

Danilo Augusto Silva

Circulação Gerada por Ventos Anômalos na Plataforma Continental Sudeste Durante o Verão de 2014.

Primeiro relatório anual apresentado ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para o curso de Mestrado, no programa de Oceanografia, área de concentração Oceanografia Física. Período 2017/2019.

Orientador: Prof. Paulo Simionatto Polito

São Paulo
Janeiro/2018

Conteúdo

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas	iv
1 Atividades Realizadas	1
2 Cronograma	3
A Introdução	4
A.1 Área de Estudo	4
A.2 Circulação na PCSE	7
A.3 Circulação na PCI e PCM	8
A.4 Episódios Anômalos	9
A.5 Objetivo Geral e Específico	10
B Materiais e Métodos	12
B.1 Climatologia de Ventos	12
B.2 Modelagem Numérica da Circulação	12
B.2.1 Módulo Hidrodinâmico	13
B.2.2 Domínio	13
B.2.3 Forçantes	13
B.2.4 Experimentos Numéricos	14
Bibliografia	15

Lista de Figuras

A.1	Massas d'água que preenchem a PCSE	5
A.2	Divisão da Plataforma Continental de São Paulo	6
A.3	Rosa dos Ventos para Dezembro/2013 a Fevereiro/2014	10
B.1	Plataforma Continental Sudeste	14

Lista de Tabelas

1.1	Disciplinas cursadas no primeiro ano de mestrado	1
2.1	Cronograma de atividades.	3
B.1	Conjunto de dados que serão utilizados.	12

Capítulo 1

Atividades Realizadas

Nos primeiros 12 meses do curso de Mestrado em Oceanografia com área de concentração em Oceanografia Física, foram cursadas, ao todo, 7 disciplinas (Tabela 1.1), sendo 2 do Núcleo Básico de Oceanografia Física e outras selecionadas com relação ao segmento de estudo deste projeto.

TABELA 1.1: Disciplinas cursadas durante os primeiros 12 meses do curso de Mestrado, com área de Concentração em Oceanografia Física

Tipo	Código	Nome	Créditos
Obrigatória	IOC5815	Dinâmica de Fluidos Geofísicos I	6
Obrigatória	IOC5811	Dinâmica de Fluidos Geofísicos II	6
Optativa	IOC5817	Métodos de Análise de Dados Quase-Sinóticos em Oceanografia Física	8
Optativa	-	Programa de Aperfeiçoamento ao Ensino (PAE) - FEA USP	-
Optativa	IOC5808	Cinemática e Dinâmica de Estuários	12
Optativa	IOC5809	Hidrodinâmica da Plataforma Continental	6
Optativa	IOC5807	Modelos Numéricos Aplicados a Processos Costeiros e Oceânicos	6
Total de Créditos Obtidos:			44

Assim foram cumpridos 44 créditos no Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 12 créditos a mais do que o exigido pelo programa para depósito da dissertação de mestrado. Além das disciplinas, ainda foram realizadas as seguintes atividades no período:

1. Apresentação de Trabalho no XII Simpósio Sobre Ondas, Marés, Engenharia Oceânica e Oceanografia por Satélite (XII OMARSAT);

2. Revisão bibliográfica da área de estudo, que propiciou uma primeira versão das seções de Introdução e Metodologia da dissertação (Apêndice A e B, respectivamente);
3. Redação de artigo referente ao Trabalho de Graduação (2016) a ser submetido no 1º semestre de 2018;
4. Obtenção de dados preliminares e
5. Submissão de resumo para apresentação de pôster na Ocean Sciences Meeting 2018.

As atividades realizadas seguem o cronograma inicialmente proposto, sem atrasos de qualquer natureza. Para o seguinte ano, segue o cronograma de atividades na próxima seção.

Capítulo 2

Cronograma

Para os últimos 12 meses do curso, pretende-se realizar as seguintes atividades, seguindo o cronograma na Tabela 2.1:

1. Revisão Bibliográfica;
2. Obtenção, tratamento e análise de dados de vento;
3. Elaboração de climatologia de vento;
4. Implementação do modelo na PCSE;
5. Simulações numéricas;
6. Validação, comparação e análise dos resultados;
7. Confeção da dissertação e de artigo científico referente aos resultados de modelagem numérica;

TABELA 2.1: Cronograma de atividades.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2 ^o ano (2018)	1,2	1,3	4	4	4, 5	5	5, 6	6	7	7	7	7

Além das atividades citadas, relacionadas ao projeto de dissertação de mestrado, ainda serão executadas as seguintes atividades:

1. Monitoria - Disciplina: IOF0201 - Fundamentos de Oceanografia Física (graduação, optativa), durante o primeiro semestre de 2018 e
2. Monitoria - Disciplina: IOF0114 - Oceanografia Física Costeira e Estuarina (graduação, obrigatória), durante o segundo semestre de 2018.

Apêndice A

Introdução

A.1 Área de Estudo

A Plataforma Continental Sudeste (PCSE), localizada entre Cabo Frio (23°S), no RJ, e o Cabo de Santa Marta (28°40'S), em SC, é parte integrante do Oceano Atlântico Sudoeste, estando em constante troca de massa e energia com o oceano profundo adjacente. Sua largura máxima ocorre ao largo de Santos (SP), com cerca de 230km e mais estreita nas extremidades, chegando a 50km em Cabo Frio (Figura B.1). A quebra da plataforma ocorre a cerca de 150km da costa e com profundidade variando entre 120 e 180m (Zembruski, 1979). A orientação da linha de costa é NE-SW, sofrendo uma mudança brusca de orientação na região de Cabo Frio (RJ), onde a linha de costa passa a ter uma orientação E-W, sendo que as isóbatas acompanham essa orientação, descrevendo uma topografia suave e com um volume total estimado de $10.000km^3$, considerando uma profundidade média de 70m (Castro, 1996).

A PCSE apresenta características típicas de uma plataforma do tipo A (*"wide shelf with shelf-edge western boundary current"*), com a Corrente do Brasil influenciando a parte mais externa da plataforma (sobre a quebra do talude), mas não tendo influência nas regiões mais costeiras (Castro, 2014; Loder et al., 1998).

Devido a sua extensão, a PCSE é uma zona de enorme valor econômico para o Brasil, uma vez que diversos empreendimentos costeiros estão instalados nesta região, como o Porto de Santos, estações de extração de petróleo e gás, indústrias e demais exemplos atrelados ao desenvolvimento do país. Sendo assim, torna-se de suma importância compreendermos os mecanismos que controlam a circulação da plataforma e suas interações, a fim de mitigar quaisquer intervenções, atópicas ou não, na região.

Ao largo da PCSE, a Corrente do Brasil transporta, basicamente, duas massas de água:

- Água Tropical (AT), transportada em profundidades de até 200m, possui temperatura superior a 20°C e salinidade superior a 36 (Miranda, 1982) e

- Água Central do Atlântico Sul (ACAS), transportada abaixo da picnoclina (entre 200 e 600m), com temperatura inferior a 20°C e salinidade abaixo de 36.40 (Miranda, 1982).

Devido a diversos mecanismos, essas massas podem deslocar-se em direção a costa e, devido ao aporte de água doce do continente, a mistura entre as massas resulta na Água Costeira (AC), caracterizada por baixa salinidade. Sendo assim, são três massas d'água que preenchem a PCSE (Figura A.1), onde a AC ocupa a região mais costeira, a AT ocupa níveis mais superficiais da coluna d'água e, por fim, a ACAS ocupa os níveis mais inferiores (Emílsson, 1961; de Miranda and de Castro Filho, 1979; Miranda, 1982; Castro and Miranda, 1998).

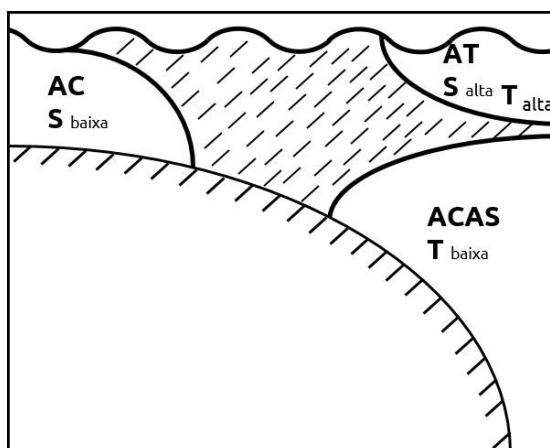


FIGURA A.1: Esquema gráfico das massas d'água que preenchem a PCSE e suas principais características. A região rachurada representa águas da plataforma continental, que seria a mistura das três massas, mas sem uma definição precisa. Extraído de Castro et al. (2015).

Segundo Castro (1996), há presença de duas frentes na PCSE: a Frente Térmica Profunda (FTP) e a Frente Halina Superficial (FHS). A Frente Térmica Profunda, é caracterizada pela intersecção da termoclina com o fundo, formada na região de encontro entre a ACAS e AC e associada a intrusões pelo fundo das águas transportadas pela CB em direção à costa. Já a Frente Halina Superficial é caracterizada como uma frente de quebra da plataforma, embora não esteja posicionada sobre a quebra da plataforma. Está associada à intrusões das águas da CB e separa, na superfície, a AC da AT.

Embasado em trabalhos anteriores, no conhecimento sobre as propriedades termohalinas da região da Plataforma Continental Norte de São Paulo (PCNSP) e análises de dados hidrográficos, Castro (1996) propôs a divisão da plataforma em 3 ambientes (Figura A.2), com variação sazonal:

- Plataforma Continental Interna: localizada entre a costa e FTP, a PCI varia sazonalmente, possuindo uma largura de 10-30km e um limite externo entre as isóbatas de 20-40m no verão e largura de 40-80km com limite externo entre as isóbatas de 50 e 70m no inverno. Embora possua uma variação sazonal, a PCI tende a ter uma temperatura homogênea tanto na vertical quanto na horizontal;

- Plataforma Continental Média: compreendida entre FTP e FHS, é bem definida no verão, com a presença da termoclina sazonal, variando de 10-30km da costa até aproximadamente 60-80km. No inverno, a PCM reduz, compreendendo uma região de 40-60km a 60-80km, a partir da costa e
- Plataforma Continental Externa: prolongando-se da FHS até a quebra da plataforma continental, entre as isóbatas de 70 e 90m. Possui estratificação vertical bem definida, mas com termoclina mais difusa no verão, e possui pequena variação sazonal de suas propriedades.

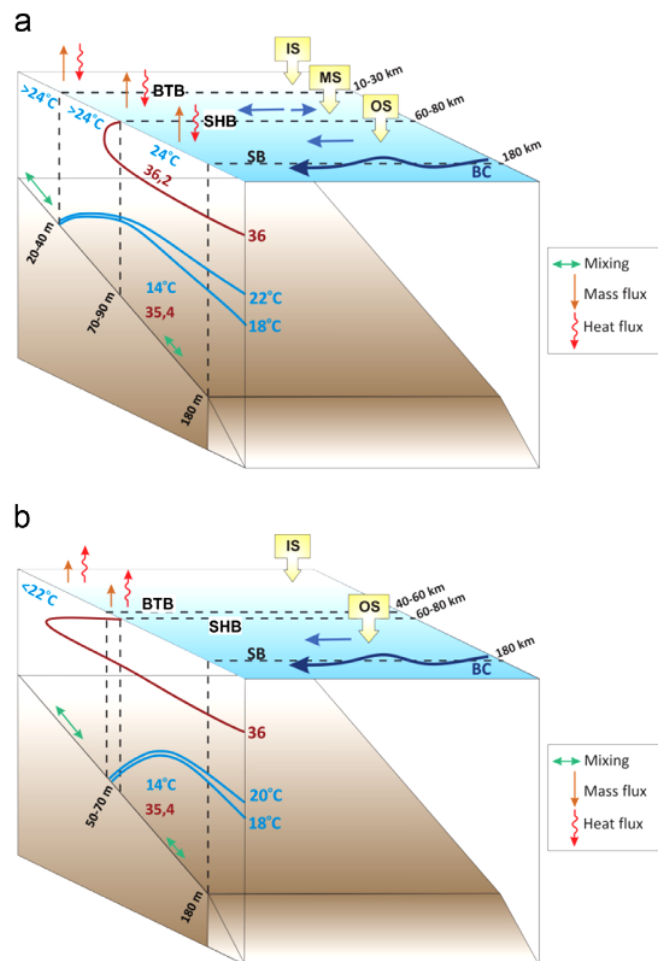


FIGURA A.2: Esquema da divisão da Plataforma Continental Norte de São Paulo para (a) verão e (b) inverno. IS, MS e OS representam, respectivamente, PCI, PCM e PCE, enquanto que BTB e SHB representam as frentes FTP e FHS. A distância da costa está apresentada em quilômetros e a profundidade em metros. Adaptado de (Castro, 2014).

Castro (2014) identifica em seu trabalho que o principal processo da estratificação da PCI e PCM ao largo de Ubatuba é a variação vertical de densidade, sendo que na PCI é devido a descarga fluvial com águas de baixa salinidade e, na PCM, pela intrusão da ACAS no fundo. Tal variação sazonal pode ser atribuída a outras regiões da PCSE, desde o norte, próximo a Cabo Frio, quanto a sul, próximo a Santa Catarina (Cerdeira and Castro, 2014; Brandini et al., 2014; Nogueira et al., 2013).

Desta forma, podemos utilizar a subdivisão da Plataforma Continental em diversas regiões da PCSE (Rezende, 2003; Cerda and Castro, 2014), atentando-se para possíveis particularidades, como no caso de Santa Catarina, onde no verão a subdivisão é adequada, mas no inverno deve-se considerar possíveis intrusões de águas de baixa temperaturas vindas do Rio Grande do Sul (Carvalho et al., 2010).

A.2 Circulação na PCSE

As correntes na PCSE são forçadas pelos seguintes processos:

- Corrente do Brasil (CB): influencia, principalmente, a PCE, ao gerar movimentos devido os meandros e vórtices liberados. Em regiões de plataforma mais estreita, a influência da CB pode ocupar toda a extensão da plataforma (Castro et al., 2008);
- Marés: geram correntes perpendiculares à costa, nas regiões mais largas da PCSE, e correntes paralelas à costa em regiões mais estreitas da PCSE (Pereira et al., 2007), sendo que a componente M2 é a de energia mais significativa;
- Gradientes de Densidade: causado quando águas de origem continental e, portanto, de baixa salinidade, se encontram com as águas da plataforma, de maior salinidade, ocasionando correntes geostróficas paralelas à linha de costa, deixando-a a esquerda do movimento (Brink, 2005) e
- Tensão de Cisalhamento do Vento: é a maior forçante de mecanismos de baixa frequência na circulação costeira. O regime de ventos na região Sudeste brasileira é determinado por dois sistemas meteorológicos, a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e Sistemas Frontais (Castro and Miranda, 1998). A ASAS está relacionada com o regime de vento predominante da PCSE, com ventos de leste e nordeste, que são intensificados no verão. Já os sistemas frontais, ou frentes frias, ocorrem em um período de 6 a 11 dias, formadas ao sul do Brasil e associadas a ventos do quadrante sul (Stech, 1990; Stech and Lorenzetti, 1992).

Os movimentos das águas da PCSE são geradas por uma combinação diferente das forçantes citadas, em diferentes regiões da plataforma e em distintas escalas espaciais e temporais (Castro, 1996). Na plataforma externa, as correntes são forçadas, principalmente, pela Corrente do Brasil (Castro et al., 2008), com pequenas contribuições da tensão do cisalhamento dos ventos na direção quase paralela às isóbatas locais (Dottori and Castro, 2009). Já na plataforma média, a forçante predominante é a tensão do cisalhamento dos ventos e a maré, sendo que a influência da Corrente do Brasil só é observada nas regiões mais estreitas da plataforma. Por fim, a plataforma interna possui influência das marés, gradientes de densidade e a tensão de cisalhamento do vento.

A.3 Circulação na PCI e PCM

Segundo [Castro \(1996\)](#), a circulação em grande parte da plataforma interna é forçada, em diferentes escalas de tempo, pelos ventos, marés e por gradientes de densidade. Sendo que, a maior variância das correntes na PCI e na PCM, foram observadas em duas bandas de frequência, 3-7 e 9-15 dias, associados às oscilações do vento e do nível do mar ([Castro and Miranda, 1998](#)).

[Castro \(1996\)](#), ao analisar dados *in situ* na plataforma interna, ao largo de Ubatuba, comprovou a predominância de correntes para SW durante o inverno, com valores típicos da ordem de 0.2 m.s^{-1} , havendo eventos de inversão do fluxo para NE, com intensidades da ordem de 0.10 m.s^{-1} . Segundo o mesmo autor e demonstrado posteriormente por [Dottori and Castro \(2009\)](#), as componentes paralelas à costa da corrente são essencialmente barotrópica, representando 95% da variância do primeiro modo ortogonal empírico. Além disso, observou-se que as correntes quase paralelas à costa foram as mais intensas, apresentando uma variabilidade temporal mais energética que as correntes quase perpendiculares.

[Valente \(1999\)](#) analisou dados correntográficos na plataforma interna, ao largo de Praia Grande e Ubatuba, no litoral Norte de São Paulo. Os pontos a sul da Ilha de São Sebastião apresentaram correntes mais frequentes para N-E, enquanto que os pontos a norte da mesma ilha apresentaram correntes opostas, para S-W. Tal fato foi confirmado por [Mazzini \(2009\)](#), ao analisar correntográficos entre Peruíbe e São Sebastião (SP). Desta forma, pode-se constatar que, durante o verão, há um balanço entre a corrente gerada pela tensão de cisalhamento do vento, para SW, e a corrente gerada pelo gradiente de densidade, para NE, devido a geostrofia.

A principal forçante da circulação da plataforma média são os ventos, havendo coerência significativa entre plataforma interna e média, em oscilações de períodos médios e curtos. A direção predominante dos fluxos na PCM são para SW, com intensidade entre $0.30\text{-}0.20 \text{ m.s}^{-1}$, havendo inversões para NE mais frequentes do que na PCI. Entretanto, a componente paralela é essencialmente barotrópica e a componente normal possui um grande cisalhamento vertical, tornando os modos baroclínicos de grande importância ([Castro, 1996](#)).

Diversos estudos numéricos para avaliar a resposta da plataforma interna aos regimes de ventos foram realizados. [Castro \(1985\)](#) estudou a resposta hidrodinâmica barotrópica da PCSE ao vento climatológico típico de inverno, obtendo como conclusão que as correntes ficam confinadas na plataforma continental com escala de decaimento neperiano de 70-120 km da costa. Ainda neste estudo, foi possível observar que a componente normal à costa é dominada pelo balanço geostrófico e a componente paralela à costa está em balanço friccional, entre a tensão de cisalhamento do vento e a tensão de cisalhamento com o fundo, nas áreas mais costeiras.

As correntes paralelas à costa podem sofrer inversão de sentido, em escala subinercial, devido à passagem de sistemas frontais ([Stech and Lorenzetti, 1992](#); [Dottori and Castro, 2009](#)). [Coelho \(2008\)](#) estudou a resposta da PCSE a ventos sazonais e sinóticos de verão, obtendo como resultados fluxos para NE na plataforma interna e para SW na plataforma média e externa. O

autor utilizou como forçante a passagem de sistemas frontais típicos de verão na região, onde a porção ao sul da Ilha de São Sebastião apresentou a resposta com maiores intensidades a este evento. Com a inversão do regime de ventos na PCSE durante a passagem da frente, observou-se que as correntes na plataforma interna são intensificadas, enquanto que na plataforma média e externa há um enfraquecimento da corrente nas camadas mais superficiais.

Moraes (2016), ao analisar um extenso conjunto de dados e utilizando saídas de modelos numéricos, corrobora com os trabalhos acima apresentados. No entanto, a descarga fluvial ainda não foi devidamente analisada, devido a ausência de dados de vazão dos principais rios e estuários da PCSE, para averiguar seu papel na circulação resultante na PCI e PCM. Ainda assim, espera-se que, em períodos de maior chuva, a descarga fluvial aumente, reduzindo a salinidade das águas da PCI, intensificando o gradiente horizontal de densidade, tendendo a gerar correntes geostróficas que deixam a costa à esquerda do movimento (Rezende, 2003).

Mesquita and Harari (1983) analisaram dados horários de nível do mar para um período de um ano, em Cananéia e Ubatuba, concluindo que as constituintes diurnas dominantes nas estações fora, respectivamente, O_1 , com 0.110 e 0.109m, e K_1 , com 0.065 e 0.059. Entre as semi-diurnas, os valores obtidos foram: M_2 , 0.366 e 0.297m, e S_2 , com 0.0237 e 0.171m. Todas as constituintes apresentaram rotação anticiclônica, com exceção da O_1 e toda a energia proveniente dessas componentes é transportada ao longo da plataforma por ondas de Poincaré e de Kelvin (Munk et al., 1970).

As correntes de maré na PCI são, em geral, uma ordem de grandeza menos intensa do que as correntes geradas pela combinação das forçantes gradiente de densidade e tensão de cisalhamento do vento (Castro, 1996), sendo que nas proximidades de Santos e no Canal de São Sebastião, Valente (1999) obteve magnitudes em torno de 0.02 a 0.06 $m.s^{-1}$.

A.4 Episódios Anômalos

Embora haja períodos em que os ventos predominam de Sul na PCSE, o tempo de influência deste regime não passa de alguns dias, durante a passagem das frentes frias. Entretanto, durante o verão de 2014, os ventos associados ao sistema que antes eram de Leste e Nordeste, passam a ser de Sudoeste, agindo na região costeira por um longo período, como pode ser observado na Figura A.3, onde a direção e intensidade do vento obtida no *Climate Forecast System Version 2* (CFSv2), durante o período de 01 de Dezembro de 2013 a 28 de Fevereiro de 2014. Nota-se que a direção predominante neste período é do terceiro quadrante (S/SW).

Com a mudança observada no regime de ventos predominante neste período, a circulação conduzida pelo vento na plataforma continental interna e média foram alteradas. Frente a importância da PCSE, tanto no aspecto de navegação, quanto de exploração e uso das águas e

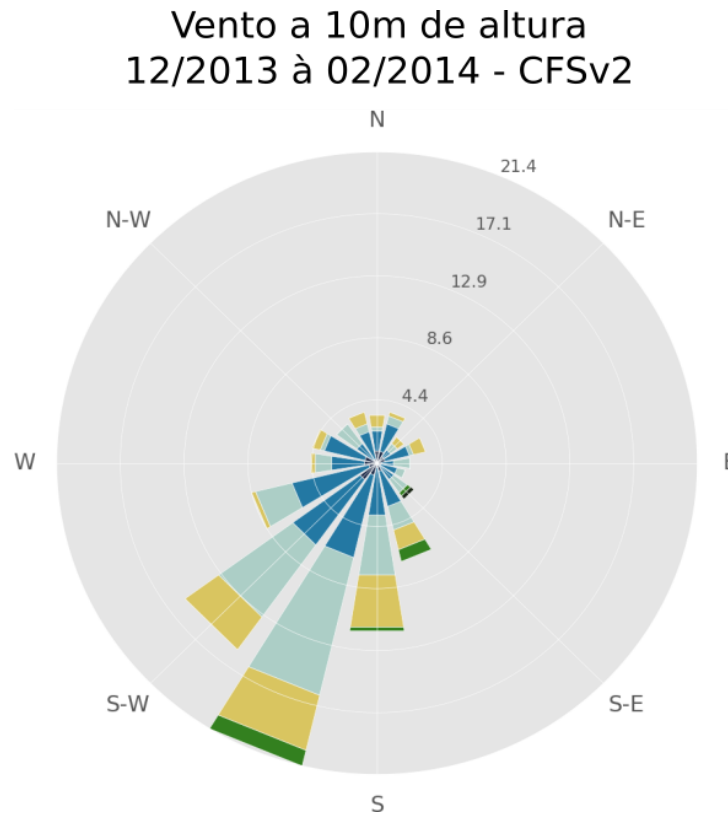


FIGURA A.3: Rosa dos ventos para ventos a 10 metros de altura da superfície, extraídos do *Climate Forecast System Version 2* (CFSv2), para o período de Dezembro/2013 a Fevereiro/2014, utilizando-se a convecção meteorológica.

considerando que as mudanças climáticas poderão influenciar a frequência de eventos de deslocamento da ASAS, é importante compreender como a dinâmica da circulação será afetada sob a influência de novos regimes de vento.

A.5 Objetivo Geral e Específico

A hipótese científica deste trabalho é que os ventos do quadrante Sul, associados ao deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul para oeste de sua posição climatológica, alterou de forma efetiva a dinâmica das águas da Plataforma Continental Sudeste, durante o verão de 2014.

Para tanto, este trabalho tem como objetivo analisar dados de vento de reanálise de banco de dados públicos, a fim de elaborar uma climatologia para os meses de verão (Dezembro, Janeiro e Fevereiro). Esta climatologia será utilizada, então, em um experimento controle para modelar a circulação da Plataforma Continental Interna e Média Sudeste. Outros experimentos serão então realizados, utilizando ventos de saída de modelos regionais para o verão de 2014, a fim de comparar a circulação gerada no controle com os cenários de ventos anômalos na região. Mais especificamente, pretende-se:

- Determinar a climatologia de ventos para os meses de verão (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março) na PCSE;
- Implementar o modelo hidrodinâmico na PCSE para estudar as correntes geradas pelo vento local;
- Verificar as mudanças geradas pela alteração do regime de ventos.

Apêndice B

Materiais e Métodos

B.1 Climatologia de Ventos

Serão utilizados dois tipos de dados (Tabela B.1) da componente zonal e meridional do vento a 10 metros de altura da superfície: dados de reanálise e dados *in situ*. Os dados de reanálises serão extraídos do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR), para os meses de Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março, compreendidos entre 1979 e 2010. Quanto aos dados *in situ* serão extraídos do Programa Nacional de Boias (PNBOIA) das bóias 157597 (Santa Catarina) e 69009 (Cabo Frio). Mais informações sobre os conjuntos de reanálise são descritos em [Saha et al. \(2010\)](#) e [Berrisford et al. \(2011\)](#).

TABELA B.1: Conjunto de dados que serão utilizados.

Conjunto de Dados	Tipo	Região
CFSR	Reanálise	-20°/-30°; -40°/-50°
PNBOIA - 157597	<i>in situ</i>	-28.51°; -47.39°
PNBOIA - 69009	<i>in situ</i>	-22.98°; -42.10°

B.2 Modelagem Numérica da Circulação

Para analisar a circulação na região de interesse, será implementado o modelo *Stevens Estuarine and Coastal Ocean Model* (sECOM), incluindo as forçantes vento, maré e gradiente de densidade, sendo este modelo um variante do *Princeton Ocean Model* (POM) ([Blumberg and Mellor, 1987](#)).

Este é um modelo numérico de circulação costeira e estuarina, tridimensional, que utiliza equações primitivas empregando grades C de Arakawa em conjunto com o sistema de coordenadas σ na vertical, no processo de discretização. Dentre os módulos existentes no sECOM, neste trabalho será utilizado somente o Módulo Hidrodinâmico, descrito no item a seguir.

B.2.1 Módulo Hidrodinâmico

As equações deste módulo descrevem os campos de velocidade, elevação da superfície livre, temperatura e salinidade. Para isso, utiliza duas aproximações: (a) aproximação hidrostática, que considera o equilíbrio entre o peso do fluido e a força de gradiente de pressão na vertical e (b) aproximação de Boussinesq, ignorando as variações de densidade, exceto quando são multiplicadas pela gravidade. O conjunto de equações resolvido pelo modelo envolve a conversação de massa, momento, calor e sal, em função da velocidade, temperatura (T) e salinidade (S) (Blumberg et al., 1999).

Além das equações citadas, o módulo hidrodinâmico parametriza a turbulência baseado no trabalho de (Mellor and Yamada, 1974), onde os coeficientes de difusão turbulenta são obtidos através do esquema de fechamento turbulento de segunda ordem Mellor and Yamada (1982).

B.2.2 Domínio

A grade numérica que será utilizada neste trabalho (Figura B.1) foi elaborada em Pereira et al. (2007) e adaptada pelo Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHiCo), para remoção das células secas. Trata-se de uma grade ortogonal e curvilínea, com 110 pontos na direção x , há uma resolução horizontal variando de 0.5 km a 5 km nesta direção. Na direção y , 137 pontos, com uma resolução horizontal variando de 0.5 km, na parte mais central, a 35 km nas regiões com profundidade superiores a 2100 m. A resolução vertical é de 37 níveis sigma, sendo $\sigma = 0$ na superfície e $\sigma = -1$ no fundo.

Nos experimentos numéricos será considerada a condição de livre escorregamento nos contornos laterais fechados, ou seja, próximos a costa. Nos contornos abertos será implementada a condição radiativa, elaborada por (Reid and Bodine, 1968), onde o contorno será forçado pela elevação da superfície livre do mar influenciada pela maré.

B.2.3 Forçantes

Os dados de vento serão extraídos do CSFv2, para o meses de Dezembro de 2013 a Março de 2014, que serão interpolados espacialmente para a resolução da grade numérica utilizada, preservando-se a resolução temporal de 6 horas, como disponibilizados os dados.

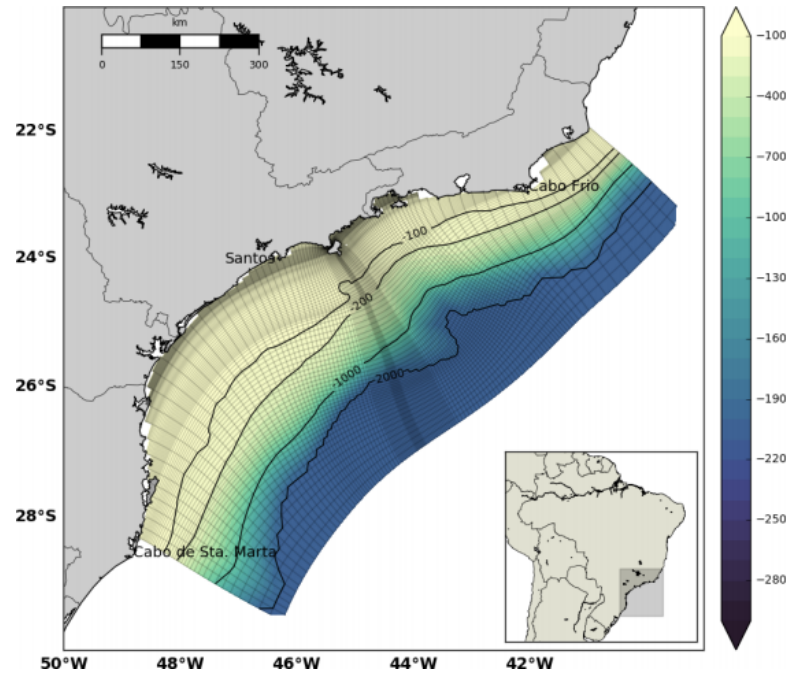


FIGURA B.1: Localização da Plataforma Continental Sudeste, com dados batimétricos fornecidos pelo Laboratório de Hidrodinâmica Costeira (LHiCo) e grade numérica adaptada de [Pereira et al. \(2007\)](#).

Serão implementadas a amplitude e fase das componentes semidiurnas de maré, M_2 e S_2 , que, segundo ([Mesquita and Harari, 1987](#)), são as componentes de maior relevância na região. Os dados serão extraídos do banco de dados global TPXO 7.2, com resolução de 1/4 de grau sendo, então, interpolados para os contornos abertos da grade utilizada. A metodologia completa utilizada pelo TPXO 7.2 pode ser consultada em ([Egbert et al., 1994](#)) e ([Egbert and Erofeeva, 2002](#)).

Para os campos de densidade, serão utilizados dados climatológicos de Temperatura e Salinidade para o verão da PCSE, elaborados por [Rezende \(2003\)](#) e disponíveis no Laboratório de Hidrodinâmica Costeira.

B.2.4 Experimentos Numéricos

Serão realizados dois conjuntos de experimentos numéricos, sendo (a) um controle, onde será utilizada a climatologia elaborada e (b) outro com o padrão de ventos anômalos. Em todos os experimentos, as forçantes maré e gradiente de densidade serão consideradas.

O tempo de simulação para cada experimento será de três meses (90 dias), compreendendo o período do fenômeno no ano de 2014, ou seja, de Janeiro a Março. Entretanto, com o objetivo de aquecer o modelo, serão simulados 7 dias adicionais antes do mês de Dezembro e estes não serão contemplados nas análises dos dados.

Bibliografia

- Berrisford, P., D. P. Dee, P. Poli, R. Brugge, K. Fielding, M. Fuentes, P. Kållberg, S. Kobayashi, S. Uppala, and A. Simmons (2011). The ERA-Interim archive Version 2.0. ERA Report Series 1. Technical report.
- Blumberg, A. F., L. A. Khan, and J. P. St. John (1999). Three-dimensional hydrodynamic model of New York Harbor region. *Journal Of Hydraulic Engineering* 125(8), 799–816.
- Blumberg, A. F. and G. L. Mellor (1987). A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. *Three-dimensional coastal ocean models* 4, 1–16.
- Brandini, F. P., M. Nogueira, M. Simião, J. C. U. Codina, and M. A. Noernberg (2014). Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the south brazilian bight. *Continental Shelf Research* 89, 61–75.
- Brink, K. (2005). Coastal physical processes overview. *The Sea* 13, 37–59.
- Carvalho, J., C. Schettini, and T. Ribas (2010). Estrutura termohalina do litoral centro-norte catarinense. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 2(1), 181–197.
- Castro, B., L. Miranda, L. Silva, R. Fontes, A. Pereira, and A. Coelho (2008). Processos físicos: hidrografia, circulação e transporte. *Oceanografia de um Ecossistema Subtropical: Plataforma de São Sebastião, SP, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo*, 59–121.
- Castro, B. d. (1996). Correntes e massas de água da plataforma continental norte de são paulo. *Livre-Docente Thesis, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*.
- Castro, B. d. and L. d. Miranda (1998). Physical oceanography of the western atlantic continental shelf located between 4 n and 34 s. *The sea* 11(1), 209–251.
- Castro, B. M. (1985). *Subtidal response to wind forcing in the South Brazil Bight during winter*. Ph. D. thesis, apresentada à University of Miami, para obtenção do título de "Doctor of Philosophy".
- Castro, B. M. (2014). Summer/winter stratification variability in the central part of the south brazil bight. *Continental Shelf Research* 89, 15–23.

- Castro, B. M., A. F. Pereira, A. de Caroli, H. F. Neto, G. C. A. Paschoal, I. C. A. da Silveira, and C. C. Amor (2015). Correntes e massas de Água na plataforma continental. In R. P. Martins and G. S. Grossmann-Matheson (Eds.), *Meteorologia e Oceanografia*, pp. 191 – 254.
- Cerda, C. and B. M. Castro (2014). Hydrographic climatology of south brazil bight shelf waters between sao sebastiao (24 s) and cabo sao tome (22 s). *Continental Shelf Research* 89, 5–14.
- Coelho, A. L. (2008). *Resposta da Plataforma Continental Sudeste a ventos sazonais e sinóticos de verão: estudos numéricos*. Ph. D. thesis, Universidade de São Paulo.
- de Miranda, L. B. and B. M. de Castro Filho (1979). Aplicação do diagrama ts estatístico-volumétrico à análise das massas de água da plataforma continental do rio grande do sul. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 28(1), 185–200.
- Dottori, M. and B. M. Castro (2009). The response of the sao paulo continental shelf, brazil, to synoptic winds. *Ocean dynamics* 59(4), 603–614.
- Egbert, G. D., A. F. Bennett, and M. G. G. Foreman (1994). TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model. *Journal of Geophysical Research* 99(15), 821–24.
- Egbert, G. D. and S. Y. Erofeeva (2002). Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 19(2), 183–204.
- Emílsson, I. (1961). The shelf and coastal waters off southern brazil. *Boletim do Instituto Oceanográfico* 11(2), 101–112.
- Loder, J. W., W. C. Boicourt, and J. H. Simpson (1998). Western ocean boundary shelves coastal segment (w). *The Sea* 11, 3–27.
- Mazzini, P. L. F. (2009). *Correntes subinerciais na plataforma continental interna entre Peruíbe e São Sebastião: observações*. Ph. D. thesis, Universidade de São Paulo.
- Mellor, G. L. and T. Yamada (1974). A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *Journal of the Atmospheric Sciences* 31(7), 1791–1806.
- Mellor, G. L. and T. Yamada (1982). Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. *Reviews of Geophysics* 20(4), 851–875.
- Mesquita, A. and J. Harari (1983). Tides and tide gauges of ubatuba and cananéia. *São Paulo: Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo* 11.
- Mesquita, A. d. and J. Harari (1987). Harmonic constants of tides and currents of the southern brazilian shelf. *SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA: SÍNTESE DOS CONHECIMENTOS, Cananéia*, 415–422.
- Miranda, L. d. (1982). Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de são tomé (rj) a ilha de são sebastião (sp). *Livre Docência Thesis, Universidade de São Paulo*.

- Moraes, P. H. L. S. (2016). *Hidrodinâmica da Plataforma Continental Interna do estado de São Paulo*. Ph. D. thesis, Universidade de São Paulo.
- Munk, W., F. Snodgrass, and M. Wimbush (1970). Tides off-shore: Transition from california coastal to deep-sea waters. *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics* 1(1-2), 161–235.
- Nogueira, M., F. Brandini, and J. Codina (2013). Distribution and abundance of planktonic cnidarians in response to south atlantic central water bottom intrusion in the shelf of santa catarina (south brazilian bight) and potential predatory impact of siphonophores. *Cont. Shelf Res.*
- Pereira, A., B. Castro, L. Calado, and I. da Silveira (2007). Numerical simulation of m2 internal tides in the south brazil bight and their interaction with the brazil current. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 112(C4).
- Reid, R. O. and B. R. Bodine (1968). Numerical model for storm surges in galveston bay. *Journal of the Waterways and harbors Division* 94(1), 33–58.
- Rezende, J. H. M. d. (2003). *Intrusões da água central do atlântico sul na plataforma continental sudeste durante o verão*. Ph. D. thesis.
- Saha, S., S. Moorthi, H. Pan, X. Wu, J. Wang, S. Nadiga, P. Tripp, R. Kistler, J. Woollen, D. Behringer, H. Liu, D. Stokes, R. Grumbine, G. Gayno, J. Wang, Y. Hou, H. Chuang, H. H. Juang, J. Sela, M. Iredell, R. Treadon, D. Kleist, P. V. Delst, D. Keyser, J. Derber, M. Ek, J. Meng, H. Wei, R. Yang, S. Lord, H. van den Dool, A. Kumar, W. Wang, C. Long, M. Chelliah, Y. Xue, B. Huang, J. Schemm, W. Ebisuzaki, R. Lin, P. Xie, M. Chen, S. Zhou, W. Higgins, C. Zou, Q. Liu, Y. Chen, Y. Han, L. Cucurull, R. W. Reynolds, G. Rutledge, and M. Goldberg (2010). NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) Selected Hourly Time-Series Products, January 1979 to December 2010.
- Stech, J. (1990). Um estudo comparativo da dinâmica da circulação de inverno entre as plataformas continentais das costas sudeste do brasil e dos estados unidos utilizando um modelo numérico. *São Paulo*.
- Stech, J. L. and J. A. Lorenzzetti (1992). The response of the south brazil bight to the passage of wintertime cold fronts. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 97(C6), 9507–9520.
- Valente, M. H. M. (1999). *Circulação na plataforma interna do litoral norte do Estado de São Paulo*. Ph. D. thesis.
- Zembruski, S. G. (1979). Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. *Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das áreas oceânicas adjacentes*. Rio de Janeiro, PETROBRAS. CENPES. DINTEP (Série Projeto RE-MAC NUM. 7).