



**COPPE/UFRJ**

ESTATÍSTICAS DA CIRCULAÇÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE A  
PARTIR DE DADOS LAGRANGEANOS

Bruna Nogueira Cerrone

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Luiz Landau

Rio de Janeiro  
Outubro de 2010

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ESTATÍSTICAS DA CIRCULAÇÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE A  
PARTIR DE DADOS LAGRANGEANOS

Bruna Nogueira Cerrone

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

---

Prof. Luiz Landau, D. Sc.

---

Prof. Audálio Rebelo Torres Jr., D. Sc.

---

Prof. Arcilan Trevenzoli Assireu, D. Sc

---

Prof. José Luis Drummond Alves, D. Sc

---

Prof. Ronald Buss de Souza, Ph.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

OUTUBRO DE 2010

Cerrone, Bruna Nogueira

Estatísticas da Circulação do Oceano Atlântico Sudoeste a partir de dados lagrangeanos/ Bruna Nogueira Cerrone. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2010.

XXII, 48 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Luiz Landau

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2010.

Referencias Bibliográficas: p. 44-49.

1. Derivadores rastreados por satélite. 2. Corrente do Brasil 3. Dados lagrangeanos. I. Landau, Luiz II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

*“- Gato Cheshire ... quer fazer o favor de me dizer qual é o caminho que eu devo tomar?  
- Isso depende muito do lugar para onde você quer ir, disse o gato.  
- Não me interessa muito para onde ... - disse Alice.  
- Não tem importância então o caminho que você tomar - disse o gato.  
- ... contando que eu chegue a algum lugar, acrescentou Alice como uma explicação.  
- Ah, disso pode ter certeza - disse o gato - desde que caminhe bastante.”*

Lewis Carrol - Alice no país das maravilhas.

## **Agradecimentos**

À PROOCEANO, pelo sempre suporte, confiança e incentivo, fundamentais para o desenvolvimento do trabalho. A todos, muito obrigada.

Ao Landau e ao Audálio, por me concederem essa oportunidade.

Ao Chico, muito obrigada por ter contribuído de maneira tão singular, na minha formação profissional, acadêmica e pessoal.

Ao Arcilan que mesmo antes de aceitar em fazer parte da banca já vinha colaborando com o estudo; e aos demais membros da banca pelas sugestões, críticas e incentivos.

À Eni Oil do Brasil S.A. que disponibilizou os dados do Projeto MONDO para o público em geral, sendo fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

À minha família, Mary, Leo, José, Maninha e Breno, que mesmo sem entenderem nada do que eu faço e porque faço, sempre estão perguntando, incentivando e tentando uma comunicação.

Corpo de texto, amém!

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## ESTATÍSTICAS DA CIRCULAÇÃO DO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE A PARTIR DE DADOS LAGRANGEANOS

Bruna Nogueira Cerrone

Outubro/2010

Orientador: Luiz Landau

Programa: Engenharia Civil

Neste estudo, dados de derivadores rastreados por satélite são utilizados para estudar a circulação superficial oceânica no Atlântico Sudoeste, particularmente na Bacia Sul/Sudeste do Brasil. São analisadas 544 trajetórias, distribuídas ao longo de 18 anos (1993-2010). As trajetórias são agrupadas em uma grade de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  e, pelo volume de dados disponível, divididas em dois cenários sazonais: primavera/verão e outono/inverno. As análises focam a circulação superficial e visam estimar parâmetros como intensidade média, desvio padrão, escalas lagrangeanas de tempo e espaço e difusividade associadas às principais feições presentes no domínio (Corrente do Brasil, Confluência Brasil-Malvinas). Foram estimadas velocidades médias entre 5 cm/s e 150 cm/s para a Corrente do Brasil e 10 cm/s e 65 cm/s para a região da Confluência. Os maiores valores observados foram no período de primavera/verão. Os desvios-padrão obtidos foram na mesma ordem de grandeza das intensidades médias, reforçando a grande variabilidade da circulação nesta região. As análises das escalas lagrangeanas mostraram valores entre 0,8 e 4 dias, e 30 e 55 Km para a região da Corrente do Brasil e de 0,5 e 2 dias para a Confluência Brasil-Malvinas. Os valores de difusividade encontrados variaram entre  $3,5 \times 10^7$  e  $12 \times 10^7$  cm<sup>2</sup>/s, concordando com os encontrados na literatura. Os cálculos das Energias Cinéticas Média na Corrente do Brasil indicam valores entre 20 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> e 1150 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>, enquanto que a Energia Cinética Turbulenta encontra-se entre 10 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup> e 770 cm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

STATISTICAL OF THE CIRCULATION IN THE SOUTHWESTERN ATLANTIC  
OCEAN FROM LAGRANGIAN DATA

Bruna Nogueira Cerrone

October/2010

Advisor: Luiz Landau

Department: Civil Engineering

Herein, satellite tracked ocean drifter data are applied in the study of the surface circulation in the SouthWestern Atlantic, particularly the Brazilian South/Southeastern Basin. 544 drifter trajectories, distributed within 18 years (1993-2010), are analyzed. Data are binned into a  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  grid and splitted in 2 different seasonal scenarios: spring/summer and autumn/winter. Analyses are focused in the surface circulation and aim to estimate parameters such as mean intensity, standard deviations, lagrangian time and length scales and diffusivity associated with the main oceanographic features present in the domain (Brazil Current and Brazil-Malvinas Confluence). Mean intensities estimated vary from 5 cm/s to 150 cm/s in the Brazil Current and 10 cm/s to 65 cm/s in the Confluence. Higher values were obtained in the spring/summer scenario. Standard deviations reached the same magnitude order, highlighting the great variability in the region's circulation. Lagrangian Time and Length Scales values were within 0.8 and 4 days; and 30 and 55 Km for the Brazil Current and within 0.5 and 2 days for the Confluence. Diffusivity values agree with the previous literature and remained within  $3,5 \times 10^7 \text{ cm}^2/\text{s}$  and  $12 \times 10^7 \text{ cm}^2/\text{s}$ .

Mean Kinematic Energy for the Brazil Current varied from  $20 \text{ cm}^2/\text{s}^2$  to  $1150 \text{ cm}^2/\text{s}^2$ , while the Eddy Kinematic Energy varied from  $10 \text{ cm}^2/\text{s}^2$  to  $770 \text{ cm}^2/\text{s}^2$ .



## Sumário

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Área de Estudo .....</b>	<b>5</b>
3.1.    Fisiografia.....	5
3.2.    Circulação Superficial de Grande Escala .....	6
3.3.    Feições de Meso-escala .....	7
3.4.    Células de Recirculação .....	11
<b>4. Conjunto de Dados .....</b>	<b>13</b>
4.1.    Instrumentação .....	13
4.2.    Coleta e Transmissão de dados.....	14
4.2.1.    Derivadores do GDP - Transmissão ARGOS .....	14
4.2.2.    Derivadores da série MONDO - Transmissão IRIDIUM.....	16
4.3.    Controle de Qualidade .....	17
4.4.    Interpolação dos dados .....	20
4.5.    Distribuição Temporal.....	21
4.6.    Caixas Geográficas .....	23
<b>5. Método e Análises.....</b>	<b>26</b>
5.1.    Fluxo Médio e sua Variabilidade .....	26
5.2.    Níveis Energéticos da Circulação Superficial .....	32
5.3.    Escalas Integrais Lagrangeanas .....	36
5.1.    Coeficientes de Difusividade Turbulenta .....	39
<b>6. Considerações Finais.....</b>	<b>42</b>
<b>7. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>44</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Localização da área de estudo. Ressaltadas em preto estão as isóbatas de 200 m e 2000 m. ....	5
Figura 2: Padrões de circulação de grande escala em superfície para o Atlântico Sul. Fonte: SILVEIRA (2007). ....	7
Figura 3: Temperatura da Superfície do Mar em 27 de junho de 1994 sobre as bacias sudeste e sul, brasileiras. Evidência do padrão meandrante da Corrente do Brasil. (Fonte: MATTOS, 2006) .....	8
Figura 4: Temperatura da superfície do mar na região da CBM em outubro de 1984 (superior) e fevereiro de 1985 (inferior). As linhas em azul indicam as trajetórias dos derivadores de $\pm 20$ dias (superior) e $\pm 10$ dias (inferior) (Fonte: MATTOS, 2006).....	10
Figura 5: Assinatura do duplo giro de recirculação de água no Giro Subtropical do Atlântico Sul obtida através de dados altimétricos da superfície do mar. Fonte: VIANNA & MENEZES (2005). ....	11
Figura 6: Esquema da célula de recirculação observada a partir de dados hidrográficos. (Fonte: Mattos, 2006) .....	12
Figura 7: Representação esquemática do derivador SVP_WOCE. Adaptado de LUMPKIN & PAZOS (2007).....	14
Figura 8: Série temporal dos valores de submersão de um derivador da série MONDO. ....	18
Figura 9: Representação esquemática do método de remoção de dados espúrios utilizado. G = GOOD (marcação boa); B = BAD (marcação ruim). Fonte: HANSEN & POULAIN (1996).....	20
Figura 10: Número de estimativas de velocidade a cada 6 h na área de estudo, já eliminados os dados sem vela e considerados espúrios.....	21
Figura 11: Trajetórias dos derivadores do GDP (painel da esquerda) e da série MONDO (painel da direita). As linhas contínuas em preto representam as isobatimétricas de 200 m e 2000 m. ....	22

Figura 12: Trajetórias de todos os derivadores utilizados no estudo. As linhas contínuas em preto representam as isobatimétricas de 200 m e 2000 m. ....	23
Figura 13: Número de derivadores em cada célula para o cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). As células em branco ou não possuem dados ou não são estatisticamente significativas. ....	25
Figura 14: Número de observações a cada 6 h dentro das células de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ para o cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita. ....	25
Figura 15: Campo de velocidade da corrente ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) estimado na região de estudo. ....	27
Figura 16: Intensidade média da corrente ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) estimada para a área de estudo. ....	27
Figura 17: Pontos de referência para estimativas de velocidade média. ....	28
Figura 18: Desvio padrão ( $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ ) do campo médio de velocidade da corrente. ....	29
Figura 19: Linhas de corrente partindo das latitudes $25^\circ \text{ S}$ , $30^\circ \text{ S}$ , $35^\circ \text{ S}$ e $40^\circ \text{ S}$ para a área de estudo. ....	30
Figura 20: Linhas de corrente partindo das latitudes $25^\circ \text{ S}$ , $30^\circ \text{ S}$ , $35^\circ \text{ S}$ e $40^\circ \text{ S}$ para a área de estudo. As legendas são: CB - Corrente do Brasil; CCB - Corrente Costeira do Brasil; VSM - Vórtice de Santa Marta; CR - Célula de Recirculação; CMB - Confluência Brasil Malvinas. ....	31
Figura 21: Campo de energia cinética média ( $\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-2}$ ) no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). ....	33
Figura 22: Campo de energia cinética turbulenta ( $\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-2}$ ) no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). ....	34
Figura 23: Razão entre a ECM e a ECT no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). ....	35
Figura 24: Escala de Tempo Integral Lagrangeana (dias) para a componente zonal no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). ....	37

Figura 25: Escala de Tempo Integral Lagrangeana (dias) para a componente meridional no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). .....	38
Figura 26: Coeficientes de difusividade ( $\text{cm}^2.\text{s}$ ) para a componente zonal no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). .....	40
Figura 27: Coeficientes de difusividade ( $\text{cm}^2.\text{s}$ ) para a componente meridional no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). .....	40

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Estimativas da intensidade média da corrente obtidas no estudo e os observados por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008). .....	29
Tabela 2: Estimativas das Energias Cinéticas Médias (ECM), Turbulenta (ECT) e razão entre elas, e observadas por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008). .....	36
Tabela 3: Escalas lagrangeanas de tempo ( $T_x$ e $T_y$ ) e espaço ( $L_x$ e $L_y$ ) estimadas e as obtidas por ASSIREU em 2003 (A. 2003) e OLIVEIRA em 2008 (O. 2008). .....	39
Tabela 4: Coeficientes de difusividade ( $K_x$ e $K_y$ ) estimados no estudo e os obtidos por ASSIREU em 2003 (A. 2003) e OLIVEIRA em 2008 (O. 2008). .....	41

## 1. Introdução

Estimativas das correntes de superfície através de objetos à deriva no mar são bastante antigas. SVERDRUP *et al.* (1942) já apontam que pedaços de madeira, destroços de embarcações ou equipamentos de pesca são usados há bastante tempo como informações genéricas da direção das correntes em grande escala. Entretanto, a incerteza quanto à posição e data inicial da deriva, bem como há quanto tempo estavam encalhados na praia tornam a medida muito imprecisa.

Há pouco mais de um século, pesquisadores começaram a utilizar garrafas preenchidas com areia de modo a permanecerem em sub-superfície, minimizando o efeito do vento sobre a deriva. Novamente, o conhecimento apenas do ponto de lançamento e de chegada exigiam a utilização de dados como campos de temperatura e salinidade para melhores interpretações a respeito das trajetórias.

Um grande avanço para a obtenção dos dados lagrangeanos veio com o uso de um derivador formado por uma vela submersa e um flutuador de superfície. Desta forma, tornou-se possível observar um objeto a deriva sem que este sofresse grande influência do vento. Assim, sua posição era triangulada a partir de um ponto fixo como pontos altos no litoral ou navios ancorados (LUMPKIN & PAZOS 2007).

Com o advento da telemetria, a posição dos derivadores pôde ser transmitida por maiores distâncias e com maior precisão, sendo este método usado até os dias de hoje para estudos costeiros.

A partir da década de 70, com a tecnologia de posicionamento por satélite, objetos à deriva puderam ter sua posição monitorada em qualquer parte dos oceanos em curtos intervalos de tempo (com relação aos fenômenos de interesse), permitindo análises da circulação global através destes derivadores oceânicos.

Em 1982, O Programa Mundial de Pesquisa do Clima (WCRP, na sigla em inglês) reconheceu que era necessária uma padronização dos derivadores de forma a manter um grupo de derivadores distribuídos mundialmente nos oceanos. Esta padronização foi realizada dentro do Programa de velocidade de superfície (da tradução do inglês SVP – *Surface Velocity Program*) do Experimento *Tropical Ocean Global Atmosphere* (TOGA) e no *World Ocean Circulation Experiment* (WOCE). O derivador desenvolvido neste programa tornou-se a base para o modelo atualmente utilizado, chamado de SVP-WOCE (SYBRANDY & NILLER, 1992). Trata-se de um equipamento leve, de relativo baixo custo de produção e fácil operação, permitindo uma

ampla difusão de seu uso e conseqüentemente uma vasta cobertura global, gerando informações sobre a circulação global e sua variabilidade com alta resolução temporal e espacial.

Os dados dos derivadores são classificados como *Lagrangeanos*. Por lagrangeano, entenda-se o método de estudo das características de uma parcela demarcada do fluido em função do tempo. A outra forma - mais usual - de especificar os movimentos em um fluido é o método *Euleriano*, onde as características de um determinado ponto fixo do domínio são monitoradas em função do tempo.

Enquanto medidas *Eulerianas* permitem uma clara separação entre o espaço e o tempo, permitindo um uso mais direto e simples dos dados, medidas *Lagrangeanas* são mais indicadas para estudos sinóticos, uma vez que o movimento dos derivadores irá "desenhar" as estruturas presentes no fluxo em grande detalhe (ROSSBY, 2007). Especialmente em regiões com grande variabilidade espacial e presença de feições transientes como vórtices e meandros, o uso de derivadores oceânicos pode ser bastante revelador. Considere a comparação das medidas entre um correntômetro (*Euleriano*) e um derivador na borda de uma estrutura circular como, por exemplo, um vórtice: enquanto o primeiro irá registrar um fluxo estacionário apontando uma determinada direção, espera-se que o segundo rapidamente descreva a circunferência do vórtice.

Acrescentando-se aos motivos acima, o baixo custo de operação quando comparados à um fundeio em grandes profundidades, nota-se que derivadores constituem um meio bastante útil para prover dados oceânicos, particularmente em regiões do oceano ainda carentes de sistemas de observação como a Bacia Sudoeste do Atlântico.

Nesta Bacia encontram-se duas feições de grande importância oceanográfica: a Corrente do Brasil (PETERSON & STRAMMA, 1991), uma corrente de bordo oeste que transporta águas quentes em direção às altas latitudes; e a Confluência Brasil-Malvinas, uma das regiões mais energéticas dos oceanos, com um forte gradiente térmico e variabilidade, tendo um papel fundamental sobre o clima e o tempo da América do Sul (LEGECKIS & GORDON, 1982; PEZZI *et al.*, 2005; PIOLA *et al.*, 2008).

O número de derivadores lançados nesta região vem crescendo nas últimas décadas, tendo destaque:

- O Projeto COROAS (Circulação Oceânica na Região Oeste do Atlântico Sul) e o Programa Nacional de Bóias (PNBOIA). Programas de

cooperação entre institutos de pesquisa, universidades e a Marinha do Brasil. Juntos, estes projetos lançaram 50 derivadores ao longo da costa SE/S do Brasil (ASSIREU, 2003);

- Projetos da série MONDO (FRAGOSO et al., 2008; DOS SANTOS *et al.*, 2010; PROOCEANO, 2010). Entre 2007 e 2010 lançaram 81 derivadores na Bacia de Santos.

Dentre os estudos realizados com derivadores oceânicos nesta região, destacam-se os trabalhos de ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008). Ambos os trabalhos compilaram uma grande quantidade de dados (nota-se a evolução do uso do método no Brasil também pela relação entre o volume de dados disponível em 2003 e 2008) e estimaram as características cinemáticas da região. Nestes trabalhos é dada especial atenção à quantificação da Energia Cinética (turbulenta e média), à estimativa das condições médias da circulação e dos parâmetros turbulentos do fluxo (Escala Lagrangeanas de Comprimento e Tempo e coeficientes de difusividade).

Neste trabalho, visa-se complementar estes estudos através da análise de um volume ainda maior de dados e investigar possíveis variações sazonais na dinâmica da região.

No Capítulo 2 é detalhada a motivação e os objetivos seguidos no estudo. Em seguida, no Capítulo 3, um levantamento bibliográfico sobre a oceanografia da área de estudo é apresentado. Os Capítulos 4 e **Error! Reference source not found.** consistem na metodologia e resultados obtidos, além de uma discussão dos mesmos à luz dos trabalhos supracitados entre outros. As considerações finais deste trabalho são apresentadas no Capítulo **Error! Reference source not found.**



## 2. Objetivos

Além do recente interesse da indústria de energia em promissoras novas reservas de óleo e gás (convencionalmente chamadas de 'Pré-Sal'), são nas bacias sul e sudeste brasileira que se encontram os maiores portos e boa parte do esforço da pesca brasileira. A importância do conhecimento dos processos dinâmicos da circulação da camada superficial fornece subsídios que auxiliam a determinação de condições médias e das variações em determinadas escalas de tempo e espaço.

Neste contexto, buscou-se analisar a circulação superficial do Atlântico Sudoeste através de dados de derivadores oceânicos dando especial atenção aos parâmetros turbulentos do fluxo.

Especificamente, objetivou-se:

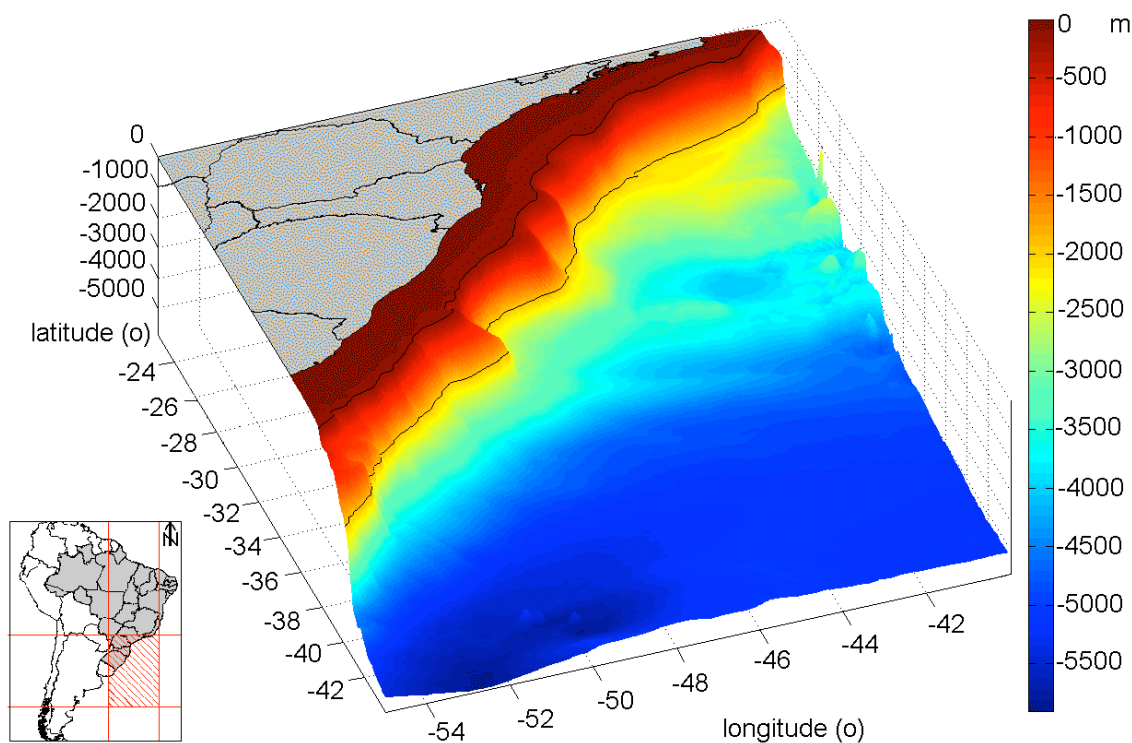
- Analisar o número de dados disponível e avaliar a viabilidade de estudar cenários sazonais;
- Estimar campos médios de velocidade bem como as flutuações em torno da condição média;
- Caracterizar as feições de grande e meso-escala da região já descritas na literatura;
- Estimar parâmetros cinemáticos como: as escalas integrais lagrangeanas de espaço e tempo, e coeficientes de difusividade turbulenta;
- Avaliar os níveis energéticos da camada superficial da região que engloba a Corrente do Brasil e a porção norte da Confluência Brasil-Malvinas.

### 3. Área de Estudo

Neste capítulo são apresentadas as características fisiográficas e uma revisão bibliográfica sobre a circulação superficial da Bacia Sudoeste do Atlântico Sul. São descritas as principais feições e os valores típicos dos parâmetros do fluxo.

#### 3.1. Fisiografia

A região de estudo foi definida entre as latitude de 22,5 °S e 44°S e as longitudes de 55°W e 40°W, como apresentado na (Figura 1), e abrange as bacias sedimentares de Santos e Pelotas, e litoral norte do Uruguai.



**Figura 1: Localização da área de estudo. Ressaltadas em preto estão as isóbatas de 200 m e 2000 m.**

No domínio brasileiro, a margem continental é caracterizada por uma configuração batimétrica aproximadamente paralela à linha de costa cuja orientação geral é de NE-SW, excetuando a região imediatamente ao sul de Cabo Frio, onde a orientação é E-W, e ao norte do Cabo de Santa Marta, onde a orientação é N-S. A plataforma continental apresenta topografia suave e largura variável, com mínimos de 50 km nas proximidades de Cabo Frio e 70 km no Cabo de Santa Marta, e máximos de 230km no interior da Bacia de Santos. Essa região, compreendida entre o Cabo Frio

(23° S) e o Cabo de Santa Marta (28° 40' S), também é conhecida como Plataforma Continental Sudeste (CASTRO & MIRANDA, 1998).

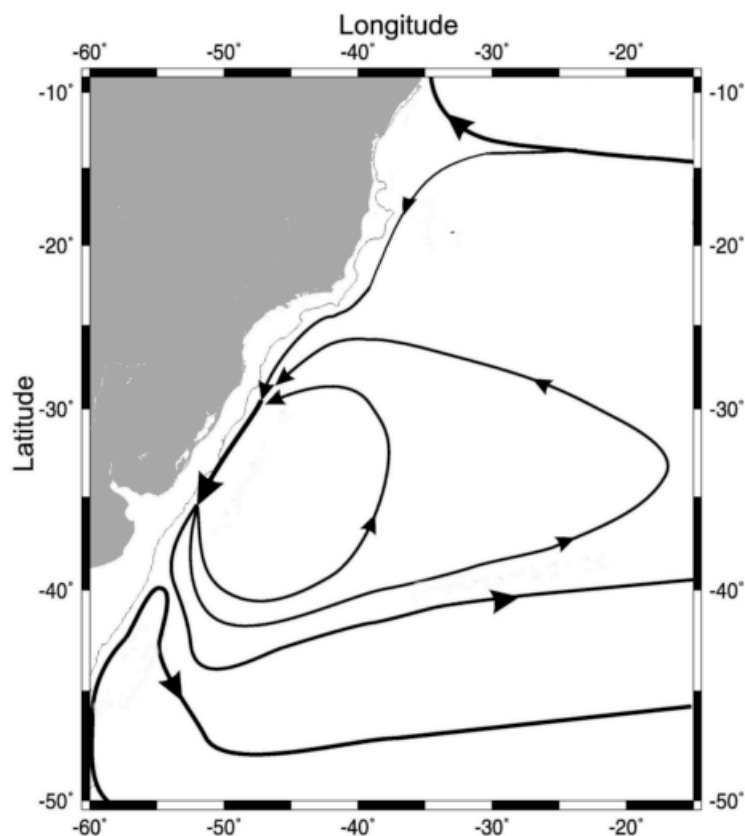
Abaixo dessa região, está a Plataforma Continental Sul, que abrange desde o Cabo de Santa Marta até o Arroio Chuí (33°48' S). A isóbata onde ocorre a quebra da plataforma é de 180 m, aproximadamente, e sua largura varia de 110 km (na porção norte) a 170 km (porção sul) (CASTRO & MIRANDA, 1998).

Passando para o domínio da costa uruguaia e argentina, a largura da plataforma aumenta em direção ao sul, ainda com orientação preferencial NE-SW, excetuando-se na região do Rio da Prata.

### 3.2. Circulação Superficial de Grande Escala

Na literatura, as Correntes de Contorno Oeste (CCOs) são descritas como jatos organizados e intensos que fecham giros oceânicos em sua borda oeste e se caracterizam por grande variabilidade espacial e temporal. Na borda oeste do Giro Tropical do Atlântico Sul este escoamento recebe o nome de Corrente do Brasil (CB). Esta corrente, formada na bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE), origina-se a sul de 12° S e flui pelas costas leste, sudeste e sul brasileiras (SILVEIRA *et. al.*, 2000). Em torno de 38° S, a CB conflui com a Corrente das Malvinas (CM) e se separa da costa formando a Corrente do Atlântico Sul (CAS) (STRAMMA & ENGLAND, 1999). Uma representação esquemática dessas feições é apresentada na Figura 2.

A região do Atlântico Sudoeste onde a CB encontra-se com a CM é chamada de Confluência Brasil-Malvinas (CBM), sendo caracterizada por uma frente termohalina bem definida e por uma série de vórtices e meandros de meso-escala ao longo da CAS (LENTINI e SOUZA, 2005).

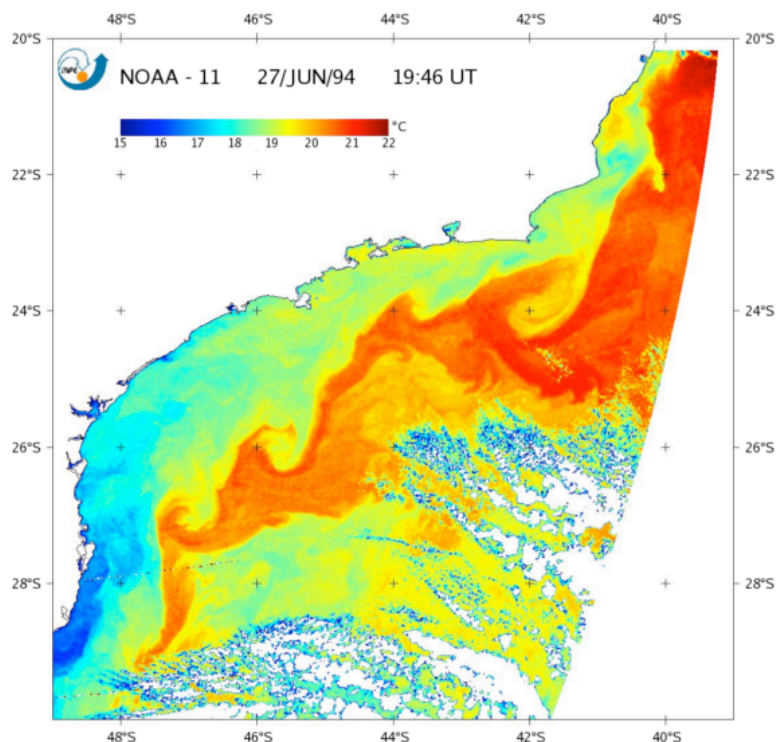


**Figura 2: Padrões de circulação de grande escala em superfície para o Atlântico Sul.**  
**Fonte: SILVEIRA (2007).**

### 3.3. Feições de Meso-escala

Entende-se aqui por processos de meso-escala os fenômenos com variabilidade espacial da ordem de dezenas a centenas de quilômetros e escala temporal de semanas a meses. Mais especificamente, pode-se citar como exemplos os vórtices e meandros associados ao fluxo da CB e na CBM.

Apesar da CB ser usualmente descrita como a mais fraca e rasa das CCO's subtropicais, diversos estudos já mostraram a intensa atividade dos processos de meso-escala ao longo de seu fluxo (dentre outros, MASCARENHAS *et al.*, 1971; SIGNORINI, 1978; SILVEIRA *et al.* 1994). Na Figura 3 é apresentado um exemplo da presença de vórtices e meandros na CB identificados a partir de uma imagem TSM (Temperatura da Superfície do Mar).



**Figura 3: Temperatura da Superfície do Mar em 27 de junho de 1994 sobre as bacias sudeste e sul, brasileiras. Evidência do padrão meandrante da Corrente do Brasil. (Fonte: MATTOS, 2006)**

Segundo MATTOS (2006), que se propôs a caracterizar feições de grande e meso-escala da CB ao largo do sudeste brasileiro, os primeiros a mencionar a presença de estruturas vorticiais na região de estudo, mais exatamente ao largo de Cabo Frio (23 °S), foram MASCARENHAS *et al.* (1971). Os autores descreveram e observaram essas estruturas, tanto ciclônicas quanto anti-ciclônicas, a partir de mapas de topografia dinâmica, especulando que as feições topográficas favoreciam a formação de meandramentos e vórtices.

Outros estudos que também identificaram estruturas vorticiais nessa região foram os de SIGNORINI (1978) e SILVEIRA *et al.* (1994) que usaram dados hidrográficos e, KAMPEL (2003) e CALADO (2006) com o uso de imagens de TSM.

Na região da Baía de Santos, CAMPOS *et al.* (1995) e CIRANO (1995) especularam sobre os fatores dinâmicos que poderiam causar o meandramento da CB. CAMPOS *et al.* (1995) atribuíram a ocorrência de vórtices e meandros às mudanças de orientação da costa e do gradiente da topografia de fundo. Os autores explicam que, ao mudar a orientação da linha de costa, o escoamento da CB tende a continuar por inércia para sul, e ao atingir regiões mais profundas adquire características rotacionais por conservação de vorticidade potencial.

Seguindo esta hipótese, ASSIREU *et al* (2008) analisando trajetórias de 5 derivadores rastreados por satélites, também indicaram o meandramento da CB ao longo da costa sudeste e sul como consequência da conservação de vorticidade potencial. ASSIREU, em 2003, estudando a circulação na mesma região através da análise de dados de derivadores lançados entre 1993 e 1994, detectou vórtices ciclônicos entre 23,5° e 32,7°S com períodos de vida 6 a 23 dias e diâmetro médio de ~40km.

PEREIRA *et al.* (2009) identificaram e caracterizaram sazonalmente feições oceanográficas de pequena e mesoescala entre os paralelos de 25° S (próximo a Paranaguá) e 28° 40'S (Cabo de Santa Marta), através do uso combinado de imagens termais e de clorofila na superfície marinha. As feições identificadas apresentavam extensões de 20 km a 100 km.

Fluindo em direção ao sul, a CB encontra-se com o fluxo oposto da Corrente das Malvinas, formando a CMB. A CMB é uma das regiões do oceano de maior energia, com uma forte frente termal e intensa atividade de vórtices. Os trabalhos pioneiros sobre estas feições na região utilizaram imagens termais e foram realizados por LEGECKIS e GORDON (1982), que se basearam em imagens dos anos de 1975 e 1976.

Ainda em MATTOS (2006) há uma referência ao trabalho de OLSON *et al.* (1988), que identifica e acompanha um vórtice na extensão da CB com diâmetros de 400 km e 200 km (eixo maior e eixo menor, respectivamente) (Figura 4).

SOUZA *et al.* (2006), utilizando imagens de TSM e clorofila, além de medições *in-situ*, identifica e acompanha um vórtice de núcleo quente na região da CMB com uma duração de 64 dias e aproximadamente 200 Km de diâmetro.

LENTINI *et al.* (2002) também observaram a ocorrência de vórtices anticiclônicos na mesma região a partir de imagens de temperatura da superfície do mar.

Dentre outros trabalhos, ASSIREU *et al.* (2003) e SOUZA & ROBINSON (2004) observaram o movimento de uma pluma de água fria, formada principalmente por águas subantárticas e da Bacia do Prata, subindo a Plataforma Continental Brasileira. SOUZA & ROBINSON (2003), com base em uma série de 13 anos de imagens de TSM e dados de derivadores, caracterizaram a amplitude e sazonalidade do fenômeno, chamando-a de Corrente Costeira do Brasil (CCB). De acordo com os autores, a pluma sobe a plataforma continental durante os meses de abril a agosto, atingindo 24°S.

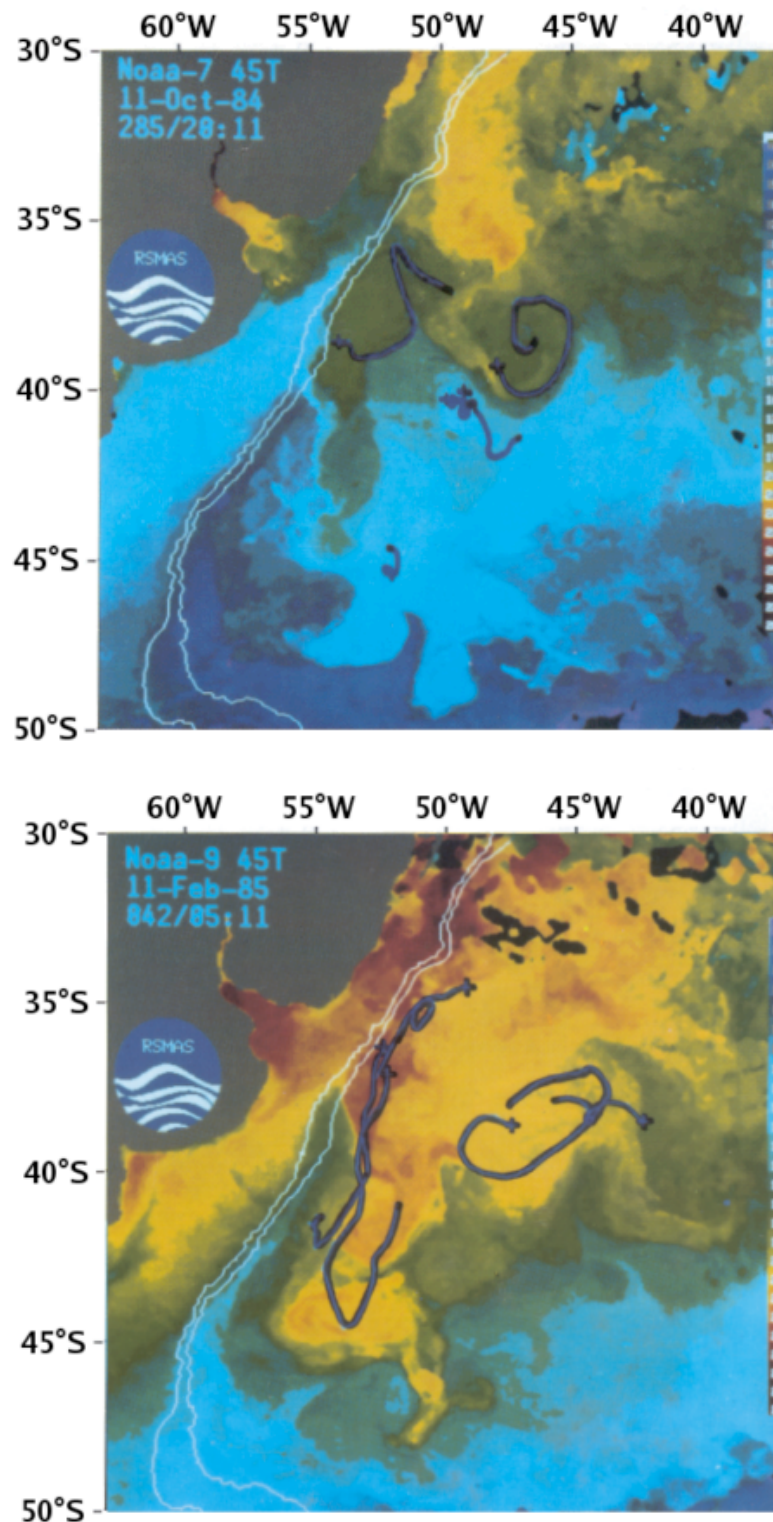
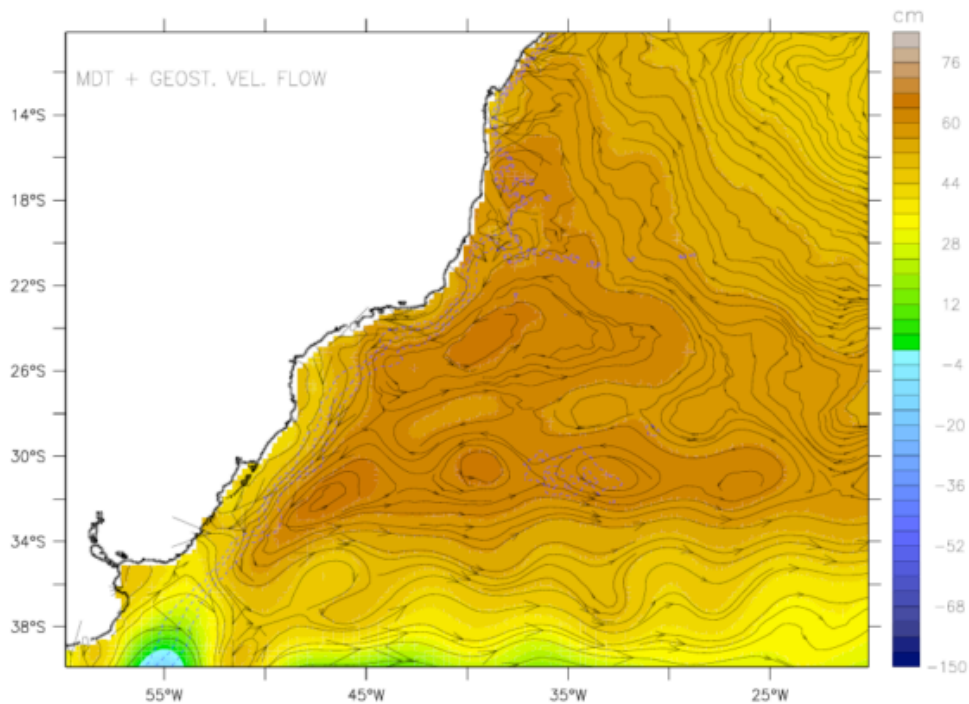


Figura 4: Temperatura da superfície do mar na região da CBM em outubro de 1984 (superior) e fevereiro de 1985 (inferior). As linhas em azul indicam as trajetórias dos derivadores de  $\pm 20$  dias (superior) e  $\pm 10$  dias (inferior) (Fonte: MATTOS, 2006)

### 3.4. Células de Recirculação

Feições de grande escala associadas à recirculações das CCO's subtropicais explicam suas variações de transporte enquanto fluem em direção aos pólos desde sua região de origem em mais baixas latitudes. As células de recirculação que se projetam para o interior do giro subtropical podem ser interpretadas como “subgiros” oceânicos, uma vez que integram e subdividem a célula de maior circulação, associada ao próprio giro subtropical. (MATTOS, 2006).

Células como estas foram observadas em torno de 22° S e 32° S nos estudos de TSUCHIYA (1985) através de mapas de anomalia geopotencial em superfície. Mais recentemente, VIANNA & MENEZES (2005) elaboraram um mapa da topografia dinâmica média da região oeste do Atlântico sul com base em dados geodésicos de alta precisão do campo gravitacional e dados altimétricos da superfície do mar. O resultado, apresentado na Figura 5, corrobora o mesmo padrão encontrado por TSUCHIYA (1985) onde o giro subtropical exhibe uma estrutura de duplo giro de recirculação de água.

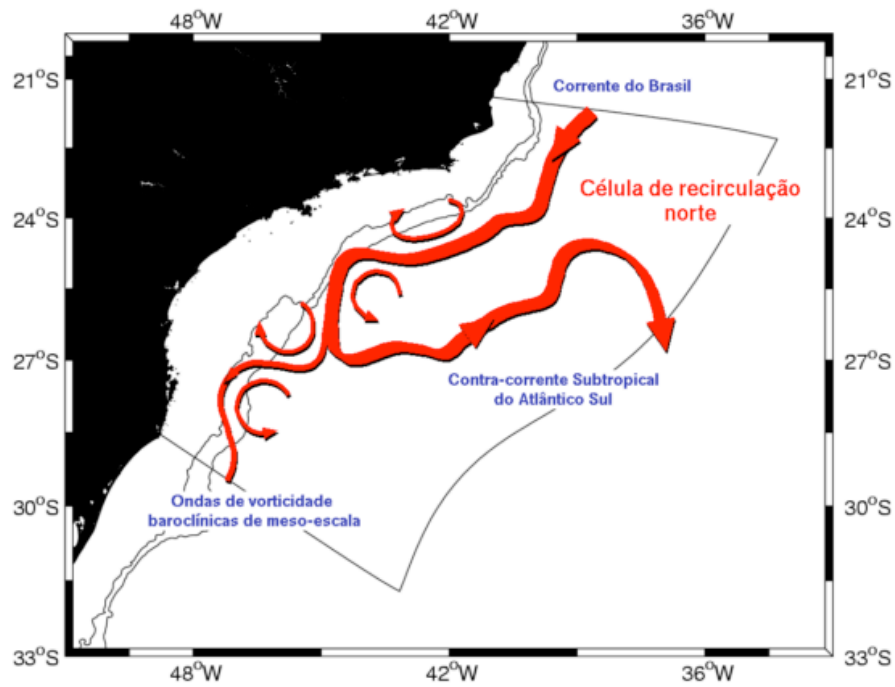


**Figura 5: Assinatura do duplo giro de recirculação de água no Giro Subtropical do Atlântico Sul obtida através de dados altimétricos da superfície do mar. Fonte: VIANNA & MENEZES (2005).**

MATTOS (2006) a partir de observações quase-sinóticas do campo de massa entre 22° S e 28°30' S além de identificar a porção sul da célula de recirculação norte da



CB observou que esta basicamente se mostrou permanente. Um esquema elaborado por este autor como base em seus resultados é apresentado na Figura 6.



**Figura 6: Esquema da célula de recirculação observada a partir de dados hidrográficos. (Fonte: Mattos, 2006)**

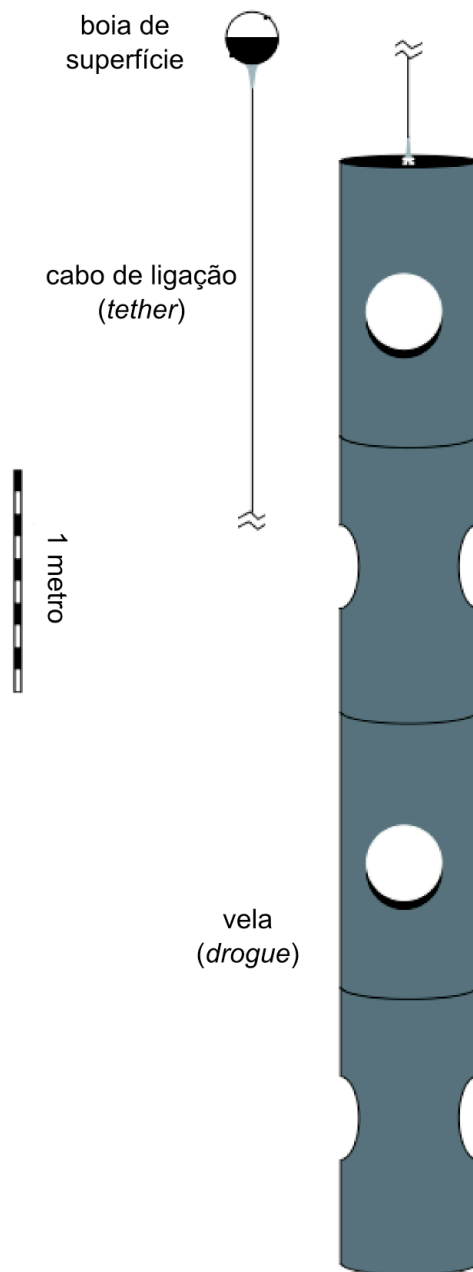
## 4. Conjunto de Dados

Neste capítulo é apresentado o conjunto de dados utilizado no estudo e o controle de qualidade nele aplicado. Todos os dados são provenientes de derivadores oceânicos rastreados por satélite incluídos no *Global Drifter Program* (GDP - <http://www.aoml.noaa.gov/phod/dac>) e da série de projetos MONDO (<http://mondo.prooceano.com.br>).

### 4.1. Instrumentação

Todos os derivadores usados são do tipo SVP-WOCE (*Surface Velocity Programme - World Ocean Circulation Experiment*) e seguem o desenho proposto por SYBRANDY & NIILER (1992), que busca minimizar o efeito de ondas e do vento sobre seu deslocamento. Estes derivadores são compostos por uma boia de superfície, um cabo de ligação (*tether*) e uma vela submersa (*drogue*), como mostrado na Figura 7. A boia de superfície possui aproximadamente 40 cm de diâmetro e contém: um *pack* de baterias, uma memória para armazenamento e transmissão dos dados, e um termistor, que mede a temperatura de sub-pele da superfície do mar e fica localizado na base do flutuador. O derivador pode conter ainda algum dispositivo para verificar se a vela submersa continua ou não presa ao equipamento após o lançamento, sendo geralmente um sensor de submersão da bóia de superfície ou de estiramento do cabo de ligação com a vela.

A vela submersa é feita de *nylon* e possui sete seções com aberturas espalhadas em sua superfície. Devido a esta característica é também chamada de “meia furada” ou *holey-sock*, possuindo 7 m de comprimento e 60 cm de diâmetro. Seu centro de massa fica posicionado em torno de 15 m abaixo da superfície e além de manter o derivador acoplado à corrente, tem a função de atenuar os efeitos da turbulência de pequena escala.



**Figura 7: Representação esquemática do derivador SVP\_WOCE. Adaptado de LUMPKIN & PAZOS (2007).**

## 4.2. Coleta e Transmissão de dados

### 4.2.1. Derivadores do GDP - Transmissão ARGOS

A posição dos derivadores oriundos do GDP é inferida através do efeito Doppler sobre o sinal transmitido pelos derivadores. Essas informações juntamente com as de temperatura e os outros parâmetros são transmitidas via **sistema ARGOS** (*Advanced*

*Research and Global Observation Satellite*). Este sistema foi criado em 1978 pela *Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)*, juntamente com a *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* e a *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*.

A estrutura do ARGOS é dividida em três partes: as *PTTs (Platform Transmitter Terminals)*, o segmento espacial e o segmento terrestre. No caso dos derivadores, as PPTs são os transmissores implantados em cada boia que são responsáveis pela comunicação com o satélite durante sua passagem. O segmento espacial é constituído atualmente por cinco satélites de órbita polar baixa: NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17, NOAA-18 e METOP-A, que recebem e transmitem as mensagens dos PTTs para uma das três estações terrestres, localizadas em Wallops (Virginia, EUA), Fairbanks (Alaska, EUA) e Lannion (França). Estas estações, conhecidas também como mestras, fazem a distribuição das informações para 15 estações regionais: Monterey e Largo, nos Estados Unidos; Halifax e Edmonton, no Canadá; Casey, na Antártida; Cidade do Cabo, na África do Sul; Toulouse, na França; Tóquio, no Japão; Perth, Darwin e Melbourne, na Austrália; Ilhas Reunião, no Oceano Índico; Wellington, na Nova Zelândia e, recentemente, Lima, no Peru. No entanto, são as de Toulouse e do Largo que fazem todo o processamento de dados e disponibilizam aos usuários.

Cada satélite tem uma passagem dentro do campo de visibilidade de um transmissor, praticamente, ao mesmo tempo e local, a cada dia, sendo que o número de passagens diárias por um transmissor aumenta de acordo com o aumento da latitude. Nos pólos, um satélite pode “enxergar” o transmissor até 14 vezes por dia. No entanto, o período no qual cada satélite pode receber mensagens é equivalente ao tempo em que ele está em sua visada, que em média são 10 minutos (<http://www.argos-system.org/manual/>).

Como os derivadores estão em movimento, as informações recebidas não estão regularmente espaçadas no tempo e problemas oriundos do número e distribuição de mensagens recebidas durante a passagem orbital, imprecisões sobre a órbita, geometria da órbita entre satélite e derivador, e ruído de sensores podem afetar o grau de confiança das informações. A acurácia nas estimativas de posição é classificada em três classes, tendo, a melhor delas, uma resolução nominal de 150 m.

#### 4.2.2. Derivadores da série MONDO - Transmissão IRIDIUM

Diferentemente dos derivadores baseados no sistema ARGOS, que utilizam a mesma constelação de satélites para a localização do equipamento e transmissão dos dados, os derivadores do Projeto MONDO utilizam 2 sistemas independentes para a localização e transmissão.

As informações de posição são obtidas através do **sistema GPS** (*Global Positioning System*). Este sistema, concebido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, teve seu início em 1978, e é baseado no conceito de medidas de distância calculados por tempo de propagação da onda eletromagnética entre fontes transmissoras (constelação de satélites em volta da Terra) e uma fonte receptora de rádio (SABSUD, 2008).

A estrutura do sistema GPS pode ser dividida em dois segmentos: espacial e terrestre.

O segmento espacial é constituído por uma constelação de 28 satélites, distribuídos em 6 planos orbitais, a 20.200 Km de altitude com período de 12 horas. Tem como objetivo, cobrir a superfície da terra de maneira ótima, para que qualquer ponto seja visível por, no mínimo, 6 satélites. Os satélites se comunicam com os transmissores a bordo dos derivadores por ondas de rádio com informações de posição e horário (SABSUD, 2008).

O segmento terrestre é formado por uma estação mestre localizada nos Estados Unidos (Colorado Springs), que calcula as órbitas dos satélites; 5 estações de monitoramento, que armazenam as informações feitas pelos satélites; e 3 antenas de solo que transmitem e recebem mensagens dos satélites para conhecer e atualizar as posições destes. As estimativas de posição possuem uma resolução nominal de até 7 m.

A transmissão dos dados de posição juntamente com os outros parâmetros medidos (por exemplo, temperatura) é realizada através do **sistema IRIDIUM**. Este sistema, colocado em prática em 1998 e reativado em 2001, atualmente é formado por uma constelação de 66 satélites de órbita polar baixa, organizados em 6 planos orbitais (11 satélites em cada plano) a altitude de 780 km da superfície da terra. Cada satélite dá uma volta na terra a cada 100 minutos, cobrindo uma área de 4500 km<sup>2</sup> de maneira que sempre exista, pelo menos, um satélite sobre cada localização do globo.

Cada satélite da IRIDIUM conecta-se a 2 outros do mesmo plano e a dois de planos diferentes, possibilitando que a estação terrestre mestra, localizada no Arizona (Estados Unidos) acesse qualquer satélite sem necessidade de contato direto com este.

Nos derivadores da série MONDO, como forma de otimizar a relação entre número de dados coletados e duração das baterias, os dados de temperatura e submersão, obtidos a partir de sensores acoplados, são coletados a cada hora e as informações de posição, a cada 3 horas através do dispositivo de GPS a bordo. No entanto, todas as informações são transmitidas pelo Sistema IRIDIUM de hora em hora. Com essa rotina são coletadas 8 posições por dia, permitindo a estimativa de um valor de velocidade a cada 3 horas com uma resolução espacial nominal de 7 m.

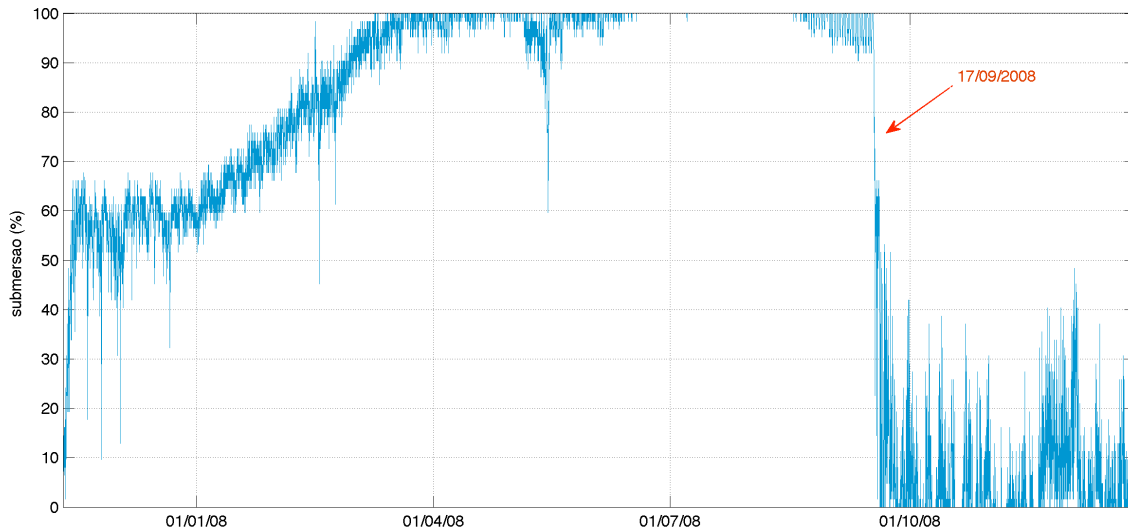
### 4.3. Controle de Qualidade

O processamento de dados dos derivadores do GDP é realizado pela *Atlantic Oceanographic and Meteorological Laboratory - Drifiting Buoy Data Assembly Center* (AOML's DAC) e inclui: a aquisição dos dados brutos, o controle de qualidade e a interpolação em espaços regulares de 6 horas (4 valores por dia). A fim de uniformizar as informações dos derivadores utilizados no estudo foi utilizado o mesmo controle de qualidade realizado pela AOML para os derivadores da série MONDO, descrito a seguir.

#### **1) Identificação da perda da vela**

Estudos como os de POULAIN *et al.* (2008) sugerem que a ação dos ventos chega a influenciar no deslocamento dos derivadores que perderam a vela submersa em até 1 % do valor de intensidade do vento. Dependendo das condições meteorológicas, esta fração pode ser da mesma ordem de grandeza ou superior à intensidade da corrente. Desta forma, a eliminação de dados dos derivadores a partir do momento em que a vela submersa se desprende, é fundamental para a qualidade das estatísticas de velocidade superficial de correntes.

A identificação da perda da vela submersa é feita através de inspeção visual na série de dados de submersão (Figura 8).



**Figura 8: Série temporal dos valores de submersão de um derivador da série MONDO.**

Nota-se que no dia 17/09/2008 houve uma mudança abrupta nos valores de submersão. Os dados a partir desta mudança foram retirados da série temporal.

## 2) Eliminação de dados espúrios

A eliminação de dados espúrios neste estudo usou como critério a velocidade estimada pelo derivador. Como a velocidade depende da informação de duas transmissões consecutivas, a correta remoção de dados espúrios depende de um método eficiente de identificação de qual das duas (ou se ambas) informações é a incorreta. Para isto, utilizou-se a metodologia proposta por HANSEN & POULAIN (1996) que realiza a análise das velocidades tanto avançando quando regredindo no tempo.

Como exemplo, suponha que temos a série temporal das posições  $x_i = x(t_i)$  de um derivador sendo que estas estão distribuídas no tempo  $t_i$ , uniformemente ou não. Em seguida, calcula-se a velocidade média entre duas posições consecutivas:

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \int_{t_i}^{t_{i+1}} u(t) dt \\
 &= \frac{1}{t_{i+1} - t_i} \int_{t_i}^{t_{i+1}} \partial_t x(t) dt = \frac{(x_{i+1} - x_i)}{(t_{i+1} - t_i)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

O valor obtido entre duas posições será considerado “ruim” se estiver acima da velocidade adotada, aqui assumida como 200 cm/s seguindo as análises realizadas por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008). Caso isso ocorra, o cálculo é feito com a próxima posição. Se novamente for “ruim”, a operação é repetida, avançando no tempo,

até encontrar um valor “bom”. Como esse método progride no tempo, pode-se eliminar uma série de pontos mesmo que apenas uma posição esteja comprometida. Para evitar esse tipo de erro, a velocidade é calculada tanto progredindo (*forward*) quanto regredindo (*backward*) no tempo.

A seguir é apresentado o passo-a-passo desta técnica:

*Forward* - A primeira posição é verificada como “bom” e então marcada. Se a velocidade obtida entre o primeiro e o segundo ponto for superior a estimada, o segundo ponto é marcado como “ruim”, e a velocidade do ponto inicial para os demais pontos é computado até que outro ponto "bom" seja encontrado. Este ponto “bom” é tido como um novo ponto inicial para o cálculo da velocidade subsequente, e assim por diante.

*Backward* - O procedimento é repetido então no sentido inverso do tempo.

*Global* – Somente os pontos assinalados como “bom” em ambos os sentidos, é dado um marcador global “bom”. Para os demais são atribuídos um marcador global “ruim”.

Decisão - Em seguida, verifica-se entre os procedimentos *forward* e *backward* qual deles possui o menor número de marcações “ruim”. Assim, as marcações “ruins” são atualizadas de acordo com o procedimento que contém o maior número de marcadores “bom”, e todos os pontos com marcações globais “ruim” são removidos.

Na Figura 9 são apresentadas duas situações hipotéticas para exemplificar o funcionamento e lógica do procedimento.



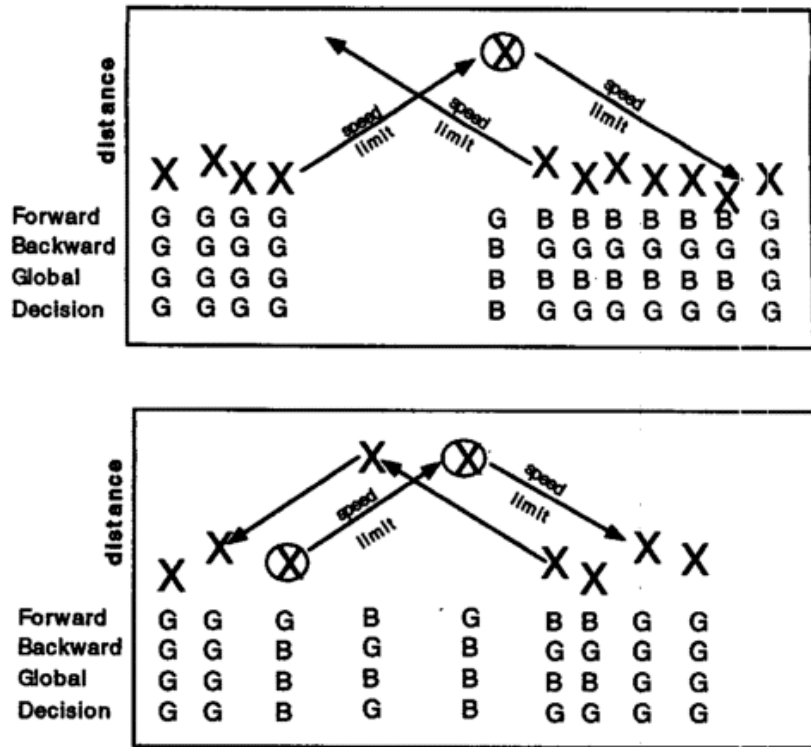


Figura 9: Representação esquemática do método de remoção de dados espúrios utilizado. G = GOOD (marcação boa); B = BAD (marcação ruim). Fonte: HANSEN & POULAIN (1996).

No quadro superior temos 6 marcações “ruim” no procedimento *forward* e uma marcação “ruim” no *backward*. A decisão de remoção de posições foi tomada em cima da análise *backward* que continha o maior número de marcações “boas”.

No quadro inferior a decisão também foi tomada a partir da análise *backward* por possuir o menor número de marcadores “ruim”.

#### 4.4. Interpolação dos dados

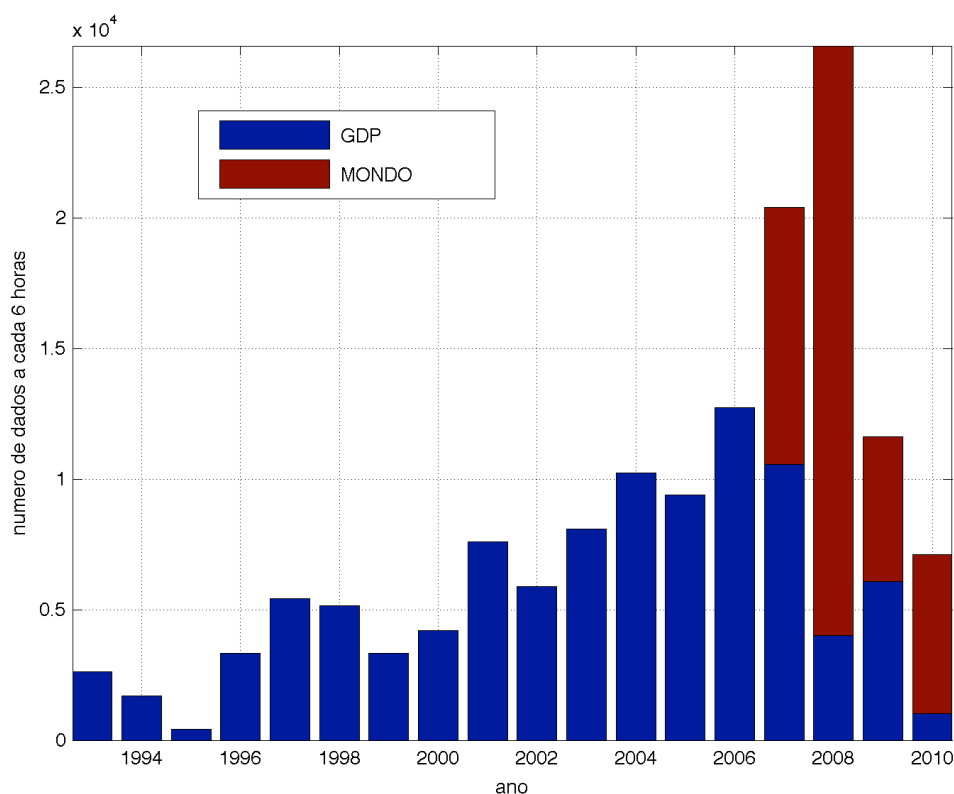
Após a remoção de todos os dados considerados espúrios, os dados de posição processados pelo DAC são interpolados para períodos de 6 horas através do método *kriging*. Neste método, os valores de latitude e longitude são interpolados, independentemente, por uma combinação linear de dez observações (cinco para frente e cinco para trás) ponderadas de forma que os desvios entre o valor real e o estimado sejam minimizados.

Já os dados da série MONDO foram interpolados linearmente e reamostrados para períodos de 6 horas. O tipo de interpolação usada nos dados da série MONDO não

compromete os resultados uma vez que a escala de interesse do estudo é pelo menos duas vezes maior que a resolução das informações obtidas.

#### 4.5. Distribuição Temporal

Os dados obtidos no GDP abrangem o período de fevereiro de 1993 a março de 2010 e os derivadores da série MONDO estão entre setembro de 2007 a agosto de 2010. A distribuição deles a cada 6 horas ao longo dos 18 anos de estudo é apresentada na Figura 10.



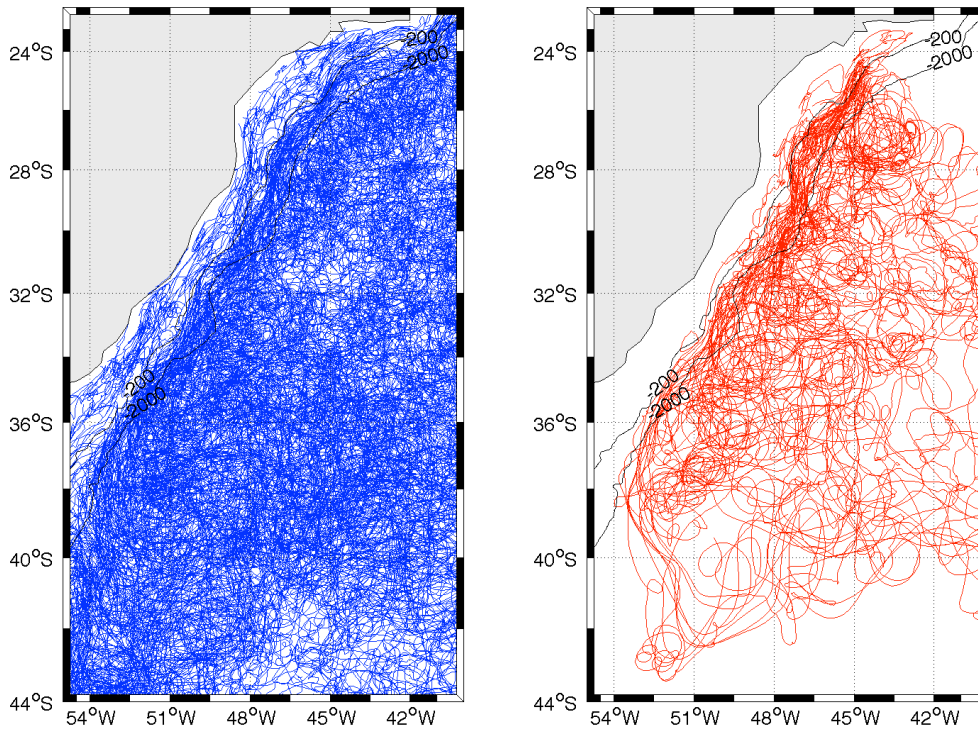
**Figura 10: Número de estimativas de velocidade a cada 6 h na área de estudo, já eliminados os dados sem vela e considerados espúrios.**

Observa-se um aumento no número de dados ao longo dos anos, com um mínimo de 5000 observações por ano a partir de 2001, e que os dados da série MONDO contribuíram consideravelmente para o aumento de informações na região.

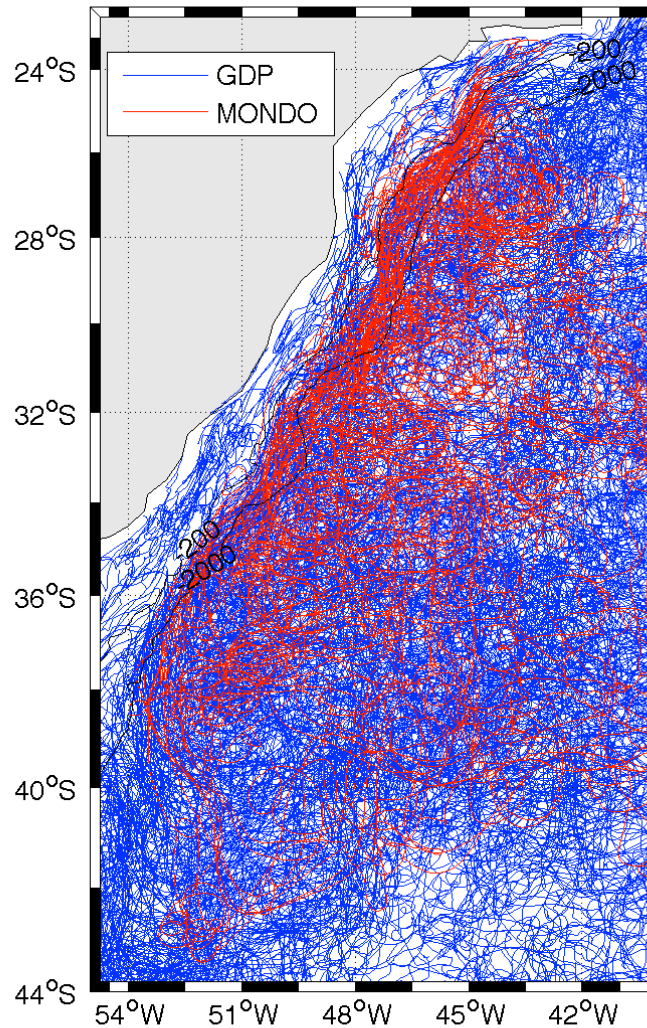
Após a uniformização de todos os dados a serem utilizados, estes foram filtrados de forma a remover flutuações de alta-freqüência como marés e oscilações inerciais. Para tanto, foi utilizado um filtro passa-baixa do tipo Blackman (e.g. EMERY & THOMSON, 1998). O tamanho de janela escolhido foi de 11 pontos, correspondendo à

remoção/suavização de períodos inferiores a 60 horas (similar às 70h utilizadas por OLIVEIRA, 2008).

As trajetórias resultantes desses tratamentos e que são o objeto do estudo são apresentadas na Figura 11 e Figura 12.



**Figura 11: Trajetórias dos derivadores do GDP (painel da esquerda) e da série MONDO (painel da direita). As linhas contínuas em preto representam as isobatimétricas de 200 m e 2000 m.**



**Figura 12: Trajetórias de todos os derivadores utilizados no estudo. As linhas contínuas em preto representam as isobatimétricas de 200 m e 2000 m.**

Nota-se que apesar da grande cobertura espacial já obtida com os dados do GDP, os dados da série MONDO contribuem principalmente para o adensamento de informações sobre a região de quebra da plataforma continental brasileira. Observa-se também que na parte sudeste do domínio estudado obteve-se a menor concentração de passagens de derivadores.

#### 4.6. Caixas Geográficas

Visando sintetizar as informações geradas pelas 544 trajetórias ao longo dos 18 anos de dados analisados, recorreu-se a uma técnica muito utilizada em análises lagrangeanas que consiste em agrupar as observações em caixas geográficas, ou *bins*

(e.g. SWENSON & NIILER, 1996; FALCO *et al.*, 2000; BRACCO, 2003, LUMPKIN & GARZOLI, 2005; VENEZIANI *et al.*, 2007 e SALLÉE *et al.*, 2008).

O tamanho destas caixas deve situar-se entre dois requisitos: se por um lado deve ser o menor possível, de forma a representar corretamente os fenômenos de meso-escala, por outro, deve conter um número de informações que atenda aos critérios estatísticos propostos por FRATANTONI (2001), a saber:

- (1) que a caixa possua medidas de ao menos 2 bóias distintas OU
- (2) que uma mesma bóia permaneça na caixa por um tempo superior à Escala Integral de Tempo Lagrangeana ( $T_L$ ).

Seguindo os valores propostos por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008), foi considerado como limiar para  $T_L = 5$  dias.

Especificamente na região deste estudo, ASSIREU (2003) dividiu a região em caixas de  $2^\circ \times 2^\circ$ , posicionadas empiricamente sobre os pontos de interesse. OLIVEIRA (2008), dispondo de uma base de dados mais ampla, utilizou caixas de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  de longitude, dispostas em uma malha regular.

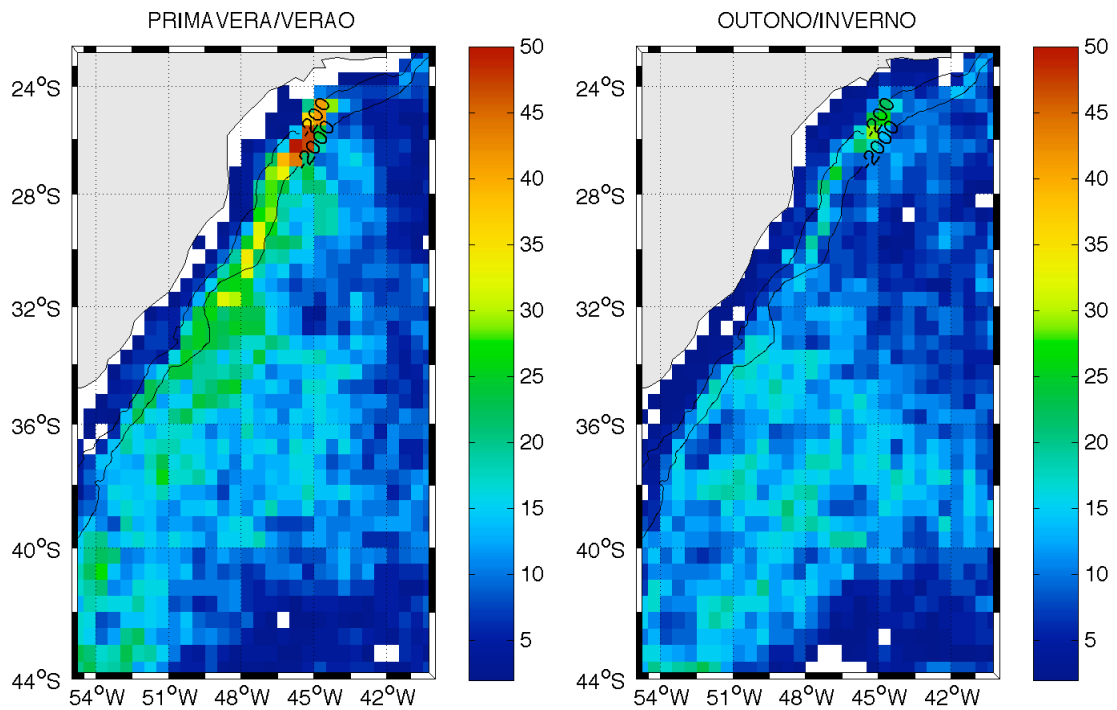
Por também contar com uma base de dados ampla, optou-se neste estudo por seguir a configuração proposta por OLIVEIRA (2008), ajustada para o domínio escolhido ( $22.5-44^\circ \text{ S}$  e  $55-40^\circ \text{ W}$ ). Além disso, pela quantidade de dados disponíveis foi feita uma análise de viabilidade da divisão dos dados em dois cenários sazonais: primavera/verão (meses de outubro a março) e outono/inverno (de abril a setembro).

Na Figura 13 é apresentado o número de derivadores em cada célula para cada cenário.

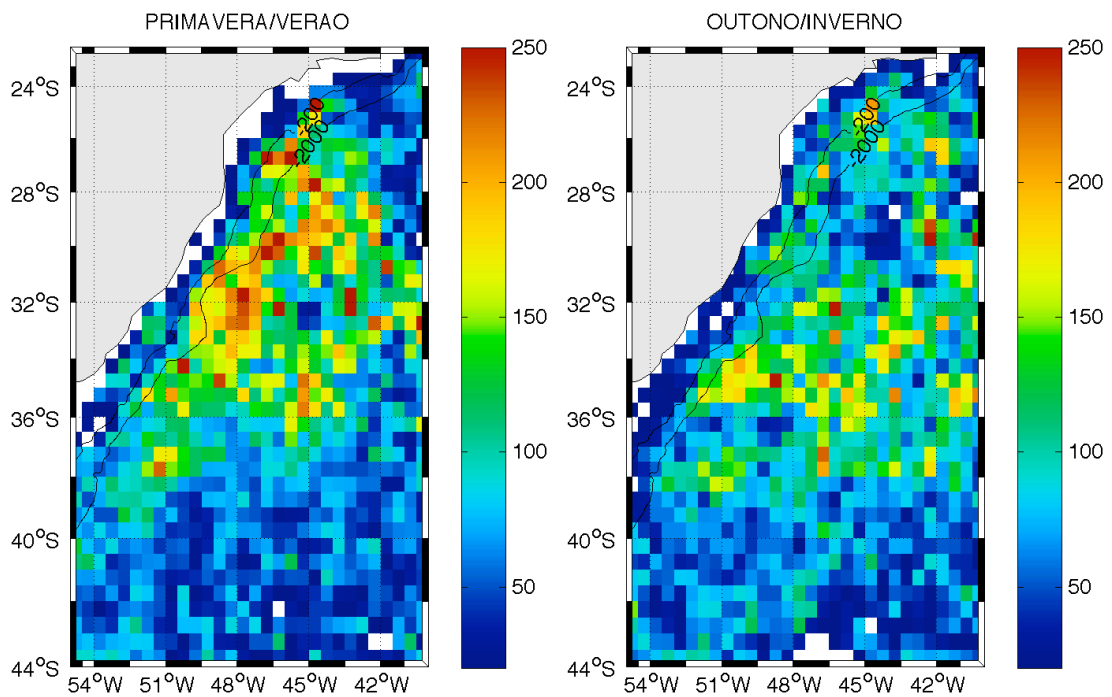
No cenário de primavera/verão a maior concentração encontra-se entre as isóbatas de 200 m e 2000 m, região do fluxo da Corrente do Brasil, entre os paralelos de  $24^\circ \text{ S}$  a  $32^\circ \text{ S}$ . Nas latitudes de  $32^\circ \text{ S}$  a  $42^\circ \text{ S}$ , observa-se em média 15 derivadores por caixa. Um padrão semelhante de distribuição de derivadores é observado para o outono/inverno nesta última região citada, no entanto, com um menor número.

A cobertura de informações na região é apresentada na Figura 14 e como esperado, o cenário de primavera/verão apresenta a maior densidade de dados.

Pelo o que foi discutido acima, a quantidade de dados em cada cenário é considerada válida para as análises pretendidas.



**Figura 13:** Número de derivadores em cada célula para o cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita). As células em branco ou não possuem dados ou não são estatisticamente significativas.



**Figura 14:** Número de observações a cada 6 h dentro das células de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  para o cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).

## 5. Método e Análises

### 5.1. Fluxo Médio e sua Variabilidade

Depois da separação dos dados em cenários, de acordo com as estações do ano, e assumindo que o fluxo dentro de cada caixa é homogêneo e estacionário, o cálculo das componentes médias, em cada ponto da grade é feito pela média de todas as observações disponíveis:

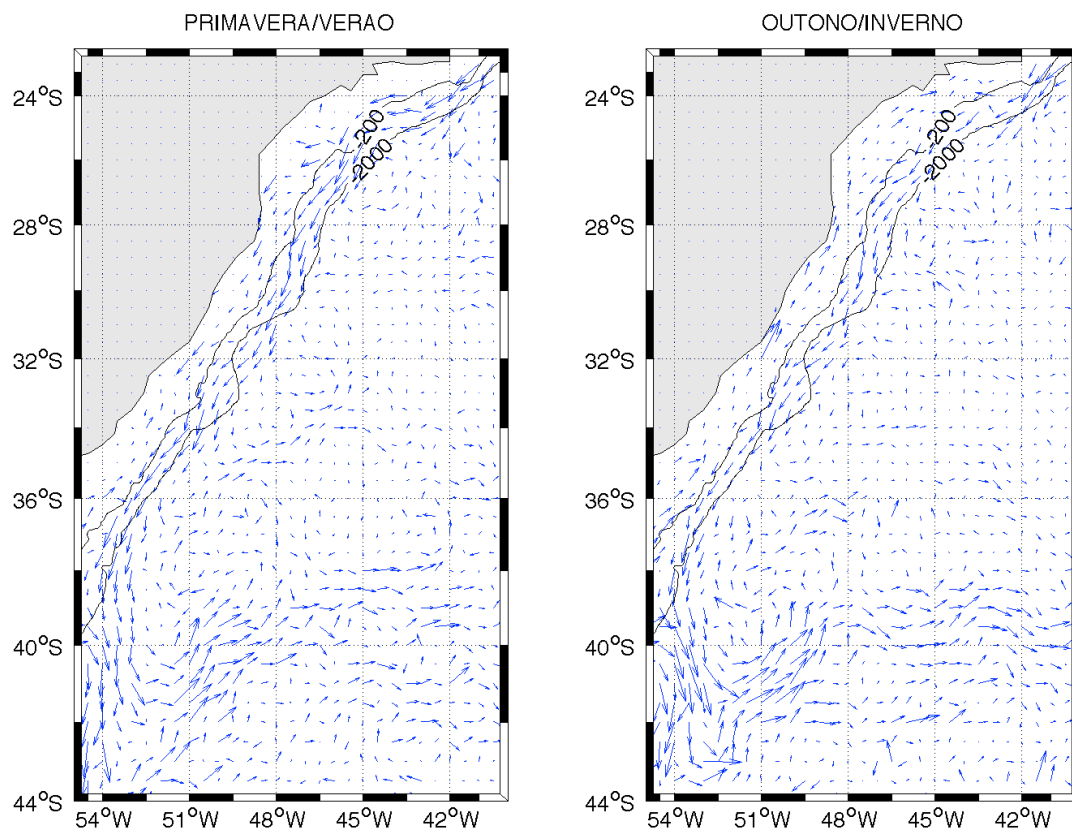
$$\begin{aligned}\bar{u} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i \\ \bar{v} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i\end{aligned}\tag{2}$$

sendo  $u_i$  e  $v_i$  as  $N$  componentes instantâneas de velocidade contidas em cada ponto da grade.

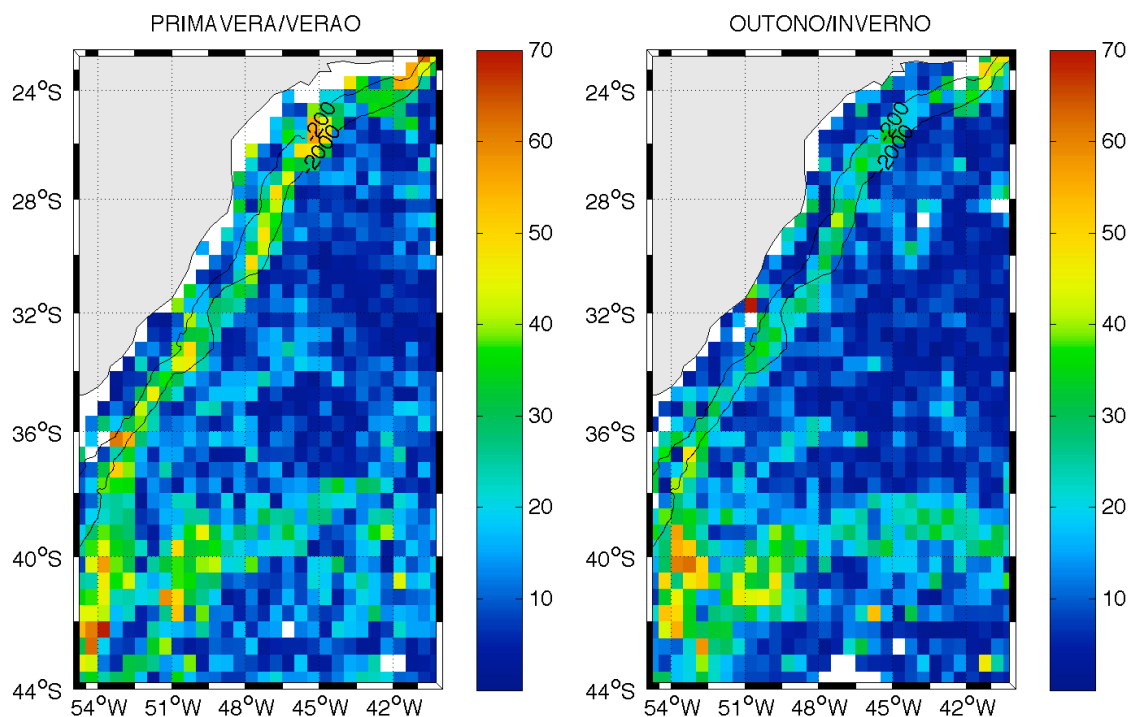
Assim, o desvio padrão do campo médio de velocidades é dado por:

$$std = \sqrt{\frac{\sum V^2 - (\sum \bar{V})^2}{N - 1}}\tag{3}$$

Os campos médios de velocidades superficiais obtidos nos dois cenários estão apresentados na Figura 15 (trajetória dos vetores médios) e Figura 16 (magnitude).



**Figura 15: Campo de velocidade da corrente ( $\text{cm.s}^{-1}$ ) estimado na região de estudo.**



**Figura 16: Intensidade média da corrente ( $\text{cm.s}^{-1}$ ) estimada para a área de estudo.**

É notável, em ambos os cenários, a intensificação do fluxo entre as isóbatas de 200 e 2000m, caracterizando a presença da CB. Os valores obtidos durante a

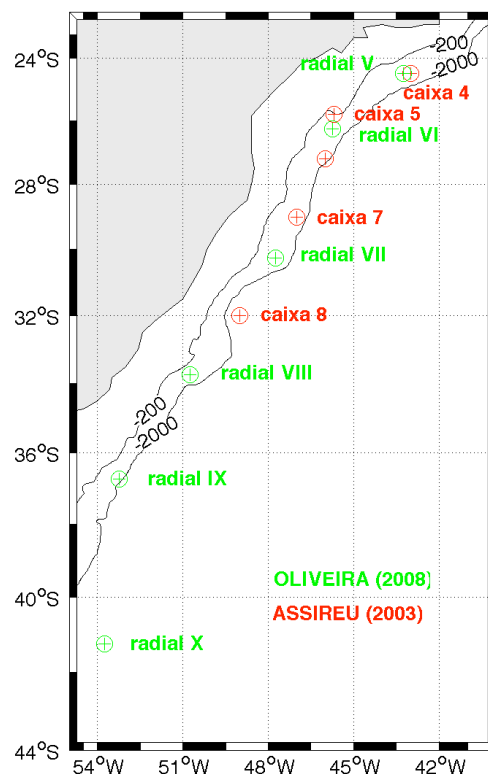


primavera/verão são mais intensos que os do outono/inverno, com médias de  $45 \text{ cm.s}^{-1}$  e  $30 \text{ cm.s}^{-1}$ , respectivamente. As velocidades médias resultantes mais baixas ( $< 10 \text{ cm.s}^{-1}$ ) são encontradas nas regiões do domínio que correspondem a bacias oceânicas profundas e distantes dos acentuados gradientes da batimetria.

Da mesma forma, fica explícita o fechamento do contorno oeste do giro-subtropical próximo a  $40^\circ \text{ S}$ , com a presença da porção norte da CBM e a formação da CAS.

No cenário de outono/inverno nota-se a presença da CCB, fluindo sobre a plataforma continental em direção a norte, desde  $36^\circ$  para além de  $24^\circ \text{ S}$ .

Estimativas realizadas por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008) foram utilizadas como referência aos resultados obtidos. A posição média das caixas de ASSIREU (2003) e as radiais transversais ao fluxo principal da CB de OLIVEIRA (2008) que se localizam na região de estudo estão apresentadas na Figura 17. Já os valores médios de intensidade da corrente estão na Tabela 1.

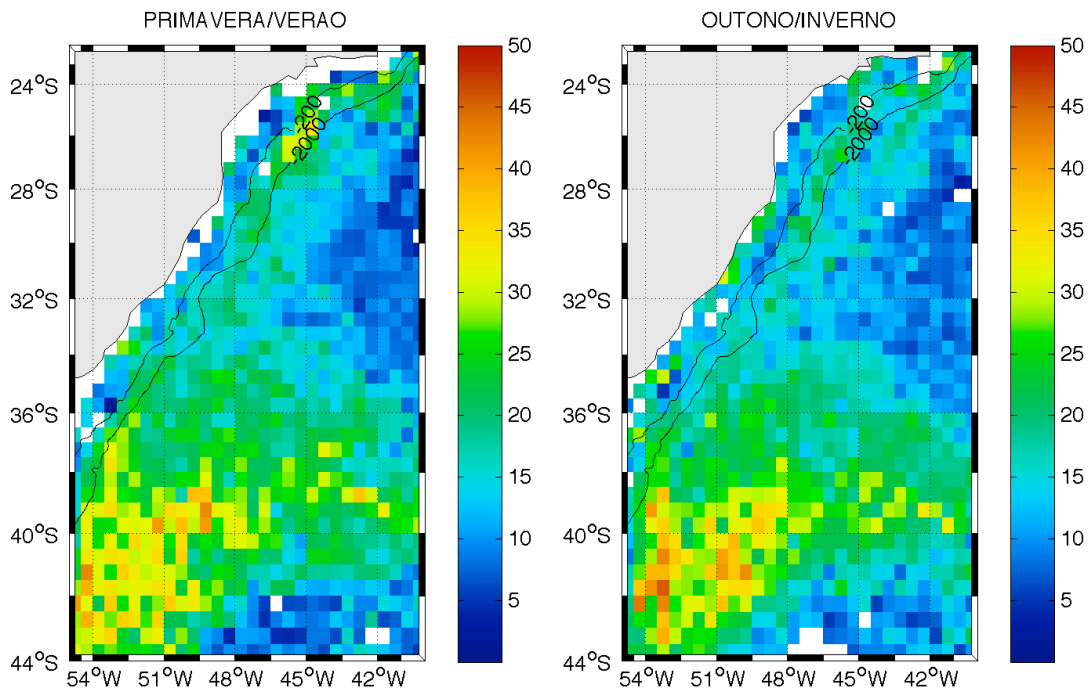


**Figura 17: Pontos de referência para estimativas de velocidade média.**

**Tabela 1: Estimativas da intensidade média da corrente obtidas no estudo e os observados por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008).**

referência	latitude (°)	intensidade da corrente (cm.s <sup>-1</sup> )			
		ASSIREU (2003)	OLIVEIRA (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	13,05	17,32	12,18	6,33
radial VI e caixa 5	-26,25	12,26	39,42	48,02	28,49
caixa 6	-27,20	18,35	-	44,30	26,71
radial VII e caixa 7	-30,25	19,71	51,28	48,65	32,71
caixa 8	-32,00	21,88	-	27,04	22,61
radial VIII	-33,75	-	43,24	43,85	33,00
radial IX	-36,75	-	32,33	24,45	47,76
radial X	-41,25	-	47,25	44,93	46,04

Calculadas as médias, uma estimativa da variabilidade na dinâmica da região pode ser obtida pelo desvio padrão (Figura 18).

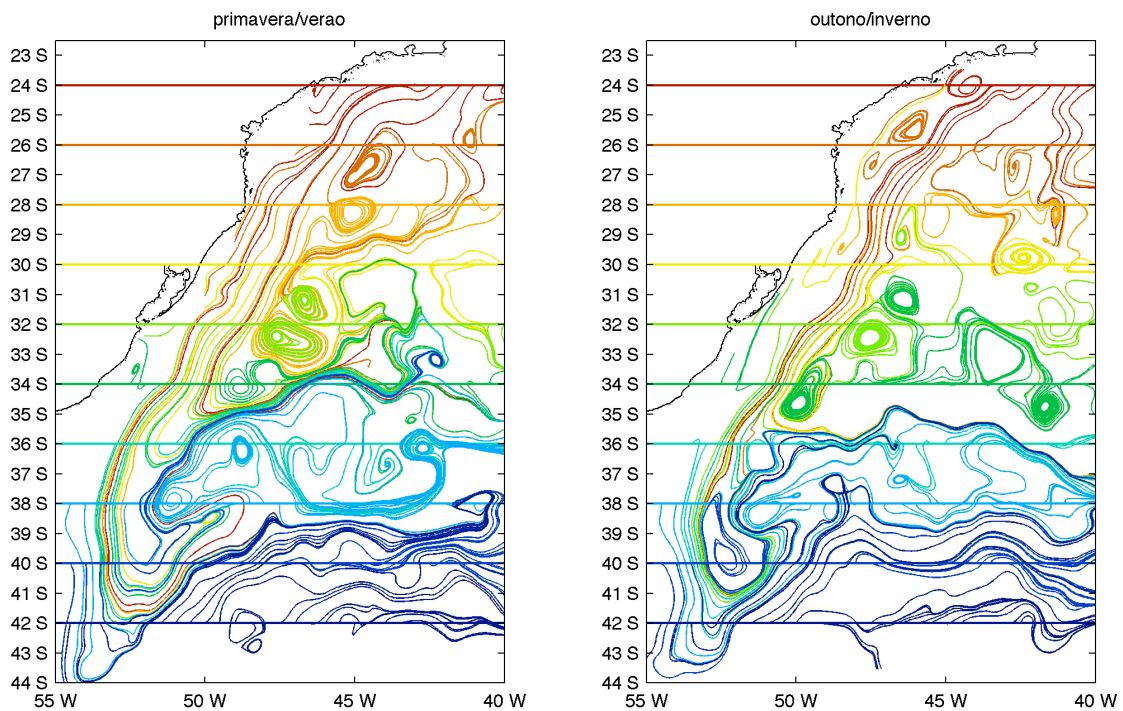


**Figura 18: Desvio padrão (cm.s<sup>-1</sup>) do campo médio de velocidade da corrente.**

Como esperado, a maior variabilidade é observada na região do fluxo da CB e, principalmente, sobre a CBM (a sul de 40°S). No entanto para o período de outono/inverno esta região apresenta valores ligeiramente superiores na borda oeste do domínio quando comparados à primavera/verão.

Em ambos os cenários, o desvio padrão tem a mesma ordem de grandeza da intensidade da corrente no escoamento médio, sugerindo que o campo turbulento desempenha um papel importante sobre a dinâmica da região.

De forma a ressaltar as feições presentes nos campos médios obtidos, foram elaborados gráficos de linhas de correntes, que por representarem linhas tangentes aos pontos de velocidade, correspondem diretamente à trajetória da partícula no fluido. As linhas foram iniciadas em diferentes latitudes e são distintas por cor. As feições desenhadas a partir dos campos médios podem ser observadas na Figura 19.



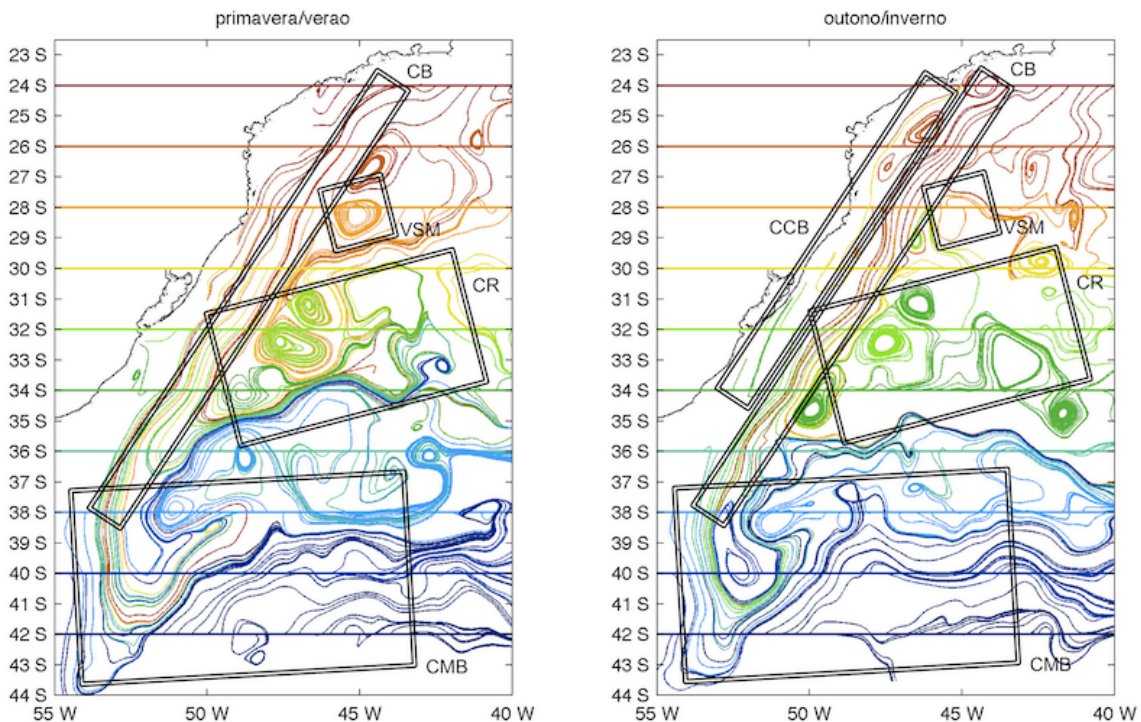
**Figura 19: Linhas de corrente partindo das latitudes 25° S, 30° S, 35° S e 40° S para a área de estudo.**

Na Figura 20, este gráfico é rerepresentado, porém com marcações indicando as feições observadas, à saber:

- CB – O fluxo da Corrente do Brasil fica bem delineado, escoando em direção sul sobre a região entre a quebra da plataforma continental e o talude, nos dois cenários estudados.
- CCB - Nota-se, somente no cenário de outono/inverno, a presença de trajetórias subindo a plataforma, em direção norte. Este movimento para norte é observado até pouco acima de 24° S.
- CBM – A Confluência Brasil-Malvinas é observada em torno de 38° S e 40° S. Apesar da retroflexão da CB aparecer bem definida não apresenta uma variação sazonal expressiva.
- VSM – Uma Estrutura ciclônica a aproximadamente 28° S. Essa estrutura possivelmente representa o Vórtice de Santa Marta, já

observado nesta região nos trabalhos de CASTRO *et al.* (2006) e ASSIREU *et al.* (2009) . CASTRO *et al.* (2006) observaram essa estrutura a partir de campos de TSM com um diâmetro médio de 60 km na primavera, 67,50 km no outono e 72 km no inverno. Já ASSIREU *et al.* (2009) baseando-se em trajetórias de quatro derivadores e imagens termais verificou a presença desse vórtice com diâmetros variando entre 38 km e 170 km, no eixo maior, e entre 34 km e 120 km, no eixo menor. Aqui, essa feição foi observada com diâmetros de 100 km e 150 km em ambos os cenários, entretanto, aparenta uma maior intensidade no cenário de primavera/verão. Acima desta feição, nota-se, para o período de verão, uma estrutura anti-ciclônica. Há indícios dessa estrutura no estudo de MATTOS (2006).

- CR – Nessa região são notadas estruturas vorticais ciclônicas e anticiclônicas. A feição bem demarcada com orientação nordeste no período de primavera/verão pode estar associada à formação da CAS e à base da célula de recirculação observada nos trabalhos de VIANNA & MENEZES (2005) e TSUCHIYA (1985).



**Figura 20:** Linhas de corrente partindo das latitudes 25° S, 30° S, 35° S e 40° S para a área de estudo. As legendas são: CB - Corrente do Brasil; CCB - Corrente Costeira do Brasil;

## 5.2. Níveis Energéticos da Circulação Superficial

Uma suposição freqüentemente feita e que permite o uso simplificado das equações do movimento é a de que o campo de velocidade  $u$  pode ser separado em duas componentes distintas: uma média  $\bar{u}$ , caracterizado por escoamentos permanentes ou semi-permanentes, e uma componente turbulenta  $u'$ :

$$u = \bar{u} + u' \quad (4)$$

onde  $\bar{u}$  é função apenas do espaço e  $u'$  é função do espaço e do tempo. Essa separação de escalas, proposta por Reynolds em 1982, permite a solução da equação de advecção-difusão para os valores médios, relacionando-os ao fluxo turbulento pelo emprego de coeficientes de difusão turbulenta ( $k$ ).

No presente estudo, as oscilações de alta freqüência (maré e oscilações inerciais, por exemplo) já foram removidas, portanto, as perturbações obtidas contêm essencialmente informações provenientes do campo de meso-escala. O produto dessas perturbações em cada elemento de grade pode ser obtido por:

$$\overline{u'u'} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i' u_i' \quad \text{e} \quad \overline{v'v'} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i' v_i' \quad (5)$$

Um importante indicador de estabilidade da corrente é a energia cinética à ela associada em suas componentes média e turbulenta. Quanto maior for a razão entre a Energia Cinética Média (ECM) do escoamento de larga escala e a Energia Cinética Turbulenta (ECT) mais estável é o fluxo e menor sua variabilidade.

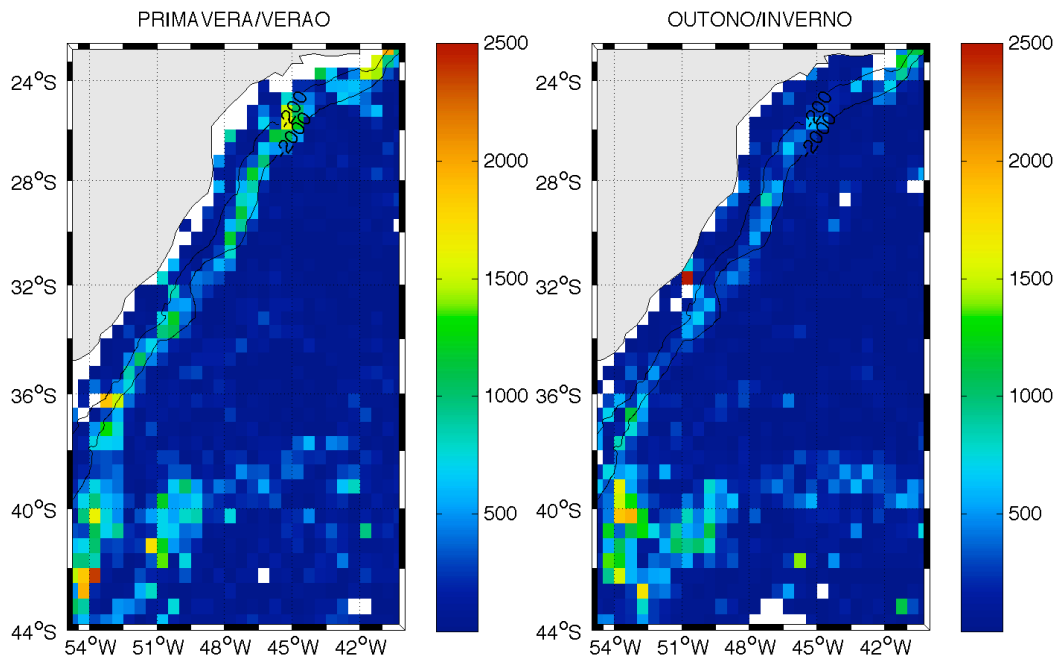
A ECM, por unidade de massa, é calculada pelas componentes médias de velocidade em cada ponto de grade:

$$ECM = \frac{(\bar{u}^2 + \bar{v}^2)}{2} \quad (6)$$

e a ECT, por unidade de massa, pelas componentes turbulentas:

$$ECT = \frac{(\overline{u'u'} + \overline{v'v'})}{2} \quad (7)$$

Os campos de ECM obtidos para a região de domínio nos dois cenários são mostrados na Figura 21.

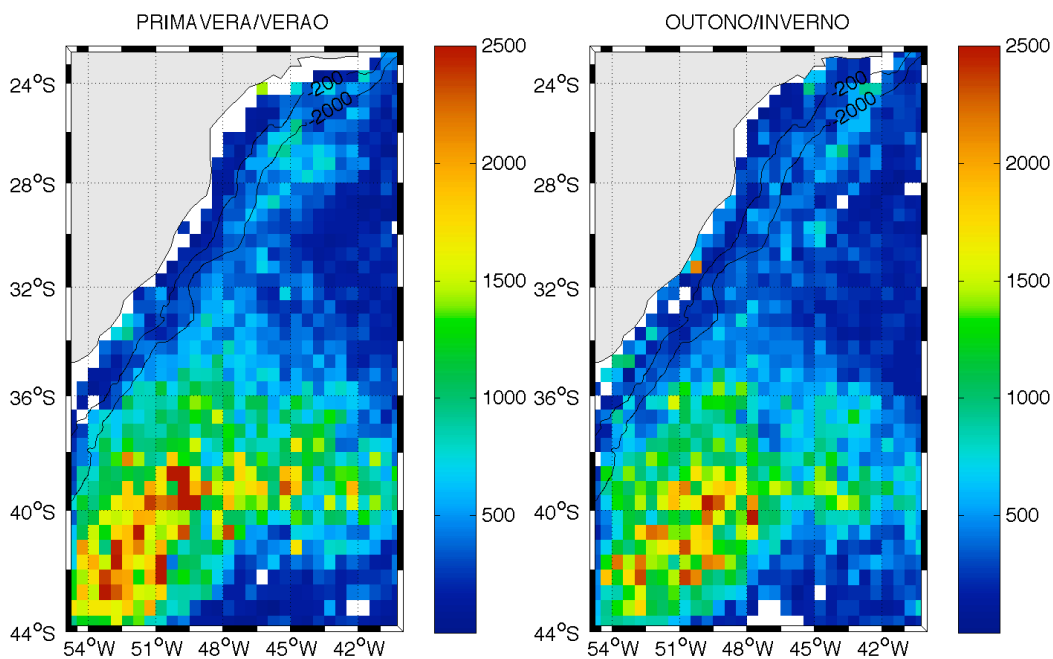


**Figura 21: Campo de energia cinética média ( $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ) no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**

As principais correntes residentes na região de estudo concentram as maiores magnitudes de energia de larga escala. Nos dois cenários, a CB e sua retroflexão são caracterizadas por valores altos de ECM, e a região interna ao Giro Subtropical do Atlântico Sul por valores baixos (em torno de  $100 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ).

Foram obtidos valores médios de  $1250 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  e de  $500 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  no domínio da CB, nos cenários de primavera/verão e outono/inverno, respectivamente.

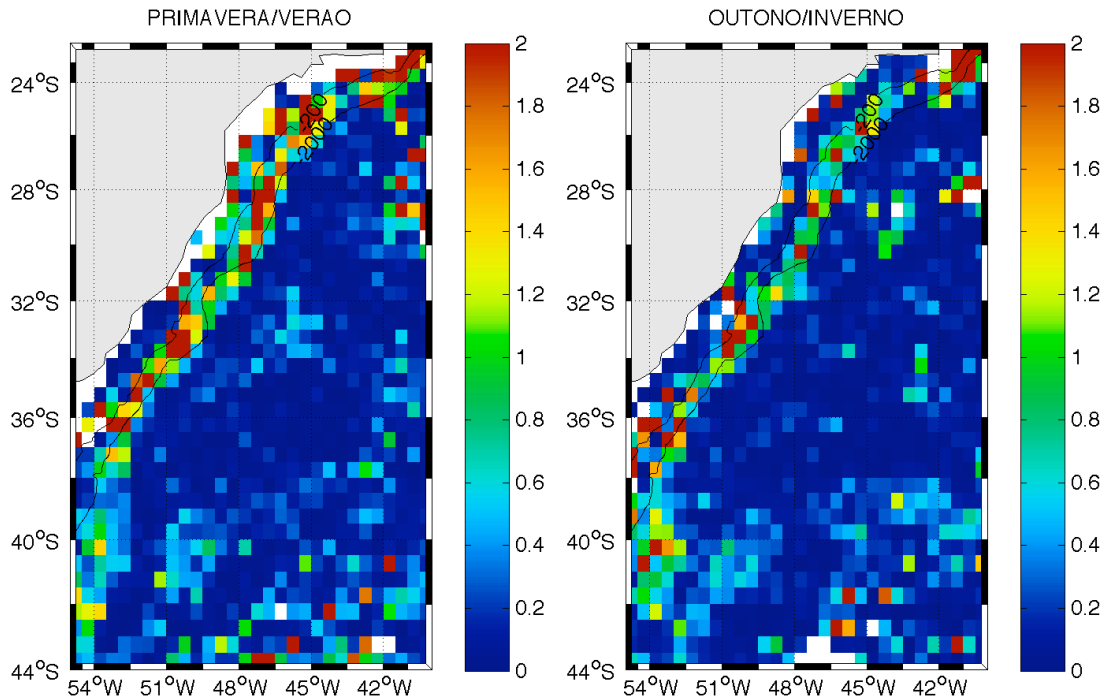
A ECT associada ao campo de velocidade turbulento de meso-escala para os dois cenários estudados está apresentada na Figura 22.



**Figura 22: Campo de energia cinética turbulenta ( $\text{cm}^2.\text{s}^{-2}$ ) no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**

A região da CBM detém os maiores valores de ECT, com valores acima de  $1500 \text{ cm}^2.\text{s}^{-2}$  nos dois cenários. Durante o período de primavera/verão, os valores de energia no paralelo de  $28^\circ \text{ S}$  são de aproximadamente  $650 \text{ cm}^2.\text{s}^{-2}$  podendo estar associados à estrutura de meso-escala (vórtice de Santa Marta) já observada no estudo.

As razões entre a ECM e a ECT são apresentadas na Figura 23.



**Figura 23: Razão entre a ECM e a ECT no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**

A estimativa da razão entre as energias de larga e meso-escala na região da CB e de sua retroflexão mostra que a maior parte da energia está no campo de grande escala. Pode-se concluir também que longe do talude continental não há um fluxo bem definido/orientado, predominando as feições transientes de grande escala.

Os valores de energia estimados para as posições indicadas na Figura 17 estão apresentados na Tabela 2.

Excetuando-se o primeiro ponto de referência (radial V e caixa 4), os valores obtidos por ASSIREU (2003) são relativamente baixos quando comparados aos obtidos nesse estudo e por OLIVEIRA (2008). Já a diferença observada nos valores de ECT não é tão marcante.

De acordo com a razão entre as energias, os resultados de ASSIREU (2003) indicam baixa estabilidade da CB e maior variabilidade, se opondo aos resultados estimados aqui e os apresentados por OLIVEIRA (2008). Estas diferenças podem ser associadas ao tamanho da caixa escolhido por ASSIREU (2003).



**Tabela 2: Estimativas das Energias Cinéticas Médias (ECM), Turbulenta (ECT) e razão entre elas, e observadas por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008).**

referência	lat (°)	ECM (cm <sup>2</sup> .s <sup>-2</sup> )			
		ASSIREU (2003)	OLIVEIRA (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	85,13	147,87	74,23	20,07
radial VI e caixa 5	-26,25	75,17	776,00	1152,90	405,91
caixa 6	-27,20	168,31	-	981,41	356,77
radial VII e caixa 7	-30,25	194,23	1314,00	1183,56	534,95
caixa 8	-32,00	239,44	-	365,52	255,50
radial VIII	-33,75	-	934,91	961,43	544,48
radial IX	-36,75	-	522,71	298,87	1140,29
radial X	-41,25	-	1116,00	1009,44	1059,93

referência	lat (°)	ECT (cm <sup>2</sup> .s <sup>-2</sup> )			
		ASSIREU (2003)	OLIVEIRA (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	536,00	359,63	396,17	563,00
radial VI e caixa 5	-26,25	639,50	612,93	677,78	463,90
caixa 6	-27,20	695,90	-	539,75	450,63
radial VII e caixa 7	-30,25	862,40	282,09	344,13	214,75
caixa 8	-32,00	549,50	-	365,55	292,36
radial VIII	-33,75	-	265,00	169,14	123,90
radial IX	-36,75	-	838,62	764,49	473,80
radial X	-41,25	-	1400,00	1545,41	1173,03

referência	lat (°)	ECM/ECT			
		ASSIREU (2003)	OLIVEIRA (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	0,16	0,41	0,19	0,04
radial VI e caixa 5	-26,25	0,12	1,27	1,70	0,88
caixa 6	-27,20	0,24	-	1,82	0,79
radial VII e caixa 7	-30,25	0,23	4,66	3,44	2,49
caixa 8	-32,00	0,44	-	1,00	0,87
radial VIII	-33,75	-	3,53	5,68	4,39
radial IX	-36,75	-	0,62	0,39	2,41
radial X	-41,25	-	0,80	0,65	0,90

### 5.3. Escalas Integrais Lagrangeanas

A escala integral lagrangeana de tempo representa o tempo sob a qual existe a ação de autocorrelação da velocidade em dois momentos distintos, isto é, o intervalo de tempo máximo em que se verifica o efeito de memória no deslocamento das partículas em um fluido.

Para determinação dessas escalas,  $T_x$  e  $T_y$ , foram utilizadas as relações entre os valores de velocidades turbulentas propostas por SCHAFFER & KRAUSS (1995):

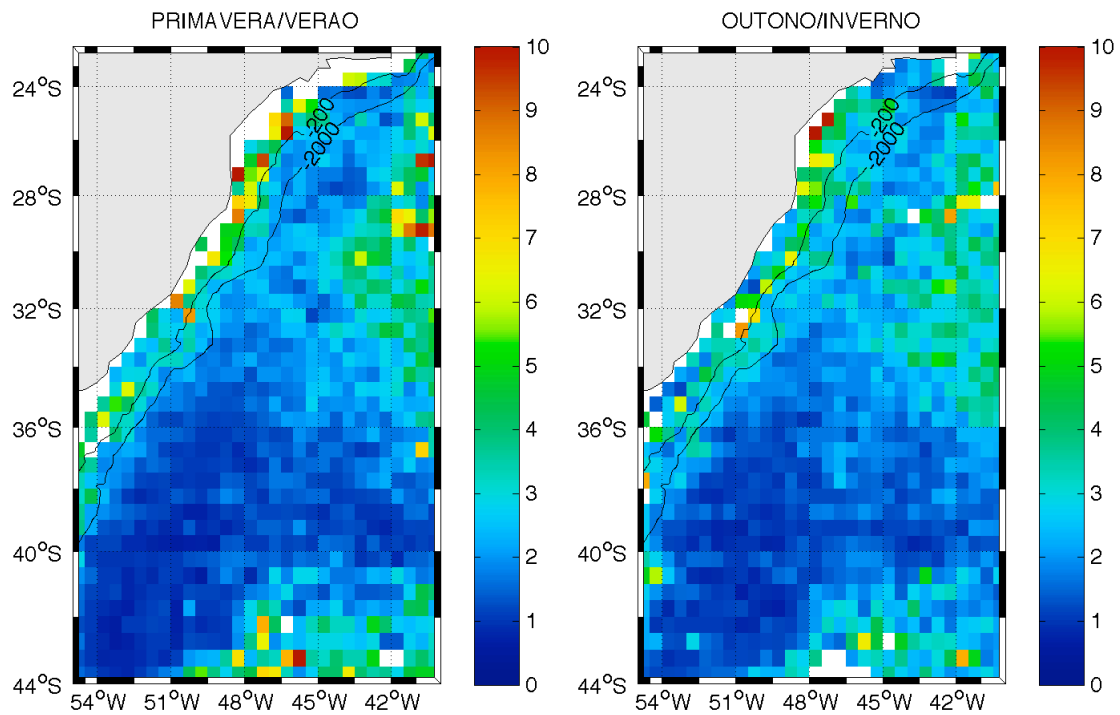
$$T_x = -0,1 + \frac{42,9}{\sqrt{u'^2}} \quad \text{e} \quad T_y = -0,4 + \frac{36,6}{\sqrt{v'^2}} \quad (8)$$

sendo  $T$  dado em dias e a componente turbulenta em  $\text{cm.s}^{-1}$ .

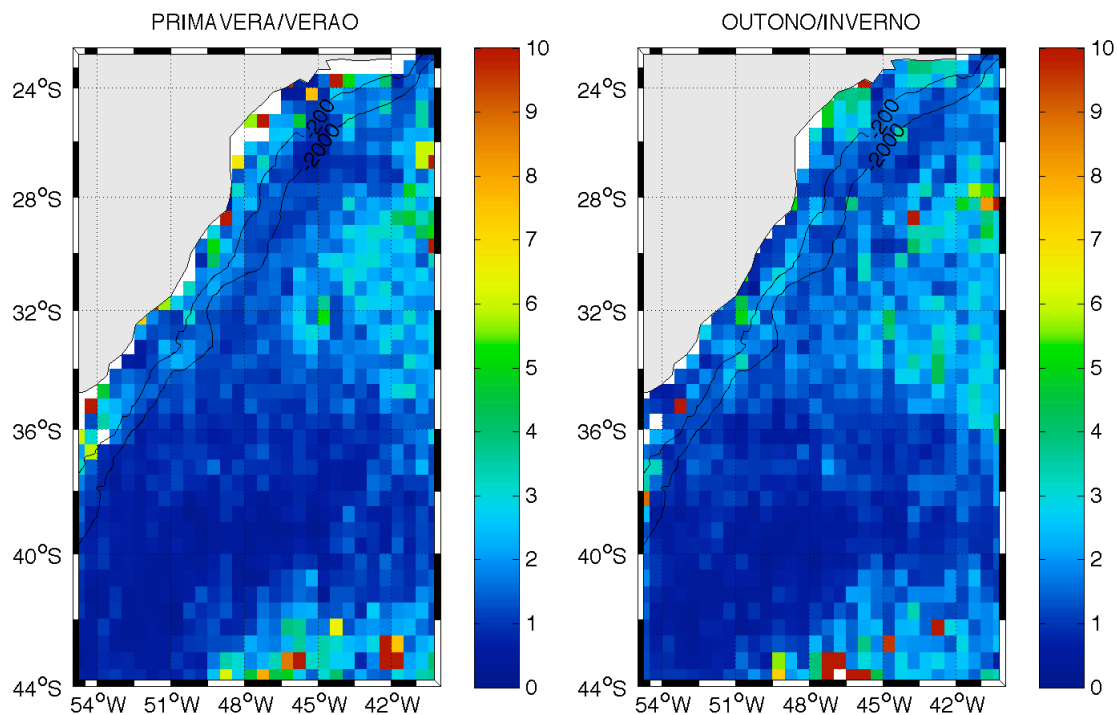
As escalas de comprimento,  $L_x$  e  $L_y$ , que descrevem a distância acima da qual os valores de velocidades não estão mais correlacionados podem ser obtidas pelas escalas de tempo lagrangeanas:

$$L_x = \sqrt{u'^2} T_x \quad \text{e} \quad L_y = \sqrt{v'^2} T_x \quad (9)$$

Os mapas com as escalas temporais para a componente zonal e meridional são apresentados na Figura 24 e Figura 25, respectivamente.



**Figura 24: Escala de Tempo Integral Lagrangeana (dias) para a componente zonal no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**



**Figura 25: Escala de Tempo Integral Lagrangeana (dias) para a componente meridional no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**

Em ambas as componentes, os valores mais baixos das escalas temporais e espaciais são observados na mesma região que apresentou a maior ECT. Não são notadas diferenças significativas entre os cenários.

As estimativas obtidas das escalas integrais de tempo e espaço obtidas aqui e nos estudos de comparação estão apresentadas na Tabela 3.

Tanto no presente trabalho quanto nos anteriores, as escalas temporais obtidas para as componentes zonais são superiores àquelas encontradas para as componentes meridionais. Esta mesma anisotropia é observada quando comparadas as escalas espaciais nos estudos de OLIVEIRA (2008) e ASSIREU (2003). Porém, na presente análise o fato da sazonalidade não implica numa diferença significativa quando comparadas as escalas numa mesma componente.

**Tabela 3: Escalas lagrangeanas de tempo (Tx e Ty) e espaço (Lx e Ly) estimadas e as obtidas por ASSIREU em 2003 (A. 2003) e OLIVEIRA em 2008 (O. 2008).**

referência	lat (°)	Tx (dias)				Ty (dias)			
		A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno	A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	1,80	2,00	1,94	1,64	1,20	1,60	1,56	1,20
radial VI e caixa 5	-26,25	1,90	1,80	1,96	2,10	0,90	0,90	0,81	1,17
caixa 6	-27,20	2,10	-	1,83	2,12	0,70	-	1,11	1,19
radial VII e caixa 7	-30,25	1,80	3,10	2,47	3,69	0,90	1,40	1,41	1,71
caixa 8	-32,00	2,60	-	2,68	2,11	0,90	-	1,25	2,14
radial VIII	-33,75	-	3,00	3,23	3,41	-	1,50	2,39	3,30
radial IX	-36,75	-	1,70	2,06	2,44	-	0,70	0,69	1,02
radial X	-41,25	-	1,30	1,10	1,40	-	0,40	0,46	0,54

referência	lat (°)	Lx (km)				Ly (km)			
		A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno	A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	40,60	78,00	35,25	34,94	27,20	61,10	31,31	32,41
radial VI e caixa 5	-26,25	40,70	73,00	35,27	35,38	25,20	43,00	51,45	42,37
caixa 6	-27,20	41,00	-	35,15	35,40	23,80	-	38,38	42,17
radial VII e caixa 7	-30,25	40,60	98,90	35,62	36,09	25,20	55,30	43,19	55,35
caixa 8	-32,00	41,30	-	35,73	35,39	25,00	-	51,37	26,28
radial VIII	-33,75	-	96,60	35,95	36,01	-	58,40	36,58	29,13
radial IX	-36,75	-	72,80	35,35	35,61	-	34,70	59,83	54,26
radial X	-41,25	-	62,00	33,97	34,60	-	25,50	40,33	47,34

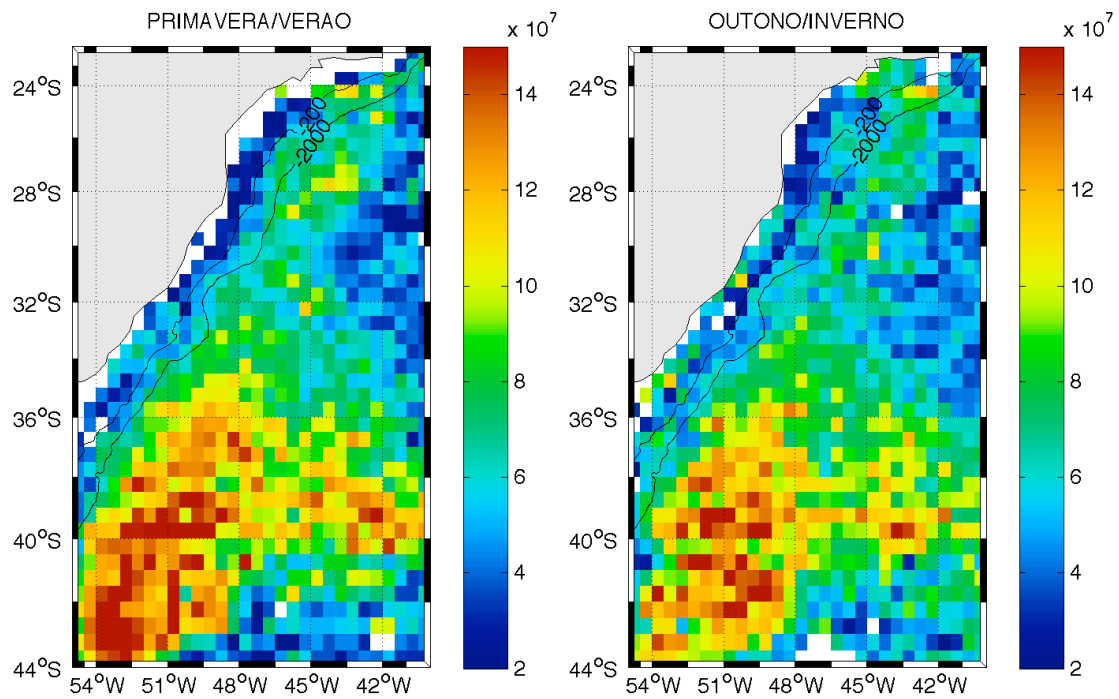
### 5.1. Coeficientes de Difusividade Turbulenta

Como realizado por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008), os coeficientes de difusividade turbulenta ( $K$ ) foram determinados a partir dos valores de velocidades turbulentas e das escalas integrais lagrangeanas:

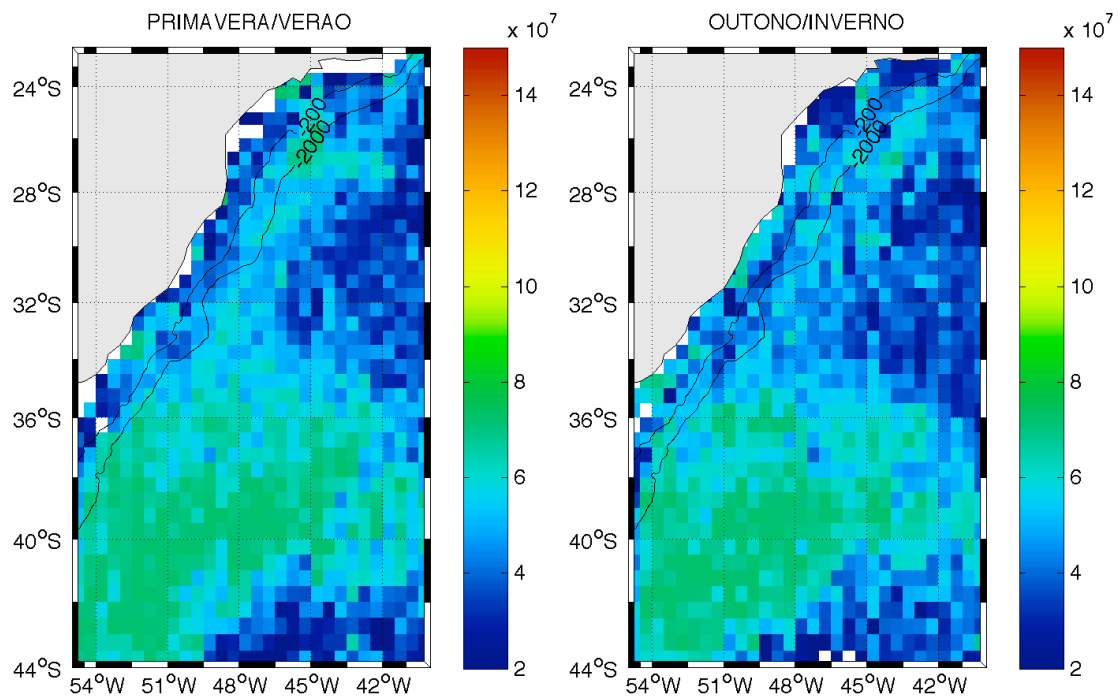
$$K_x = \overline{u'^2} T_x \quad \text{e} \quad K_y = \overline{v'^2} T_y \quad (10)$$

Os valores de difusividade obtidos aqui são apresentados na Figura 26 para a componente zonal, na Figura 27 para a componente meridional, e na Tabela 4.

Os coeficientes de difusão turbulenta calculados para componente zonal foram maiores e apresentaram um crescimento em direção à CBM. Valores em torno de  $14 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{s}$  e  $12 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{s}$  foram obtidos nos cenários de primavera/verão e outono/inverno, respectivamente, na região da CBM, e as componentes meridionais apresentaram uma média de  $8 \times 10^7 \text{cm}^2/\text{s}$ .



**Figura 26: Coeficientes de difusividade ( $\text{cm}^2.\text{s}$ ) para a componente zonal no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**



**Figura 27: Coeficientes de difusividade ( $\text{cm}^2.\text{s}$ ) para a componente meridional no cenário de primavera/verão (mapa da esquerda) e no cenário de outono/inverno (mapa da direita).**

**Tabela 4: Coeficientes de difusividade (Kx e Ky) estimados no estudo e os obtidos por ASSIREU em 2003 (A. 2003) e OLIVEIRA em 2008 (O. 2008).**

referência	lat (°)	Kx (x 1e7 cm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )				Ky (x 1e7 cm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> )			
		A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno	A. (2003)	O. (2008)	verão	inverno
radial V e caixa 4	-24,50	8,00	7,20	7,42	8,60	5,50	4,30	4,70	5,42
radial VI e caixa 5	-26,25	7,60	4,90	7,34	6,91	6,20	4,80	6,42	5,50
caixa 6	-27,20	6,80	-	7,80	6,83	6,60	-	5,63	5,44
radial VII e caixa 7	-30,25	8,00	4,70	5,95	4,08	6,20	4,80	4,98	4,45
caixa 8	-32,00	5,70	-	5,52	6,87	6,30	-	5,32	3,84
radial VIII	-33,75	-	4,90	4,64	4,41	-	4,50	3,55	2,79
radial IX	-36,75	-	8,20	7,03	6,01	-	6,50	6,73	5,85
radial X	-41,25	-	10,00	12,20	9,89	-	7,00	7,20	7,08

De forma geral, os coeficientes obtidos no cenário de primavera/verão são ligeiramente maiores que os de outono/inverno. As ordens de grandeza obtidas aqui corroboram com os estudos anteriores realizados para a região.

## 6. Considerações Finais

Este estudo utilizou dados de derivadores rastreados por satélite para estudar a circulação superficial do Atlântico Sudoeste, particularmente na Bacia Sul/Sudeste do Brasil. Para isto, foram analisadas 544 trajetórias, distribuídas ao longo de 18 anos (1993-2010), de derivadores oriundos do *Global Drifter Program* e da série de projetos MONDO.

Pela quantidade de dados disponíveis estes foram divididos em dois cenários sazonais, primavera/verão e outono/inverno, e agrupados em caixas geográficas de  $0,5^\circ$  de latitude x  $0,5^\circ$  de longitude. A distribuição de informações, apesar de estar em menor quantidade no outono/inverno, apresentou o mesmo padrão: maior concentração no fluxo da Corrente do Brasil e grande dispersão entre os paralelos de  $32^\circ$  S a  $42^\circ$  S.

Com as estimativas do campo superficial médio de velocidades, a CB e sua retroflexão na região da CBM ficaram bem delimitadas e caracterizadas pelos maiores valores de intensidade. Foram estimadas velocidades médias entre 12 cm/s e 50 cm/s no cenário de primavera/verão e entre 6 cm/s e 47 cm/s no outono/inverno. Estes resultados concordam com os obtidos por ASSIREU (2003) e OLIVEIRA (2008) que também investigaram padrões cinemáticos na região a partir de derivadores.

No cenário de outono/inverno foi observada a Corrente Costeira do Brasil fluindo de sul para norte como apresentado no estudo de SOUZA & ROBINSON (2004). O valor médio dessa corrente foi estimado em torno de 15 cm/s para as menores latitudes estudadas

A maior variabilidade da região de estudo foi observada na CBM sugerindo que o campo turbulento desempenha um papel importante sobre a dinâmica da região.

A partir dos gráficos de linhas de correntes, feições de grande e meso-escala extensivamente citadas na literatura sobre a região de estudo foram ressaltadas: a CB fluindo de norte para sul sobre a região entre a quebra da plataforma e o talude continental; a retroflexão da CB na região da CBM; uma estrutura ciclônica em torno de  $28^\circ$  S, possivelmente representando o Vórtice de Santa Marta e com maior intensidade no cenário de primavera/verão; a CCB subindo a plataforma continental até pouco acima de  $24^\circ$  S durante o outono/inverno; e uma feição bem demarcada com orientação nordeste no período de primavera/verão e leste no outono inverno, podendo estar associada à formação da CAS e à base da célula de recirculação já observada na

literatura. Essa feição apresentou uma ligeira variação em latitude nos cenários estudados.

Os resultados de energia cinética média indicaram que as principais feições residentes da região concentram as maiores magnitudes de energia de larga escala. Nos dois cenários, a CB e sua retroflexão foram caracterizadas por valores altos de ECM, e a região interna ao Giro Subtropical do Atlântico Sul por valores baixos (em torno de  $100 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ).

A região da CBM deteve os maiores valores de ECT, com valores acima de  $750 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  nos dois cenários, e em alguma caixa encontrou-se picos de  $2000 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  a  $2500 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ . Sobre o escoamento da CB os valores oscilaram entre  $10 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$  a  $770 \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ .

Como esperado, os menores valores das escalas integrais de tempo e espaço foram obtidos na região de maior ECT (CBM). De mesma maneira, as constantes de difusividade foram maiores nessa região. Nos dois cenários, a componente zonal apresentou os maiores coeficientes.



## 7. Referências Bibliográficas

ASSIREU, A. T., 2003, *Estudo das Características Cinemáticas e Dinâmicas das Águas de Superfície do Atlântico Sul Ocidental a partir de Derivadores Rastreados por Satélite*. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, SP, Brasil.

ASSIREU, A.T., STECH, J.L., MARINHO, M.M., CESAR, D.E.; LORENZZETTI, J.A, FERREIRA, R.M., PACHECO, Roland, F.S.,2005, “Princípios Físicos e Químicos a Serviço da Limnologia - Um Exercício”. In: Roland, F., Cesar, D., Marinho, M.. (org). *Lições de Limnologia*, 1 ed., São Carlos, Rima, v. 1, pp. 487-505.

ASSIREU, A.T., STEVENSON, M.R., STECH, J.L., 2003, “Surface circulation and kinetic energy in the SW Atlantic obtained by drifters”, *Continental Shelf Research*, v. 23, pp. 145 - 157.

ASSIREU, A.T., SANTOS, F.A., FRAGOSO, M.R., CRUZ, L.M.M, PELLEGRINI, J.A.C., STECH,J.L., “Evidências de conservação de vorticidade potencial ao longo da costa SE/S do Brasil a partir de derivadores rastreados por satélite”. *III Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Fortaleza, Ceará, Brasil, 20-24 May 2008.

ASSIREU, A.T., LORENZETTI, J.A., DOS SANTOS, F.A., CHIAN, A.C., "Some aspects of the Santa Marta eddy revealed by satellite- tracked drifters and imagery" *VIII Simpósio sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite – OMAR SAT*, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil, 10-13 November 2009.

BRACCO, A., CHASSIGNET, E.P., GARRAFFO, Z.D., PROVENZALE, A., 2003, “Lagrangian Velocity Distributions in a High-Resolution Numerical Simulation of the North Atlantic”, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 20, pp. 1212-1220.

CALADO, L., 2006, *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, USP, São Paulo, SP, Brasil.

CAMPOS, E.J.D., GONCALVES, J.E., IKEDA, Y., 1995, “Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: summer of 1991.” *Journal of Geophysical Research*, v. 100, pp. 18537-18550.

CASTRO, B.M. & MIRANDA, L.B., 1998, “Physical Oceanography of the western Atlantic Continental Shelf located between 4°N and 34°S”, *The Sea*, v. 11, pp. 209-251.

CASTRO, B.M., LORENZZETTI, J.A., SILVEIRA, I.C.A., MIRANDA, L.B., 2006. “Estrutura Termohalina e Circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS)”. In: Del Bianco-Wongstschowski, C.L. & Madureira, L.S.P. (Org.). *O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude da Região Sudeste-Sul do Brasil*, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, pp. 11-120.

CIRANO, M., 1995. *Utilização do modelo numérico no estudo diagnóstico da circulação oceânica na Baía de Santos*, Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

EMERY, J.W. & THOMSON, R.E., 1998, “Data analysis methods in physical oceanography”. *Pergamon*, pp. 634, New York, NY, USA.

FALCO, P., GRIFFA, A., POULAIN, P., ZAMBIANCHI, E., 2000, “Transport properties in the Adriatic sea as deduced from drifter data”, *Journal of Physical Oceanography*, v. 30, pp. 2055-2071.

FRAGOSO, M.R., PELLEGRINI, J.A.C., ASSIREU, A.T., DOS SANTOS, F.A., MARQUES DA CRUZ, L.M., “Caracterização cinemática e estatística dos vórtices na bacia oceânica SE/S do Brasil obtidos por derivadores rastreados por satélite durante a primavera de 2007”, *III Congresso Brasileiro de Oceanografia*, Fortaleza, Ceará, Brasil, 20-24 May 2008.

FRATANTONI, D. M., 2001, "North Atlantic surface circulation during the 1990's observed with satellite-tracked drifters", *Journal of Geophysical Research*, v. 106, pp. 22067-22093.

HANSEN, D.V. & POULIN, P.M., 1996, "Quality control and interpolations of WOCE/TOGA drifter data", *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 13, pp. 900-909.

KAMPEL, M., 2003, *Estimativa da produção primária e biomassa fitoplanctônica através de sensoriamento remoto da cor do oceano e dados in situ na costa sudeste brasileira*, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

LEGECKIS, R. & GORDON, A.L., 1982, "Satellite observations of the Brazil and Falkland Currents, 1975 to 1976 and 1978", *Deep-Sea Research*, v. 29, pp. 375-401.

LENTINI, C., OLSON, D.B., PODESTÁ, G.P., 2002, "Statistics of Brazil current rings observed from AVHRR: 1993 to 1998", *Geophysical Research Letters*, v. 29.

LENTINI, C. A. D., SOUZA, R. B., "Eddies e vórtices de mesoescala no oceano Atlântico sudeste medidos por satélite", In: Souza, R.B. (eds), *Oceanografia por satélites*, 2 ed., chapter 11, Oficina de Textos, 2005.

LUMPKIN, R. & GARZOLI, S., 2005, "Near-surface circulation in the Tropical Atlantic Ocean. Deep Sea Research Part I", *Oceanographic Research Papers*, v. 52(3), pp. 495-518. Disponível em:  
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967063704001694>.

LUMPKIN, R. & PAZOS, M., 2007, "Measuring surface currents with Surface Velocity Program drifters: the instrument, its data, and some recent results" In: Mariano, A., Rossby, T., Kirwan, D. (eds), *Lagrangian Analysis and Prediction of Coastal and Ocean Dynamics*, ed. A, chapter 2, Cambridge Univ. Press.

MASCARENHAS, A.S., MIRANDA, L.B., ROCK, N.J., 1971, "A study of oceanographic conditions in the region of Cabo Frio, In: Costlow Jr, J.D. (Org.),

*Fertility of the Sea*, New York, Gordon And Breach Science Publishers, v. 1, pp. 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.

OLSON, D.B., 1991, “Rings in the ocean”, *Journal Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 19, pp. 283-311.

OLIVEIRA, L.R., 2008, *Energética do Atlântico Sudoeste a Partir de Observações Lagrangeanas e de Simulações do Parallel Ocean Climate Model*, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS.

PEREIRA, M.D., SCHETTINI, C.A., OMACHI, C.Y., 2009, “Caracterização de feições oceanográficas na plataforma de Santa Catarina através de imagens orbitais”, *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 27(1), pp. 81-93.

PETERSON, R. & STRAMMA, L., 1991, “Upper-level circulation in the south Atlantic ocean”. *Progress in Oceanography*, v. 26 (1), pp. 1–73.

PEZZI, L., SOUZA, R.B., DOURADO, M.S., GARCIA, C.A.E., MATA, M.M., SILVA-DIAS, M.A.F., 2005, “Ocean- atmosphere in situ observations at the Brazil-Malvinas confluence region”, *Geophysical Research Letters*, v. 32 (22).

PIOLA, A., MOLLERJR, O., GUERRERO, R., CAMPOS, E., 2008, “Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004”, *Continental Shelf Research*, v. 28(13), pp. 1639-1648.

POULAIN, P., GERIN, R., MAURI, E., PENNEL, R., 2008, “Wind effects on drogued and undrogued drifters in the Eastern Mediterranean”, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 26, pp. 1144-1156.

PROOCEANO, 2010, Relatórios internos de acompanhamento dos Projetos da série MONDO.

ROSSBY, T., 1987, “On the energetics of the Gulf stream at 73°W”, *Journal Marine Research*, v. 45, pp. 59-82.

ROSSBY, T., 2007, “Evolution of Lagrangian methods in oceanography”. In: Mariano, A., Rossby, T., Kirwan, D. (eds), *Lagrangian Analysis and Prediction of Coastal and Ocean Dynamics*, ed. A, chapter 2, Cambridge Univ. Press.

SABSUD, M.C.C., 2008, *Sistemas espaciais de navegação e o impacto do efeito doppler no geolocal*, Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL), Santa Rita do Sapucaí, MG, Brasil.

SALLÉE, J. B., SPEER, K., MORROW, R., LUMPKIN, R., 2008, “An estimate of Lagrangian eddy statistics and diffusion in the mixed layer of the Southern Ocean”, *Journal of Marine Research*, v. 66(4), pp. 441-463.

DOS SANTOS, F.A., FRAGOSO, M.R., MARQUES DA CRUS, L.M., PELLEGRINI, 2010, “Mondocorcovado Project: a 10-month currents and surface drift monitoring in santos basin”, Rio Oil & Gas Expo and Conference 2010, 13-16 September 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SIGNORINI, S. R., 1978, “On the Circulation and the Volume Transport of the Brazil Current between The Cape of Sao Tome and Guanabara Bay”, *Deep Sea Research*, v. 25, pp. 481-490.

SILVEIRA, I.C.A., MIRANDA, L. B., BROWN, W. S., 1994, “On the origins of the North Brazil Current”, *J. Geophys. Res.*, v99, n.11, pp. 22501-22512.

SILVEIRA, I.C., SCHMIDT, A.C., CAMPOS, E.J., GODOI, S.S., IKEDA, Y., 2000, “A corrente do Brasil ao Largo da Costa Brasileira”, *Revista Brasileira de Oceanografia*, v. 48(2), pp. 171-183.

- SILVEIRA, I. , 2007, *O Sistema Corrente do Brasil na Bacia de Campos*, RJ. São Paulo. 160p. Tese (Doutorado em Oceanografia).
- 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., MATA, M.M., GARCIA, C.A.E., KAMPEL, M., OLIVERA, E.N., LORENZZETTI, J.A., 2006, “Multi-sensor and in situ measurements of a warm core ocean eddy south of the Brazil–Malvinas Confluence region”. *Remote Sensing of Environment* 100, 52–66.
- STRAMMA, L., IKEDA, Y., PETERSON, R. G., 1990, “Geostrophic Transport in the Brazil Current Region North of 20°S”, *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, v. 37, n. 12, pp. 1875-1886.125
- SVERDRUP, H. U., JOHNSON, M. W., FLEMING, R. H., 1942, *The Oceans: Their Physics, Chemistry and General Biology*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall.
- SYBRANDY, A. L., NILER, P. P., 1992, ***WOCE/TOGA Lagrangian Drifter Construction manual***.
- SWENSON, M. AND NILER, P. , 1996, “Statistical analysis of the surface circulation of the California Current”. *Journal of Geophysical Research*, 101(C10), 22631-22645.
- TSUCHIYA, M., 1985, “Evidence of a double-cell subtropical gyre in the South Atlantic Ocean”. *J. Mar. Res.*, 43(1), 57–65.
- VENEZIANI, M., GRIFFA, A., AND POULAIN, P. , 2007, “Historical Drifter Data and Statistical Prediction of Particle Motion: A Case Study in the Central Adriatic Sea.” *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 24(2), 235.
- 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.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)