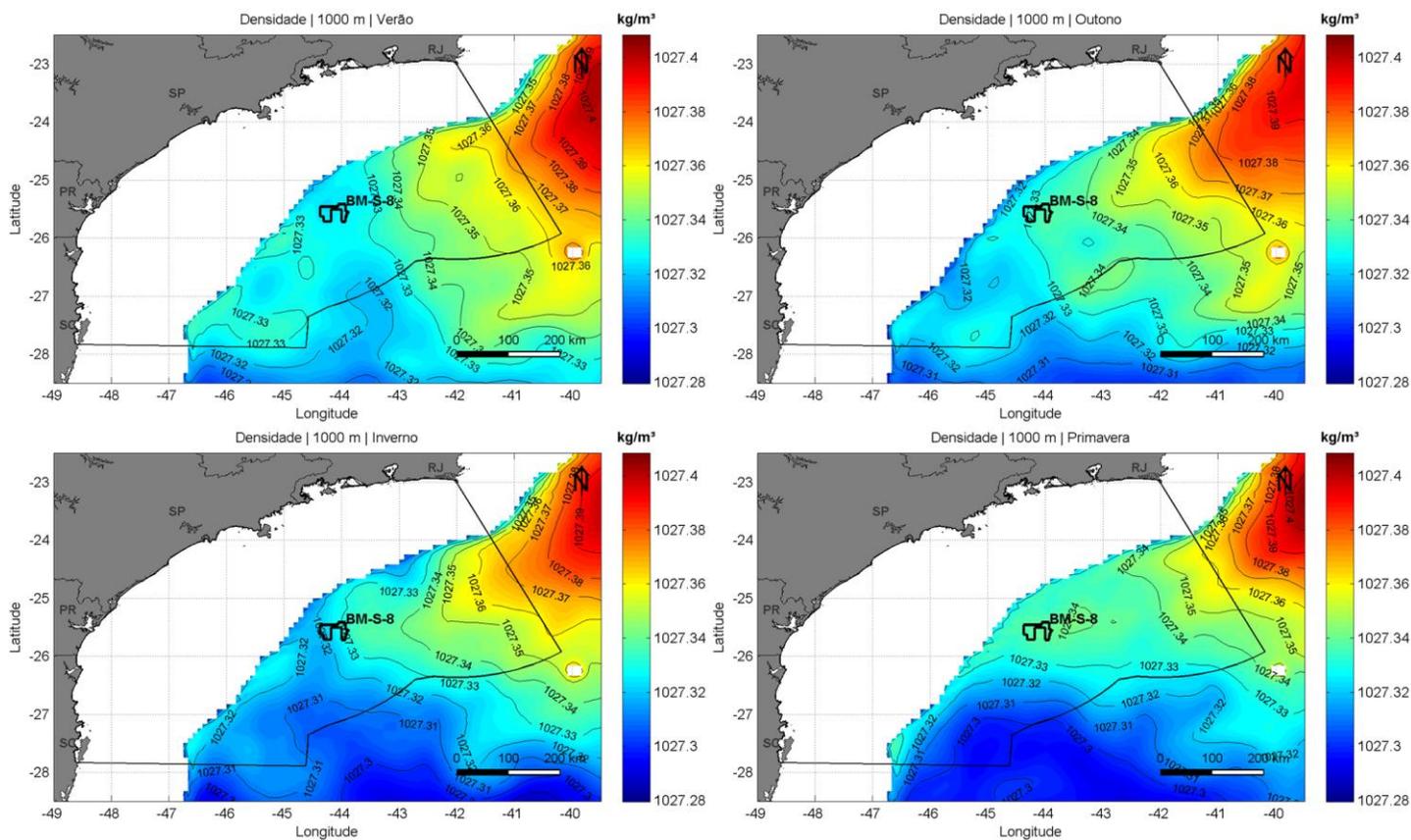


Figura 108: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 1000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

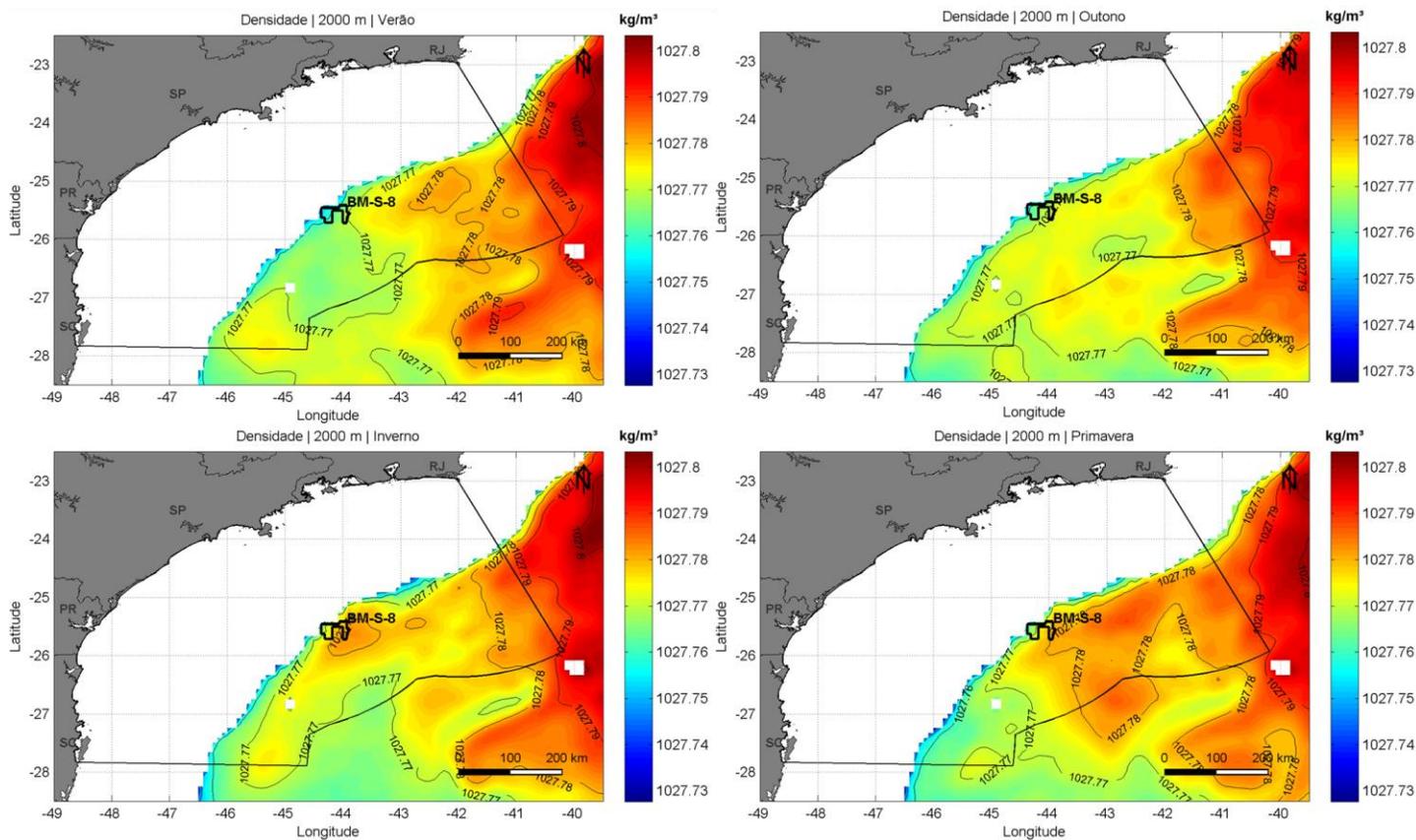


Figura 109: Seção horizontal de densidade na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos em 2000 m de profundidade, para os períodos de verão, outono, inverno e primavera. Figura gerada a partir de dados do Mercator. Período dos dados: janeiro a dezembro de 2013.

A seguir, da Figura 110 a Figura 115, são apresentadas as seções verticais de temperatura e salinidade potencial obtidas do WOA13 para os períodos de verão, outono, inverno e primavera.

Em superfície e ao largo (direção ao alto mar) do Bloco BM-S-8 encontra-se uma região de alta temperatura e salinidade, associada à Água Tropical e proximidade com a CB que transporta águas de latitudes menores em direção ao sul. Da superfície até o substrato marinho, a temperatura varia de 25 a 3°C e a salinidade varia de 36,5 a 34,5. Entre as profundidades de 800 e 1200 metros, nota-se um núcleo de água menos salina, indicando a presença da massa d'água AIA (Água Intermediária Antártica).

A estratificação da coluna d'água nos primeiros 100 metros é mais intensa do durante o verão e outono, entretanto, não são observadas variações sazonais expressivas.

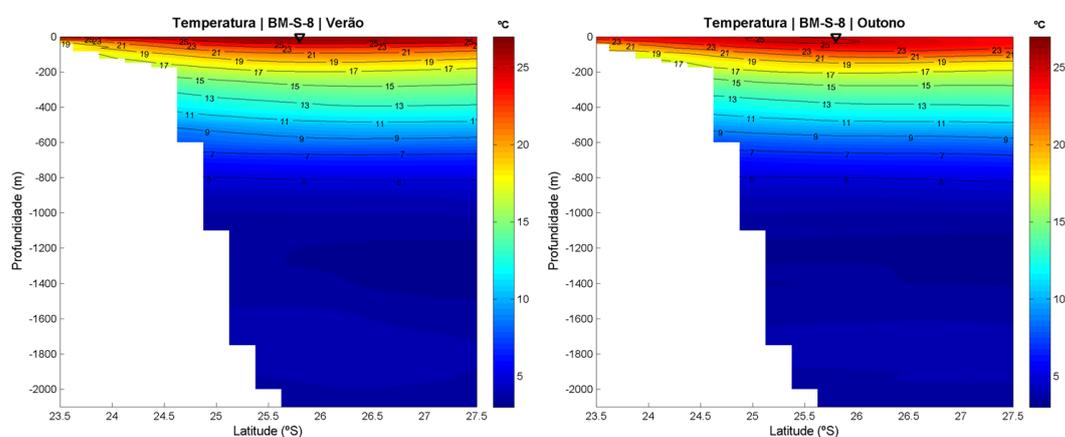


Figura 110: Seções verticais de temperatura climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

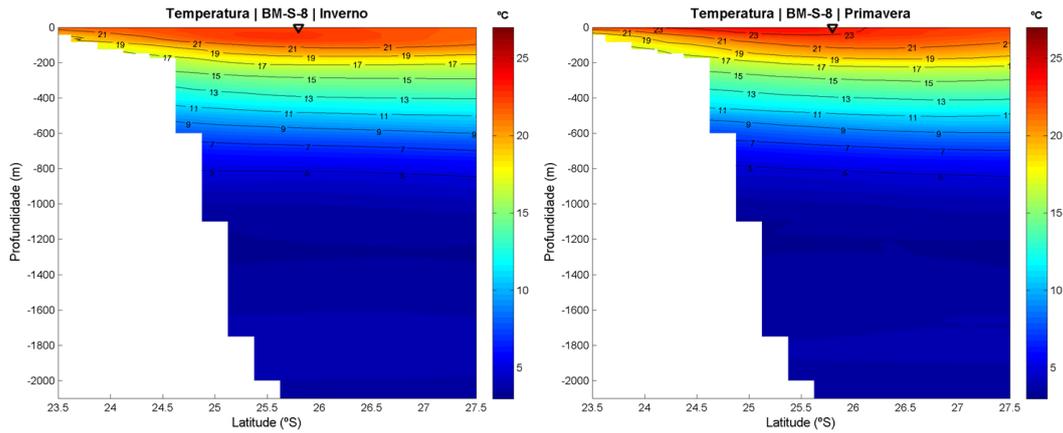


Figura 111: Seções verticais de temperatura climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

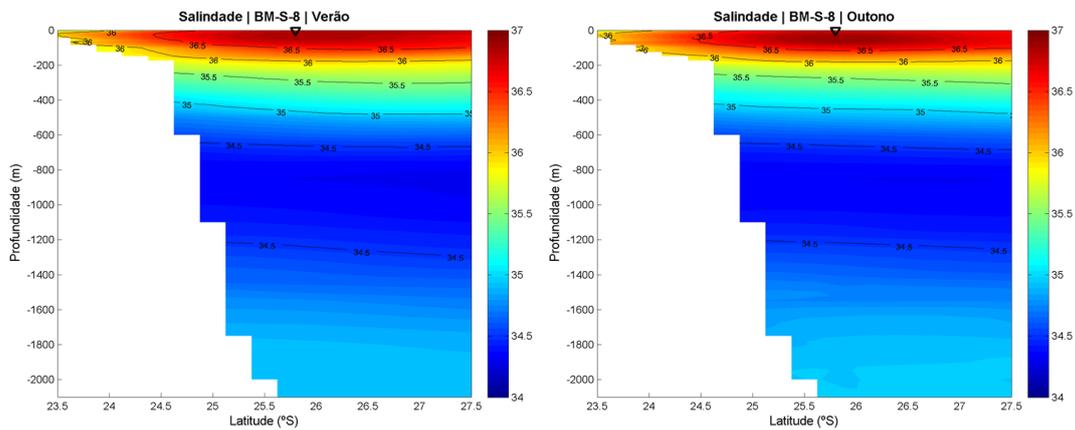


Figura 112: Seções verticais de salinidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

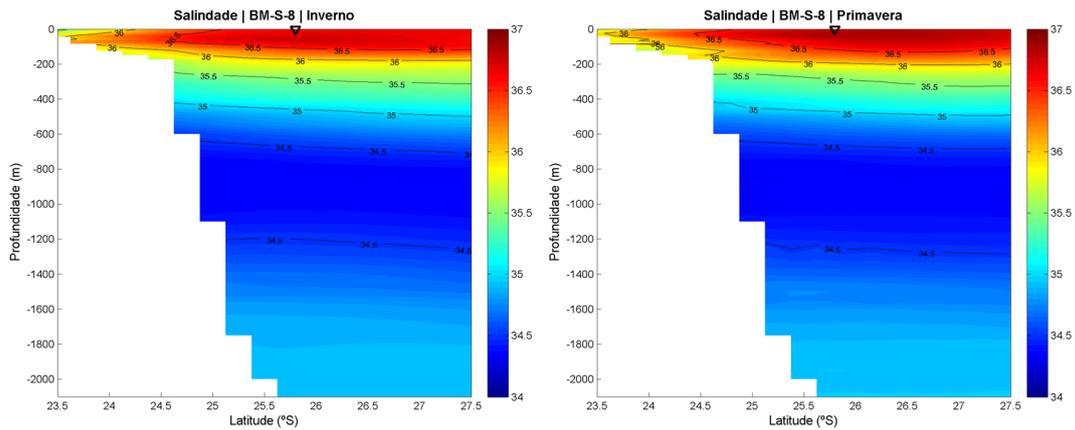


Figura 113: Seções verticais de salinidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

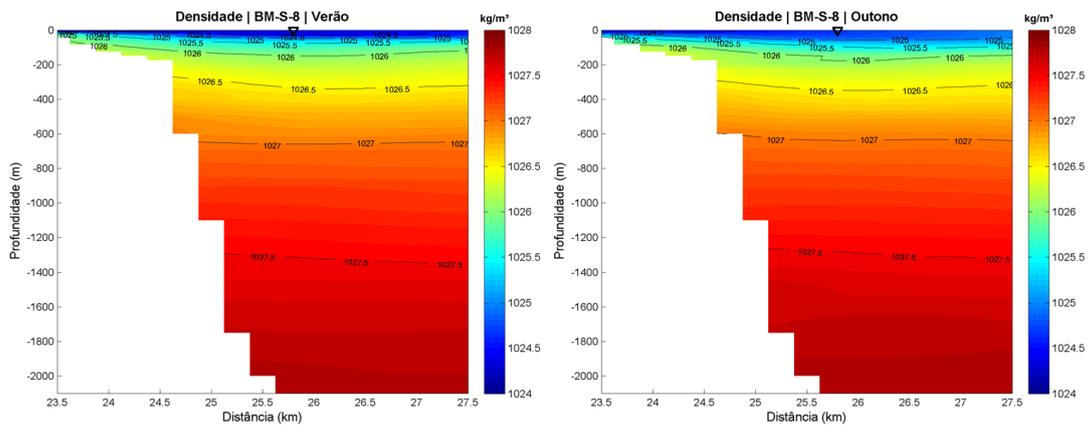


Figura 114: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

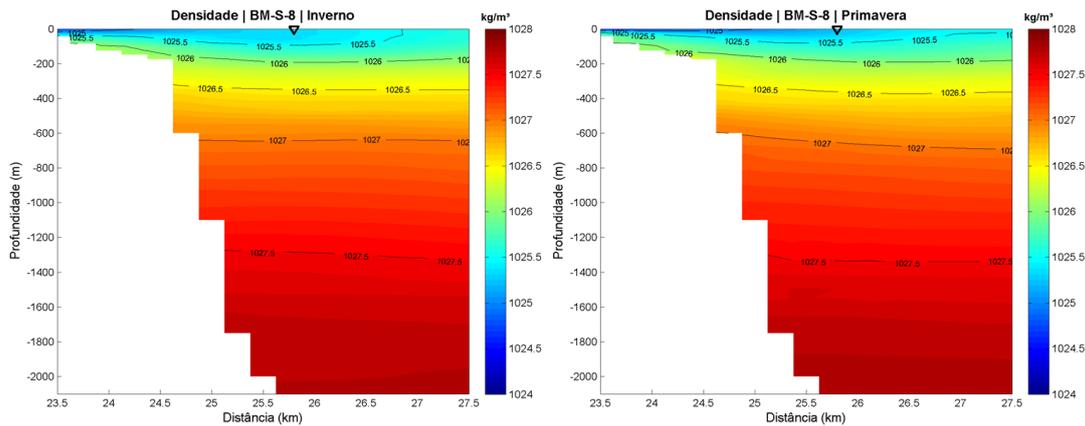


Figura 115: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Figura gerada a partir de dados do NODC. Fonte dos dados: WOA13. Período de dados: 1773 -2013.

Para o estudo da variabilidade sazonal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) foram utilizados dados de satélite disponibilizados pelo NCOF (*National Center for Ocean Forecast*) através do produto OSTIA (*Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis*). Esse produto abrange todo o globo e possui alta resolução (~6 km). O produto é oferecido diariamente, sendo resultado da combinação de diversos sensores infravermelhos e micro-ondas, além de dados *in situ* por meio de processo de Análise Objetiva. Esse produto tem oferecido dados acurados de TSM, com um erro médio quadrático menor que 0,6°C, em alta resolução e disponibilizados em tempo quase real (STARK *et al.* 2007). A seguir, na Figura 116, são apresentadas as médias sazonais elaboradas a partir dos dados obtidos para o período entre 2013 e 2015 na região da Baía de Santos.

A grande vantagem da utilização do sensoriamento remoto para obtenção de dados de temperatura é que devido à elevada sensibilidade dos sensores que estão em operação, pequenas variações em áreas extensas podem ser capturadas, principalmente quando comparados a resultados obtidos a bordo de navios (SOUZA *et al.*, 2005).

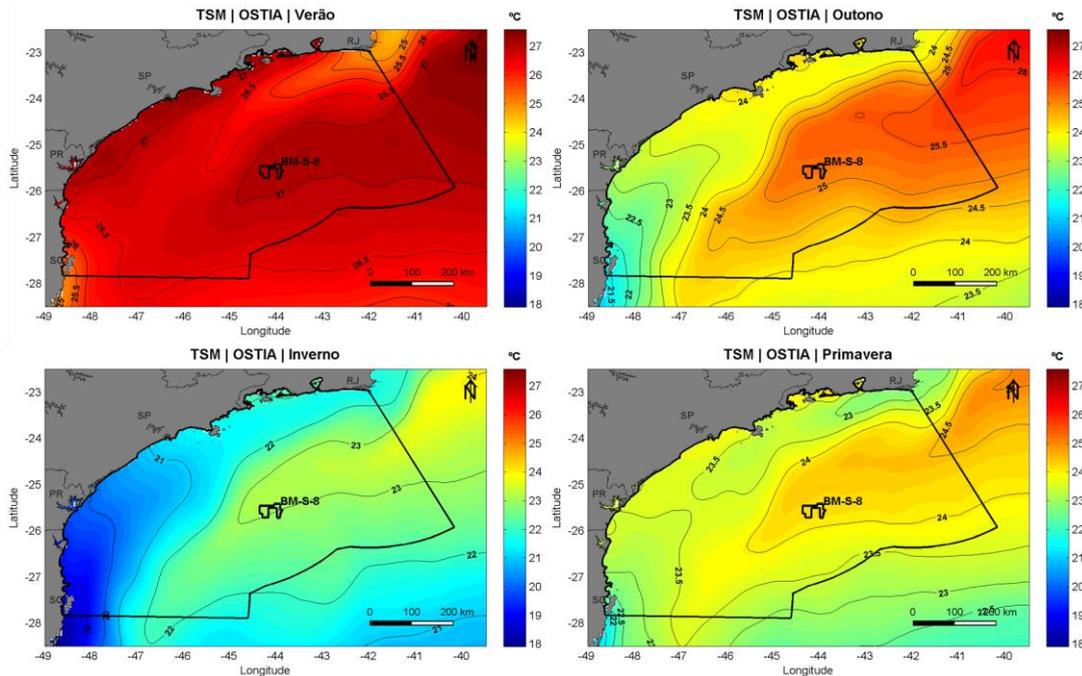


Figura 116: Temperatura da superfície do mar na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, para as quatro estações do ano. Figura gerada a partir de dados do OSTIA. Período dos dados: 2007 a 2013.

Os mapas de TSM demonstram uma variação mais expressiva entre os períodos de verão e inverno, com maiores temperaturas no verão (~27°C na região oceânica e ~26°C na região costeira), e menores no inverno (~23°C na região oceânica e ~21°C na região costeira). Os períodos de outono e primavera apresentam valores intermediários a essas estações, com maiores temperaturas no outono. Em todas as estações do ano, as maiores temperaturas na Baía de Santos estão associadas à Corrente do Brasil, e as menores, encontradas próximas da região costeira. No verão, a TSM na região do Bloco BM-S-8 é de ~27°C, enquanto que no inverno a TSM média é de ~23°C.

A série temporal de TSM extraída para o ponto de grade mais próximo do Bloco BM-S-8 (Figura 117) demonstra variabilidade basicamente associada à sazonalidade, com maiores temperaturas no verão e menores no inverno. Embora haja diferenças entre os anos, não há uma variabilidade interanual expressiva na região.

A estatística básica elaborada para essa série temporal é apresentada na Tabela 30. O mínimo de TSM ao longo dos sete anos analisados foi de 21,7°C (verificado em 30/09/2013), e o máximo de 28°C (verificado em 03/01/2014).



Figura 117: Série temporal de TSM na região do Bloco BM-S-8 (linha azul). A linha vermelha representa a média. Fonte: OSTIA. Período de dados: 2013 a 2015.

Tabela 30: Estatística básica de TSM para a região do Bloco BM-S-8. Fonte: OSTIA. Período de dados: 2007 – 2013.

Mínimo	Média	Máxima	Desvio Padrão
21,68	24,84	27,99	1,73

### 3.2.2 Massas d'água

As massas d'água são corpos de água com história comum de formação, definidos por suas características de temperatura e salinidade que, por sua vez, definem sua densidade. Esta última determina a posição que estes corpos irão ocupar na coluna d'água (MIRANDA, 1991).

Segundo Castro & Miranda (1998), espera-se encontrar as seguintes massas d'água na região da Baía de Santos:

- Água Tropical (AT) - formada pela mistura de camadas mais superficiais do oceano; apresenta temperaturas maiores que 18°C e salinidades maiores que 36. A AT faz parte do padrão de circulação de superfície do Giro Subtropical do Atlântico Sul, encontrando-se na porção superior da CB;
- Água de Mistura (AM) - apresenta salinidade variando entre 34 e 36, e temperatura acima de 18°C. Massa d'água proveniente da mistura entre AT e AC;
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS) - apresenta uma temperatura mínima de 6°C e máxima de 18°C; a salinidade oscila entre 34,5 e 36. Massa d'água situada em camada entre a Água Tropical (AT) e a Água Intermediária Antártica (AIA), é formada na Convergência Subtropical. A ACAS entra como parte do Giro Subtropical, circula com as Correntes do Atlântico Sul e Benguela, e atinge a costa da América do Sul, ao largo do sudeste brasileiro, transportada pela Corrente Sul Equatorial (SILVEIRA, 2007).

- Água Intermediária Antártica (AIA) - apresenta valores de temperatura entre 2,75°C e 5°C e salinidade entre 34,1 e 34,5. É proveniente da Convergência Antártica direcionando-se ao Atlântico Norte. Apresenta um mínimo de salinidade entre 700 e 1.100 m de profundidade. A maior parte da AIA flui para leste na Confluência Brasil-Malvinas (~38°S) como parte da circulação intermediária associada ao Giro Subtropical. Esta água fluiria então anticlonicamente, e parte se uniria novamente ao contorno oeste, ao sul de Cabo Frio (SILVEIRA, 2007).
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) - A APAN é caracterizada por temperaturas entre 3,31°C – 2,04°C e salinidades entre 34,59 – 34,87, ocupando níveis entre 1.300 m e 3.600 m, ao largo do sudeste brasileiro. Formada no Mar do Labrador, é a água que caracteriza o máximo secundário local de salinidade. A APAN se apresenta transportada em um escoamento organizado que flui para o sul ao longo do contorno oeste até cerca 32°S (SILVEIRA, 2007).

Na Figura 118 são apresentados mapas do Oceano Atlântico mostrando em quais profundidades (Figura 118-a) são encontrados os valores mínimos de salinidade (Figura 118-b), que indicam a presença da Água Intermediária Antártica. Na Figura 119 é apresentada uma seção vertical de salinidade variando com a latitude e a profundidade. Esta seção é indicada por um traço contínuo na Figura 118-a.

É possível notar, para a latitude da região de estudo, a presença da AIA e da APAN, além das águas mais superficiais com maiores valores de salinidade, como a AT.

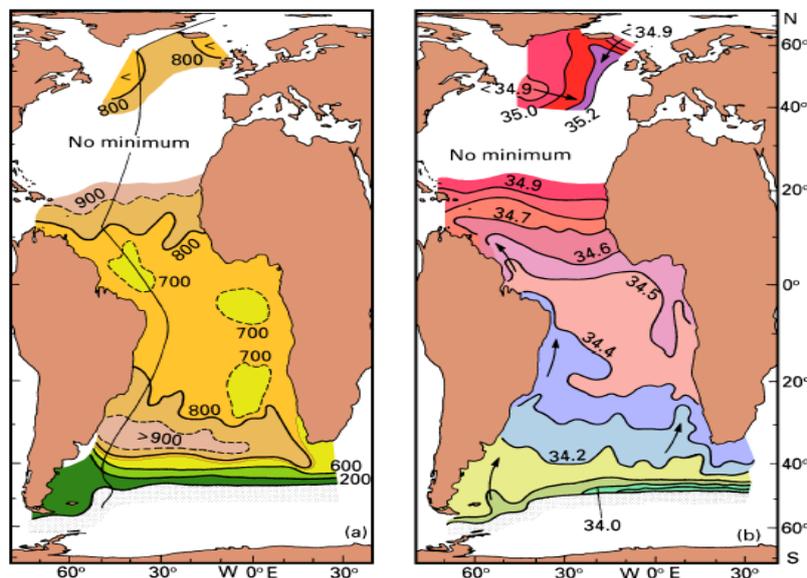


Figura 118: Mapa dos valores mínimos de salinidade provocados pela Água Intermediária Antártica.

(a) profundidade da mínima (os tons de verde representam áreas onde o mínimo de salinidade é encontrado em áreas mais rasas, e em bege, áreas mais profundas); (b) salinidade na profundidade da mínima (a escala de cores apresenta valores crescentes do verde para o vermelho). Fonte:

Tomczak & Godfrey, 1994.

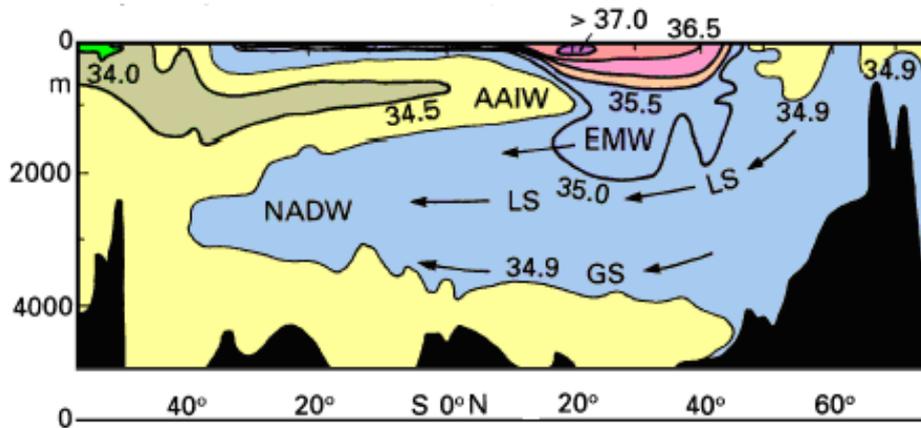


Figura 119: Seção vertical de salinidade através da bacia oeste do Oceano Atlântico. AIA – Água Intermediária Antártica (AAIW), APAN - Água Profunda do Atlântico Norte (NADW), Mar do Labrador (LS), Mar da Groenlândia (GS), AME - Água Mediterrânea Eurafricana (EMW). Fonte: Tomczak & Godfrey, 1994.

A avaliação das massas d’água presentes na região de interesse é feita a partir da análise de dados primários disponíveis no banco de dados WOD13 e dados secundários, disponíveis no banco de dados WOA13, ambos do NODC.

A partir dos dados primários, coletados entre os anos de 1886 e 2014 e disponíveis no banco de dados WOD13, foi realizada uma análise das massas d’água presentes na região do Bloco BM-S-8, a partir da confecção de um diagrama TS.

A base de dados conhecida como WOD13 (*World Ocean Database 2013*) corresponde aos dados históricos armazenados no NODC, coletados por diversas campanhas e equipamentos por todo o globo. Uma descrição completa sobre esta base de dados pode ser encontrada em Johnson *et al.* (2013). A Figura 120 indica a localização dos dados do WOD13 utilizados.

Os dados obtidos foram tratados e observações com valores inferiores ou superiores a três vezes o desvio padrão para cada profundidade foram descartadas.

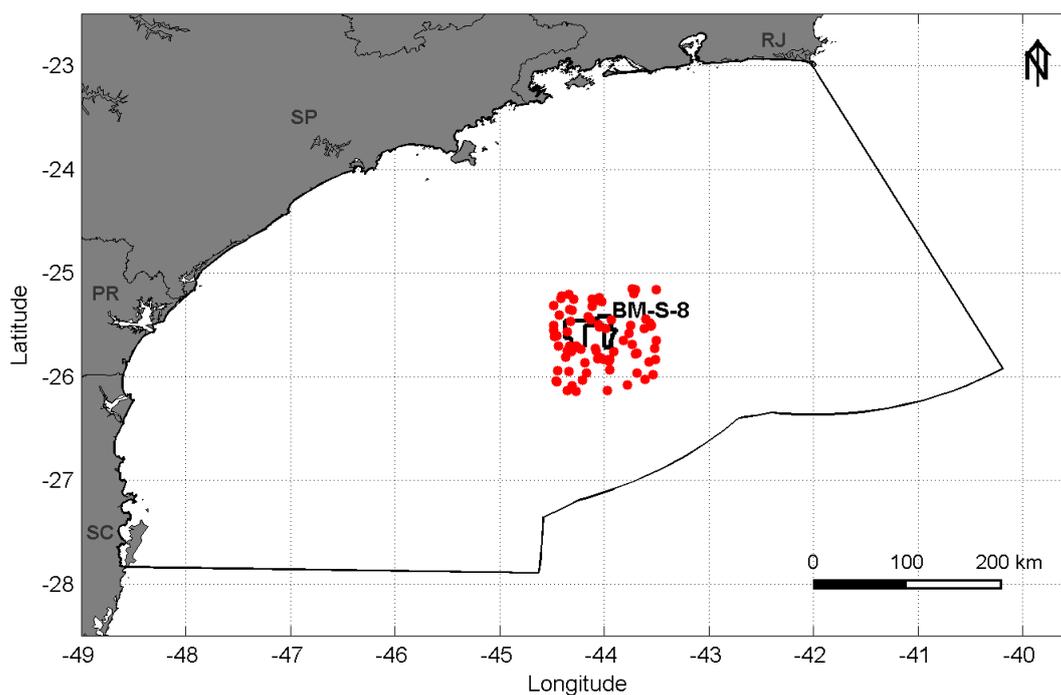


Figura 120: Localização dos dados do WOD utilizados para caracterização das massas d'água na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Datum: SIRGAS 2000. Período dos dados: 1931 – 2014.

Na Figura 121 é apresentado o diagrama TS espalhado elaborado com os dados do NODC. O diagrama TS encontra-se plotado sobre um gabarito de massas d'água elaborado com dados para a região sudeste brasileira (SILVA *et al.*, 1982) e as cores são referentes às profundidades dos dados. A Tabela 31 apresenta os índices termohalinos utilizados na elaboração do diagrama TS.

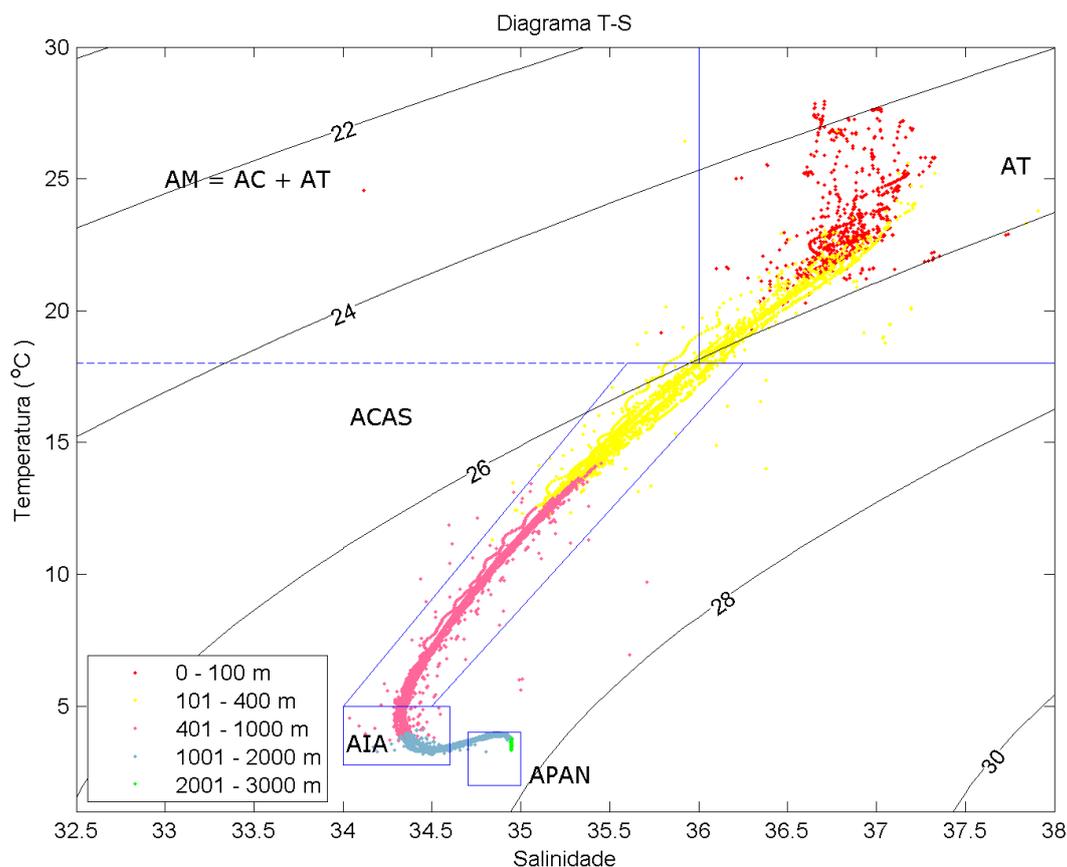


Figura 121: Diagrama TS espalhado para a região do Bloco BM-S-8, elaborado com os dados do NODC. A linha em azul representa o gabarito elaborado por Silva *et al.* (1982). Fonte: WOD13.  
Período dos dados: 1931 – 2014.

Tabela 31: Índices termohalinos utilizados no diagrama TS. Fonte: Silva *et al.* (1982).

Massa D'água	Temperatura (°C)	Salinidade
AM	>18	32,5 – 35,6
AT	>18	>36
ACAS	5 - 18	34 – 36,25
AIA	2,75 - 5	34 – 34,6
APAN	2 – 4	34,7 - 35

Nota-se a presença das seguintes massas d'água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Observa-se que a água de mistura, embora presente nos dados, não ocorre de forma representativa na região. É possível que esta água seja capturada na formação do Vórtice de Cabo Frio e seja transportada até a região de estudo por este. Nota-se também que em algumas observações, a ACAS é encontrada em regiões entre 0 e 100 metros, assim como a AT pode também ser encontrada em regiões entre 100 e 400 metros. Essas variações ocorrem

devido aos processos que alteram a estratificação da coluna d'água e a profundidade da camada de mistura, como por exemplo eventos de ressurgência e presença de vórtices.

Para análise da variabilidade sazonal das massas d'água, foram elaboradas seções verticais da densidade da água do mar para as quatro estações do ano. Essa análise foi realizada a partir dos dados climatológicos obtidos no WOA13, do NODC. As seções verticais apresentadas a seguir (Figura 122 e Figura 123) são referentes a um perfil longitudinal iniciado em 23°S e 44°W. As massas d'água foram inferidas a partir dos seus respectivos limites de densidade (linhas isopicnais).

Durante o verão e o outono, a estratificação da coluna d'água nos primeiros 100 metros é mais intensa do que no inverno e na primavera. A distribuição das massas d'água não apresenta diferenças significativas entre as duas estações analisadas. Em todas as estações a AT é encontrada entre aproximadamente 0 e 100 m; a ACAS entre 100 e 450 m, exceto nas proximidades da plataforma continental, onde seu topo é observado mais próximo da superfície; A AIA ocupa a camada entre aproximadamente 450 e 1100m, e abaixo deste nível está a APAN.

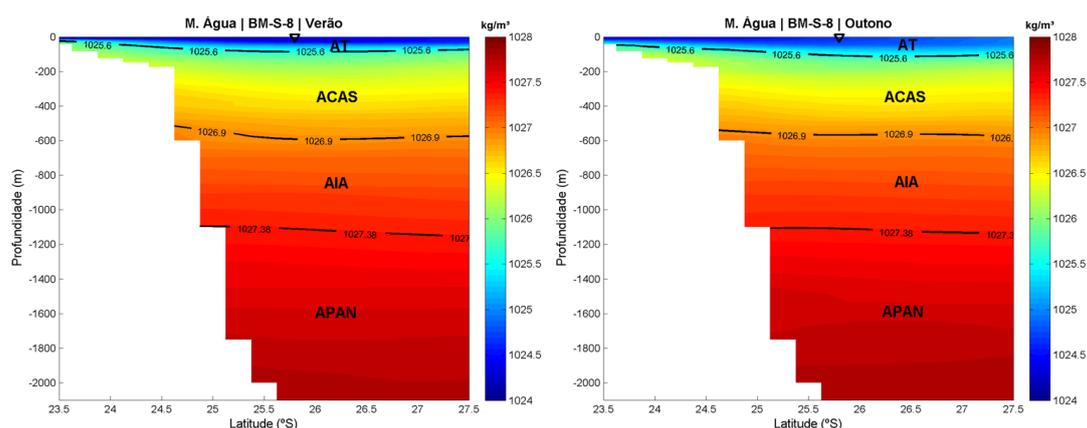


Figura 122: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. As linhas isopicnais representam os limites entre as massas d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período dos dados: 1773 – 2013.

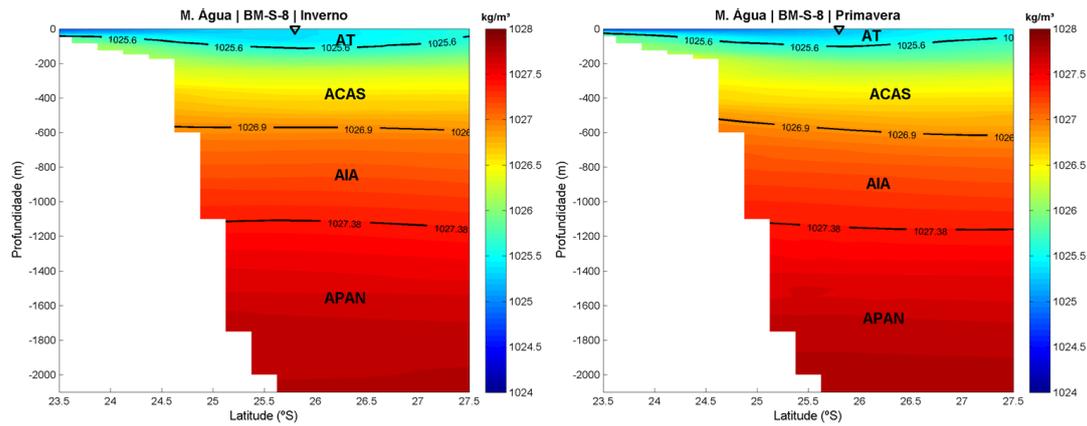


Figura 123: Seções verticais de densidade climatológica na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. As linhas isopicnais representam os limites entre as massas d'água. Fonte dos dados: WOA13. Período dos dados: 1773 – 2013.

### 3.2.3 Regime de correntes

Para exemplificar os campos médios de circulação na região da Baía de Santos e no entorno do Bloco BM-S-8 foram utilizados os resultados de modelo do Projeto Mercator. Ressaltando que esses dados foram utilizados como condição inicial e de contorno na modelagem hidrodinâmica para o Bloco BM-S-8. Da Figura 124 a Figura 128, são apresentados os campos médios sazonais elaborados para as profundidades de 0, 100, 500, 1000 e 2000 m, respectivamente.

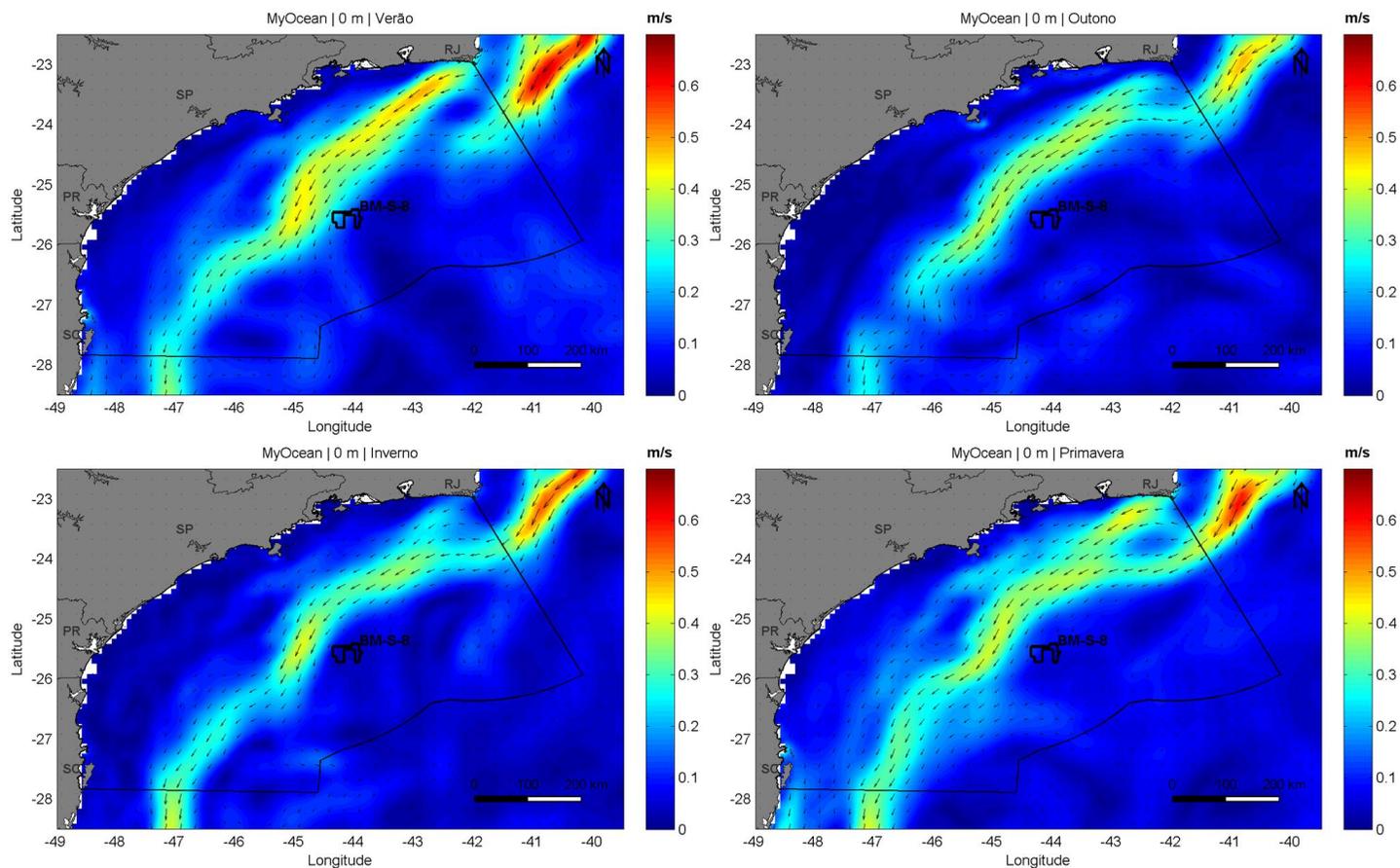


Figura 124: Campo médio das correntes superficiais na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

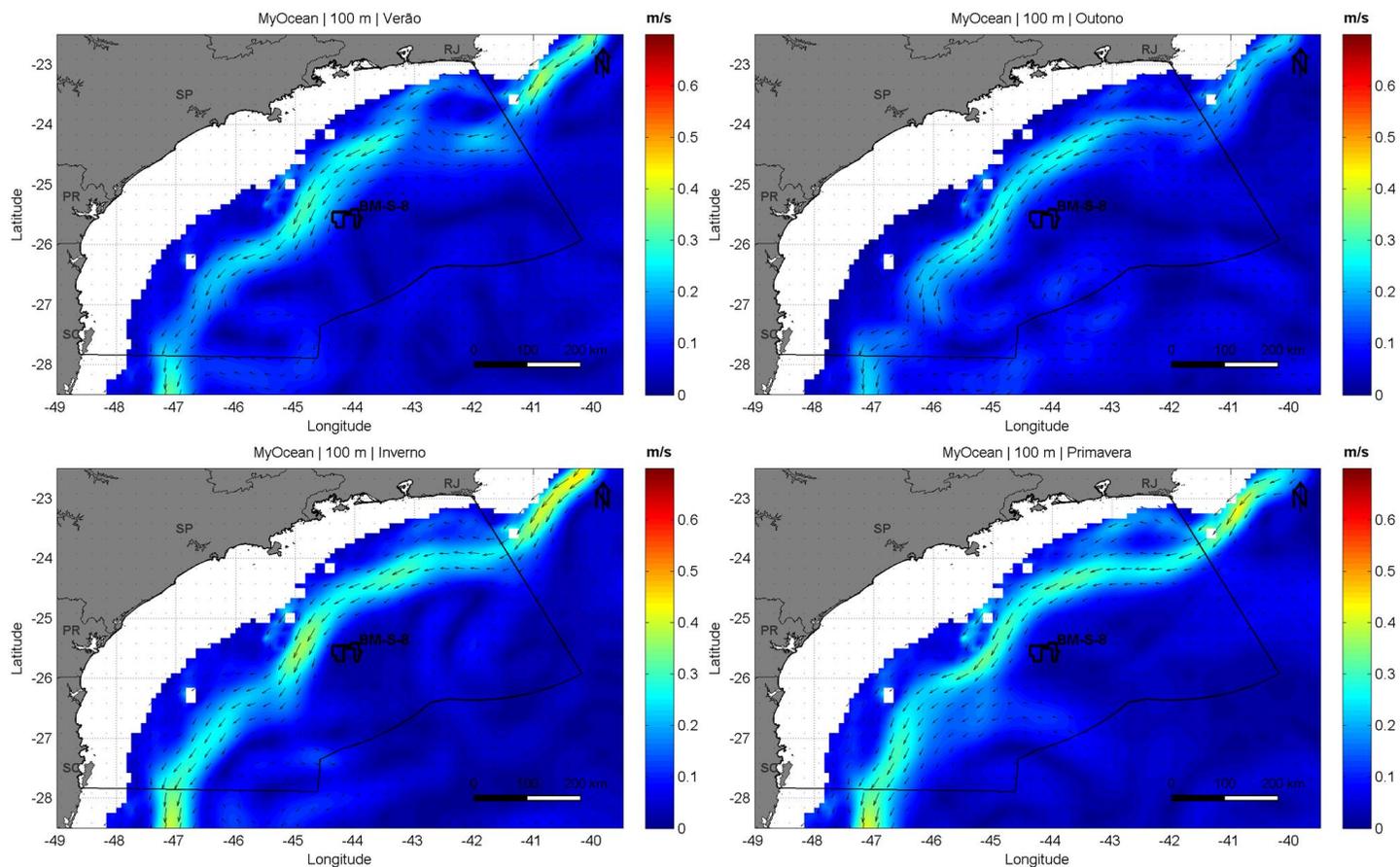


Figura 125: Campo médio das correntes em 100 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator.

Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

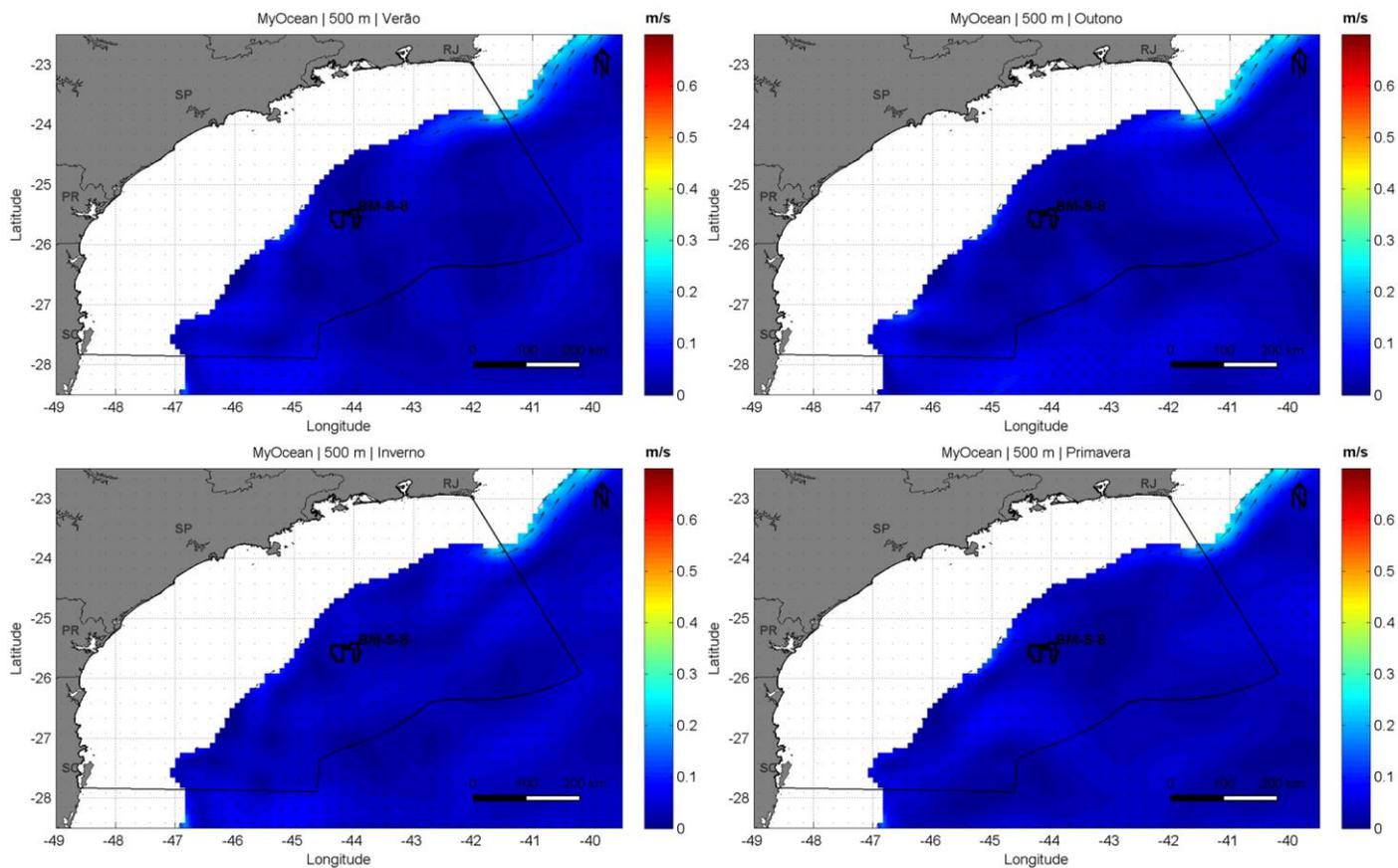


Figura 126: Campo médio das correntes em 500 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator.  
Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

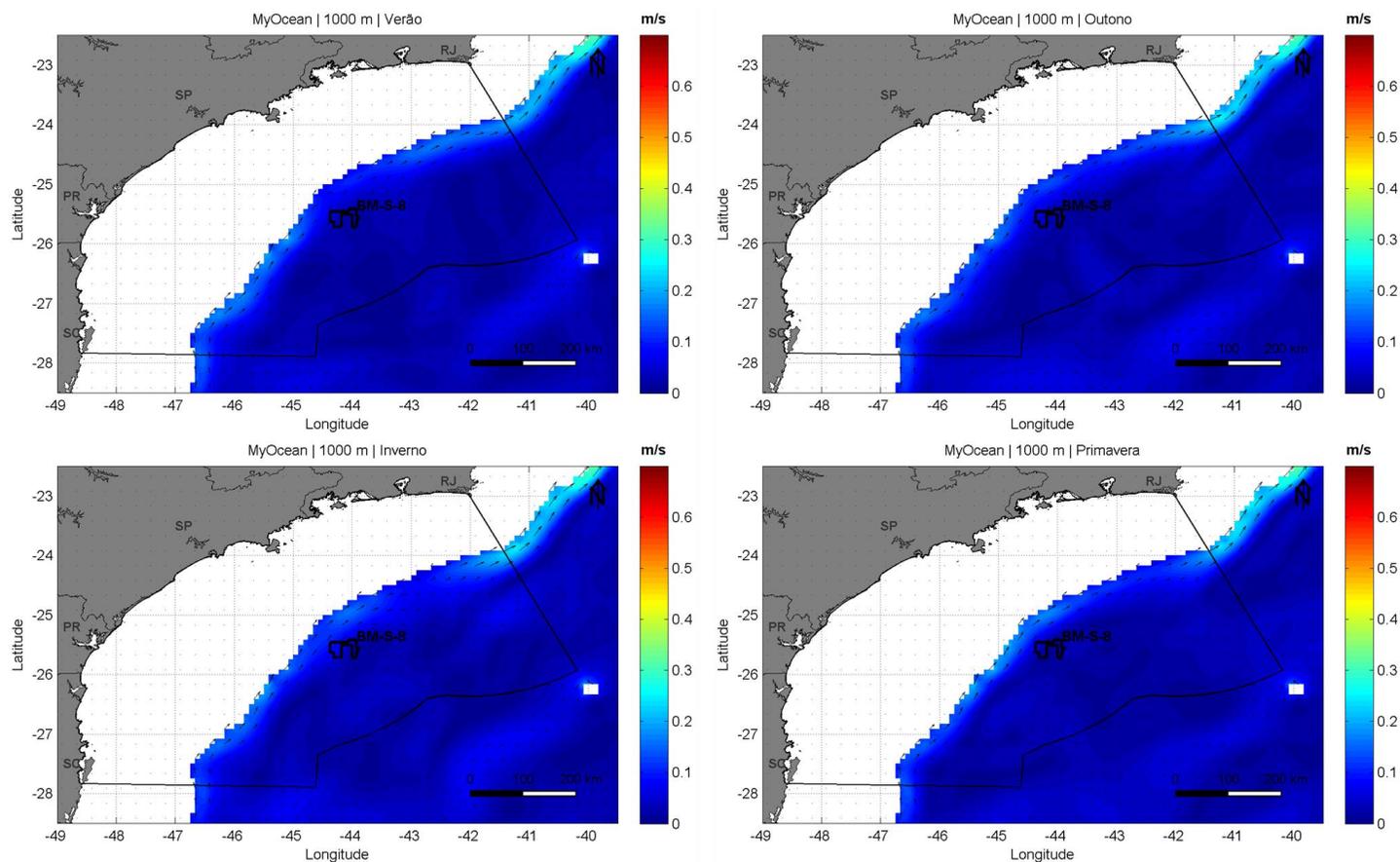


Figura 127: Campo médio das correntes em 1000 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator.

Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

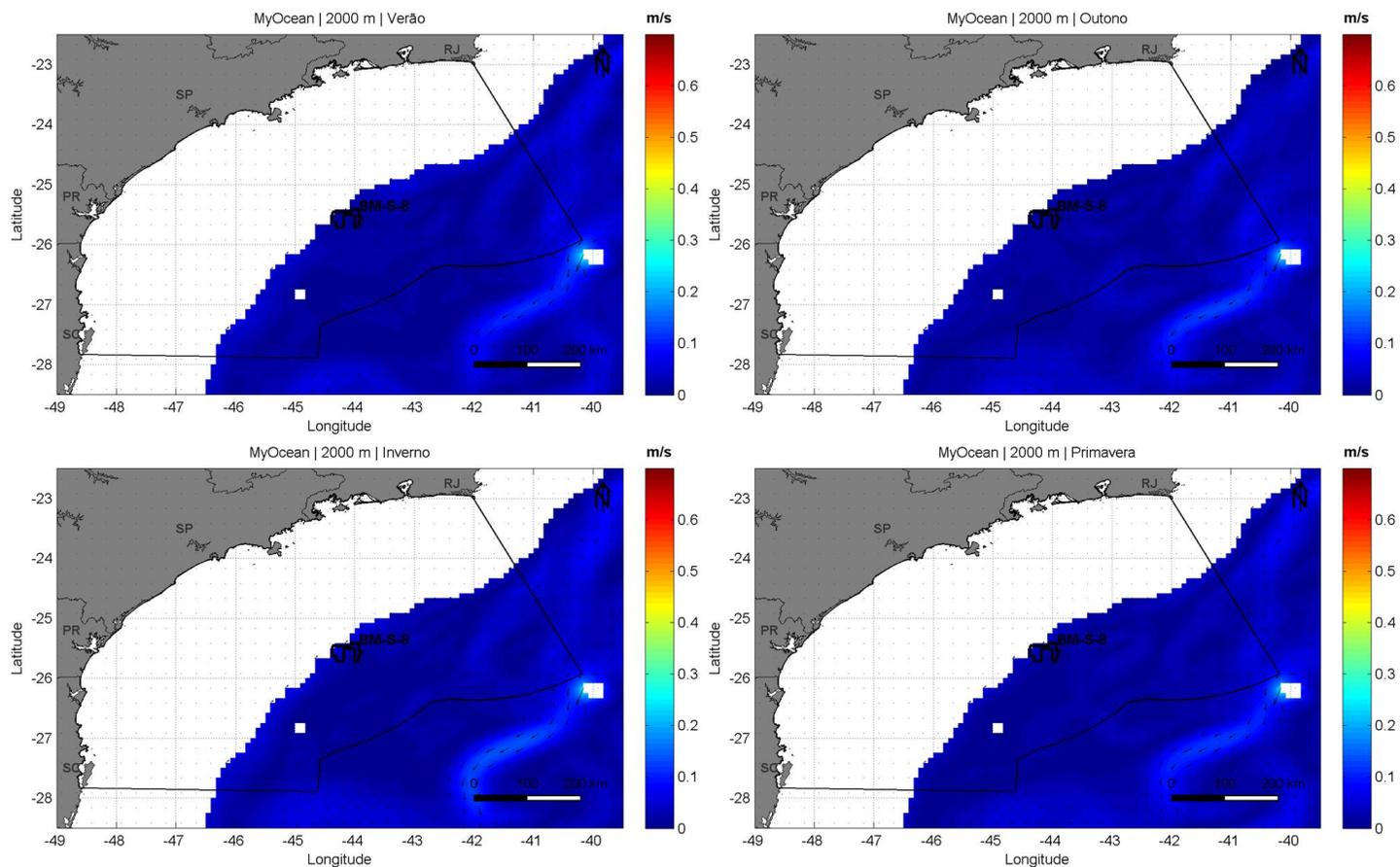


Figura 128: Campo médio das correntes em 2000 m de profundidade na área do BM-S-8 na Baía de Santos, nas quatro estações do ano. Fonte: Mercator.

Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Para as análises pontuais do regime de correntes na região do BM-S-8, foram utilizados os resultados da modelagem hidrodinâmica desenvolvida com o *Regional Ocean Modeling System* (ROMS) para os estudos de dispersão de óleo. O modelo possui resolução espacial de  $1/16^\circ$  e temporal de 2 h. A localização do ponto de grade ( $44^\circ\text{W}$  e  $25,756^\circ\text{S}$ ) de onde foram extraídos os resultados pode ser observada na Figura 129.

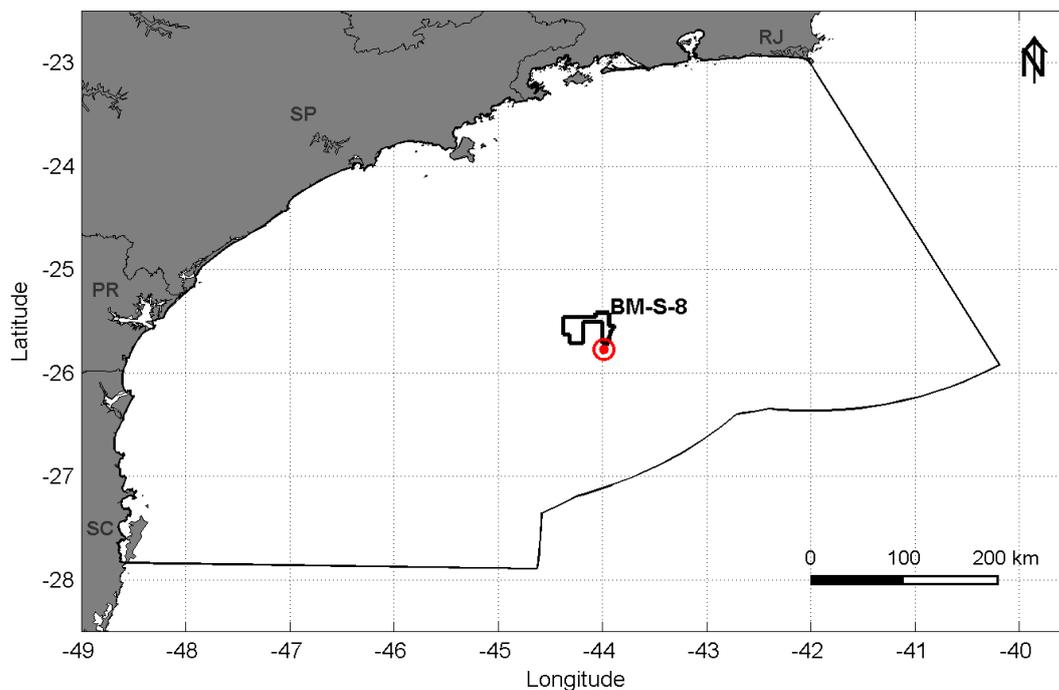


Figura 129: Localização do ponto do modelo ROMS utilizado para caracterização da área do bloco BM-S-8.

A seguir, da Figura 130 a Figura 134, são apresentadas rosas de correntes, série temporal de intensidade média de correntes, *stickplots* e gráfico com parâmetros estatísticos para a região do BM-S-8.

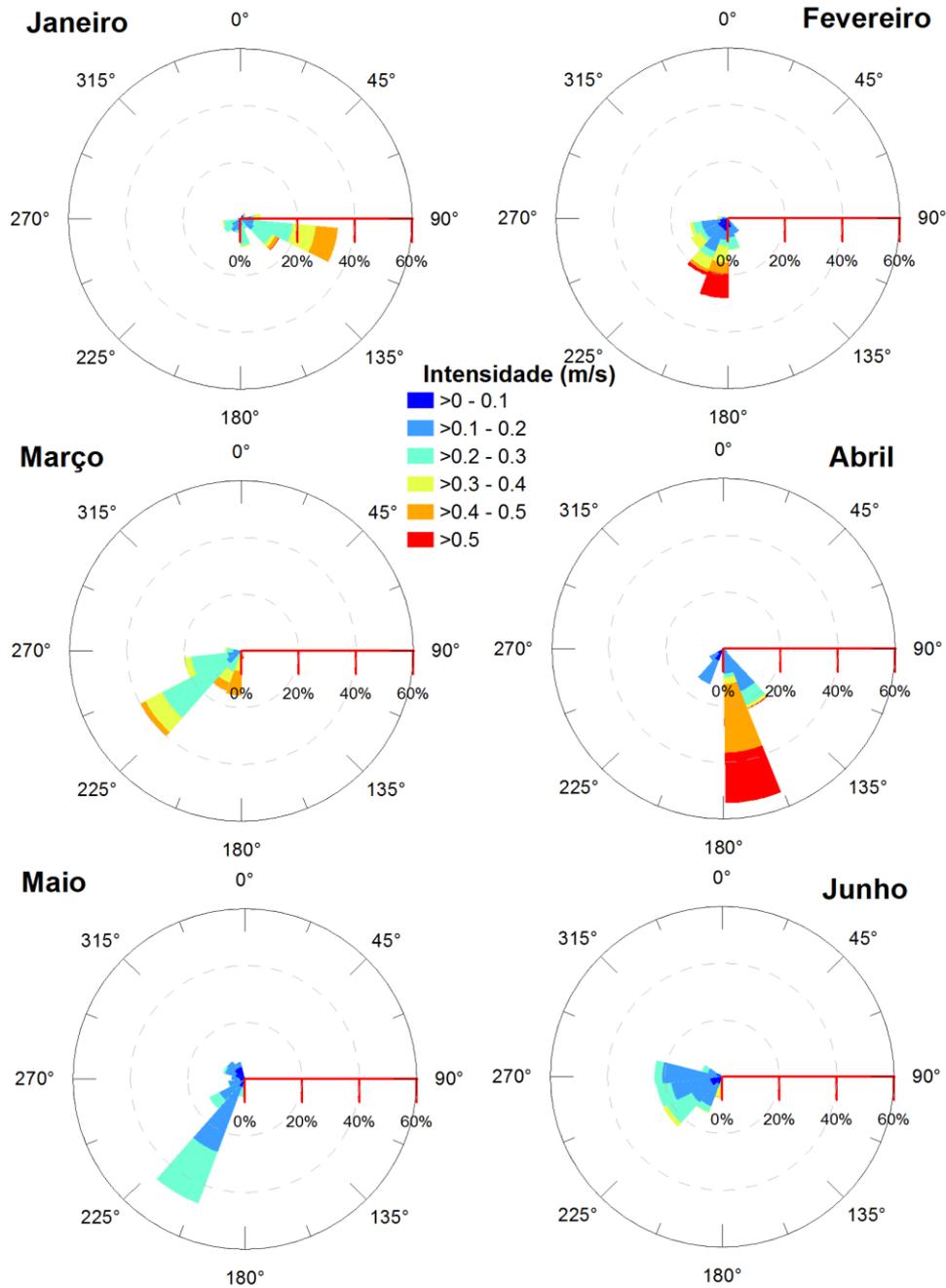


Figura 130: Rosas de correntes superficiais para o período de janeiro a junho na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

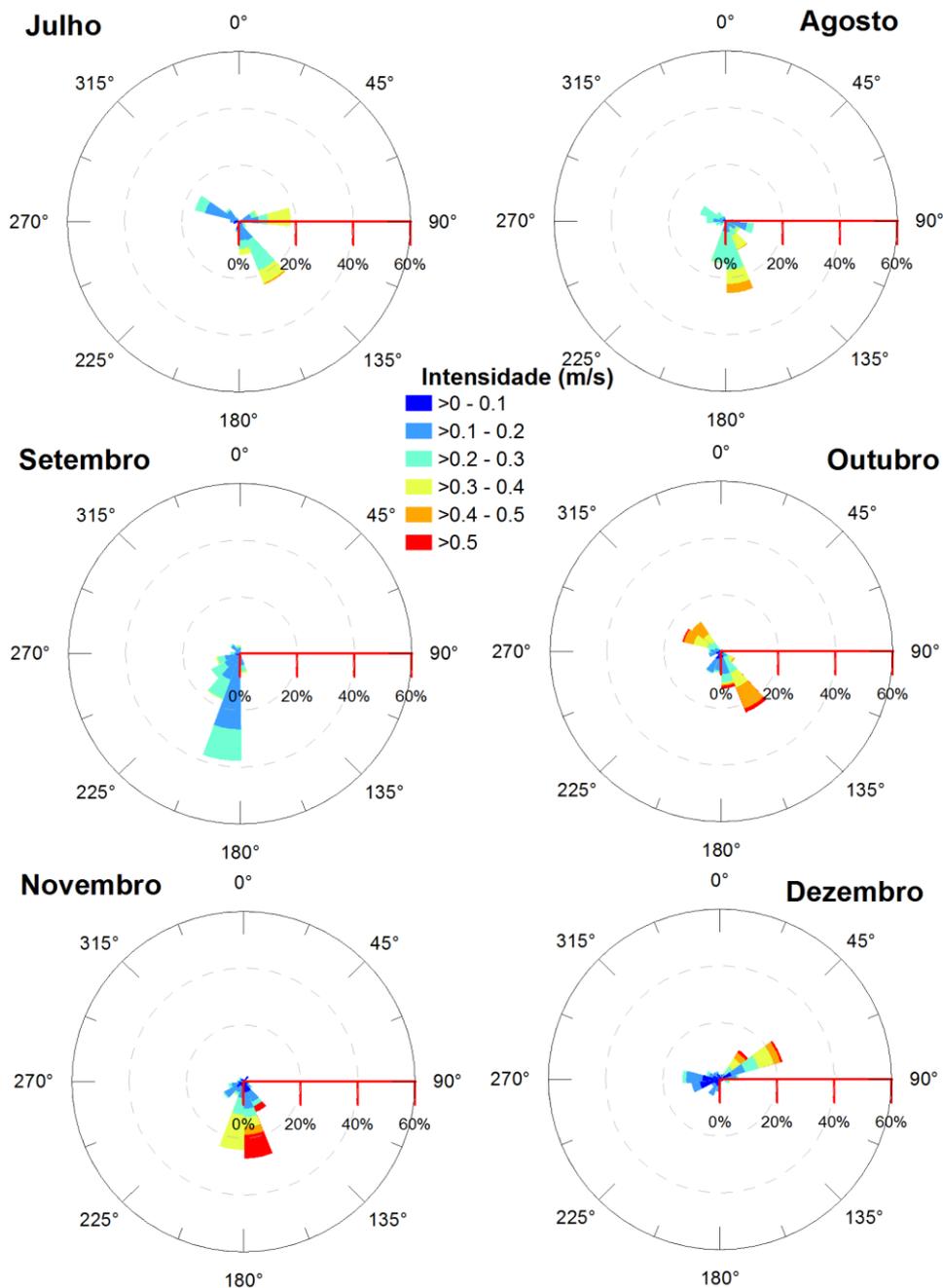


Figura 131: Rosas de correntes superficiais para o período de julho a dezembro na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

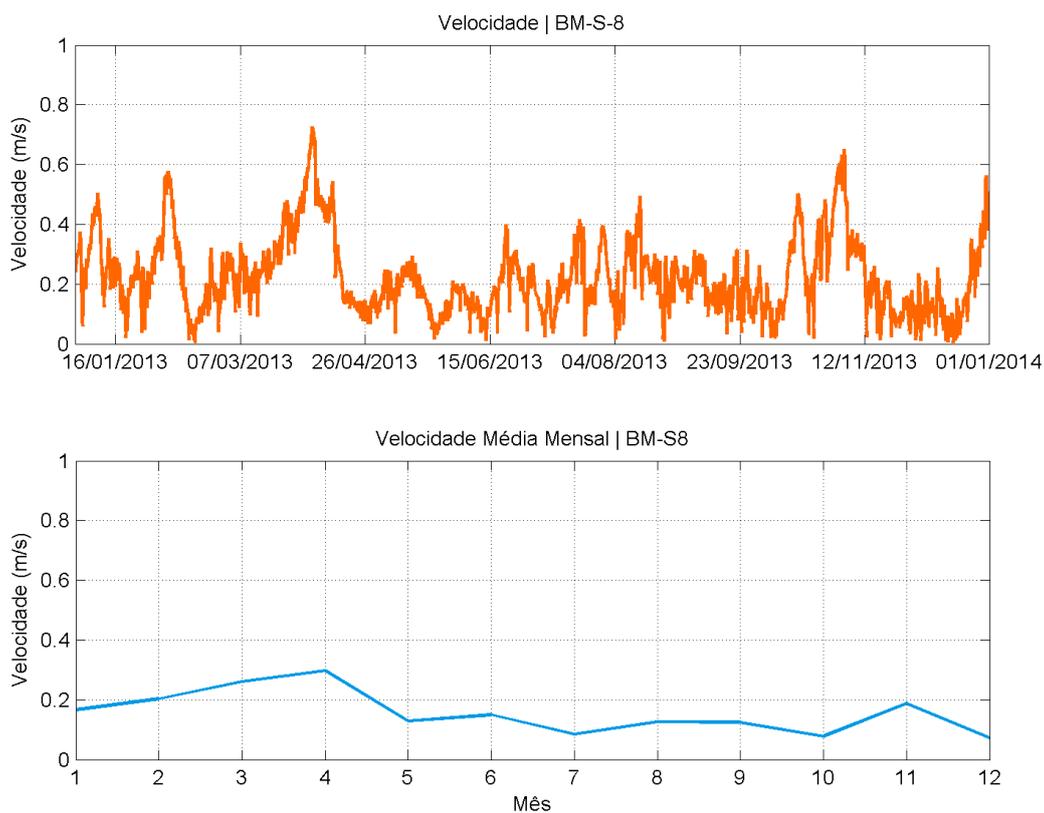


Figura 132: Intensidade de corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

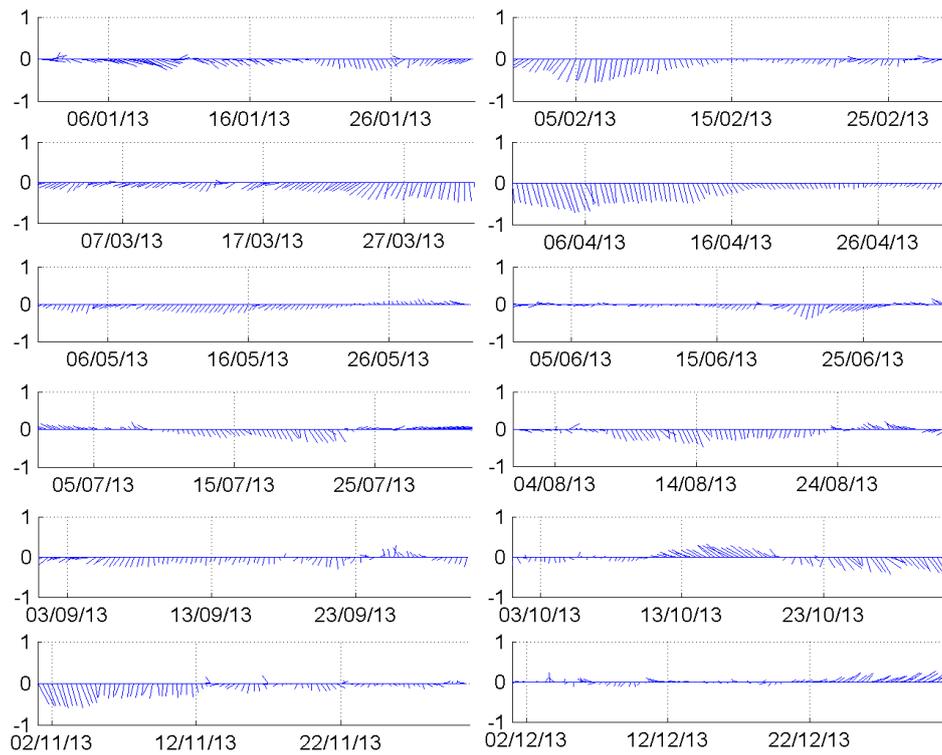


Figura 133: *Stickplots* de corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

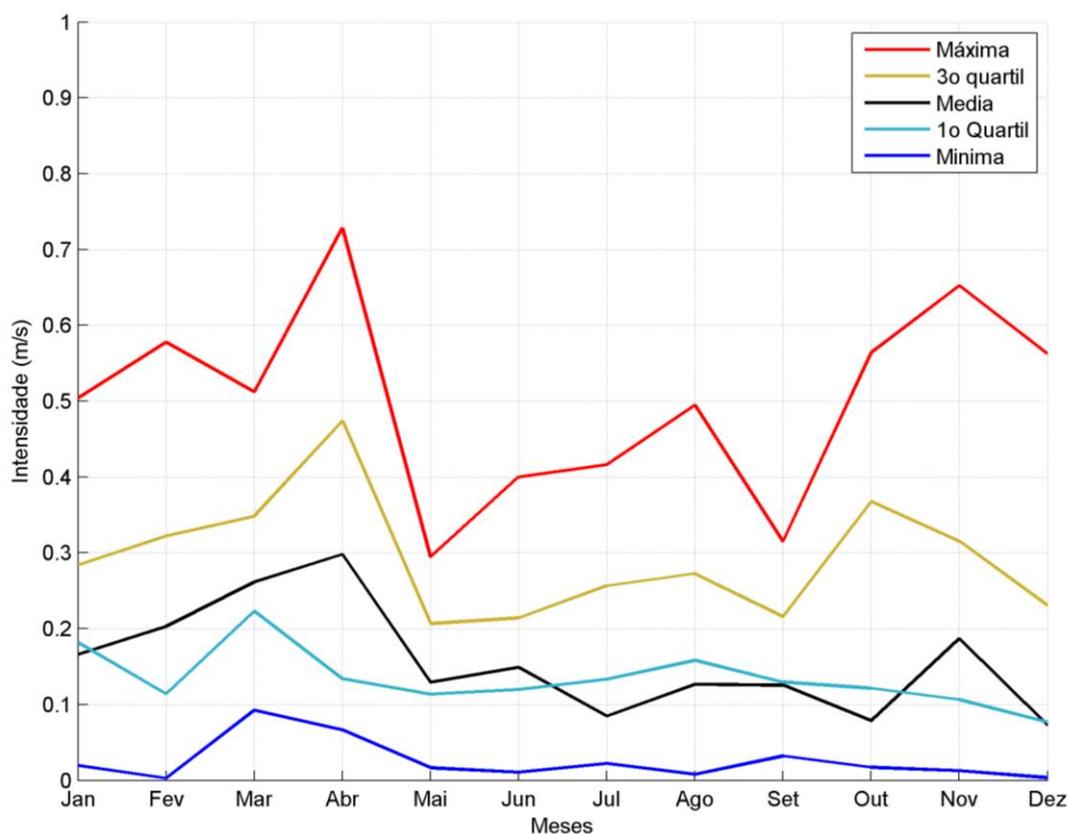


Figura 134: Média, Mínima, Máxima, primeiro quartil e terceiro quartil de intensidade da corrente superficial na região do Bloco BM-S-8. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Os gráficos demonstram um fluxo predominante para sul ao longo da maior parte do ano, com intensidades médias da ordem de 0,1 a 0,3 m/s. Estes dados evidenciam que a região do BM-S-8 encontra-se fora do fluxo principal da Corrente do Brasil, entretanto, esta bordeja a região do bloco, podendo passar pela região, quando se encontra mais afastada da costa.

Este padrão é evidenciado também pela ocorrência conjunta de direção e intensidade de corrente, apresentada na Tabela 32. Além disso, da Tabela 33 a Tabela 36 são apresentadas as ocorrências conjuntas de direção e intensidade de corrente considerando a variação sazonal. Verifica-se novamente a predominância das correntes de sul e sudoeste em todas as estações do ano. Em todas as estações, as correntes predominantes variam entre 0,15 e 0,3 m/s, à exceção do outono, onde a maior parte possui intensidade menor que 0,15 m/s.

Tabela 32: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0	0,15	27	56	96	132	313	418	252	155	1449	33,25
0,15	0,3	13	54	165	259	455	590	313	130	1979	45,41
0,3	0,45	1	47	85	97	238	92	16	50	626	14,36
0,45	0,6	0	10	6	40	188	11	0	12	267	6,13
0,6	0,75	0	0	0	0	37	0	0	0	37	0,85
> 0,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>		41	167	352	528	1231	1111	581	347	4358	
<b>Freq. (%)</b>		0,94	3,83	8,08	12,12	28,25	25,49	13,33	7,96		

Tabela 33: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de verão. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0	0,15	0	8	10	25	48	82	31	3	207	19,35
0,15	0,3	0	8	71	64	88	238	72	2	543	50,75
0,3	0,45	0	1	49	10	81	84	12	0	237	22,15
0,45	0,6	0	0	6	12	54	11	0	0	83	7,76
0,6	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
> 0,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>		0	17	136	111	271	415	115	5	1070	
<b>Freq. (%)</b>		0,00	1,59	12,71	10,37	25,33	38,79	10,75	0,47		

Tabela 34: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de outono. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0	0,15	13	0	0	27	61	167	87	65	420	38,46
0,15	0,3	0	0	0	57	39	260	117	14	487	44,60
0,3	0,45	0	0	0	2	54	6	0	0	62	5,68
0,45	0,6	0	0	0	0	93	0	0	0	93	8,52
0,6	0,75	0	0	0	0	30	0	0	0	30	2,75
> 0,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>		13	0	0	86	277	433	204	79	1092	
<b>Freq. (%)</b>		1,19	0,00	0,00	7,88	25,37	39,65	18,68	7,23		

Tabela 35: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de inverno. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0	0,15	3	10	42	31	96	52	48	54	336	30,66
0,15	0,3	11	12	61	91	239	77	67	80	638	58,21
0,3	0,45	1	0	32	42	39	2	1	0	117	10,68
0,45	0,6	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0,46
0,6	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
> 0,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>		15	22	135	164	379	131	116	134	1096	
<b>Freq. (%)</b>		1,37	2,01	12,32	14,96	34,58	11,95	10,58	12,23		

Tabela 36: Ocorrência conjunta de intensidade e direção de corrente nos períodos de primavera. Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Direção ->		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total	Freq. (%)
Intensidade (m/s)											
0	0,15	11	38	44	49	108	117	86	33	486	44,18
0,15	0,3	2	34	33	47	89	15	57	34	311	28,27
0,3	0,45	0	46	4	43	64	0	3	50	210	19,09
0,45	0,6	0	10	0	28	36	0	0	12	86	7,82
0,6	0,75	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0,64
> 0,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>Total</b>		13	128	81	167	304	132	146	129	1100	
<b>Freq. (%)</b>		1,18	11,64	7,36	15,18	27,64	12,00	13,27	11,73		

Na sequência, são apresentados os perfis verticais de corrente para três pontos diferentes, englobando três províncias fisiográficas da região de estudo, a plataforma continental, o talude e a baía oceânica. A Figura 135 mostra a localização de cada ponto.

Os perfis verticais de corrente na baía oceânica (Figura 136 a Figura 139) demonstram que a direção sul é a direção predominante nos primeiros 500 m de coluna d'água. Abaixo deste nível não há um fluxo predominante. Na região do talude observa-se a CB fluindo para SW da superfície até aproximadamente 300 metros e a CCI de 500 até o fundo, com núcleo entre 800 e 1000 m. Sobre a plataforma continental foram observados correntes com fluxo sudoeste em toda a coluna d'água. No período de outono e inverno, estas são menos intensas, provavelmente devido à penetração da Corrente Costeira, invertendo o fluxo e tendenciando a média para menores valores.

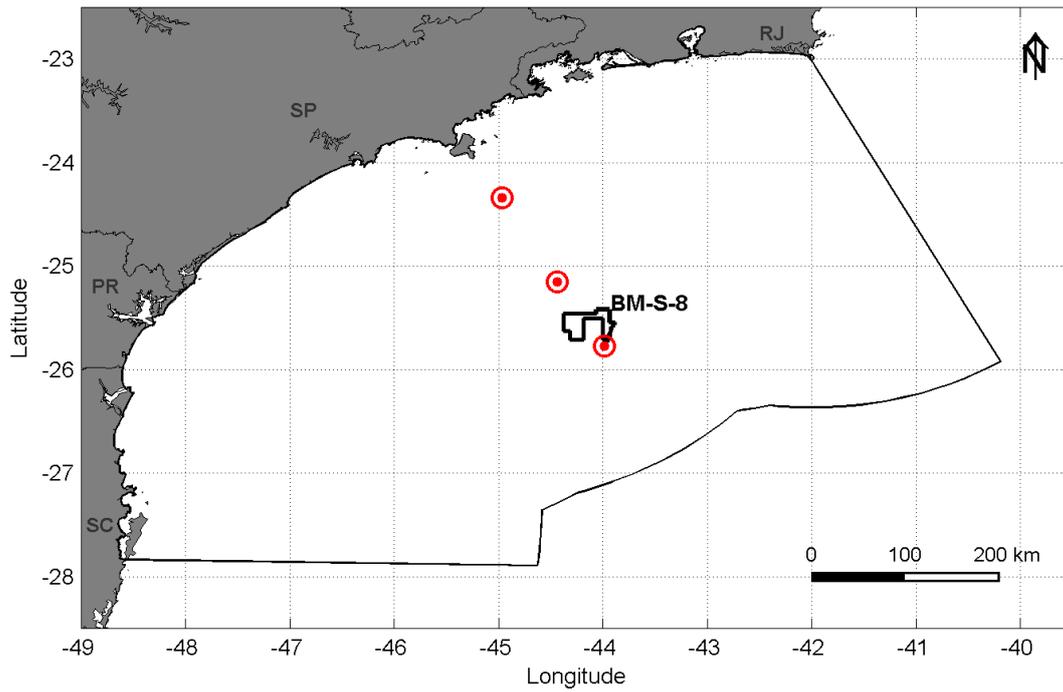


Figura 135: Localização dos pontos de grade do ROMS utilizados para elaboração dos perfis verticais de correntes na região do Bloco BM-S-8.

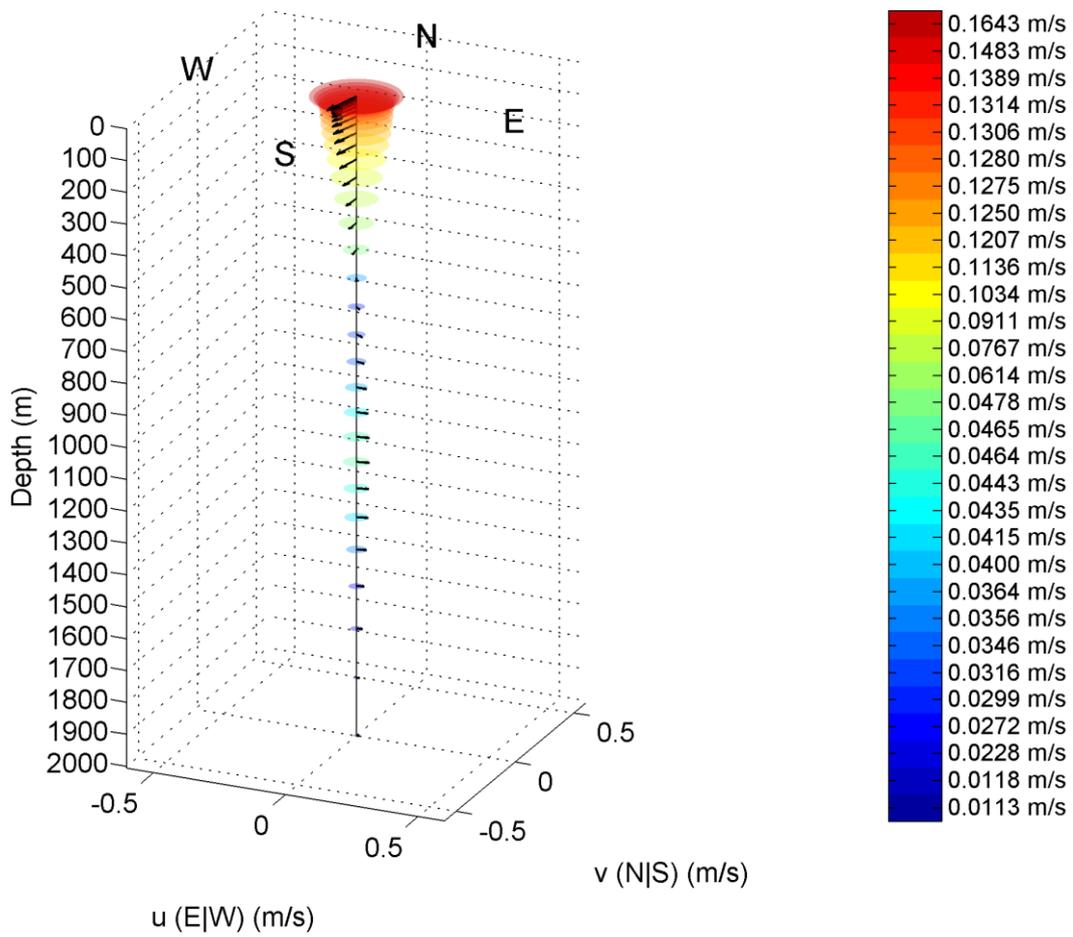


Figura 136: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (bacia oceânica).  
 Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

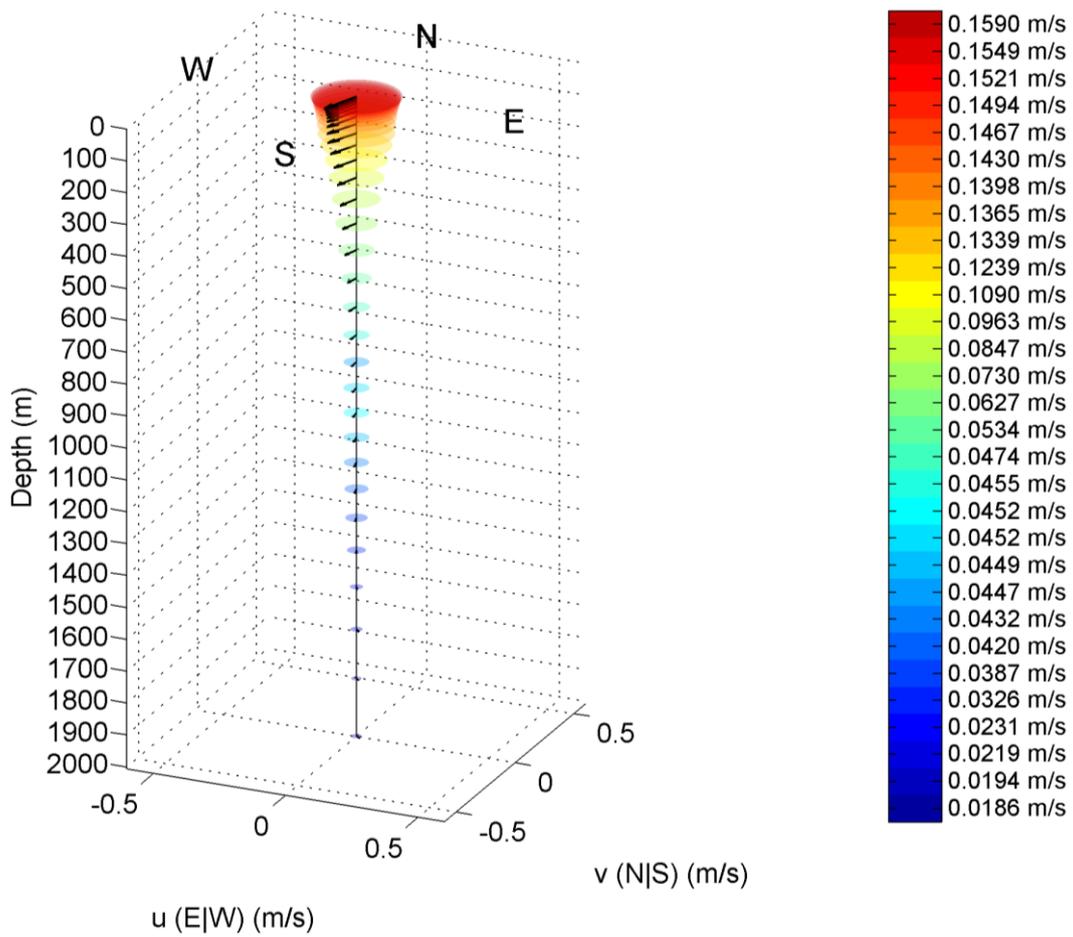


Figura 137: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (baía oceânica).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

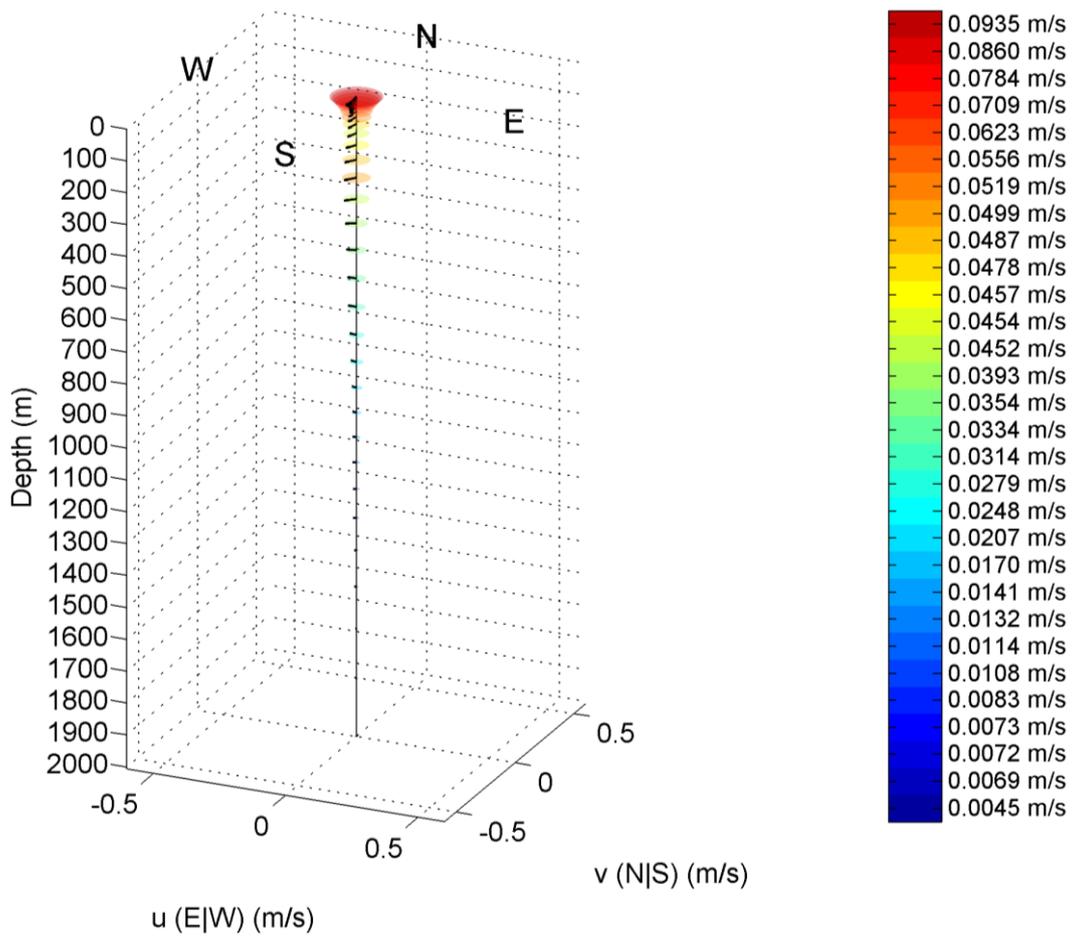


Figura 138: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (baía oceânica).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

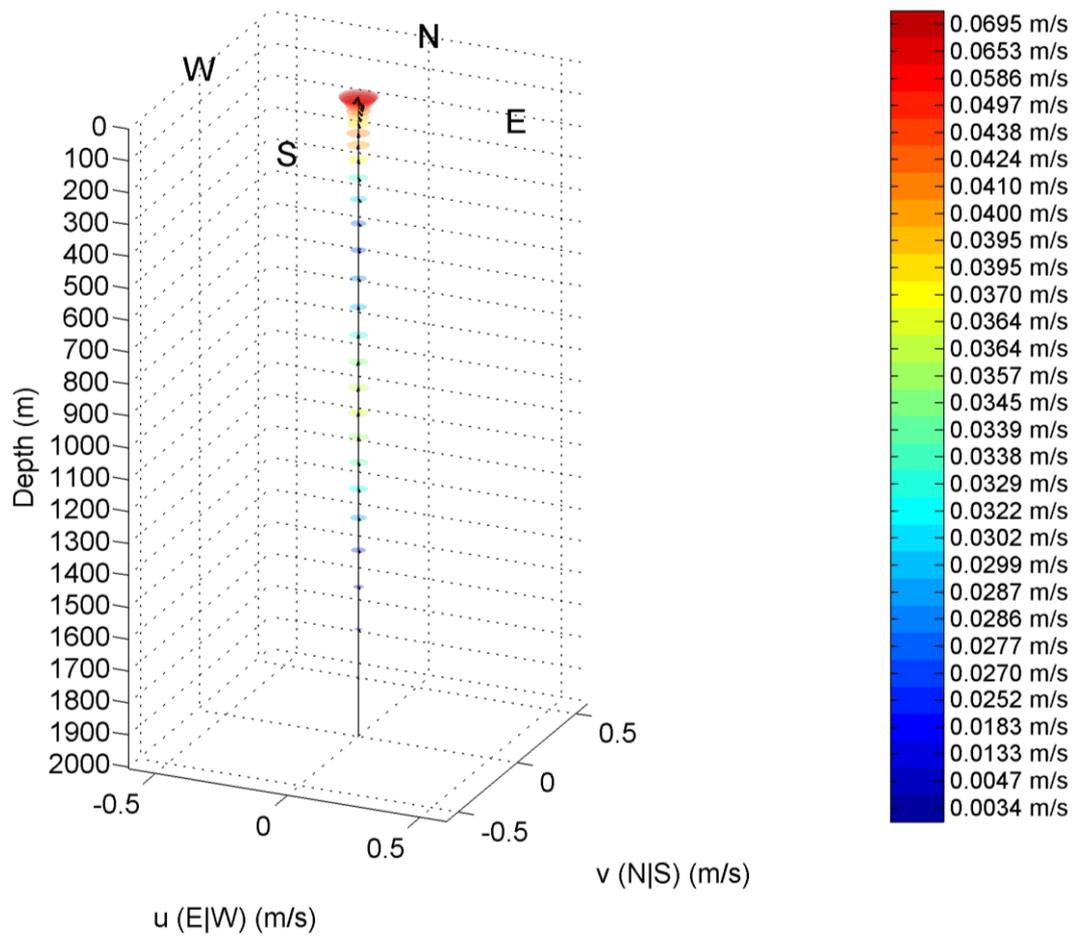


Figura 139: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (baía oceânica). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

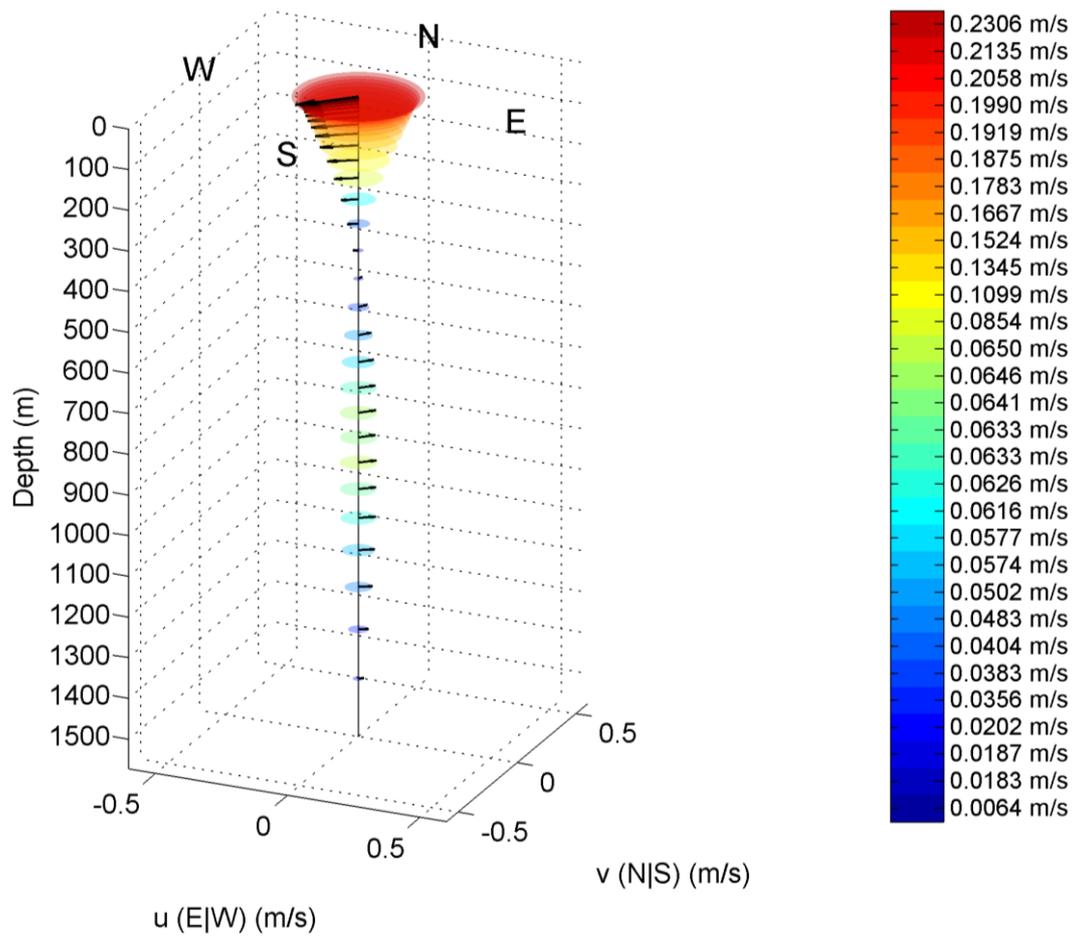


Figura 140: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

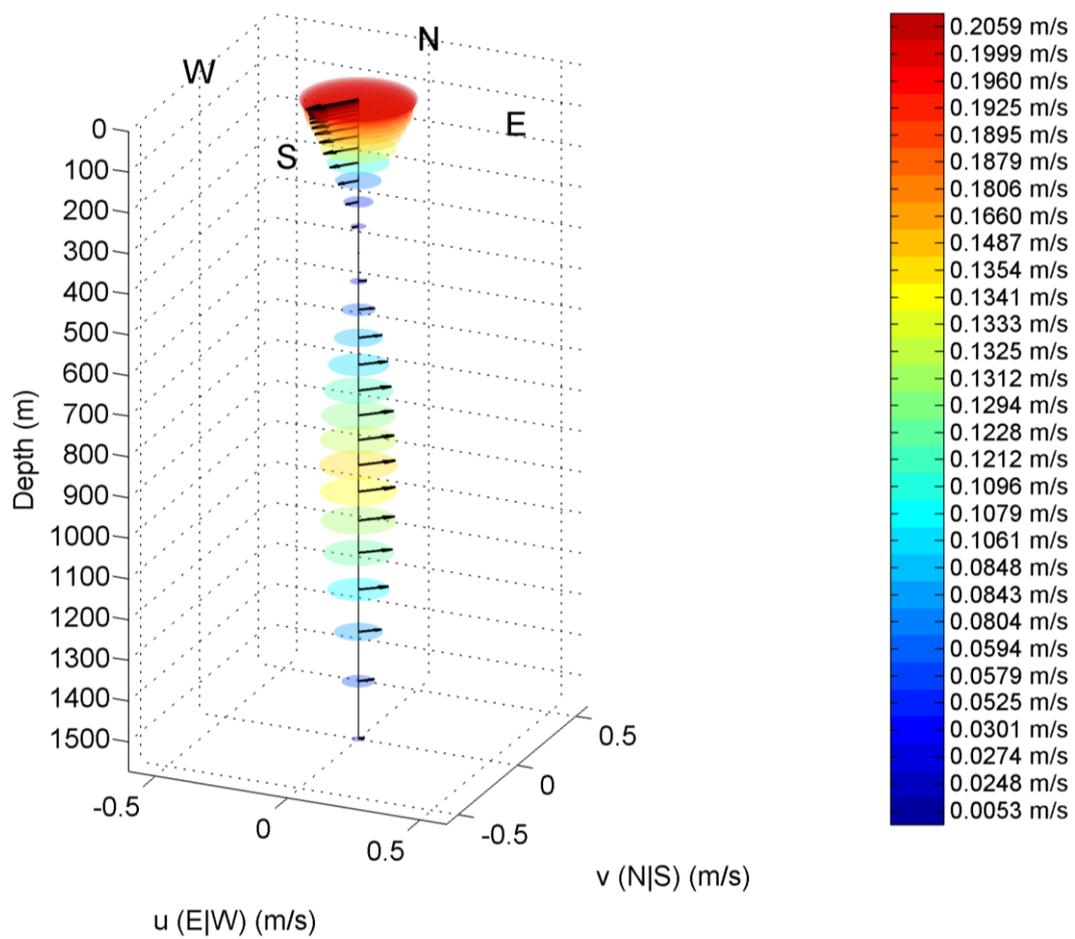


Figura 141: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

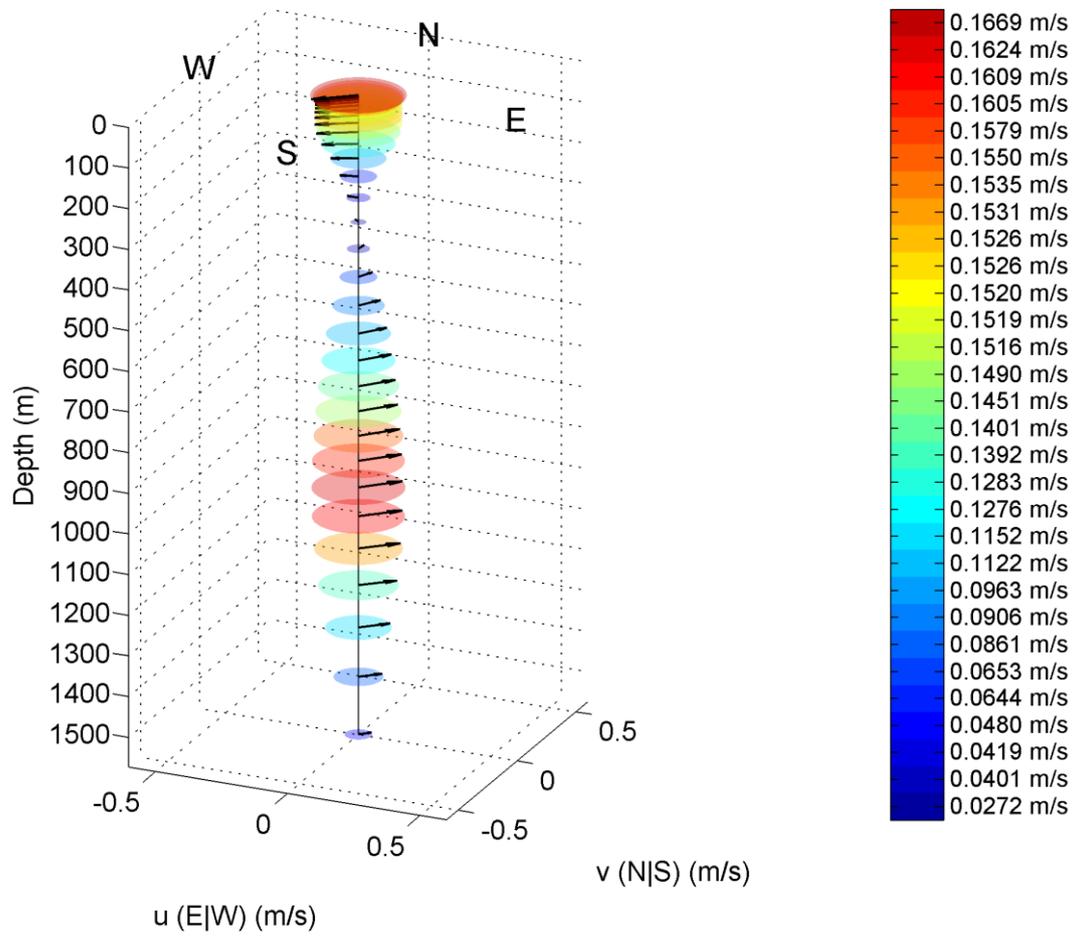


Figura 142: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (talude). Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

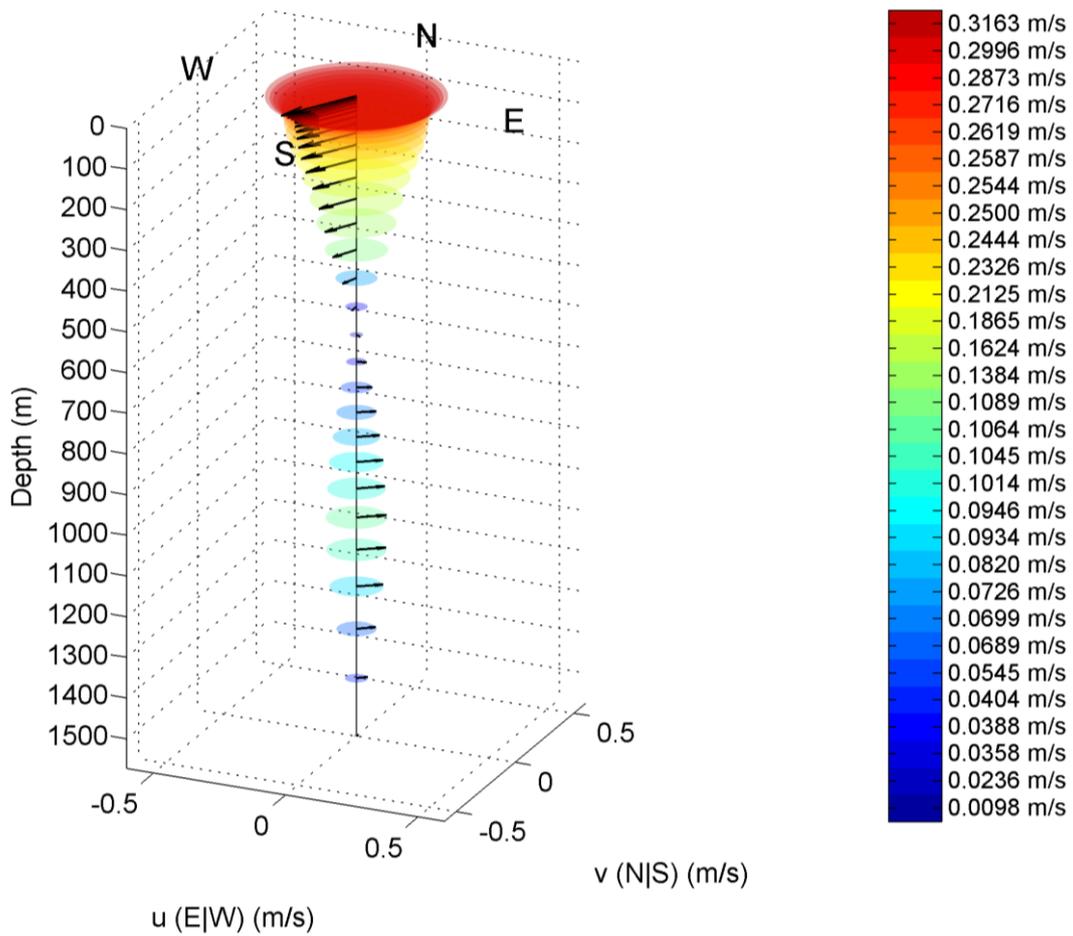


Figura 143: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (talude).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

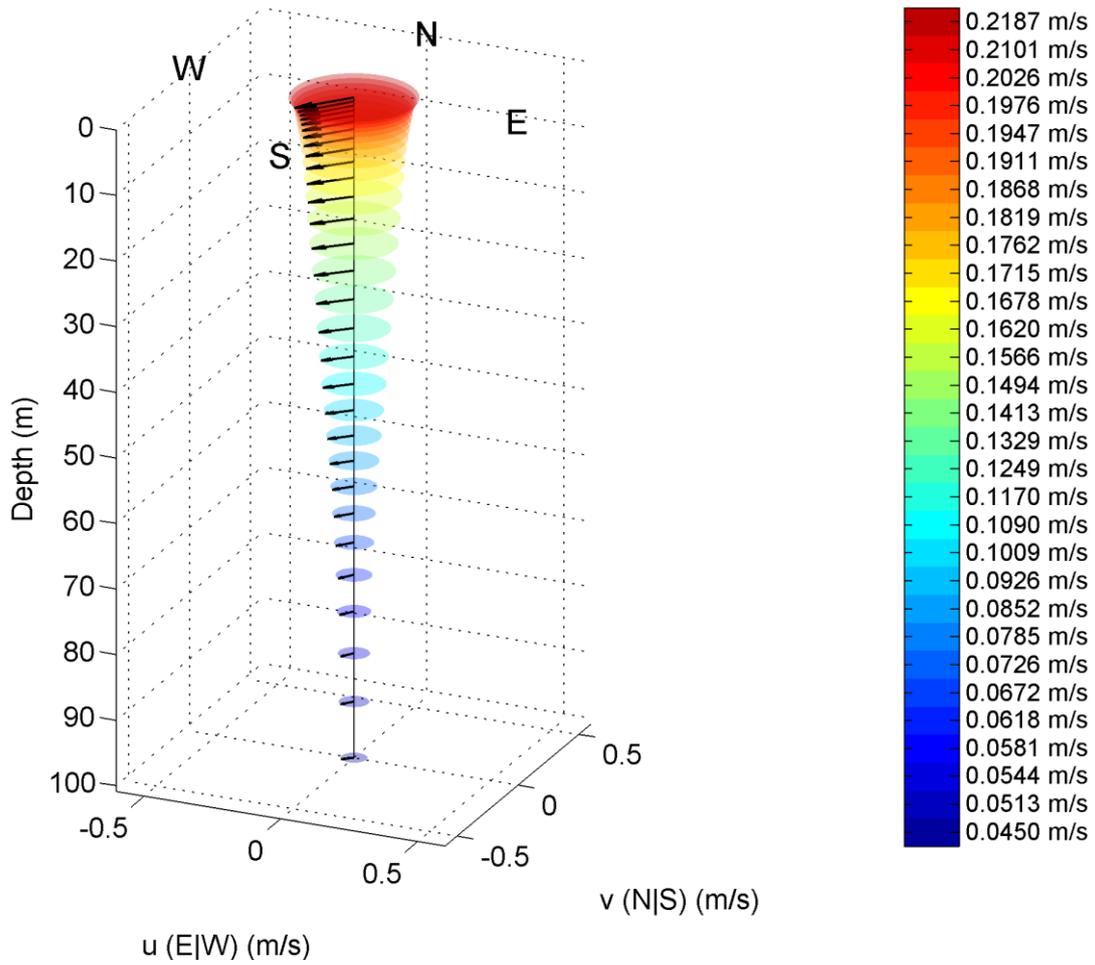


Figura 144: Perfil médio de correntes para os períodos de verão no Bloco BM-S-8 (plataforma).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

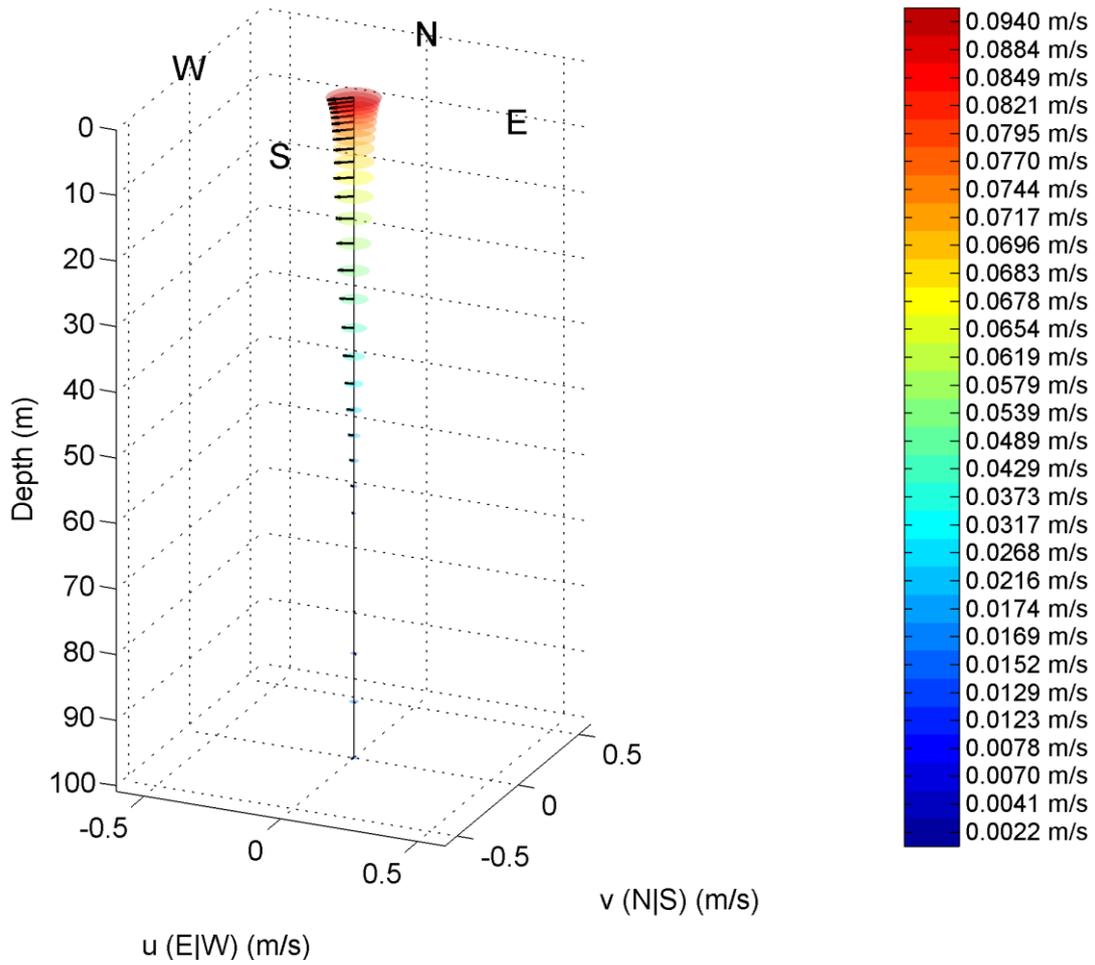


Figura 145: Perfil médio de correntes para os períodos de outono no Bloco BM-S-8 (plataforma).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013..

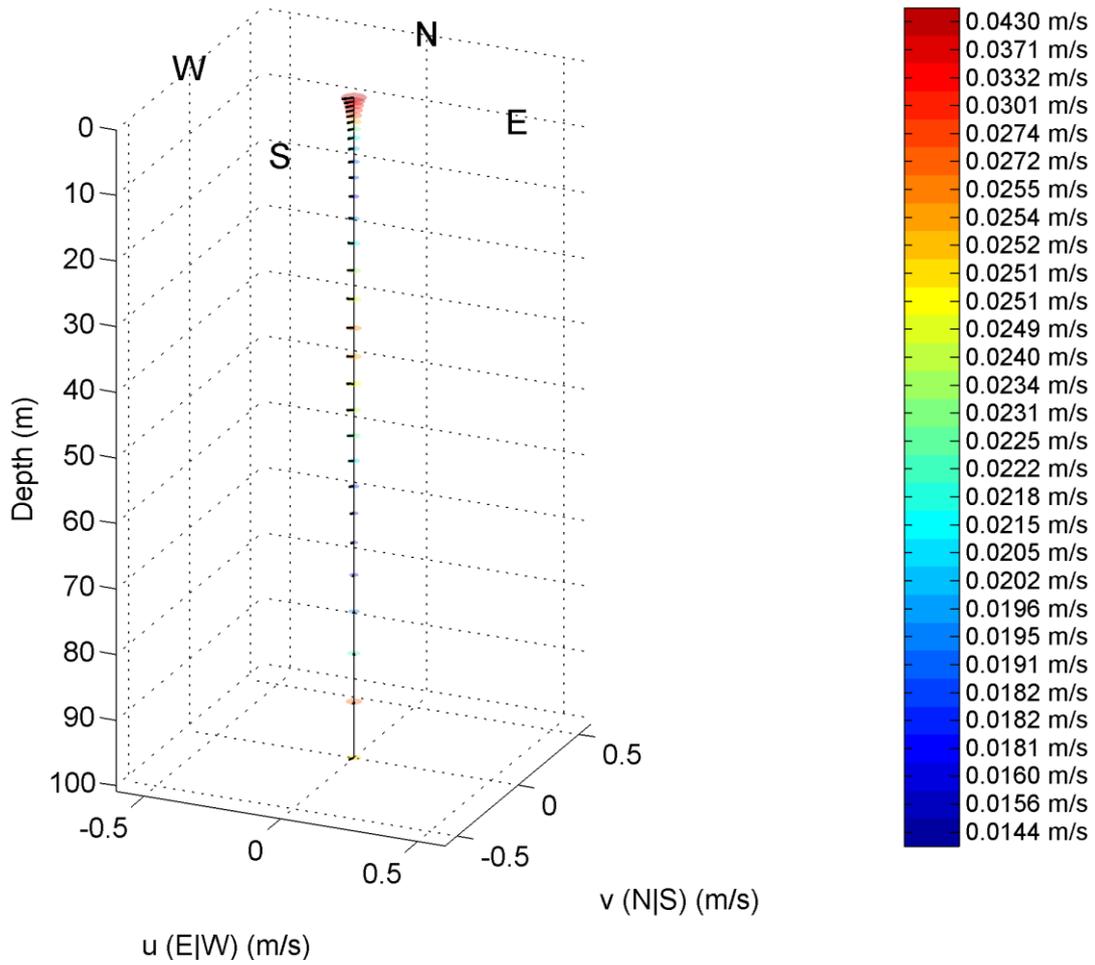


Figura 146: Perfil médio de correntes para os períodos de inverno no Bloco BM-S-8 (plataforma).

Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

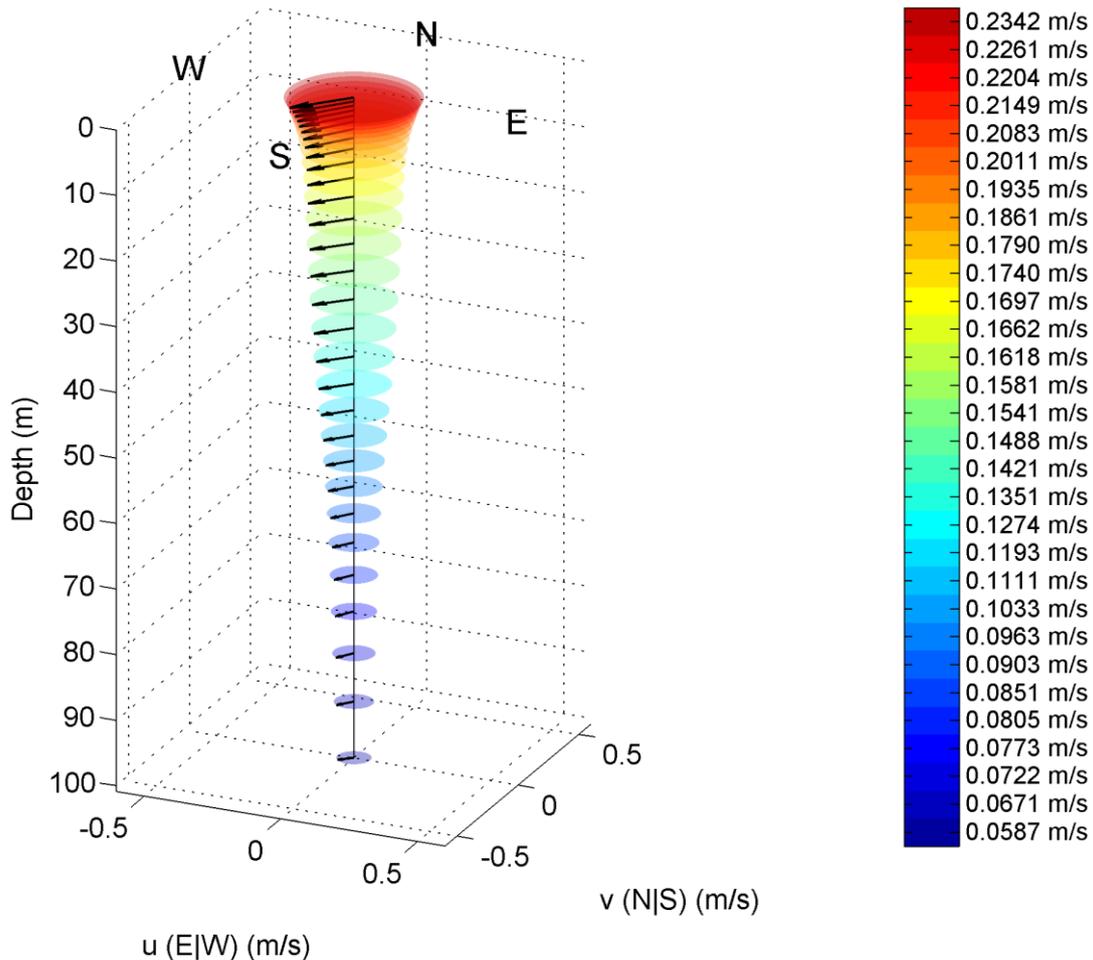


Figura 147: Perfil médio de correntes para os períodos de primavera no Bloco BM-S-8 (plataforma).  
Fonte: ROMS. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Para analisar a distribuição vertical das correntes na região do BM-S-8, foram calculadas médias da componente de velocidade perpendicular a uma seção localizada em  $44^\circ W$ , passando pela área do bloco (Figura 148 e Figura 149).

É possível notar a CB sobre a quebra da plataforma ao longo de todo o ano. Na seção analisada a CB encontra-se confinada nos primeiros 400 m da coluna d'água, nas proximidades da plataforma continental. Durante o verão e a primavera, o núcleo da CB é mais intenso, devido ao fortalecimento dos ventos associados ao ASAS nesse período. Entre aproximadamente 600 e 1500 m de profundidade é observado o núcleo da CCI, fluindo junto ao talude, na direção E.

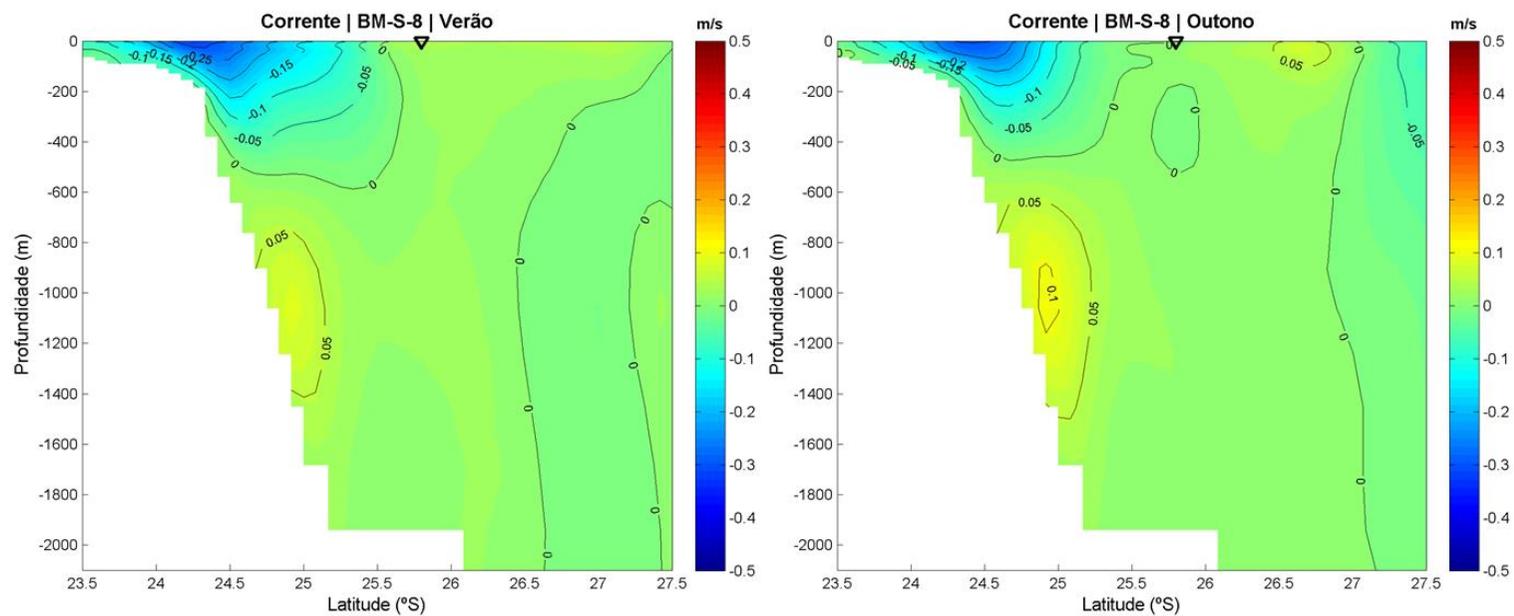


Figura 148: Seções verticais de correntes no verão e no outono. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Valores positivos indicam correntes para E, e negativos para W. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

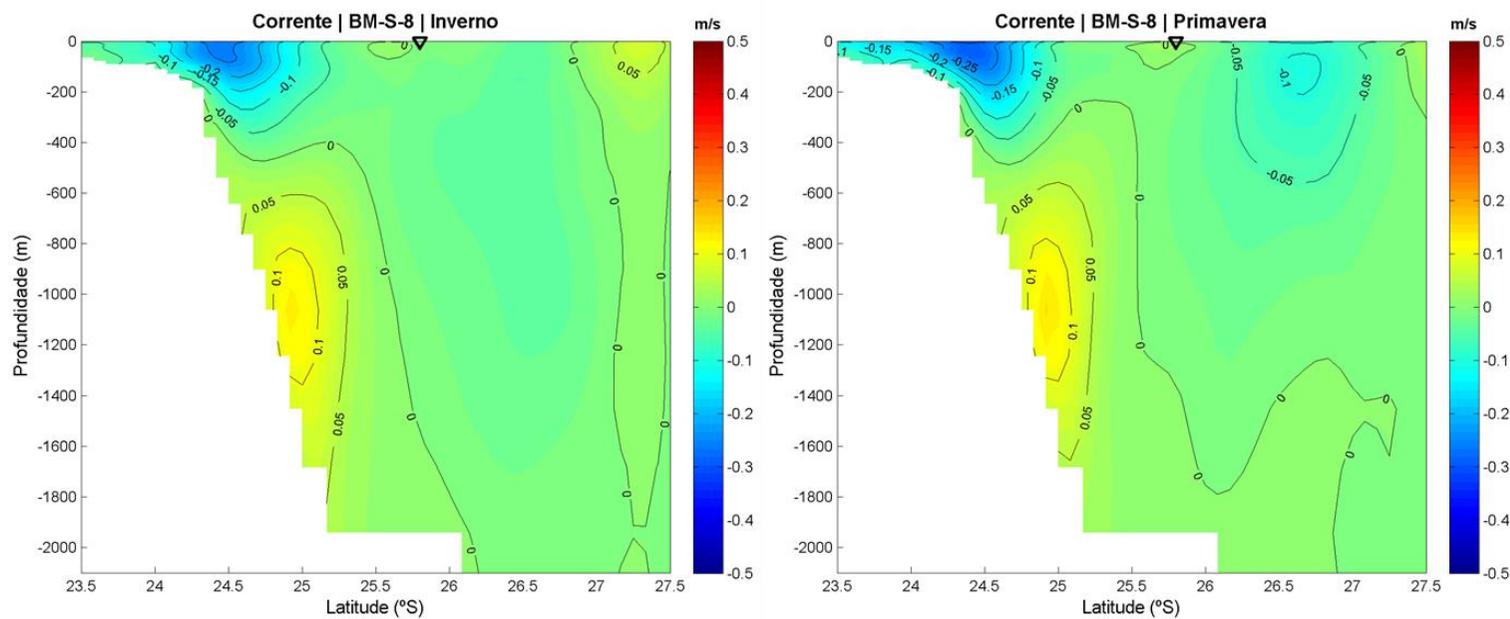


Figura 149: Seções verticais de correntes no inverno e na primavera. O triângulo em preto representa a posição aproximada do Bloco BM-S-8. Valores positivos indicam correntes para E, e negativos para W. Fonte: Mercator. Período de dados: janeiro a dezembro de 2013.

Os resultados apresentados até aqui são corroborados por estudos realizados na região. Cerrone (2010) analisou o regime de correntes na Baía Sul/Sudeste do Brasil através do uso de derivadores lagrangianos rastreados por satélites, sendo utilizadas as trajetórias de mais de 500 derivadores, que passaram na região por um período de 18 anos (1993 - 2010).

A autora fez a separação do conjunto de dados em cenários sazonais de primavera/verão e outono/inverno, e os campos médios de velocidades superficiais obtidos nos dois cenários. Os resultados são apresentados na Figura 151 (trajetória dos vetores médios) e Figura 152 (magnitude).

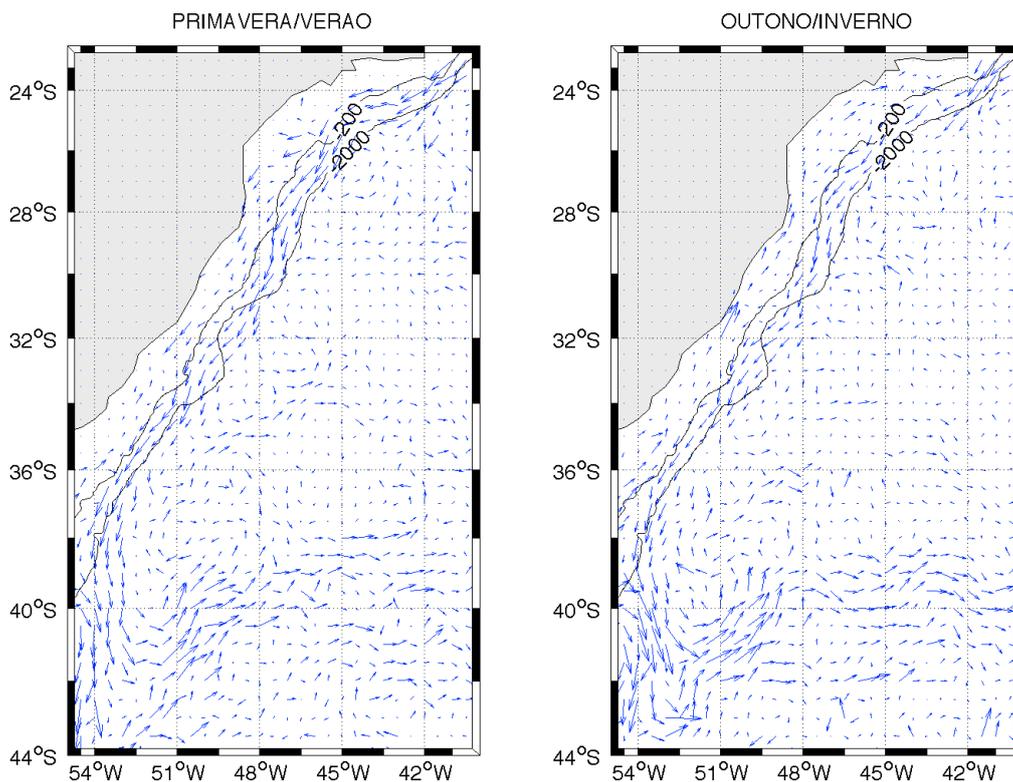


Figura 150: Campo de velocidades de corrente estimado para as costas sudeste e sul do Brasil.

Fonte: Cerrone (2010) Período dos dados: 1993 - 2010.

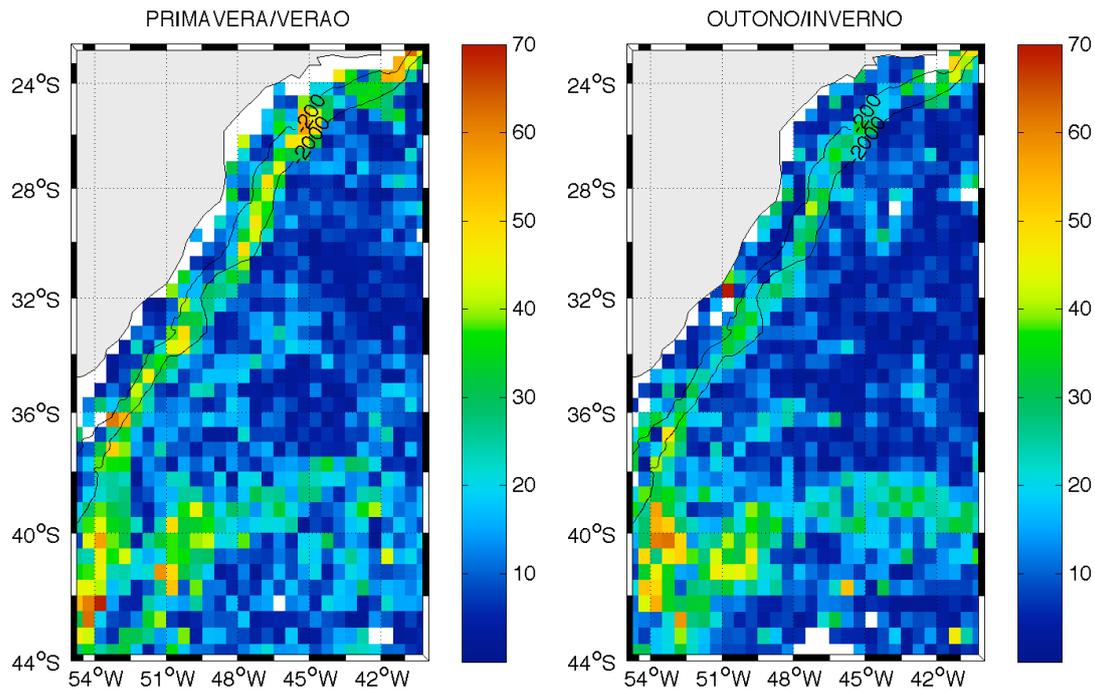


Figura 151: Intensidade média de corrente (cm/s) estimada para as costas sudeste e sul do Brasil.

Fonte: Cerrone (2010). Período dos dados: 1993 - 2010.

Em ambos os cenários, verifica-se a presença da CB na região da Baía de Santos fluindo na direção sul, junto à quebra da plataforma continental. No período de primavera/verão as intensidades são mais elevadas, com média de  $\sim 0,45$  m/s, no outono/inverno. As intensidades médias foram de  $\sim 0,3$  m/s. Também pode ser observada claramente a presença da Confluência Brasil-Malvinas nos dois cenários, próximo a latitude de  $40^{\circ}$ S.

No cenário de outono/inverno, também nota-se a presença da Corrente Costeira do Brasil (CCB), fluindo sobre a plataforma continental em direção a norte, desde  $36^{\circ}$ S para além de  $24^{\circ}$ S (CERRONE, 2010).

Através dos gráficos de linhas de correntes (Figura 152), pode-se observar melhor as feições de mesoescala presentes nos campos médios. As linhas foram iniciadas em diferentes latitudes e são distintas por cor.

Dentre as feições observadas destaca-se a presença da CB, fluindo para sul sobre a quebra da plataforma continental e talude, nos dois cenários. A CCB pôde ser observada no cenário de outono/inverno, com trajetórias subindo a plataforma continental na direção norte. Nos dois cenários, a Confluência Brasil-Malvinas esteve posicionada entre aproximadamente  $38^{\circ}$  S e  $40^{\circ}$  S. Também é observada uma estrutura ciclônica em aproximadamente  $28^{\circ}$  S. Essa estrutura possivelmente representa o Vórtice de Santa Marta, e foi observada em ambos os cenários, porém, com maior intensidade no período de primavera/verão.

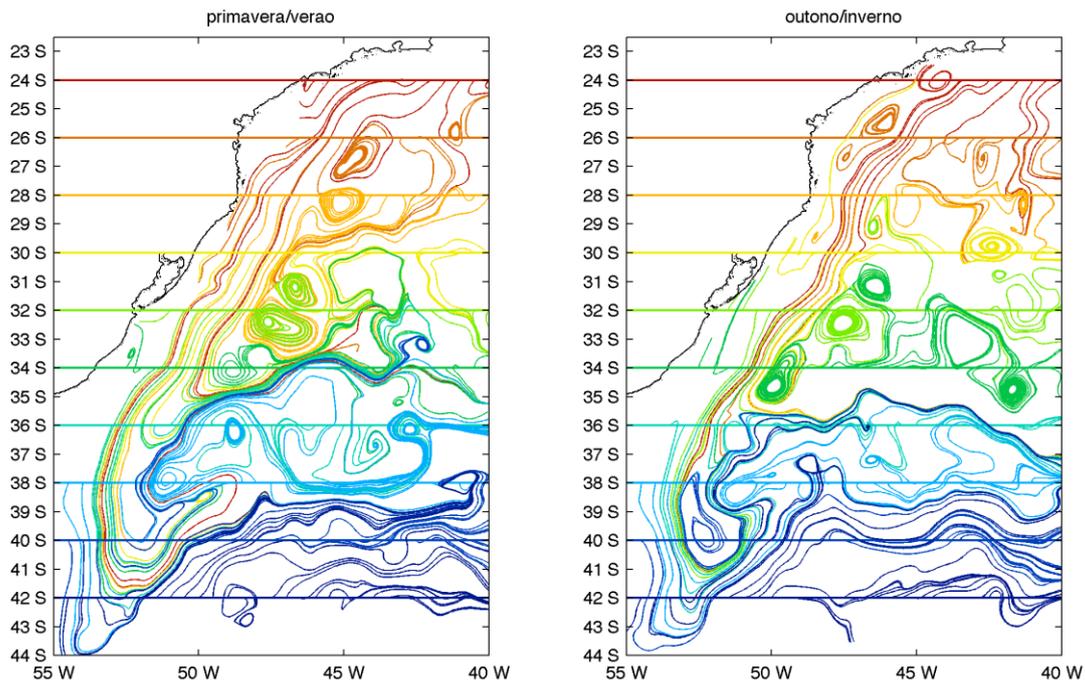


Figura 152: Linhas de corrente partindo das latitudes 25°S, 30°S, 35°S e 40°S, contemplando toda a área de estudo. Fonte: Cerrone (2010). Período dos dados: 1993 - 2010.

A partir de todas as análises apresentadas, é possível sintetizar o regime de correntes na região de interesse.

Em superfície, observa-se a Corrente do Brasil (CB) na região do talude, caracterizada pelos valores mais altos de intensidade, fluindo na direção SW ao longo da região analisada, com velocidades médias da ordem de 0,4 m/s na região próxima ao BM-S-8. A região do Bloco BM-S-8, localizado na porção externa do talude continental, já se encontra fora do escoamento médio da CB, apresentando baixas intensidades de correntes.

Na região da plataforma continental, predominam as correntes para SW, paralelas a linha de costa. Essas correntes são geradas pelos ventos típicos de NE associados ao ASAS. Também podemos observar a Corrente Costeira do Brasil através do trabalho de CERRONE (2010), fluindo sobre a plataforma continental em direção a norte, desde 36°S para além de 24°S, nos meses de outono e inverno.

Em 100 m de profundidade (Figura 125), o fluxo médio da CB é menos intenso, com velocidades médias de aproximadamente 0,3 m/s. Na região do Bloco BM-S-8 as correntes tem direção média para S.

Nas profundidades de 500 e 1000 m, a Corrente de Contorno Intermediária (CCI), que flui para NE, pode ser observada na região do Bloco BM-S-8. Através dos resultados do modelo, pode-se observar que as velocidades médias da CCI na região são próximas a 0,2 e 0,3 m/s (Figura 126 e Figura 127).

Em 2000 são observadas correntes de intensidade muito baixa, sem a ocorrência de um fluxo predominante (Figura 128).

A sazonalidade é mais pronunciada na região superficial, com correntes mais intensas no período de primavera e verão, período em que os ventos de nordeste do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul estão mais fortes. Observa-se também que durante o outono e a primavera, a CCI apresenta-se intensificada.

### 3.2.4 Regime de ondas

Segundo Innocentini *et al.* (2011) a costa sudeste brasileira é caracterizada por uma transição entre a propagação de ondas de nordeste, formadas pelo flanco superior do ASAS, e ondas formadas pelos ciclones extratropicais vindos do sul. Segundo o autor, esses sistemas podem gerar ondas com alturas significativas de 5 a 6 m em mar aberto.

Em estudo sobre o clima de ondas na costa brasileira, Pianca *et al.* (2010) indicaram que para a região de estudo predominam as seguintes ondulações:

- Verão: Predominância de ondas de S (29,2%), E (27%), NE (22,1%) e SE (20,1%). As alturas típicas para este período são de 1 a 2 m, e as maiores alturas são provenientes de SW, atingindo até 4 m.
- Outono: Direção predominante de S (47,2%), alturas típicas entre 1 e 3 m, e maiores alturas provenientes de SW, podendo ultrapassar 6 m.
- Inverno: Direção Predominante de S (38,1%) e alturas típicas entre 2 e 3 m. As maiores alturas para o período são de 5,7 m.
- Primavera: Predominância de ondas de E (33,7%), com alturas típicas entre 1 e 2 m. As maiores alturas para o período são da ordem de 4,5 m.

Medições diretas de ondas são escassas na costa brasileira e muitas vezes os dados existentes são privados e não disponibilizados para a comunidade científica. Soma-se a isso o fato de que as medições são normalmente de curta duração. Portanto, a utilização de modelos de ondas é amplamente utilizada por permitir a análise de séries extensas e amplas de dados. Tais modelos utilizam séries de dados de vento e de batimetria para simular a formação e dispersão de ondas ao longo de um domínio específico.

Para este estudo, será empregada a reconstituição da agitação marítima realizada com o modelo de ondas do ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*), do projeto ERA-Interim, com resultados a cada 6 horas entre os anos de 2006 e 2015 (10 anos de dados).

O ponto de grade utilizado tem coordenadas 25,5° S e 44° W, cuja localização pode ser observada na Figura 153.

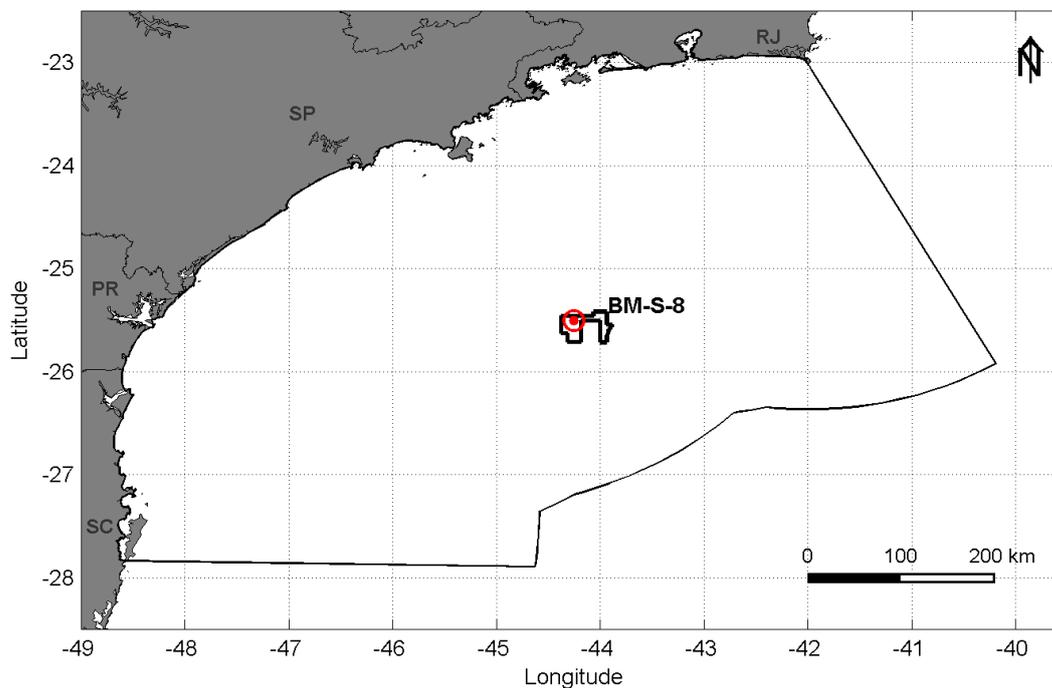


Figura 153: Localização do ponto do modelo WaveWatch III utilizado para caracterização do regime de ondas da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos.

Na Figura 154 (a) é possível verificar um campo de vento gerado pelo ASAS e, na Figura 154 (b), vê-se o campo de alturas significativas de ondas por ele gerado.

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL      VEL. (m/s) E DIR. DO VENTO      MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL      ALT. (m) E DIR. DA ONDA  
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +24h      SUL E SUDESTE      ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +24h      SUL E SUDESTE  
VALIDO PARA:21/DEC/2004 00UTC ( TERÇA )      VALIDO PARA:21/DEC/2004 00UTC ( TERÇA )

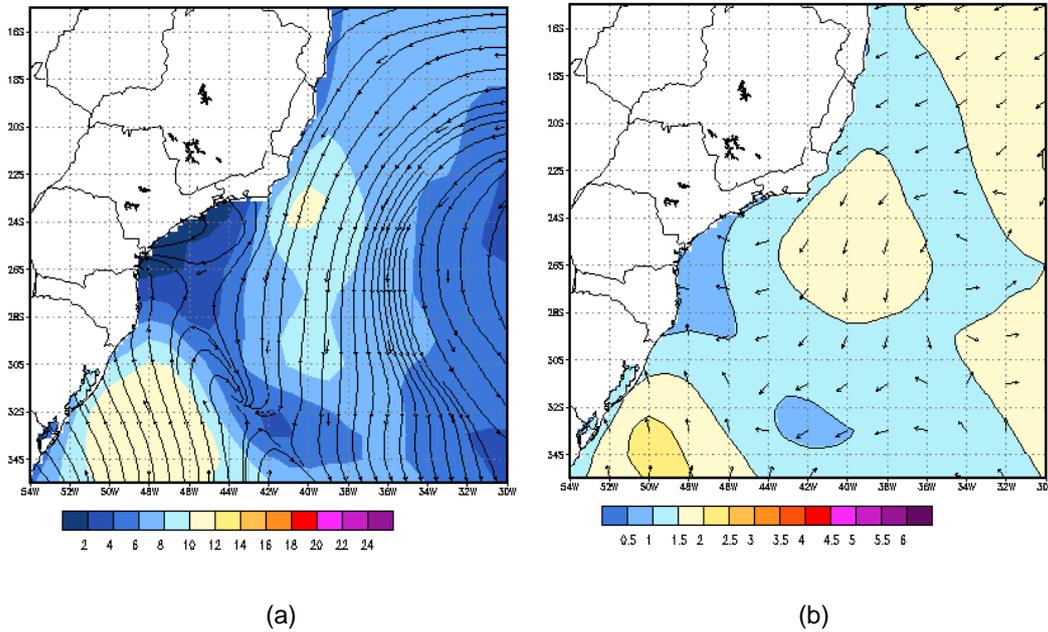


Figura 154: Exemplo de atuação do vento de NE, associado ao ASAS (a), levando ao desenvolvimento de um mar local de até 2 m (b). Fonte: ATLASUL.

Na Figura 155 (a) é possível verificar uma passagem de frente fria pela Baía de Santos e na Figura 156 (b), vê-se o campo de alturas significativas de ondas por ele gerado.

MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL      VEL. (m/s) E DIR. DO VENTO      MODELO WAVE-WATCH III/ATLASUL      ALT. (m) E DIR. DA ONDA  
ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +36h      SUL E SUDESTE      ANALISE:20/DEC/2004 00UTC (SEGUNDA) +66h      SUL E SUDESTE  
VALIDO PARA:21/DEC/2004 12UTC ( TERÇA )      VALIDO PARA:22/DEC/2004 18UTC (QUARTA )

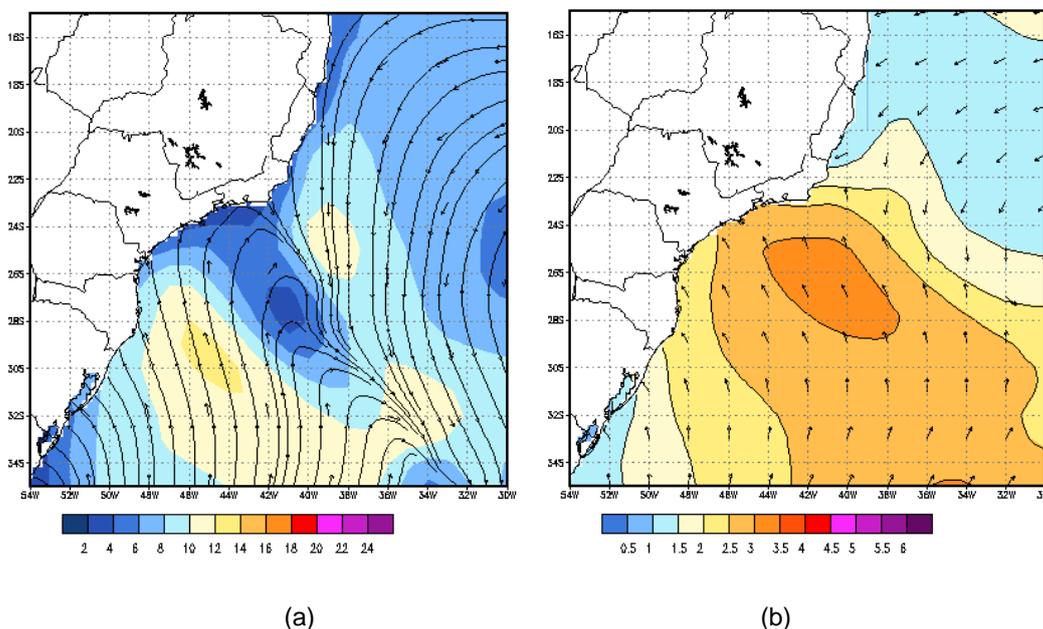


Figura 155: Exemplo de passagem de uma frente fria pela Baía de Santos. Nesse evento, os ventos se SW associados foram fracos, como pode ser visto na previsão para 36 horas (a). Porém, com a evolução do sistema, ventos fortes de SE geraram ondas com altura significativa entre 3 e 3,5 m (b).

Fonte: ATLASUL

A variável altura significativa ( $H_s$ ) é uma medida estatística amplamente utilizada na literatura técnica. Ela representa a média da altura da terça parte das maiores ondas da série (por ex.: de um conjunto de 9 ondas, é a média da altura das três maiores ondas) e é útil na análise do estado de agitação marítimo pois leva em consideração tanto as ondas de formação local (wind sea) quanto de swell, além de ser uma medida conservadora.

No diagrama de dispersão de altura x direção das ondas (Figura 156), pode-se verificar as maiores ondas apresentam direção predominante de S.

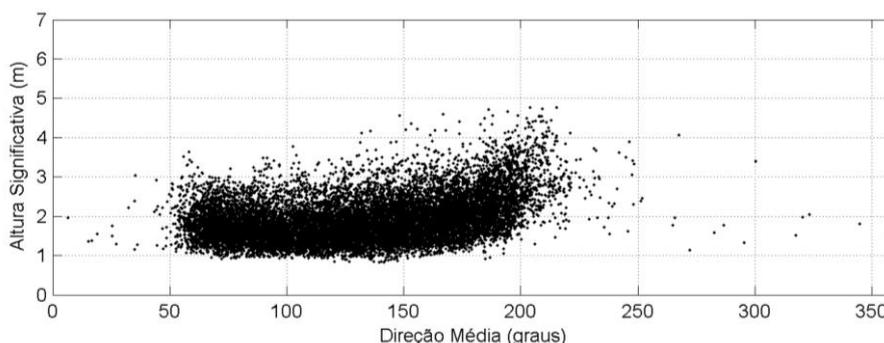


Figura 156: Diagrama de dispersão de altura significativa ( $H_s$ ) por direção média das ondas. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

Pela localização do ponto analisado, praticamente não há ondas de W, NW e N, embora ondas de formação local possam ser geradas dessa direção. A direção mais frequente é de Sudeste, com 32,65% das ocorrências, seguidas por S e E, com 30,40% e 28,75% das ocorrências, respectivamente. Os máximos de altura estão associados ao quadrante S (direções SE, S e SW). A condição de mar mais frequente apresenta ondas com altura significativa entre 1,5 e 2,0 metros, nas direções S, SE e E. A Tabela 37 detalha esses resultados.

Tabela 37: Correlação entre altura significativa e direção de ondas na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

altura/direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N° ocorrências	%
0-0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,5-1,0	0	0	41	64	4	0	0	0	109	0,75
1,0-1,5	4	185	1351	1388	432	2	1	1	3364	23,03
1,5-2,0	5	383	1795	1890	1491	23	4	2	5593	38,29
2,0-2,5	0	191	733	973	1339	61	3	1	3301	22,60
2,5-3,0	0	58	244	338	767	120	0	0	1527	10,45
3,0-4,0	0	15	36	110	386	103	3	1	654	4,48
4,0-5,0	0	0	0	6	22	31	1	0	60	0,41
5,0-6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
> 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
N° ocorrências	9	832	4200	4769	4441	340	12	5		
%	0,062	5,696	28,751	32,646	30,401	2,327	0,082	0,034		

As nomenclaturas *swell* e *wind sea*, equivalentes a marulho e vaga, são amplamente utilizadas na literatura técnica, mesmo em língua portuguesa, para designar ondas fora da ou sob a influência do vento local e serão empregadas neste estudo.

Deve-se levar em consideração que *swell* são ondas que não são capazes de receber energia do vento local. Portanto, podem apresentar menor contribuição no espectro, caso o vento local esteja, por exemplo, em sentido contrário à sua propagação, dando lugar a espectros multimodais, tanto em duas (frequência x energia), quanto em três dimensões (frequência x energia x direção). Na Figura 157, é apresentado um exemplo de espectro polar, retirado do sítio atlasul (<http://www.lamma.ufrj.br/spo>), no qual pode-se perceber a presença de diversos sistemas de onda da direção S (principal), SW, NE e E, lembrando que, pela convenção adotada pelo autor do sítio, as ondas estão representadas como rumo (para onde vão).

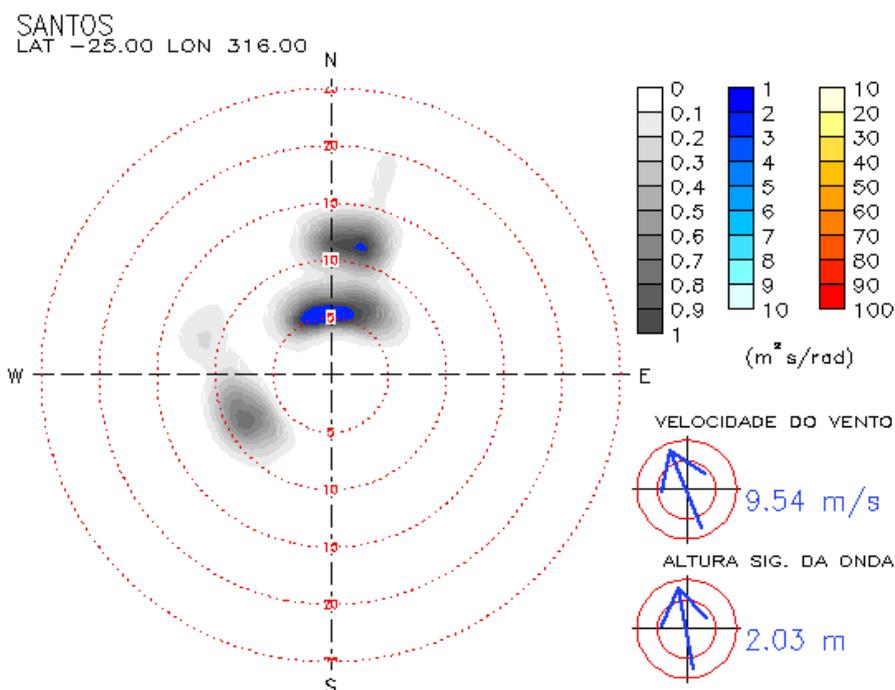


Figura 157: Espectro polar multimodal de ondas da região da Baía de Santos mostrando a presença de diversos sistemas. Levando-se em conta a direção do vento (SSE), há *swell* de várias direções (NE, T ~ 8 s; ESE, T ~ 12 s; SW, T ~ 12 e 16 s), além de *wind sea* de período curto (SSE, T ~ 6 s).

Fonte: ATLASUL.

Na rosa de ondas relativa à direção média (Figura 158), pode-se notar que esta concentração destas entre E, SE e S. Considerando-se a natureza desse parâmetro, basicamente a média entre os diversos sistemas de onda que compõe o espectro direcional, essa distribuição confirma as tendências anteriormente apresentadas.

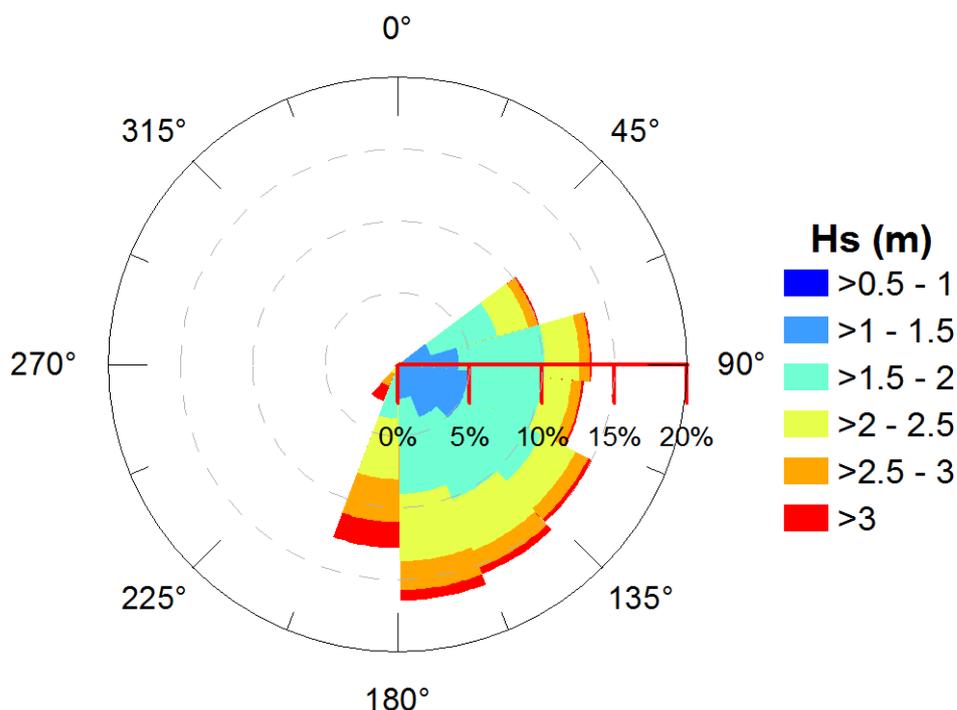


Figura 158: Diagrama de distribuição de direção média e altura significativa de ondas na área de estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

O histograma de altura significativa (Figura 159) indica que o valor típico desse parâmetro é 1,5 m, mas alturas de até 3,5 m são observadas com frequência. Seja em medições, seja em modelagem, valores de Hs inferiores a 1,0 são bastante raros, como indicado no gráfico.

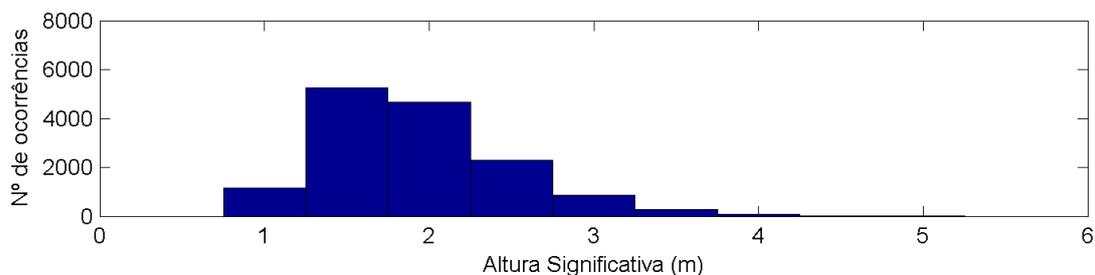


Figura 159: Distribuição de altura significativa, em classes de 1 m, na área de estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

Na Figura 160, evidencia-se o ciclo sazonal da altura significativa média, sendo observados dois picos principais, entre maio e junho e entre agosto e setembro. No mesmo gráfico, percebe-se que as alturas médias mensais tendem a ser maiores entre o fim do outono (maio) e início da primavera (setembro).

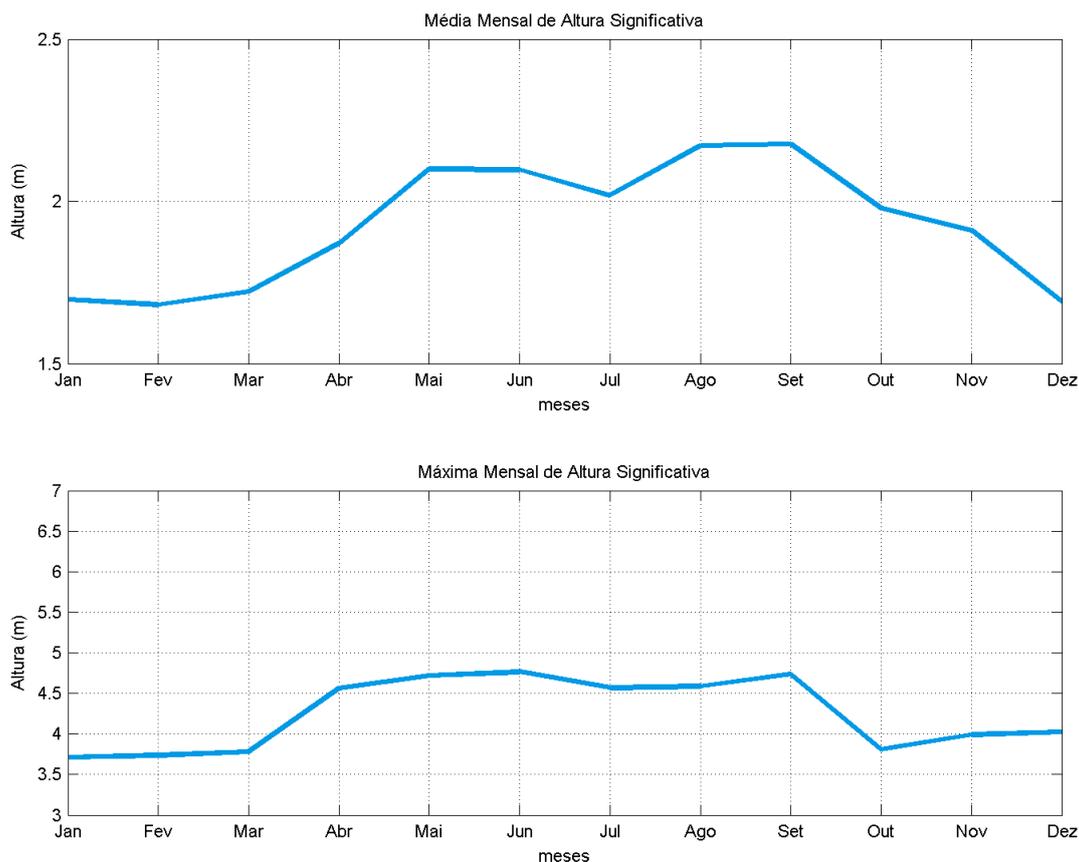


Figura 160: Valores médios (acima) e máximos (abaixo) mensais da altura significativa na área de estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

Na Tabela 38, estão listados os valores médios e máximos mensais de Hs, para todo o período simulado. Nota-se que o período entre abril e setembro apresenta, em geral, as maiores médias e máximas de Hs.

Tabela 38: Valores médios e máximos mensais para altura significativa, na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: ERA-Interim. Período de dados: 2006 a 2015.

mês	Hs	
	média	máxima
janeiro	1,70	3,71
fevereiro	1,68	3,74
março	1,72	3,78
abril	1,87	4,56
maio	2,10	4,72
junho	2,10	4,76
julho	2,02	4,57
agosto	2,17	4,59
<b>setembro</b>	<b>2,18</b>	<b>4,74</b>
outubro	1,98	3,81
novembro	1,91	3,99
dezembro	1,69	4,02

Na Figura 161 e na Figura 162, são apresentadas as médias mensais de direção e período, para todo o espectro. As direções médias variam entre aproximadamente 110° (E) e 155° (SSE) ao longo de todo o ano. Nota-se que no período de outono e inverno é que as ondas tendem a apresentar média mais próxima de S.

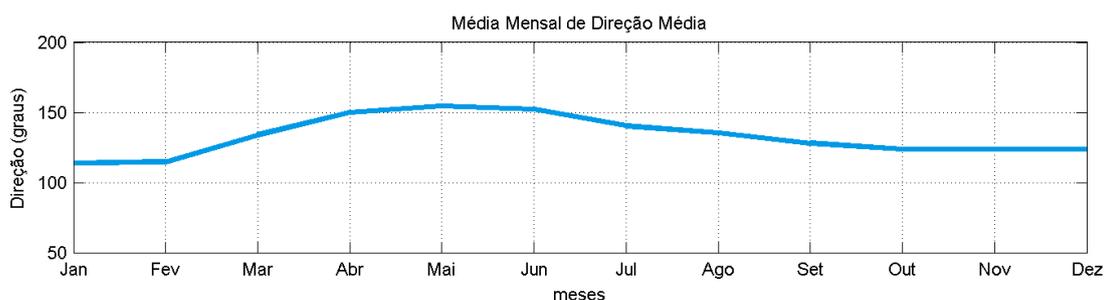


Figura 161: Médias mensais de direções médias na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Período de dados: 2006 a 2015.

O período médio variou entre aproximadamente 7 e 9 s, apresentando máximo em maio e junho, indicando que no outono o estado de mar tem maior percentual de *swell*, quando comparado aos outros períodos.

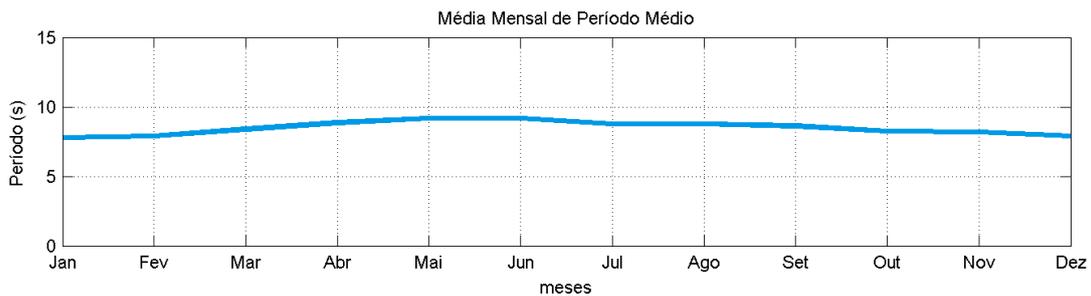


Figura 162: Médias mensais de períodos médios, na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Período de dados: 2006 a 2015.

Em resumo, a agitação marítima na área da Baía de Santos analisada tem, basicamente, 3 fontes principais: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que pode gerar ondas das direções leste e nordeste, sendo essa última a mais importante nesse ponto analisado. Esta situação é mais recorrente entre agosto e fevereiro, quando os ventos de E estão mais atuantes na região; a passagem de sistemas frontais, que produzem, em geral, ondas de sul e sudoeste; e a evolução desses sistemas frontais, onde o deslocamento do anticiclone polar, aliado àquele do ciclone extratropical, tendem a formar ondas principalmente da direção sudeste. Essa situação é mais comum entre março e julho.

### 3.2.4.1 Refração e deriva litorânea

Este capítulo busca atender a solicitação do IBAMA acerca da caracterização de refração de ondas e correntes de deriva litorânea, expresso no Termo de Referência CGPEG/DILIC/IBAMA nº 017/2016, para a região da Baía de Santos referente ao processo de licenciamento do Bloco BM-S-8.

Para tal, foi empregada a metodologia proposta no trabalho de Dominguez (2007) e baseada nos conceitos e expressões presentes em Komar (1976; 1998). Nesta, um modelo regional de propagação de ondas é utilizado para propagar ondas características de uma determinada região, desde águas profundas até a costa. A partir dos resultados deste modelo regional na zona costeira (altura significativa e direção de ondas) e da angulação da linha de costa, obtêm-se estimativas da deriva litorânea.

#### 3.2.4.1.1 Seleção de cenários

Para a definição das ondas mais características da região, foi empregada a reconstituição da agitação marítima realizada com os resultados do modelo da ERA-Interim, em escala global, resolução de 0,75° em longitude e latitude, para o período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de

dezembro de 2016, com resultados gravados a cada 6 horas. O ponto de grade utilizado tem coordenadas 25,5° S e 44° W (Figura 153).

O modelo Simulating WAVes Nearshore - SWAN (SWAN, 2014) foi o modelo escolhido para realizar a propagação dos cenários de ondas selecionadas desde águas profundas até a zona costeira. É um modelo de ondas de terceira geração utilizado para obtenção de estimativas reais de parâmetros de ondas de gravidade em áreas costeiras. Seus resultados serão utilizados para o estudo da refração de ondas e deriva litorânea na região costeira.

Segundo a teoria de propagação de ondas, as mesmas interagem com o fundo oceânico e com barreiras como ilhas, quebra mares e afunilamentos físicos, alterando sua altura e direção de propagação (difração, refração e empinamento). A batimetria tem um importante papel na interferência das ondas com o fundo oceânico, e uma batimetria bem resolvida auxilia na obtenção de bons resultados. Para este trabalho foi utilizada a batimetria obtida a partir dos dados do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução de 30 metros (USGS, 2004), e é apresentada na Figura 163.

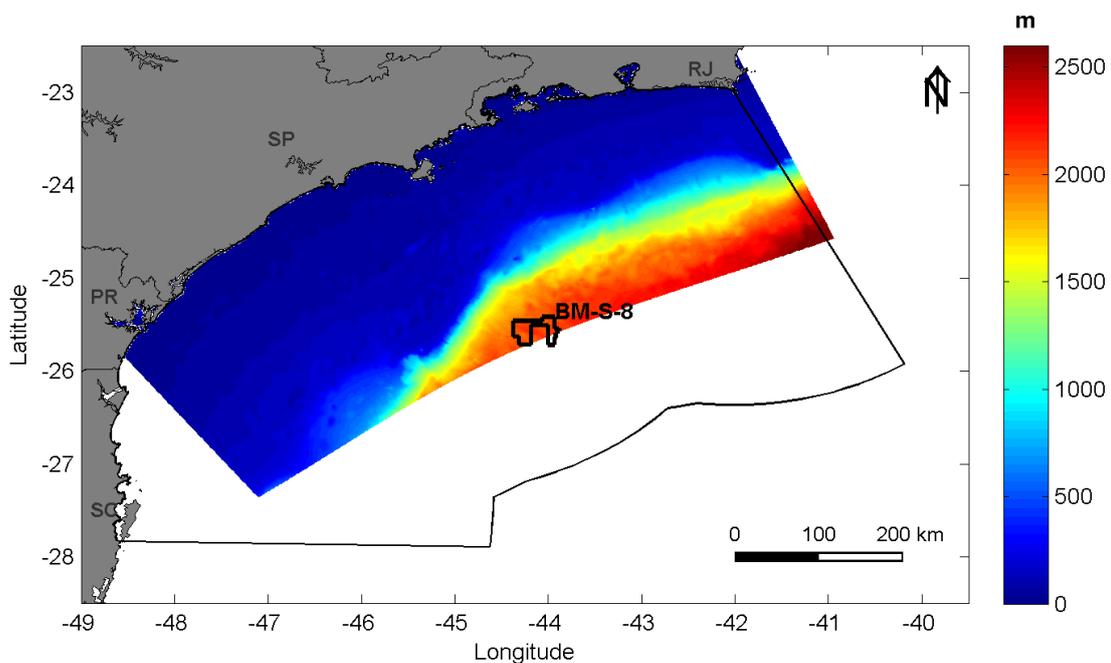


Figura 163: Batimetria utilizada para a realização da modelagem com o modelo SWAN. Obtida a partir do SRTM, com resolução de 30 metros.

A fim de se analisar a frequência de ocorrência de cenários específicos de ondas no local, e assim selecionar os cenários para a realização da modelagem, foram utilizados os resultados obtidos na análise de ocorrência conjunta de altura significativa e direção das ondas no ponto de grade mais próximo do Bloco BM-S-8, conforme apresentado na Tabela 37, para definição das direções de ondas mais frequentes na região de estudo.

Assim, observou-se que as direções de E, SE e S são as mais frequentes, contabilizando juntas 91,8% das ocorrências, e as ondas com altura significativa (Hs) entre 1 e 3 m somam 83,92% das ocorrências.

A partir da análise geral realizada com todo o conjunto de dados, foi realizado um refinamento da mesma análise, com intuito de se obter as características das ondas mais representativas da região, a fim de serem utilizadas no estudo de propagação de onda.

Desta forma, são apresentadas a seguir tabelas de ocorrência conjunta de altura significativa (Hs) por Período médio (Tp), para cada uma das quatro direções predominantes na região, Sudeste (Tabela 39), Sul (Tabela 40) e Leste (Tabela 41).

Tabela 39: Ocorrência conjunta de Hs e Tp de ondas de sudeste na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015.

Hs (s)/Período	2 a 4	4 a 6	6 a 8	8 a 10	10 a 12	12 a 14	14 a 16	16 a 18	total	%
<b>0 - 0,5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>0,5 - 1,0</b>	0	0	59	5	0	0	0	0	64	1,34
<b>1,0 - 1,5</b>	0	2	669	708	9	0	0	0	1388	29,10
<b>1,5 - 2,0</b>	0	0	563	1222	104	1	0	0	1890	39,63
<b>2,0 - 2,5</b>	0	0	161	680	131	1	0	0	973	20,40
<b>2,5 - 3,0</b>	0	0	24	243	64	7	0	0	338	7,09
<b>3,0 - 4,0</b>	0	0	0	63	39	8	0	0	110	2,31
<b>4,0 - 5,0</b>	0	0	0	0	3	3	0	0	6	0,13
<b>5,0 - 6,0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>&gt; 6,0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>total</b>	0	2	1476	2921	350	20	0	0	4769	
<b>%</b>	0,00	0,04	30,95	61,25	7,34	0,42	0,00	0,00		

Tabela 40: Ocorrência conjunta de Hs e Tp para ondas de sul na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015.

Hs (s)/Período	2 a 4	4 a 6	6 a 8	8 a 10	10 a 12	12 a 14	14 a 16	16 a 18	total	%
0 - 0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,5 - 1,0	0	0	2	2	0	0	0	0	4	0,10
1,0 - 1,5	0	2	135	276	18	1	0	0	432	10,29
1,5 - 2,0	0	1	264	986	239	1	0	0	1491	35,50
2,0 - 2,5	0	0	139	718	463	19	0	0	1339	31,88
2,5 - 3,0	0	0	56	285	384	42	0	0	767	18,26
3,0 - 4,0	0	0	10	99	188	85	4	0	386	9,19
4,0 - 5,0	0	0	0	2	12	8	0	0	22	0,52
5,0 - 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
> 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>total</b>	0	3	606	2368	1304	156	4	0	4441	
<b>%</b>	0,00	0,07	14,43	56,38	31,05	3,71	0,10	0,00		

Tabela 41: Ocorrência conjunta de Hs e Tp para ondas de leste na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Bacia de Santos, obtidos a partir dos dados da ERA-Interim, período de 01 de janeiro de 2006 a 31 de dezembro de 2015.

Hs (s)/Período	2 a 4	4 a 6	6 a 8	8 a 10	10 a 12	12 a 14	14 a 16	16 a 18	total	%
0 - 0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
0,5 - 1,0	0	1	38	2	0	0	0	0	41	0,98
1,0 - 1,5	0	37	1005	309	0	0	0	0	1351	32,17
1,5 - 2,0	0	30	1188	570	7	0	0	0	1795	42,74
2,0 - 2,5	0	0	447	277	9	0	0	0	733	17,45
2,5 - 3,0	0	0	126	114	4	0	0	0	244	5,81
3,0 - 4,0	0	0	12	20	4	0	0	0	36	0,86
4,0 - 5,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
5,0 - 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
> 6,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
<b>total</b>	0	68	2816	1292	24	0	0	0	4200	
<b>%</b>	0,00	1,62	67,05	30,76	0,57	0,00	0,00	0,00		

De acordo com as análises apresentadas, pode-se dizer que as condições mais frequentes são as expostas na Tabela 42. Esses foram os dados de entrada para cada um dos quatro cenários de ondas utilizados no estudo com o SWAN.

Tabela 42: Ondas mais frequentes na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos, para cada direção incidente.

	<b>Leste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>
<b>Hs (m)</b>	1,5-2	1,5-2	1,5-2
<b>Período (T)</b>	6-8	8-10	8-10

#### 3.2.4.1.2 Propagação de ondas ao largo

A direção e altura com as quais a onda incide sobre a linha de costa são determinadas pela propagação das ondas geradas em águas profundas até a zona costeira que, ao interagirem com o fundo sofrem refração, empinamento e difração, alterando sua direção de propagação e altura.

A partir dos cenários de ondas determinados acima, um modelo de ondas foi elaborado em alta resolução para a região de interesse e então as ondas selecionadas foram propagadas desde águas profundas até a linha de costa.

A seguir, da Figura 165 a Figura 169, apresentam-se os mapas de refração de onda para os 4 cenários selecionados.

Observa-se que as ondas de leste alcançam o BM-S-8 com a mesma direção, e ao sofrerem interferência da batimetria, refratam e atingem a costa com direções predominantes de E e SE. As ondas chegam ao BM-S-8 com alturas entre 1,5 e 1,8 m, e à costa com alturas que variam entre 0 m e 1,2 m, predominantemente. Os valores variam de acordo com o empinamento e sombreamento sofrido pelas ondas em função da batimetria e de ilhas, respectivamente.

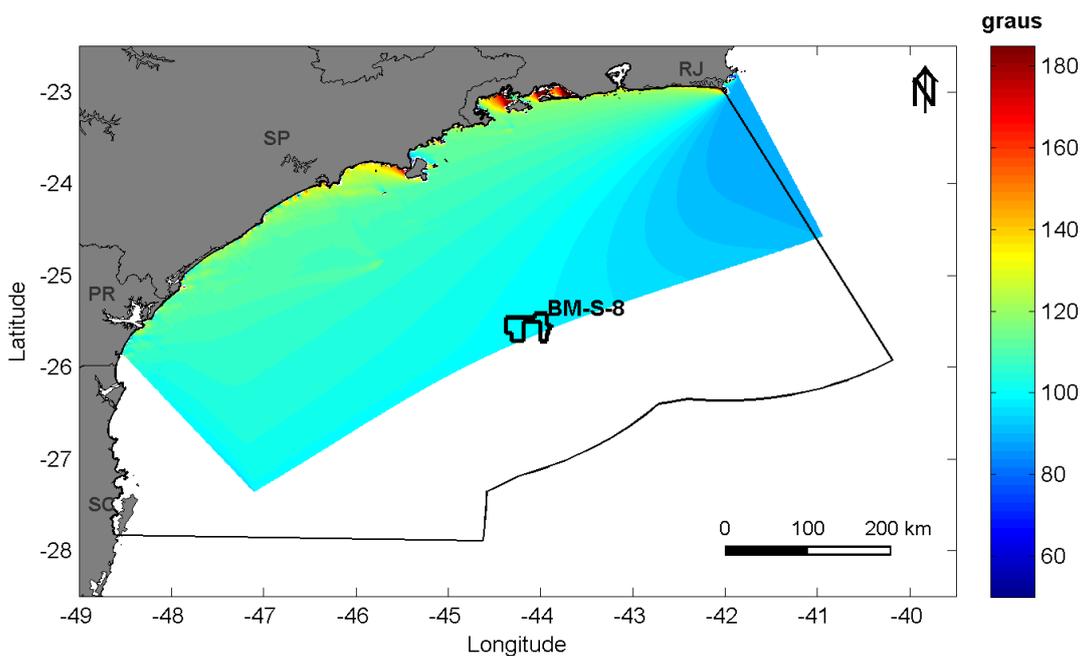


Figura 164: Direção resultante da refração de ondas originadas de E, com altura de 1,75 m e período de 7 segundos.

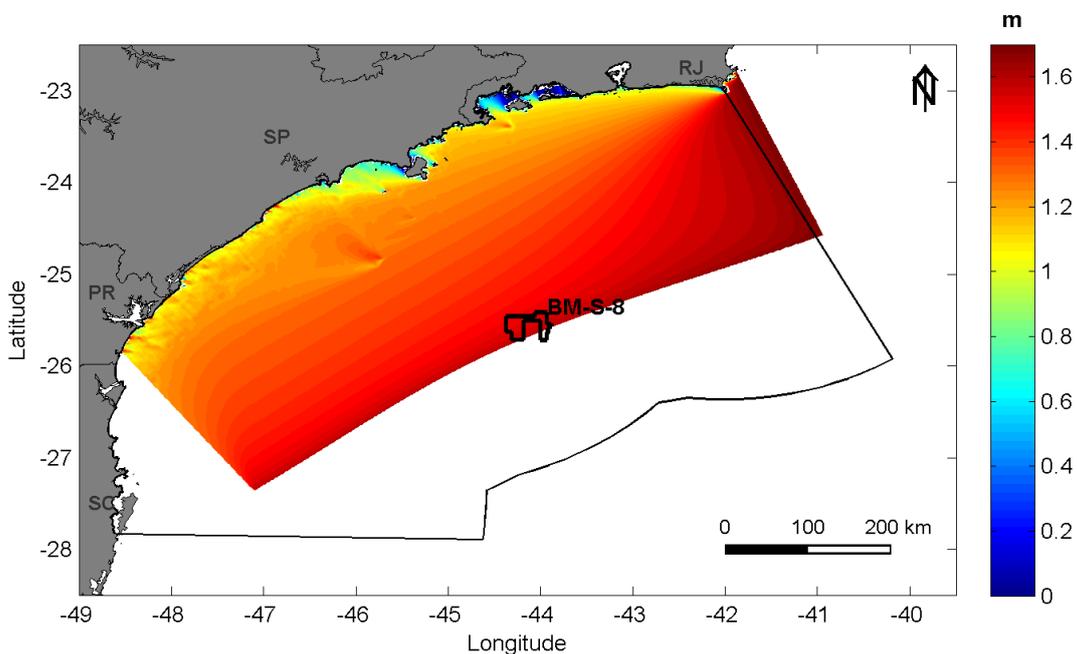


Figura 165: Hs resultante de ondas originadas de E, com altura de 1,75 m, e período de 7 segundos.

As ondas de sudeste alcançam o BM-S-8 com a mesma direção, e ao sofrerem interferência da batimetria, refratam e atingem a costa com direções predominantes de SE e S. As ondas chegam ao BM-S-8 com alturas entre 1,5 e 1,8 m, e à costa com alturas que variam entre 1,0 e 1,2 m, predominantemente. Os valores variam de acordo com o empinamento e sombreamento sofrido pelas ondas devido a batimetria e ilhas, respectivamente.

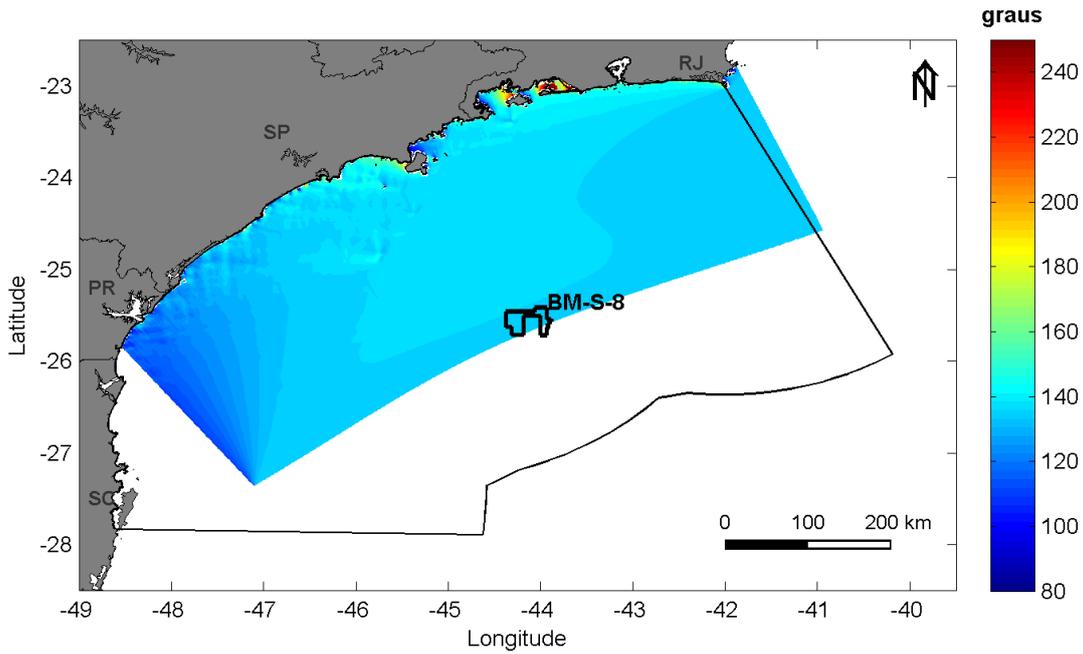


Figura 166: Direção resultante da refração de ondas originadas de SE, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos.

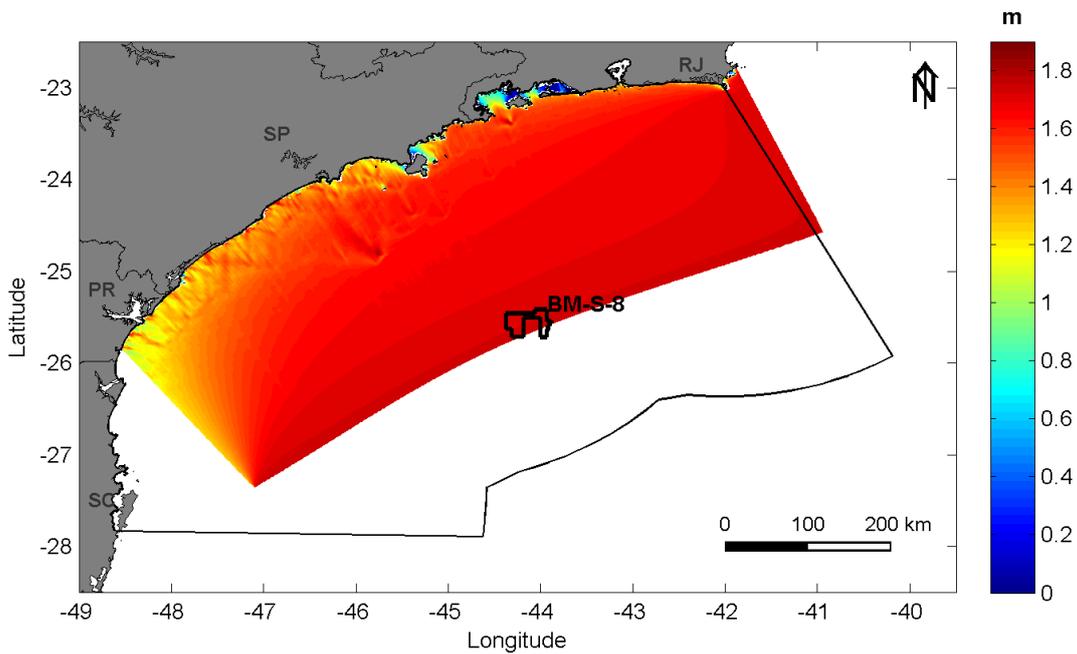


Figura 167: Hs resultante de ondas originadas de SE, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos.

As ondas de sul alcançam BM-S-8 com a mesma direção, e ao sofrerem interferência da batimetria, refratam e atingem a costa com direções predominantes de SE e S. As ondas chegam ao BM-S-8 com alturas de aproximadamente 1,75 metros, e à costa com alturas que

variam entre 0 e 1,5 m. Estes valores variam de acordo com o empinamento e sombreamento sofrido pelas ondas ao interagir com a batimetria e com ilhas, respectivamente.

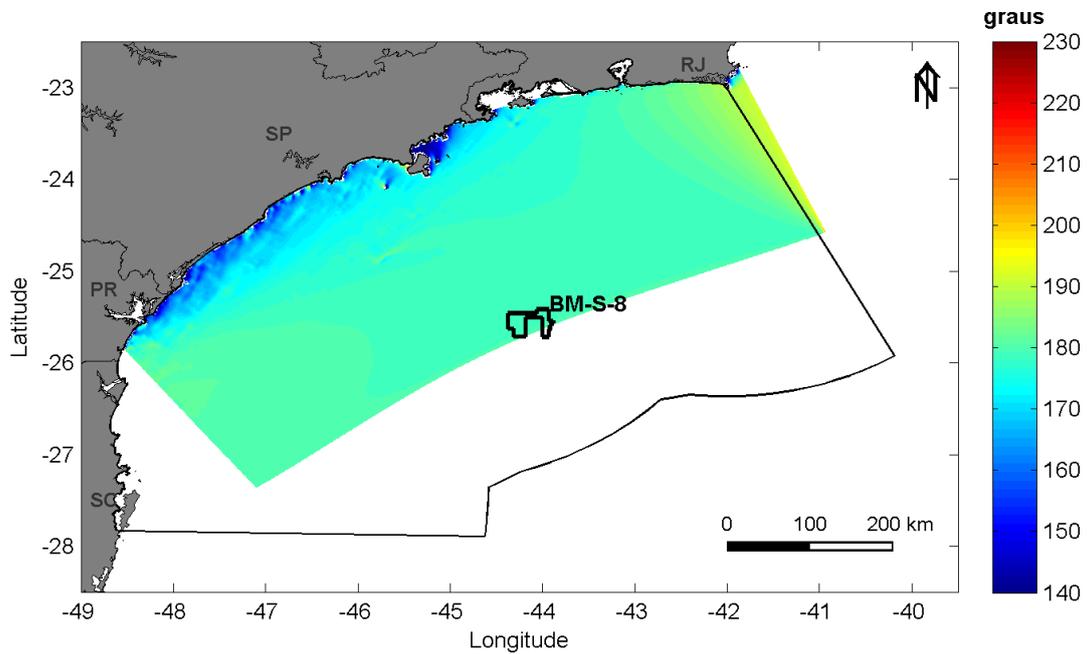


Figura 168: Direção resultante da refração de ondas originadas de S, com altura de 2,25 m e período de 9 segundos.

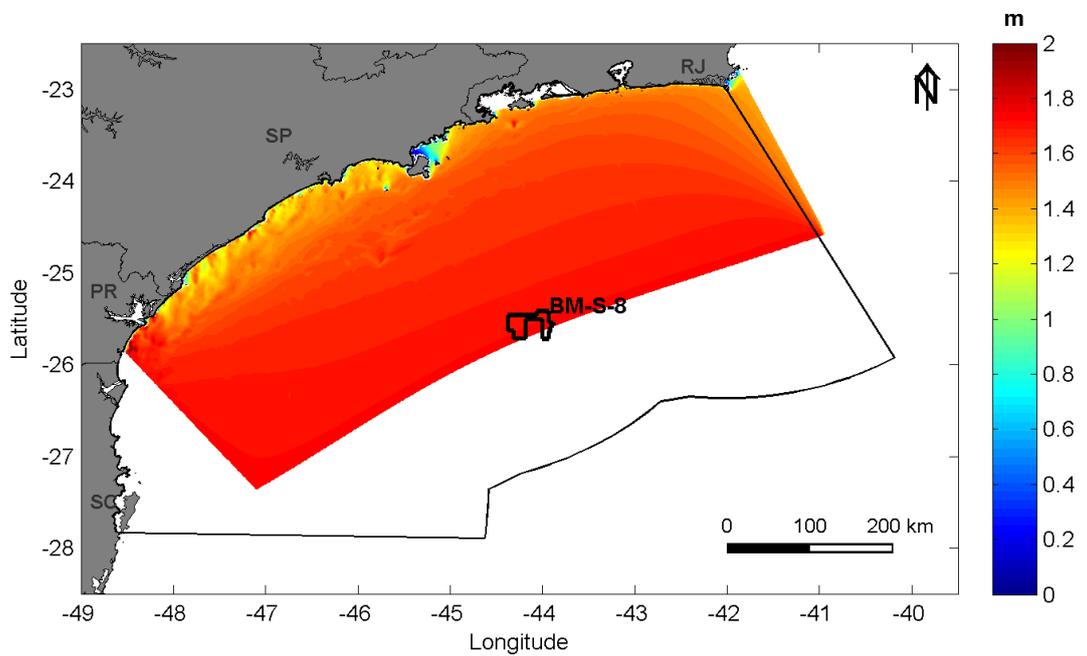


Figura 169: Hs resultante de ondas originadas de S, com altura de 1,75 m e período de 9 segundos.

A partir dos resultados obtidos com o modelo regional de ondas apresentado acima foi possível obter uma estimativa do potencial de deriva litorânea para a região de interesse, que será apresentada a seguir.

### 3.2.4.1.3 Deriva litorânea

As ondas, ao alcançarem a zona litorânea, além de dissiparem sua energia através da interação com o fundo, geram correntes costeiras. Segundo Komar (1967; 1998), a deriva litorânea é composta pela corrente longitudinal e a deriva de praia. A direção e magnitude dessa deriva é função da direção de incidência da onda em relação à linha de costa e a energia com a qual a onda chega à praia, que por sua vez é proporcional ao quadrado das alturas, segundo a expressão (DOMINGUEZ, 2007):

$$X = Y * H^2$$

$$Y = \text{sen}(\alpha) * \cos(\alpha)$$

Onde  $\alpha$  é o ângulo que a frente de onda faz com a linha de costa e H é a altura significativa das ondas na zona costeira.

Devido ao fato de que o trecho de costa estudado é relativamente longo, para se obter o ângulo da linha de costa foi necessário segmentar a faixa litorânea em intervalos que possam ser representados por linhas retas. Desta forma, se individualizou 62 segmentos (Figura 170).

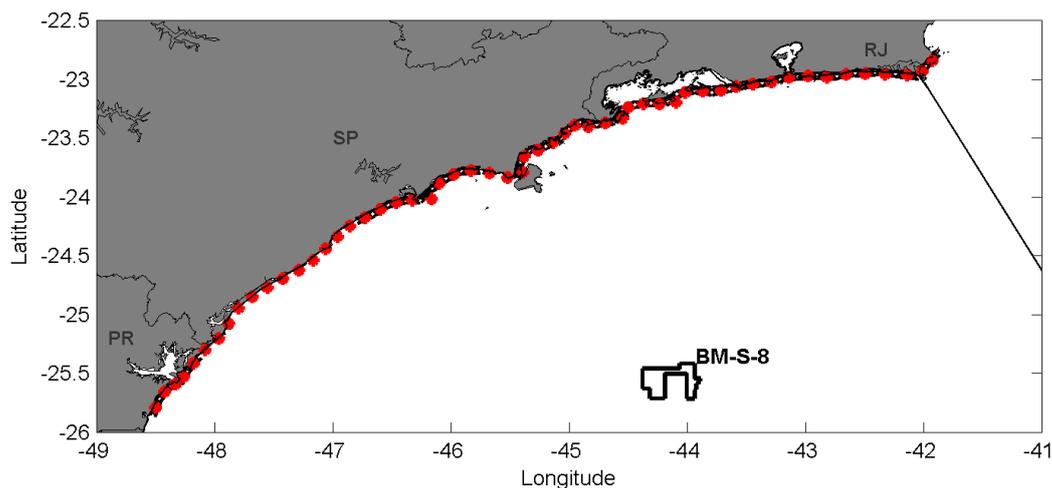


Figura 170: Divisão da costa da região de interesse em 62 segmentos. As linhas pretas separadas por pontos brancos representam os segmentos e os pontos vermelhos representam os pontos dos quais os parâmetros de altura e direção de onda foram retirados.

É importante que se faça uma consideração sobre o método proposto e aplicado neste estudo. Como explicitado, a deriva litorânea é determinada pelo ângulo formado entre a frente de onda incidente na zona costeira e a orientação da linha de costa. Ao segmentar a costa, muitas quebras de orientação são retilinizadas. Por exemplo, em uma determinada praia que apresente formato de arco, uma mesma direção de onda pode gerar derivas em sentido inverso. Logo, ressalta-se que os resultados gerados neste estudo devem ser encarados como tendências gerais para cada segmento definido.

Para cada ponto central dos segmentos (Figura 170), foram obtidos os parâmetros de altura e direção da onda incidente a partir dos resultados do modelo de ondas regional (SWAN), para cada um dos cenários estudados.

A intensidade do potencial da deriva foi então calculada para cada segmento e cenário estudados, a partir da expressão apresentada. Os resultados vetorizados podem ser vistos a seguir (Figura 171 a Figura 173).

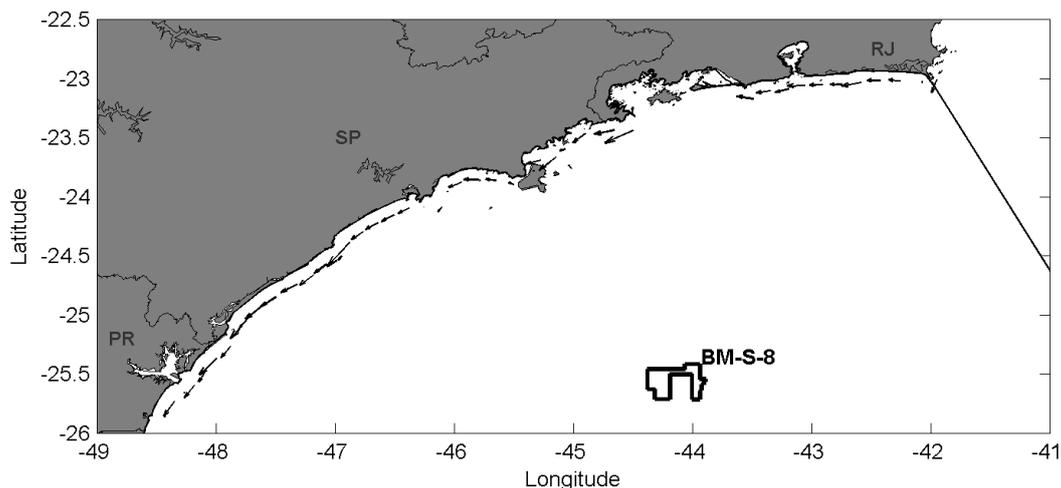


Figura 171: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Leste, com altura significativa de 1,75 m e período de 7 segundos.

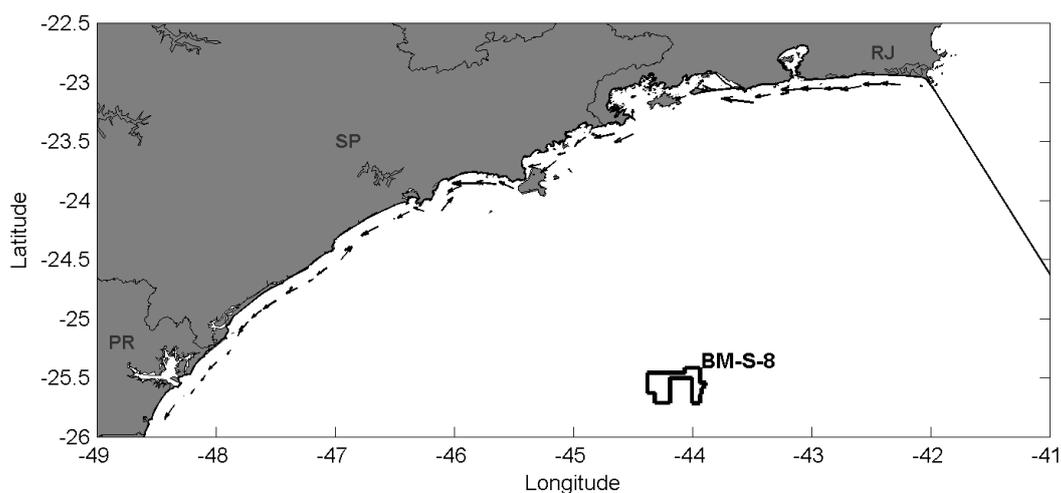


Figura 172: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Sudeste, com altura significativa de 1,75 m e período de 9 segundos.

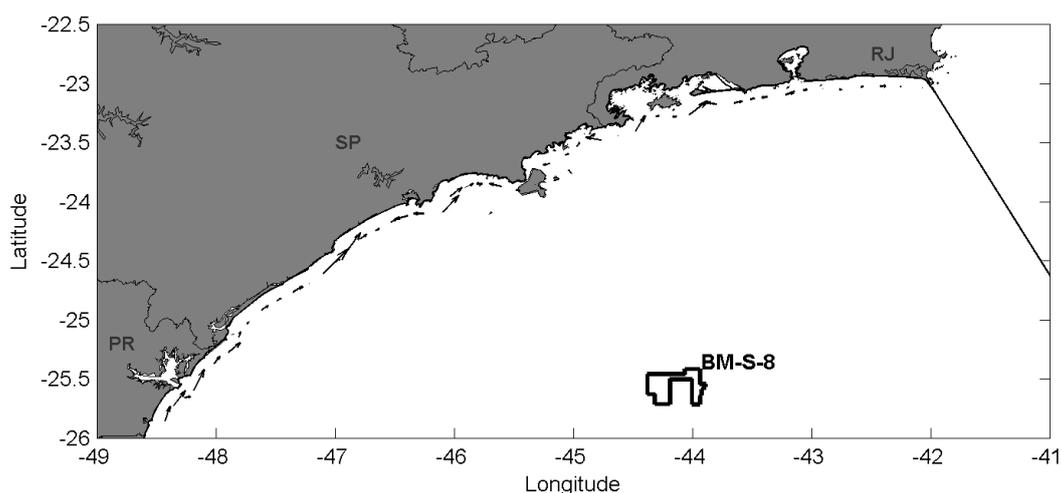


Figura 173: Potencial da deriva litorânea ao longo da zona costeira da região de estudo, para o cenário de ondas de Sul, com altura significativa de 1,75 m e período de 9 segundos.

Nota-se que para ondas de E, há uma tendência de deriva litorânea com sentido Sul ao longo de quase todo o domínio, com exceção de alguns poucos segmentos que apresentam deriva com sentido oposto devido a sua orientação diferenciada.

Para ondas de SE, a tendência da deriva litorânea também é para Sul da longitude 42° até aproximadamente 46°, a partir de onde a tendência de deriva fica dividida entre Sul e Norte.

As ondas de Sul invertem esse padrão, forçando uma tendência de deriva para norte em todo o domínio, salvo algumas poucas exceções devido à orientação de costa diferente.

### 3.2.5 Regime de Marés

É possível classificar a maré quanto ao seu período, ou seja, pode-se determinar se a maré é diurna, semi-diurna, mista principalmente diurna ou mista principalmente semi-diurna (POND & PICKARD, 1978).

Para classificar a maré, calcula-se um fator que leva em consideração a amplitude das principais componentes diurnas e semi-diurnas. Segundo Pond & Pickard (1978), esse fator é definido por:

$$F = \left( \frac{(K_1 + O_1)}{(M_2 + S_2)} \right)$$

De acordo com essa classificação temos:

$F = 0$  a  $0,25$ : Maré semi-diurna, ou seja, a maré cujo período é de aproximadamente 12h. Nesse caso, tem-se duas marés altas e duas marés baixas em 24 horas. A altura de uma preamar é praticamente igual a outra, o mesmo acontecendo com a baixamar.

$F = 0,25$  a  $1,5$ : Maré mista, principalmente semi-diurna, ou seja, a maré cujo período é, preferencialmente, de aproximadamente 12h e com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Apesar de ser, na maioria das vezes, semi-diurna, pode ser diurna em algumas épocas do ano.

$F = 1,5$  a  $3,0$ : Maré mista, principalmente diurna, ou seja, a maré cujo período é, preferencialmente, de aproximadamente 24h e com grandes diferenças de altura entre suas preamares e baixamares. Apesar de ser, na maioria das vezes, diurna, pode ser semi-diurna em algumas épocas do ano.

$F > 3,0$ : Maré diurna, ou seja, a maré cujo período é de 24h, aproximadamente. Nesse caso, tem-se apenas uma maré alta e uma maré baixa em 24 horas.

Para a caracterização da maré na região da Baía de Santos, foram utilizadas as constantes harmônicas do modelo global de marés TPX07 (EGBERT; EROFEEVA, 2002). Esse modelo possui resolução de  $1/4^\circ$  e utiliza dados do satélite altimétrico TOPEX/POSEIDON como fonte primária para assimilação.

A partir desses dados, foram então retirados os dados de fase e amplitude de sete componentes ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$  e  $Q_1$ ) para o ponto localizado na latitude  $25,75^\circ$  S e longitude  $44^\circ$  W.

A localização desse ponto na Baía de Santos pode ser observada na Figura 174 e as principais constantes harmônicas da maré local encontram-se na Tabela 43.

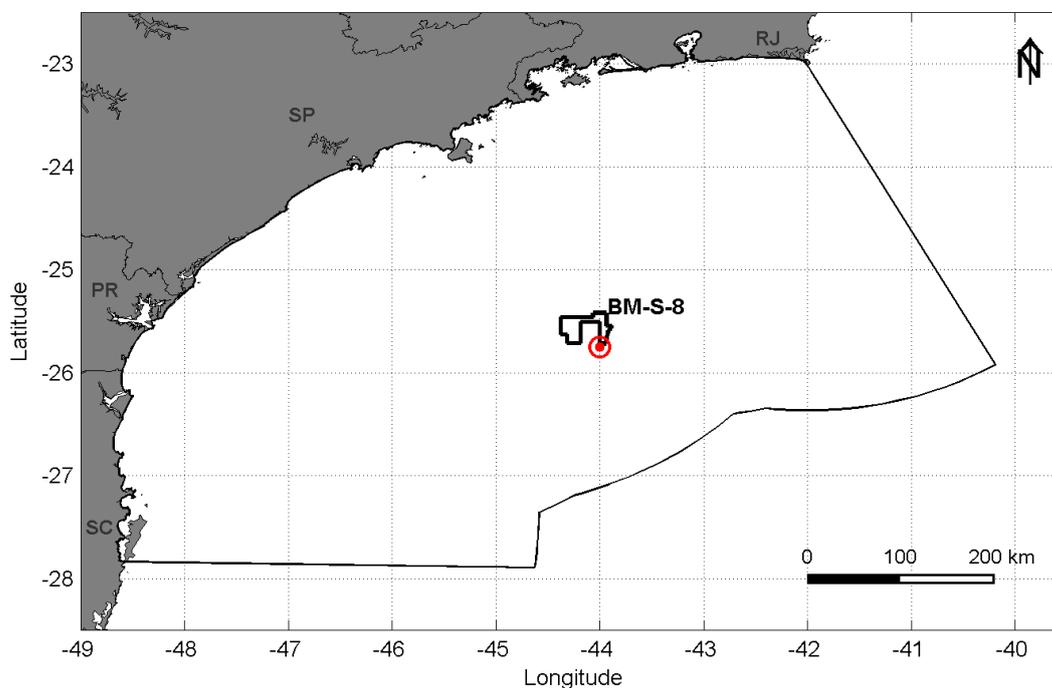


Figura 174: Localização do ponto de grade do modelo global de maré TPX07 utilizado para caracterização do regime de marés da Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Datum: SIRGAS 2000.

Tabela 43: Constantes harmônicas obtidas pelo modelo global de maré TPX07 no ponto de latitude 25,75° S e longitude 44° W.

Componente	Nome	Amplitude (m)	Fase (em relação à Greenwich)
M2	lunar principal semi-diurna	0,21	159,45
S2	solar principal semi-diurna	0,12	171,69
O1	lunar principal diurna	0,09	153,42
K1	luni-solar principal diurna	0,06	152,93
N2	lunar elíptica semi-diurna	0,04	235,05
K2	luni-solar semi-diurna	0,03	19,18
Q1	lunar elíptica diurna	0,02	34,53

Exemplos dos campos de amplitude e fase das quatro componentes mais importantes na região (M2, S2, O1 e K1) podem ser vistos na Figura 175 e na Figura 176. A amplitude das componentes semidiurnas (M2 e S2) apresentam um gradiente em direção ao norte da Baía (menores valores ao sul, e maiores ao norte). Já a componente diurna O1 apresenta um

gradiente no sentido leste-oeste. Não é possível verificar gradiente para a componente diurna K1. Em relação às fases, nota-se um aumento de sul para norte da baía, e de oeste para leste, nas quatro componentes analisadas.

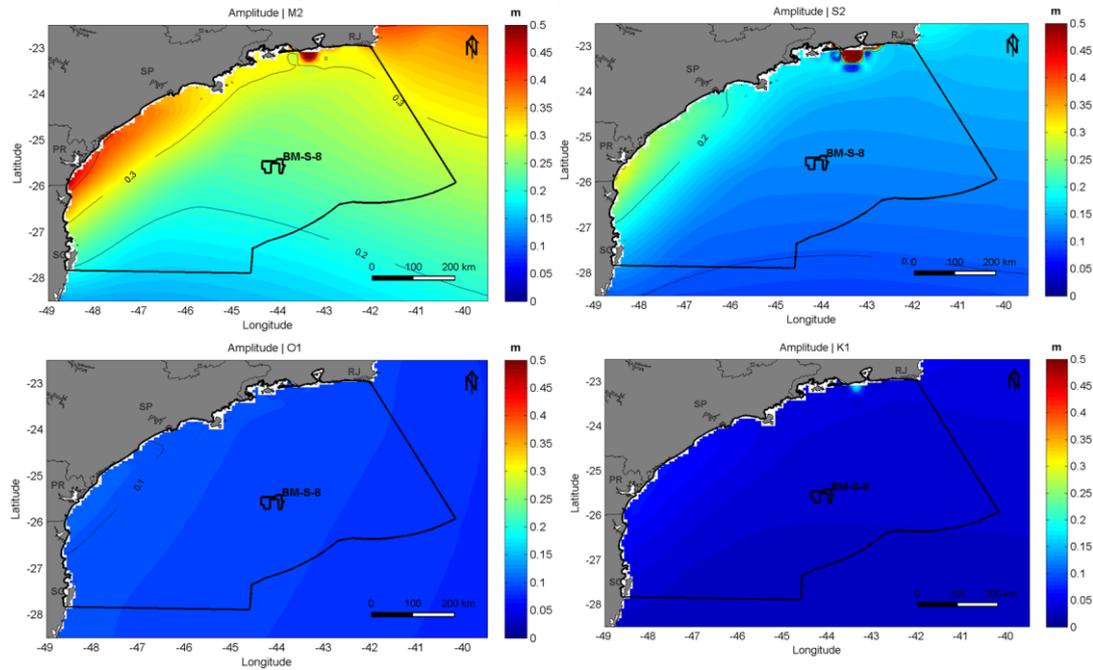


Figura 175: Amplitude das componentes M2, S2, O1 e K1 para a Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: TPX07.

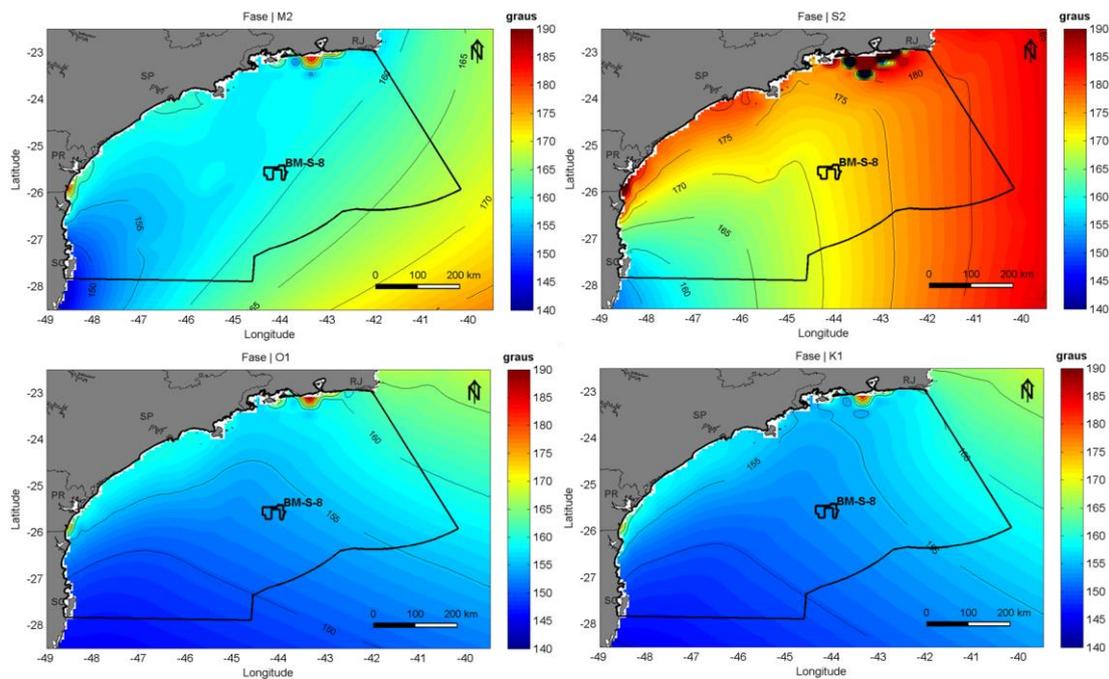


Figura 176: Fase das componentes M2, S2, O1 e K1 para a Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: TPX07.

Utilizando os valores apresentados na Tabela 43, pode-se concluir que na região de interesse tem-se:

$F = 0,45$  – maré mista predominantemente semi-diurna.

Pode-se calcular também, segundo a formulação de Pond & Pickard (1978), a média da amplitude das marés de sizígia, que nesse caso será:

$$2(M2+S2) = 0,66 \text{ m}$$

É possível classificar a maré na região como sendo mista, predominantemente semi-diurna e com amplitudes médias de maré de sizígia variando em torno de 0,85 m.

Na Figura 177 é apresentada a série de elevação, elaborada a partir das constantes harmônicas disponibilizadas pelo TPX07, para todo o ano de 2013, no ponto mais próximo ao Bloco BM-S-8. Foram verificadas alturas máximas de aproximadamente 0,5 m, e mínimas de -0,6 m. Através da Figura 177, pode-se concluir que as maré de quadratura na região possuem amplitudes médias da ordem de 0,3 m.

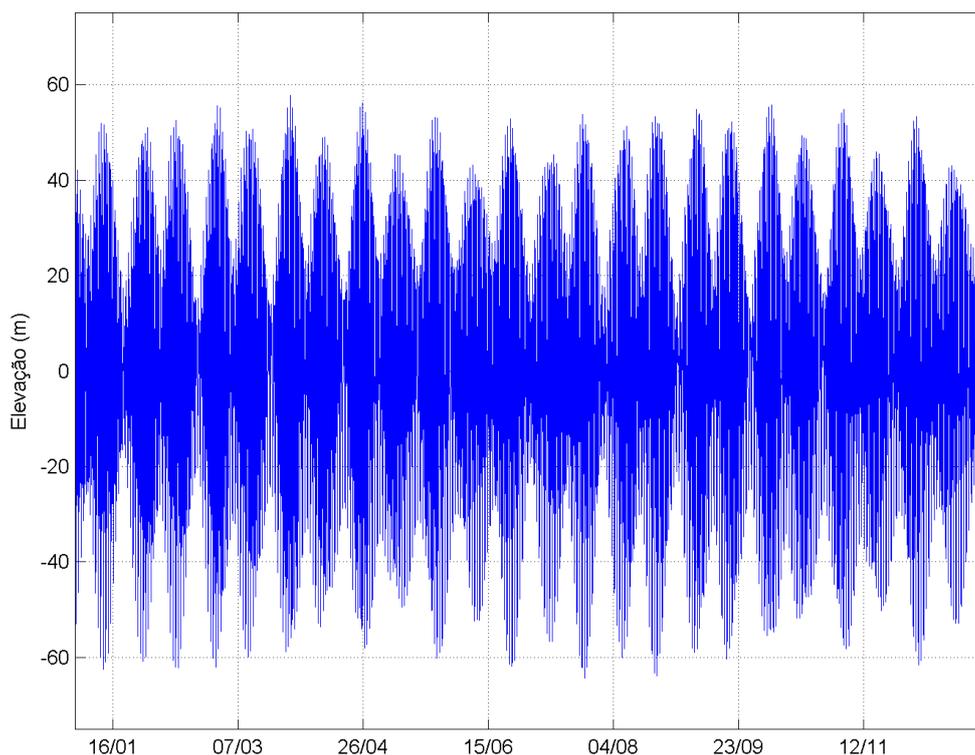


Figura 177: Elevação da superfície do mar (cm) para todo o ano de 2013 na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos. Fonte: TPX07.

### 3.3. Identificação de variabilidade ambiental

Neste item, as séries de dados dos parâmetros oceanográficos foram analisadas visando à identificação da presença de variações intranuais na área de estudo.

Embora a corrente seja o principal parâmetro oceanográfico a considerar nas modelagens hidrodinâmica e de óleo, a análise dos resultados do modelo ROMS na região do Bloco BM-S-8 não permitiu a identificação de períodos sazonais para esse parâmetro, tanto em superfície quanto em profundidade.

Como as variações sazonais de todas as variáveis estão relacionadas direta ou indiretamente com a meteorologia da região de estudo, foi considerada a variabilidade intranual da mesma como a principal orientadora da divisão sazonal para a área de estudo.

Sendo assim, todas as variáveis foram agrupadas em dois períodos: Período 1, que vai de setembro a fevereiro, e Período 2, que vai de março a agosto.

Apresenta-se, a seguir, na Tabela 44, os valores climatológicos aproximados, levando-se em conta as seguintes fontes de dados, para a região do Bloco BM-S-8: temperatura e salinidade (WOA13); velocidade e direção de corrente (ROMS); altura e direção de ondas (ERA-Interim).

Durante o período 1 na região do Bloco BM-S-8 são observadas águas superficiais mais quentes, e ligeiramente menos salinas, devido ao maior aquecimento e pluviosidade que ocorrem na região neste período. As correntes na região do BM-S-8 apresentaram velocidades ligeiramente maiores no período 2, exceto no nível de 2000 m. Deve-se considerar que, devido ao fortalecimento dos ventos gerados pelo ASAS no período 1, nas áreas sob influência da Corrente do Brasil são esperadas correntes mais intensas nesse período.

O fortalecimento do ASAS também faz com que as ondulações apresentem maior contribuição das direções NE e E no período 1. Durante o período 2, ondulações geradas em regiões mais ao sul e pela passagem de sistemas frontais na região aumentam a contribuição de ondas do quadrante S.

Tabela 44: Valores climatológicos obtidos para cada variável analisada na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos e estações definidas: verão – agosto a fevereiro, e inverno – março a julho.

Variáveis	Média climatológica – Período 1	Média climatológica – Período 2
Temperatura (°C)	25,0	23,7
Salinidade	36,85	36,8
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	1024,7	1025,2
Vel. de Corrente superficial (m/s)	0,21	0,22
Dir. de Corrente superficial	S	SW
Vel. de Corr. 100 m (m/s)	0,17	0,20
Dir. de Corr. 100 m	S	SW
Vel. de Corr. 500 m (m/s)	0,10	0,09
Dir. de Corr. 500 m	S	SW
Vel. de Corr. 1000 m (m/s)	0,06	0,05
Dir. de Corr. 1000 m	SE	SW
Vel. de Corr. 2000 m (m/s)	0,02	0,02
Dir. de Corr. 2000 m	S	SE
Alt. de Ondas (m)	1,86	2,00
Dir. de Ondas (graus)	SE	SE

### 3.4. Identificação de fenômenos oceanográficos extremos

As regiões sul e sudeste do Brasil são frequentemente influenciadas pela passagem de sistemas frontais. A influência desses sistemas no oceano é expressa em alterações substanciais no regime hidrodinâmico, seja em função de efeitos locais ou de fenômenos sinóticos, tais como a chegada de grandes ondulações geradas, por exemplo, em altas latitudes.

As condições extremas de ondas observadas na região podem estar associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: ASAS, passagem de sistemas frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

No caso de domínio do ASAS, ondas com direções de NE-E podem chegar a até 4,0 m de altura significativa, configurando um cenário crítico para operações no mar. Entretanto, as condições mais severas de mar observadas na região estão associadas à evolução de sistemas frontais, onde ondulações de SW a SE podem atingir a região com 5,0 m de altura significativa. A maior passagem de sistemas frontais na região entre o outono e a primavera

(março a setembro), faz com que esses períodos sejam mais propícios à ocorrência de eventos extremos de ondas.

A região do Bloco BM-S-8 encontra-se fora da posição média da CB, o que faz com que as correntes da região apresentem velocidades baixas em geral. As velocidades máximas observadas foram de 0,72 m/s, e correntes com intensidades superiores a 0,5 m/s representaram apenas 5% das ocorrências. Entretanto, deve-se levar em consideração, que em regiões próximas ao Bloco BM-S-8, sobre o talude, o escoamento da CB faz com que sejam observadas velocidades da ordem de 1 m/s.

Apresenta-se a seguir, na Tabela 45, uma síntese dos eventos extremos para ondas e correntes. Para as duas variáveis, pode-se observar os limiares positivos e negativos (duas vezes o desvio padrão, acima e abaixo da média, respectivamente), a frequência de ocorrência de ambos na série e os meses onde esses eventos extremos ocorreram mais vezes dentro das séries analisadas.

Para o regime de correntes, foram utilizados os dados do ROMS na região Bloco BM-S-8, e para o regime de ondas, os dados do WaveWatch III.

Ao todo, 3,12% das ondas ultrapassaram o limiar superior de 3,25 m. O mês crítico para ocorrência de eventos extremos de ondas foi setembro. Na maior parte dos casos esses eventos estão associados às ondulações de quadrante S, embora também possam ocorrer ondulações de NE e E com alturas maiores que 3,36 m.

Para as correntes, 5,% apresentaram velocidades superiores a 0,52 m/s, sendo julho o mês mais propício para ocorrência desses eventos. Esses eventos estão em geral associados a correntes para S, quando a CB se encontra mais afastada da costa, passando pela região do BM-S-8.

Tabela 45: Estatísticas de extremos elaboradas para alturas de ondas e velocidade de correntes na Área de Estudo do bloco BM-S-8 na Baía de Santos.

Variável	Limiares		Frequência de ocorrência (%)		Meses críticos	
	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior
Alt. de Ondas(m)	3,25	0,74	3,12	0,15	set	mar
Vel. Correntes (m/s)	0,52	-	5,00	0	jul	-

Para avaliar os eventos extremos de maré meteorológica na Baía de Santos, podemos recorrer ao estudo realizado por Campos *et al.* (2009).

Os autores caracterizaram eventos extremos de nível do mar utilizando dados de nível do mar do Porto de Santos, campos de ventos e pressão atmosférica das reanálises do NCEP para o período de 1951 a 1990.

Os limiares utilizados por Campo *et al.* (2009) para a caracterização de eventos extremos, foram os mesmos utilizados na caracterização de extremos de correntes e ondas, ou seja, a série filtrada acima e abaixo de +2 e -2 desvios-padrão (0,38 m e -0,38 m).

Os resultados indicaram que os períodos de outono e inverno apresentaram a maior ocorrência de extremos positivos (40,2 % e 30,8 % respectivamente), enquanto a primavera e o inverno foram as estações com maior número de extremos negativos (47,2 % e 32,3 % respectivamente). Os autores indicaram que os casos mais importantes de sobre-elevação do nível do mar ocorrem com a evolução e persistência de sistemas de baixa pressão sobre o oceano, com ventos de sudoeste acima de 8 m/s.

### 3.5. Síntese Conclusiva

A região da Baía de Santos encontra-se sob influência do Giro Subtropical do Atlântico Sul, feição da macroescala que apresenta correntes em giro no sentido anti-horário, forçadas pelos ventos do ASAS, e tem como seu limite oeste a Corrente do Brasil (CB).

A CB é uma corrente de contorno oeste que flui ao longo das costas leste, sudeste e sul do Brasil com direção SSW, transportando águas quentes e salinas da AT próximo a superfície, e águas da ACAS até aproximadamente 400 m de profundidade.

A Baía de Santos é influenciada diretamente pela CB e seus vórtices e meandros associados, especialmente o vórtice ciclônico de Cabo Frio, que está presente na região próxima ao limite com a Baía de Campos.

Para caracterizar a oceanografia da Baía de Santos e do Bloco BM-S-8, foram usados dados de diversas fontes, bem como referências bibliográficas para a região.

A análise dos dados oceanográficos da região da Baía de Santos mostrou a presença das massas d'água AM, AT, ACAS, AIA e APAN na região. Foram ainda encontradas variações sazonais bem marcadas nos perfis de temperatura e densidade potencial para os períodos de inverno e verão, nos primeiros 100 metros de coluna d'água, com maiores temperaturas e menores densidades sendo verificadas no período de verão.

A camada de mistura possui aproximadamente 100 m e abaixo desta inicia-se a termoclina, a haloclina e a picnoclina, que atingem profundidades entorno de 800 m.

As condições de ondas observadas na região estão associadas a 3 sistemas sinóticos diferentes: o ASAS, passagem de Sistemas Frontais ou deslocamento do anticiclone polar.

As direções de ondas mais frequentes são de sudeste, sul e leste, com aproximadamente 33%, 30% e 29% de ocorrência, respectivamente. A condição de mar mais frequente apresenta ondas com altura significativa entre 1,5 e 2,0 metros.

Tanto o regime de ondas quanto o de correntes são forçados pelo regime de ventos, dependendo principalmente da atuação de sistemas meteorológicos como o ASAS e a passagem de sistemas frontais. Entretanto, deve-se ressaltar que o regime de correntes depende de outros fatores, como as variações provocadas por fenômenos de macro e mesoescala, sendo o efeito do vento observado de forma mais direta na região sobre a plataforma continental.

Os dados de correntes mostram que a região do Bloco BM-S-8 está fora da posição média da Corrente do Brasil. O fluxo superficial predominante na região é para S, com velocidades médias de aproximadamente 0,2 m/s. Entretanto, em alguns casos a CB passa pela região do BM-S-8 quando se encontra mais afastada da costa. Nas profundidades entre 600 e 1500 m, é observado o fluxo da Contra-Corrente Intermediária (CCI), que flui para NE ao longo do talude continental. Não foi observada uma sazonalidade marcada para o regime de correntes.

A maré na região apresenta caráter misto com predominância semi-diurna, com amplitude média de marés de sizígia de 0,66 m e amplitude média de marés de quadratura de 0,3 m.

## 4. Referências Bibliográficas

- ASSIREU, A. T. Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores Rastreados por Satélite. Tese (Doutorado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 174 p. 2003.
- CALADO, L.; Dinâmica da interação da atividade de meso-escala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé, RJ. Tese de doutorado – Instituto Oceanográfico, USP. 2006. 159 p
- CAMPOS, E. J. D.; LORENZETTI, J. A.; STEVENSON, M. R.; STECH, J. L.; SOUZA, R. B. Penetration of Waters from the Brazil-Malvinas Confluence Region Along the South American Continental Shelf up to 23°S. An. Acad. Bras. Ci., v. 68, pp. 49 – 58. 1996.
- CALIL ELIAS, L. M. 2009. Variabilidade Interanual da Ressurgência de Cabo Frio - RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 110 pp.
- CAMPOS, E. J. D., J. E. GONÇALVES & Y. IKEDA, 1995. Water Mass Structure and Geostrophic Circulation in the South Brazil Bight – Summer of 1991. J. Geophys. Res., 100(C9), 18537-18550.
- CASTRO, B. M. , MIRANDA, L. B. ,1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located between 4°N and 34°S Costal Segment (4,W). Chapter 8. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo

- CERRONE, B. N. Estatísticas da Circulação do Oceano Atlântico Sudoeste a partir de Dados Lagrangeanos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 48 p. 2010.
- CIOTTI, A. M.; ODEBRECHT, C; FILLMANN, G; MOLLER, O. O. Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf. *Continental Shelf Research*, v. 15, n. 14, pp. 1737 – 1756. 1995.
- COVEY C., A. DAI, D. MARSH Y R. LINDZEN , 2011. The Surface-Pressure Signature of Atmospheric Tides in Modern Climate Models. *J. Atmos. Sci.*, 28, 495-514.
- EGBERT, G.D., EROFEEVA, S. Y, 2002: Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 19(2), 183-204.
- FRAGOSO, M. R., 2004. Um Modelo Numérico da Circulação Oceânica para as Bacias Leste e Sudeste do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 173p.
- GODOI, S.S., 2005: Dinâmica Quase-Geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no Embaiamento de São Paulo (23,5° - 27° S). Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. 157p.
- HASTENRATH, S., 1985: *Climate and Circulation of the Tropics*. D. Reidel Publish. Co., 455 pp.
- ILSON, S. A. C. 2007. O Sistema Corrente do Brasil na Baía de Campos, RJ. Tese Doutorado IOUSP. São Paulo.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), <http://www.inmet.gov.br/>, acessado em novembro de 2014.
- JOHNSON, D.R., T.P. BOYER, H.E. GARCIA, R.A. LOCARNINI, O.K. BARANOVA, AND M.M. ZWENG, v2013. *World Ocean Database 2013 User's Manual*. Sydney Levitus, Ed.; Alexey Mishonov, vTechnical Ed.; NODC Internal Report 22, NOAA Printing Office, Silver Spring, MD, 172 pp. Available at <http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD13/docwod13.html>.
- KALNAY, E., KANAMITSU, M. R. KISTLER, W. COLLINS, D. DEAVEN, L. GANDIN, M. IREDELL, S. SAHA, G. WHITE, J. WOOLLEN, Y. ZHU, M. CHELLIAH, W. EBISUZAKI, W. HIGGINS, J. JANOWIAK, K. C. MO, C. ROPELEWSKI, J. WANG, A. LEETMAA, R. REYNOLDS, ROY JENNE, DENNIS JOSEPH (1996). "The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project". *Bulletin of the American Meteorological Society* 77 (3): 437–471.
- KANAMITSU, M., EBISUKASI, W., WOOLLEN, J., YANG S., HNILLO, J. J., FIORINO, M., POTTER, G. L, 2002. An Updated NCEP-NCAR Reanalysis, Covering 1979-Present, Features Newer Physics and Observed Soil Moisture Forcing and Also Eliminates

- Several Previous Errors. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 82, pp. 1631-1643, 2002.
- LOCARNINI, R. A., A. V. MISHONOV, J. I. ANTONOV, T. P. BOYER, H. E. GARCIA, O. K. BARANOVA, M. M. ZWENG, AND D. R. JOHNSON, 2013. *World Ocean Atlas 2013, Volume 1: Temperature*. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.
- MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 1998. Climatic control of coastal erosion during a sealevel fall episode. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 1998.
- MASCARENHAS, A. S., L. B. MIRANDA, & N. J. ROCK, 1971: A study of oceanographic conditions in the region of Cabo Frio. *Costlow J. D.*, 1, 285:308.
- MATTOS, R. A., 2006, Feições de meso e grande escalas da Corrente do Brasil ao largo do sudeste brasileiro, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 126 pp.
- MIRANDA, L.B., 1991. "Análise de massas d'água dos oceanos." Notas de aula do curso, Univ. de São Paulo, São Paulo.
- MOLLER, O.O.; PIOLA, A.R.; FREITAS, A.C.; CAMPOS, E.J.D. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Continental Shelf Research*, v. 28, pp. 1607 – 1624. 2008.
- NWS/NCEP, [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/enso\\_advisory/ensodisc.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_advisory/ensodisc.html), acessado em novembro de 2014.
- ODA, T.O., 1997. Influência da ressurgência costeira sobre a circulação local em Cabo Frio (RJ). Dissertação de Mestrado, São José dos Campos, 119 pp.
- PETERSON, R.G. & L. STRAMMA, 1991: Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*, 26, pp. 1-73.
- PIOLA, A. R.; MATANO, R. P.; PALMA, E. D.; MOLLER, O. O.; CAMPOS, E. J. D. The influence of the Plata River discharge on the western South Atlantic shelf. *Geophysical Research Letters*, v. 32, pp. 1 - 4. 2005.
- POND, S. & G.L. PICKARD, 1978. *Introductory Dynamical Oceanography*. Pergamon Press, Oxford. 329p
- PORTILHO-RAMOS R.C., RIO-NETTO A.M. & BARBOSA C.F. 2006. Caracterização bioestratigráfica do Neógeno superior da Bacia de Santos com base em foraminíferos planctônicos. *Rev. Bras. Paleont.*, 9(3):349-354.

- RI PRO06. Relatório Interno. Meio Físico. Meteorologia. Terminal Aquaviário de Barra do Riacho. Preparado por: Lincon Alves. 2007.
- RODRIGUES, R. R., ROTHSTEIN, L. M., WIMBUSH, M., 2007. Seasonal variability of the South Equatorial Current bifurcation in the Atlantic Ocean: A numerical study. *J. Phys. Oceanogr.* 37, 16. 30 pp.
- SILVA, L.C.F., C.A.F. ALBUQUERQUE, W.W. CAVALHEIRO, C.M.P. HANSEN, 1982: Gabarito tentativo para as massas de água da costa sudeste brasileira. Separata dos Anais Hidrográficos - Tomo XLI. 30p.
- SILVEIRA, I. C. A., A. C. K. SCHIMIDT, E. J. D. CAMPOS, S. S. GODOI, & Y. IKEDA, 2000: A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *R. bras. Oceanogr.*, 48(2), 171–183.
- SILVEIRA, I. C., 2007: O Sistema Corrente do Brasil na Baía de Campos, RJ - Tese de Livre Docência - Universidade de São Paulo - SP.
- SOUTELINO, R. G. 2008. A Origem da Corrente do Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 95 pp.
- SOUZA, R. B. & ROBINSON, I. S., 2004, "Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current". *Continental Shelf Research* vol. 24 (2) pp. 241-262.
- SOUZA, R. B.; LORENZZETTI, J. A.; LUCCA, E. V. D. Estimativas da temperatura da superfície do mar através do sensoriamento remoto no infravermelho. In: Souza, R. B. (Org.). *Oceanografia por Satélites*. São Paulo: Oficina de textos, p. 102-115, 2005.
- STARK, J. D. CRAIG J. DONLON, MATTHEW J. MARTIN AND MICHAEL E. MCCULLOCH, 2007, OSTIA : An operational, high resolution, real time, global sea surface temperature analysis system., *Oceans '07 IEEE Aberdeen, conference proceedings. Marine challenges: coastline to deep sea. Aberdeen, Scotland.IEEE.*
- STECH, J.L., LORENZZETTI, J.A., 1992. The Response of the South Brazil Bight to the Passage of Wintertime Cold Fronts.
- STRAMMA, L. & M. ENGLAND, 1999: On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. *J. Geophys. Res.*, 104(C9), 20.863–20.883.
- TOMCZAC, M., GODFREY, J.S., 1994. *Regional Oceanography: An Introduction*. Elsevier, Oxford, 422 p.
- TORRES JR., A.R., 1995. Resposta da ressurgência costeira de Cabo Frio a forçantes locais. Dissertação de Mestrado, COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 143 pp.

VIANNA, M.L. & MENEZES V. V., 2005 Circulação Oceânica: Monitoramento por meio de Altimetria de Satélite. Em: de Souza R.B. (Org.). Oceanografia por Satélite. Oficina de Textos, São Paulo, SP.

ZWENG, M.M, J.R. REAGAN, J.I. ANTONOV, R.A. LOCARNINI, A.V. MISHONOV, T.P. BOYER, H.E. GARCIA, O.K. BARANOVA, D.R. JOHNSON, D. SEIDOV, M.M. BIDDLE, 2013. World Ocean Atlas 2013, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed., A. Mishonov Technical Ed.; NOAA Atlas NESDIS 74, 39 pp.