



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

**Influências meteo-oceanográficas no padrão de  
distribuição espaço-temporal de concentração de  
clorofila-a na região do Embaiamento de Tubarão –  
Oceano Atlântico Oeste**

ARACRUZ

2015

MAHATMA SOARES FERNANDES

Influências meteo-oceanográficas no padrão de  
distribuição espaço-temporal de concentração de  
clorofila-*a* na região do Embaiamento de Tubarão –  
Oceano Atlântico Oeste

Dissertação apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Oceanografia Ambiental da  
Universidade Federal do Espírito  
Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em  
Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Renato David  
Ghisolfi

Co-Orientador: Dr. Meyre Pereira da  
Silva

ARACRUZ

2015

MAHATMA SOARES FERNANDES

Influências meteo-oceanográficas no padrão de  
distribuição espaço-temporal de concentração de  
clorofila-*a* na região do Embaiamento de Tubarão –  
Oceano Atlântico Oeste

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

COMISSÃO EXAMINADORA

X

---

Prof. Dr. Renato David Ghisolfi - Orientador  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

X

---

Dr. Camilo Dias Junior - Examinador externo  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES

X

---

Dr. Sebastian Krieger - Examinador externo  
Universidade de São Paulo - USP

# RESUMO

A região do Embaiamento de Tubarão (ET) é uma porção da Plataforma Leste Brasileira com grande importância ecológica. O ET é caracterizado pelo desenvolvimento de diversas feições oceanográficas de pequena e meso-escala com um importante papel na intrusão de águas ricas em nutrientes provenientes da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na camada fótica e assim favorecer o desenvolvimento de florações fitoplanctônicas em diferentes escalas espaço-temporais. O presente estudo identificou os principais modos de variação espaço-temporal da concentração de clorofila-*a* ([chl-*a*]) na região do ET e suas relações com as propriedades físicas da água do mar e forçantes meteorológicas. Para tanto foram analisados onze anos (2003-2013) de dados level 3 de [chl-*a*] oriundos do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS-Aqua), sete anos (2005-2012) de resultados de intensidade das componentes meridional e zonal do vento do modelo INPE/ETA e resultados termohalinos provenientes do modelo HYCOM Global assimilado 1/12° (*HYCOM Consortium*). A validação dos resultados dos modelos foi feita utilizando dados termohalinos *in situ* coletados esporadicamente por boias ARGO e por meio de aparelho CTD. Os resultados mostram que existem dois principais modos de variabilidade espaço-temporal da [chl-*a*]. O primeiro modo está altamente correlacionado às variações sazonais da profundidade da camada de mistura em regiões oceânicas externas à plataforma continental, de forma que uma camada de mistura mais profunda está associada a valores relativamente altos de [chl-*a*] durante os meses de inverno. Na região da plataforma continental este mesmo modo também está associado a um aumento na intensidade do vento durante o período de primavera. O segundo modo, de menor duração, ocorre entre novembro e janeiro em uma região restrita da plataforma e talude continental e está possivelmente associado ao desenvolvimento de uma ressurgência ligeiramente ao norte de 20°S promovida pelo *encroachment* da Corrente do Brasil na região de quebra de plataforma.

**Palavras-chave:** clorofila-*a*, variabilidade sazonal, influências meteo-oceanográficas, Embaiamento de Tubarão.

# ABSTRACT

The region of Tubarão Bight (TB) is part of the Eastern Brazilian Shelf and has high ecological importance. The TB is characterized by the development of various small and mesoscale oceanographic features which contribute to the intrusion of the nutrient-rich South Atlantic Central Water (SACW) in the photic layer and thus promotes the development of phytoplankton blooms in different spatial and temporal scales. The present study investigates the spatial and temporal variability of chlorophyll-*a* concentration ([chl-*a*]) in the TB region in order to identify the main modes of variability and their relation with the physical water properties and meteorological forcing. For this purpose the following datasets have been used: eleven years (2003-2013) level 3 [chl-*a*] data from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS-Aqua), seven years (2005-2012) of model-derived meridional and zonal components of wind intensity INPE/ETA and thermohaline model results from the Global HYCOM 1/12° assimilation (HYCOM Consortium). The models results were validated by performing comparisons against thermohaline *in situ* data from ARGO buoys and CTD. The results show that the dominant patterns of [chl-*a*] distribution in TB can largely be interpreted in the context of two modes of spatio-temporal variability. The first mode is strongly linked to seasonal variations of the mixed layer depth in the oceanic region adjacent to the continental shelf, such as higher [chl-*a*] are associated with deeper mixed layer depth mainly during the winter season. On the continental shelf the same mode is also associated to changes in the wind intensity during spring. The second mode is of shorter duration than the first and takes place between November and January in a restricted area of the continental shelf and continental slope. This mode may be associated with the development of an upwelling process slightly north of 20°S promoted by the encroachment of the Brazil Current into the shelf break.

**Keywords:** chlorophyll-*a*, seasonal variability, meteorological and oceanographic influences, Tubarão Bight.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Região de estudo .....	13
Figura 2 - Pontos de coleta de dados.....	16
Figura 3 - Mapa batimétrico da região de estudo com a área em que houve omissão dos dados.....	18
Figura 4 - Regressão linear entre a temperatura conservativa calculada a partir dos resultados modelados e dos dados coletados.....	21
Figura 5 - Regressão linear entre a salinidade absoluta e massa específica calculada a partir dos resultados modelados e dos dados coletados.....	22
Figura 6 - Perfis verticais médios de massa específica para os períodos de verão e inverno .....	23
Figura 7 – Variação temporal de temperatura conservativa nas profundidades de 0, 10, 20 e 30 metros .....	24
Figura 8 – Variação temporal de salinidade absoluta nas profundidades de 0, 10, 20 e 30 metros .....	25
Figura 9 – Variação temporal de massa específica nas profundidades de 0, 10, 20 e 30 metros .....	25
Figura 10 - Transecto sobre o paralelo de 21,4°S de fluorescência coletado durante a operação MCT III.....	27
Figura 11 - Média climatológica de concentração de clorofila-a.....	28
Figura 12 – Desvio padrão climatológico de concentração de clorofila-a.....	29
Figura 13 - Mapa de correlação R entre as séries de anomalias e seus respectivos harmônicos anuais e os pontos de coleta .....	30
Figura 14 - Séries temporais anuais médias de concentração de clorofila-a juntamente com os erros padrões associados dos pontos P4, P5 e P6 e P7 e P8.....	31
Figura 15 - Séries temporais anuais médias de concentração de clorofila-a juntamente com os erros padrões associados dos pontos P1, P2 e P3 .....	32
Figura 16 - EOF do principal modo de variabilidade da concentração de clorofila-a.	34
Figura 17 - Periodograma da série temporal da componente principal 1 .....	34
Figura 18 - EOF do segundo modo de variabilidade da concentração de clorofila-a	36

Figura 19 - Periodograma da série temporal da componente principal 2 .....	36
Figura 20 – SVD referente a 98,4% da covariância entre a [chl-a] e a profundidade da camada de mistura.....	37
Figura 21 – SVD referente a 93,3% da covariância entre a profundidade da camada de mistura e a tensão de cisalhamento do vento .....	39
Figura 22 - SVD referente a 96,2% da covariância entre a [chl-a] e a tensão de cisalhamento do vento .....	41
Figura 23 - SVD referente a 93,5% da covariância entre a [chl-a] e o rotacional da tensão de cisalhamento do vento.....	43
Figura 24 - Nível de base da concentração de clorofila-a .....	45
Figura 25 - Amplitude da floração de clorofila-a.....	45
Figura 26 - Início da floração de concentração de clorofila-a.....	46
Figura 27 – Duração da floração .....	46
Figura 28 - Média mensal dos fluxos de calor sobre o Banco Vitória.....	49
Figura 29 - Perfis verticais climatológicos de concentração de nitrato na região central do Embaio de Tubarão .....	50
Figura 30 - Transecto de temperatura perpendicular à costa em 19,74°S .....	52
Figura 31 - Perfil hidrodinâmico da camada superficial (modelo HYCOM Global assimilado) sobreposto à concentração de clorofila-a.....	52
Figura B1 - Perfis verticais médios de temperatura conservativa.....	90
Figura B2 - Perfis verticais médios de salinidade absoluta .....	91
Figura B3 - Perfis verticais médios de massa específica .....	92

# SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
2. Objetivos.....	12
3. Materiais e métodos .....	13
3.1 Área de estudo .....	13
3.2 Dados .....	15
3.3 Métodos.....	16
4. Resultados.....	21
4.1 Validação dos resultados dos modelos.....	21
4.1.1 Temperatura e salinidade.....	21
4.1.2 Vento.....	26
4.2 O alcance dos sensores ópticos orbitais .....	26
4.3 Distribuição espaço-temporal da [chl-a].....	28
4.4 Variabilidade conjunta.....	37
4.5 Fenologia da concentração de clorofila-a .....	43
5. Discussões.....	48
6. Conclusões .....	54
7. Perspectivas futuras.....	56
8. Referências.....	57
Apêndice A.....	67
Apêndice B.....	90



# 1. Introdução

A presença dos produtores primários é essencial para a manutenção de toda a biodiversidade marinha. O fitoplâncton é a base das cadeias alimentares aquáticas e a produção dos beneficiários finais está ligada à produtividade primária (REYNOLDS, 2006). Portanto, entender o seu comportamento é básico quando se trata de monitorar ou conservar o ambiente.

De acordo com Nybakken (1997) a simplicidade desses organismos faz com que os níveis de produção primária proveniente deles sejam limitados basicamente por dois fatores no ambiente marinho: luz e nutrientes. Contudo essa geração de biomassa é mais comumente limitada pela baixa luminosidade de alguns locais, tais como regiões profundas dos oceanos ou regiões de altas latitudes durante os períodos de inverno. Por outro lado, em oceanos tropicais a disponibilidade de luz nas camadas superficiais para a ocorrência da fotossíntese é alta durante todo o ano. Isso acarreta no desenvolvimento de uma forte estratificação térmica que pode dificultar o fluxo de nutrientes das camadas mais profundas para a zona fótica (NYBAKKEN, 1997). Somado a isso, o fitoplâncton apresenta uma baixa capacidade de migração devido à ausência de estruturas natatórias na maioria dos grupos e à alta viscosidade do ambiente aquático, o que tornam suas interações ecológicas com o meio significativamente limitadas (MANN e LAZIER, 2006).

Todavia, processos turbulentos de pequena escala (da ordem de  $10^2$  m) podem atuar como mecanismos físicos externos que auxiliam no transporte de nutrientes contribuindo na assimilação dessas substâncias pelos produtores primários. Tais mecanismos podem reduzir a estratificação térmica e misturar a coluna d'água, trazendo de volta para as camadas superiores os nutrientes que afundaram para a zona afótica em períodos de calmaria (MARGALEF, 1991; NYBAKKEN, 1997; WILLIAMS *et al.*, 2002; REYNOLDS, 2006; MANN e LAZIER, 2006).

Os movimentos verticais nos oceanos decorrentes dos processos turbulentos de pequena escala resultam de uma cascata de energia dentro do oceano que transfere a energia proveniente do sol, ventos, marés e movimentos de larga escala que são transmitidos progressivamente em movimentos de escalas cada vez menores até serem dissipados pelas forças viscosas da água em forma de calor (CASASAYAS,

2001). De acordo com o autor essas interações ocorrem em vários níveis, desde circulações de bacias oceânicas (ordem de  $10^6$  m), passando por pequenas áreas de ressurgência (ordem de  $10^4$  m), até as menores escalas de turbulência que afetam células individuais (ordem de  $10^{-3}$  m). Entretanto, não é toda energia cinética contida em processos hidrodinâmicos de larga escala que contribui para a mistura no oceano. A maior parte dessa energia é envolvida no transporte de grandes quantidades de água e a maior parte da mistura da coluna ocorre por pequenas feições desses movimentos.

Estudos, tais como o de Platt (1971), evidenciaram que a concentração do fitoplâncton é altamente controlada pela turbulência e não por atributos dinâmicos do organismo. Kesaulya *et al.* (2008) chegaram a uma conclusão semelhante relacionando a turbulência induzida pelo vento e pela maré e a concentração de clorofila-a ([chl-a]) na região do Canal da Mancha. Já em oceanos tropicais, além dos fatores mecânicos, a troca de calor na interface oceano-atmosfera também tem um importante papel no movimento vertical turbulento e conseqüente influência sobre o fitoplâncton nas camadas superficiais (DANDONNEAU e GOHIN, 1984; JENA *et al.*, 2013; GHISOLFI *et al.*, 2015).

Macroscopicamente falando, a variabilidade local da biomassa fitoplanctônica pode ser controlada quase que completamente pelo ciclo de uma ressurgência local. Isso é o que acontece nos mares da Arábia e de Andamão (com forte sazonalidade com o ciclo de monções asiático) e na costa do Peru (influenciada pelas oscilações entre o El Niño e o La Niña) (REYNOLDS, 2006). No Brasil, a ocorrência da ressurgência costeira na região sul da plataforma continental do estado do Espírito Santo e Rio de Janeiro (RODRIGUES e LORENZETTI, 2001; CASTRO *et al.*, 2006) decorre da atuação dos ventos predominantes de nordeste na estação de verão (SOUZA *et al.*, 2007) que deslocam a água superficial em direção ao oceano aberto e provocam a intrusão da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), rica em nutrientes, na zona fótica (PALMA e MATANO, 2009). Entretanto, de acordo com CASTRO *et al.* (2006), a ressurgência nessa área não é de grandes proporções espaciais e temporais como as previamente citadas não sendo, climatologicamente falando, o mecanismo que controlaria o ciclo do fitoplâncton na região. Fernandes (2013) não conseguiu identificar florações recorrentes do fitoplâncton que poderiam estar associadas a uma

possível ressurgência costeira induzida pelo vento na plataforma continental capixaba durante os períodos de verão.

Outro exemplo de feição física com grande aptidão para aumentar a capacidade de suporte à comunidade fitoplanctônica são os vórtices ciclônicos. No Embaiamento de Tubarão o Vórtice de Vitória é tido como o mais importante (SCHMID *et al.*, 1994; GAETA *et al.*, 1999). Sendo um vórtice ciclônico, ele contrai a coluna d'água e eleva as isopicnais para a superfície do mar. Essa contração expõe os nutrientes das camadas inferiores em contato com a zona fótica, tornando assim possível o desenvolvimento das células fitoplanctônica (LEE e WILLIAMS, 2000). Entretanto ainda não existem trabalhos que relacionem o desenvolvimento desse vórtice e a concentração de microalgas na região em escalas temporais satisfatórias. Costa (2007) mostrou que essa estrutura não seria uma feição permanente, ocorrendo principalmente entre março e abril. Além dele, outros vórtices, meandros e feições de sub-mesoescala se desenvolvem no embaiamento (ARRUDA *et al.*, 2013). Tais processos podem favorecer o aumento da biomassa das microalgas, mas dificilmente se mantém ativas por mais de um mês (FREITAS, 2014).

Apesar dos fatores supracitados, as temperaturas relativamente altas durante todo o ano (típico dos oceanos tropicais) desfavoreceriam o desenvolvimento de florações expressivas de biomassa do fitoplâncton no Embaiamento de Tubarão como ocorre, por exemplo, nos mares polares (verões) e temperados (primaveras e outonos) (NYBAKKEN, 1997). Porém, as zonas neríticas apresentariam uma maior capacidade de suporte ao fitoplâncton durante o ano todo (REYNOLDS, 2006).

Resultados de Silva (2005) (regiões de plataforma continental e oceano profundo) Souza *et al.* (2007) (regiões de plataforma continental e oceano profundo) e Fernandes (2013) na costa do Espírito Santo (regiões de plataforma continental) mostraram que no inverno existe um período de concentrações acima da média do *proxy* de biomassa do fitoplâncton, a clorofila-*a* (BEHRENFELD e BOSS, 2006). Segundo Ciotti *et al.* (2010) esse aumento seria decorrente da atuação de ventos associados a passagem de frentes frias na região que teriam a capacidade de reduzir a estratificação termal do oceano. Por outro lado, Kampel (2013) e Ghisolfi *et al.* (2015) sugeriram que imediatamente ao sul e ao norte do Embaiamento de Tubarão, respectivamente, o resfriamento radioativo das camadas superficiais do oceano seria o fator mais importante controlando a [chl-*a*] em escalas sazonais. Fernandes (2013)

mostrou que na região de quebra de plataforma em frente a cidade de Vitória a [chl-a] apresenta um comportamento diferenciado. Além da floração de inverno, são observados períodos de maiores concentrações de clorofila-a entre os meses de novembro e fevereiro, todavia o autor não definiu a causa desses eventos.

Baseando-se nas evidências apresentadas, o presente trabalho propõe-se a determinar os padrões de variabilidade sazonais da concentração de clorofila-a no Embaiamento de Tubarão, bem como as forçantes que o controlam. Esse trabalho foi elaborado com a hipótese de que os processos turbulentos na camada de mistura (ordem de  $10^2$  m) são os principais fatores que condicionam a variabilidade sazonal da biomassa fitoplanctônica da região de estudo.

## 2. Objetivos

O objeto deste estudo é avaliar a influência de forçantes meteorológicas e oceanográficas sobre o padrão de distribuição espaço-temporal de concentração de clorofila-*a* na região do Embaiamento de Tubarão.

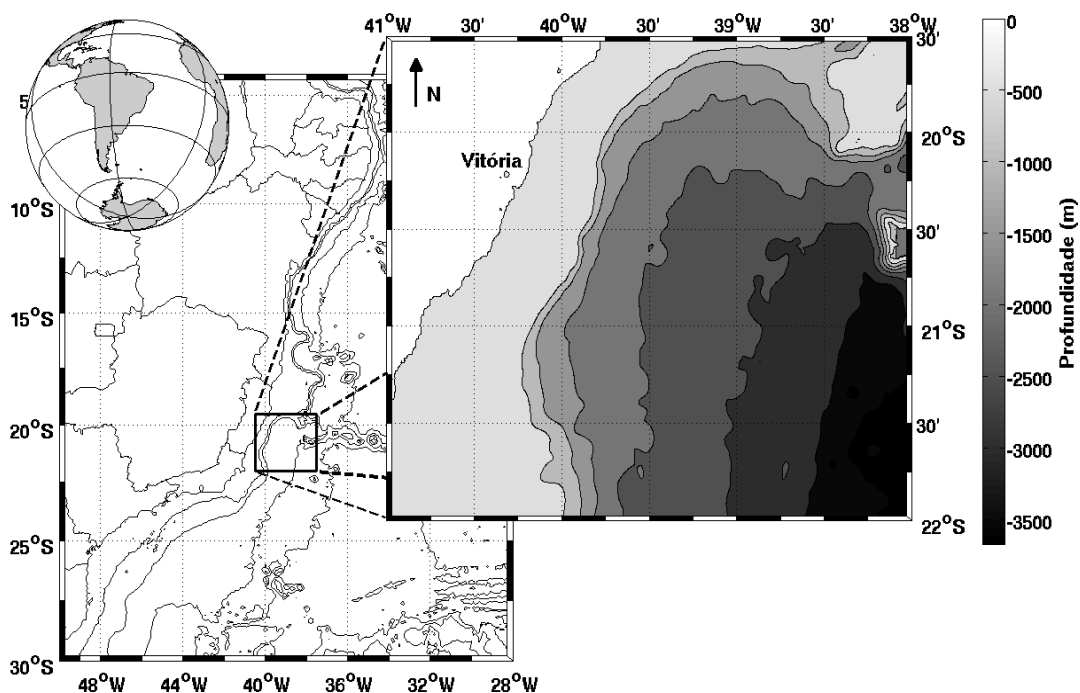
Específicos:

- Determinar o padrão médio de concentração de clorofila-*a* da região de estudo;
- Identificar os principais padrões de variação espacial e temporal de escala sazonal de variabilidade da distribuição da concentração de clorofila-*a* na região de estudo;
- Avaliar a associação dos padrões de concentração de clorofila-*a* com os padrões de variação espacial e temporal da profundidade da camada de mistura;
- Avaliar a associação dos padrões de concentração de clorofila-*a* com os padrões de variação espacial e temporal da tensão e do rotacional da tensão de cisalhamento do vento.

## 3. Materiais e métodos

### 3.1 Área de Estudo

A região de estudo está situada entre  $19^{\circ}30'S$  e  $22^{\circ}00'S$  e  $38^{\circ}00'O$  e  $41^{\circ}00'O$ , abrangendo a região de plataforma, talude continental e bacia oceânica do Embaiamento de Tubarão (Figura 1). Essa região é uma unidade fisiográfica da margem continental leste brasileira, delimitada pela Cadeia Vitória-Trindade a leste e pelo Banco de Abrolhos ao norte. Ela é caracterizada pela plataforma continental estreita ao sul do Banco de Abrolhos que se amplia em direção ao Cabo de São Tomé, com aproximadamente 50 km de largura média e talude continental com largura variando entre 30 a 80 km (BARRETO e MILLIMAN, 1969; ZEMBRUSCKI, 1979).



**Figura 1** - Região de estudo compreendida entre o estado do Espírito Santo e norte do estado do Rio de Janeiro.

Nessa área o padrão médio do vento apresenta variações sazonais, sendo que no inverno predominam ventos de leste no norte do ES e ventos de nordeste no estado do RJ e no período de verão os ventos de nordeste dominam toda a região (BASTOS e FERREIRA, 2000; SOUZA *et al.*, 2007).

Em relação a circulação oceânica, na região de quebra de plataforma a Corrente do Brasil (CB) transporta águas tropicais (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) em direção as altas latitudes (STRAMMA e ENGLAND, 1999; SILVEIRA *et al.*, 2006). Ao sul do Banco de Abrolhos a CB passa por processos de meandramentos e formação de vórtices devido, principalmente, as alterações na vorticidade potencial sofridas pela corrente durante a passagem pelo fundo irregular desse local (GARFIELD, 1990; SIEDLER E ZENK, 1991; COSTA, 2007; SERVINO, 2014).

Além da presença de vórtices atuando como mecanismo favorável a ascensão de água na região (CALADO *et al.*, 2010), ocorre uma ressurgência costeira na região centrada próximo a cidade de Cabo Frio (RJ) devido a atuação de ventos de nordeste (PALMA e MATANO, 2009; AGUIAR, *et al.*, 2014). Castelão e Barth (2006) e Aguiar *et al.* (2014) também ressaltaram a importância do papel do bombeamento de Ekman enquanto Martins (2014) identificou a ocorrência do *encroachment* (ROUGHAN e MIDDLETON, 2004) sobre a plataforma continental principalmente entre a primavera e o verão. A ressurgência consequente desses fatores é marcada pela intrusão de ACAS (ou no mínimo de uma água com influência da ACAS) na plataforma continental e pode ser percebida até ao norte da cidade de Vitória (ES) (SCHMID *et al.*, 1994) e chegar a região da desembocadura do Rio Doce (MARTINS, 2014).

As principais fontes de águas continentais da região são os dois maiores rios que deságuam nessa plataforma continental, o Doce e o Paraíba do Sul. Eles apresentam uma vazão média anual próxima as suas desembocaduras em torno de 1000 m<sup>3</sup>/s que pode oscilar entre próximo de 1800 m<sup>3</sup>/s nos verões e 500 m<sup>3</sup>/s nos invernos (FERNANDES, 2013).

Na região costeira dessa área há a atuação de ondas na faixa entre 1,0 e 2,0 m de altura (cerca de 80%), raramente ultrapassando 1,5 m de altura (ALBINO, 1999). Elas estão divididas entre as do quadrante nordeste (pequenas, de baixa energia e curto período) e do quadrante sudeste (períodos e alturas um pouco maiores), sendo as do quadrante sudeste as mais atuantes durante o ano (59% do tempo).

O balanço médio do fluxo de calor entre o oceano e a atmosfera foi mencionado no estudo de Ghisolfi *et al.* (2015) para a região do Banco de Abrolhos (ao norte), enquanto que Lemos (2014) estimou valores na região da Cadeia Vitória-Trindade (a leste). Ambos indicaram a ocorrência de um fluxo líquido negativo (perda

de calor pelo oceano) no período de final de março até o início de setembro e positivo (ganho de calor pelo oceano) no restante do período anual.

### 3.2 Dados

Na elaboração desse trabalho foram utilizados dados médios mensais de concentração de clorofila-a nível 3 de processamento (4 km de resolução espacial) referentes ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2013. Os dados derivam de estimativas obtidas pelo sensor óptico *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) a bordo do satélite Aqua. As informações são disponíveis gratuitamente no sítio <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>, em arquivos *Hierarchical Data Format* (HDF).

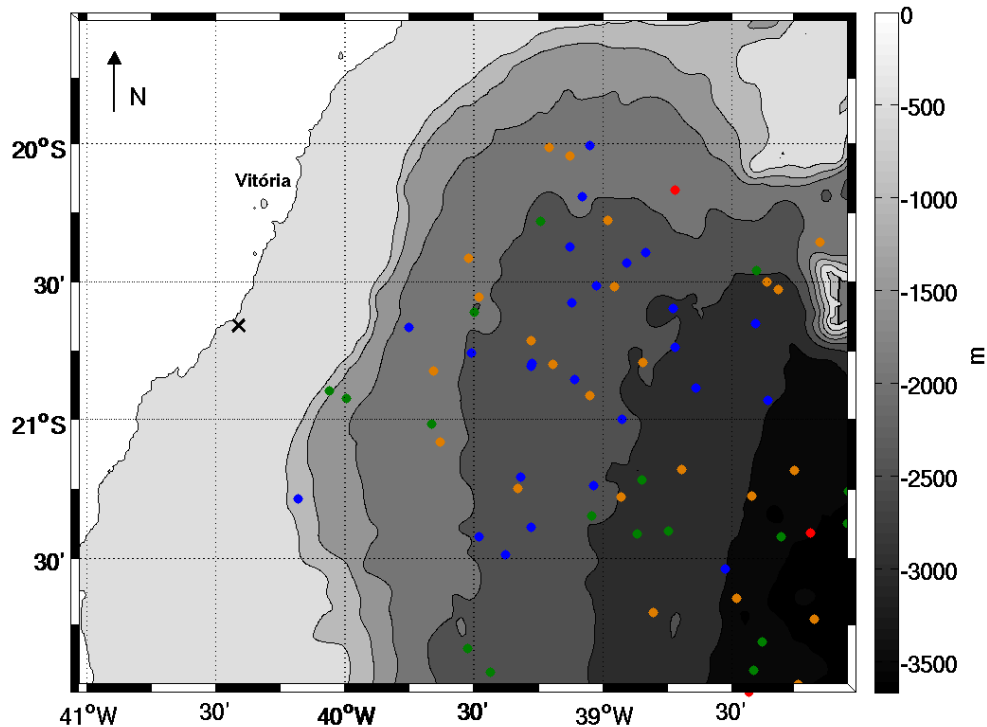
Os resultados numéricos de temperatura e salinidade são oriundos de simulações numéricas do modelo *Hybrid Coordinate Ocean Model* (HYCOM). O HYCOM é um modelo assimilado (HYCOM, 2015) e os campos globais tridimensionais instantâneos diários com 1/12° de resolução espacial são disponibilizados gratuitamente pelo *HYCOM Consortium* no sítio <http://hycom.org> em formato *network Common Data Form* (NetCDF). O período analisado foi de maio de 2005 a março de 2012.

Os resultados simulados da velocidade das componentes zonal e meridional do vento ao nível de 1000 mbar resultam de simulações numéricas do modelo ETA (ETAMODEL, 2015). Os campos numéricos (formato *gridded binary* - GRB) foram adquiridos para o mesmo período dos dados do modelo HYCOM do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e apresentam uma resolução temporal de 12 horas e espacial de 20 km.

Para a validação dos resultados termohalinos foram utilizados dois conjuntos de dados. O primeiro foi obtido a partir de 69 perfilagens verticais das boias ARGO (3 no verão, 17 no outono, 25 no inverno e 24 na primavera) realizadas no período analisado em regiões de talude continental e bacia oceânica da área de estudo (Figura 2). Esses dados estão disponíveis no sítio <http://www.coriolis.eu.org> e, por serem boias de deriva, a suas amostragens no espaço dependem do padrão de correntes do local onde se encontram (CORIOLIS, 2015). O segundo conjunto de dados foi utilizado para validar os resultados termohalinos sobre a plataforma continental. Eles foram coletados em campanhas independentes do projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM)



(Figura 2) realizadas de forma não periódica sobre a região do Recife Artificial Victory 8B (cidade de Guarapari - ES) (BASTOS *et al.*, 2007). As informações de posicionamento dos pontos e valores das variáveis se encontram na Tabela A1 e na Tabela A2 do APÊNDICE A.



**Figura 2** - Pontos de coleta de dados *in situ*. Os círculos representam os pontos de coleta pelas boias ARGO sendo os vermelhos nos verões (3 boias), os verdes nos outonos (17 boias), os azuis nos invernos (25 boias) e os laranjas nas primaveras (24 boias). O "x" preto sobre a plataforma continental representa o ponto de coleta de dados por CTD.

### 3.3 Métodos

Para a maior parte da manipulação e visualização dos dados foi utilizado o programa computacional *Matlab*<sup>TM</sup> 8.1. O *Matlab*<sup>TM</sup> é um ambiente de computação técnica integrada que combina computação numérica, gráficos, visualização e uma linguagem de programação de alto nível (MATHWORKS, 2013).

Inicialmente, a resolução temporal dos resultados dos modelos HYCOM e ETA foi ajustada para mensal por meio de médias aritméticas para serem compatíveis com a resolução temporal dos dados de [chl-a]. Em seguida, foram estimados campos médios tridimensionais de massa específica segundo as equações do Gibbs SeaWater 3.03 (GSW) (TEOS-10, 2014) nas pressões de 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150 e 200 dbar. Posteriormente, essas informações foram utilizadas para se

estimar a profundidade da camada de mistura segundo os critérios definidos por Kara *et al.* (2000).

A partir dos resultados de intensidade das componentes zonal e meridional da velocidade do vento a um nível de 1000 mbar do modelo ETA calculou-se a tensão de cisalhamento do vento segundo a Equação 1 (CUSHMAN-ROISIN e BECKERS, 2011).

$$\begin{aligned}\tau_x &= C_d \rho_{ar} |u_{10}| u_{10} \\ \tau_y &= C_d \rho_{ar} |v_{10}| v_{10}\end{aligned}\quad \text{Equação 1}$$

Onde  $\tau_x$  e  $\tau_y$  são as componentes zonal e meridional da tensão do vento ( $\vec{\tau}$ ),  $C_d$  é o coeficiente de arrasto com valor de  $1,5 \times 10^{-3}$ ,  $\rho_{ar}$  é a massa específica do ar atmosférico a 10 metros da superfície com valor de  $1,2 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $u_{10}$  e  $v_{10}$  são as componentes x e y do vetor velocidade do vento, ambos a 10 metros da superfície.

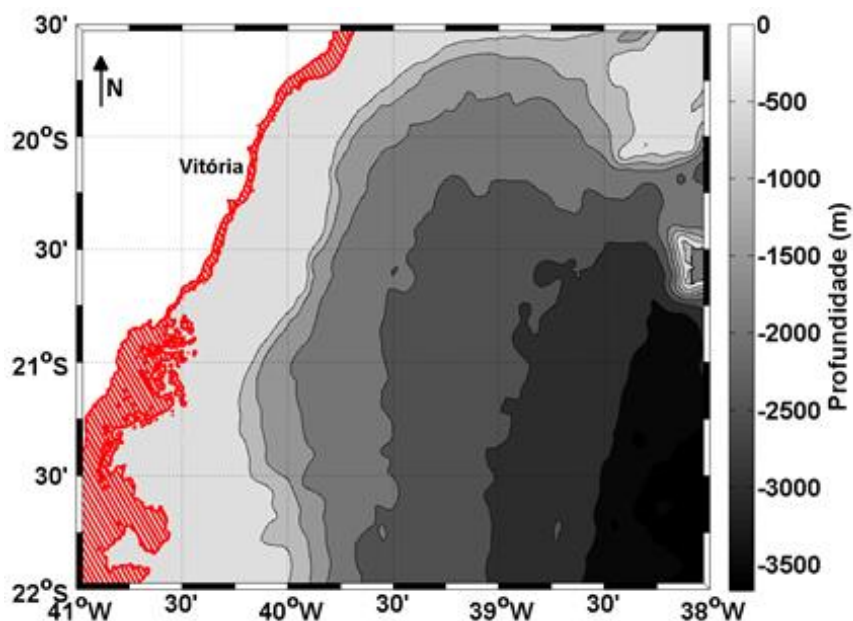
As componentes da tensão de cisalhamento do vento foram usadas para calcular a componente vertical do seu rotacional seguindo a Equação 2.

$$(\nabla \times \vec{\tau})_{\vec{k}} = \frac{\partial \tau_y}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial y}\quad \text{Equação 2}$$

Todas as informações analisadas foram manuseadas na forma de campos bidimensionais cujo número total de pontos variou de acordo com a resolução espacial dos dados, a saber: 4440 pontos para a [chl-a]; 1326 para os campos termohalinos (HYCOM); e 208 pontos para os resultados do modelo ETA.

A fim de se evitar a contaminação por material em suspensão (sedimento e/ou matéria-orgânica) e/ou reflexões do fundo nos dados de concentração de clorofila-a, os pontos localizados em profundidades rasas foram eliminados (mascarados) (Figura 3) (Hu *et al.*, 2000). Neste sentido, optou-se por definir uma isóbata limítrofe ao invés de uma extensão fixa da costa. Isso foi feito porque: 1- a profundidade da zona fótica em plataforma continental média pode chegar a ser de apenas 15 metros (CONCEIÇÃO, 2013); 2 - a área de estudo apresenta a intrusão de duas grandes plumas fluviais (Rio Doce e Rio Paraíba do Sul) as quais podem atingir distâncias em torno de 12,5 km (profundidades em torno dos 15 metros) quando misturadas à água de plataforma interna em períodos de maiores vazões (ESCH, 2010; ZOFFOLI *et al.*, 2011; CAMPOS 2011) e; 3 - A região costeira entre os municípios de Aracruz e Vitória

apresenta uma grande densidade de sedimentos bioclásticos finos e de baixa densidade (ALBINO e SUGUIO, 2011) que são facilmente suspensos pelas ondas que chegam na região. Essa ressuspensão ocorre até entre 7 e 11 metros de profundidade em condições de ondas típicas. Para aumentar a confiabilidade dos dados, foi assumida a isóbata de 20 metros de profundidade como valor limítrofe para se garantir que eventos de entrada de ondas de maior amplitude e comprimento, principalmente nos meses de inverno (PIUMBINI, 2009), não contaminassem os resultados. Com isso houve uma perda de área de aproximadamente 6%.



**Figura 3** – Mapa batimétrico da região de estudo com destaque (hachurada em vermelho) para a área onde os dados de concentração de clorofila-a foram desconsiderados.

Em cada um dos pontos dos campos bidimensionais foram construídas séries temporais de cada uma das variáveis analisadas. Com isso foi possível realizar análises estatísticas básicas (análises de posição e dispersão) e um pouco mais complexas (análise harmônica, análise espectral, correlações, funções ortogonais empíricas, do inglês *Empirical Orthogonal Function* (EOF) e decomposição de valores singulares, do inglês *Singular Value Decomposition* (SVD)).

A Análise harmônica foi desenvolvida de acordo com o método de mínimos quadrados (EMERY e THOMSON, 2001) sobre as séries temporais de [chl-a] de todos os pontos visando extrair o harmônico anual para uma posterior análise de correlação linear de Pearson entre o harmônico e a série de anomalia (removida a média total) do mesmo ponto.

Com as análises de EOF pode-se explicar a estrutura de covariância do campo de dados através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e são não correlacionadas entre si. Cada componente principal apresenta um perfil espacial e um temporal representativo a um “modo” de variabilidade contido nos dados originais, na qual o produto do perfil espacial pelo temporal representa um valor de anomalia referente àquele modo (EMERY e THOMSON, 2001; MINGOT, 2005; WILKS, 2006). Em seguida, a significância desses resultados foi testada de acordo a metodologia apresentada por North *et al.* (1982).

A partir das análises espectrais dos perfis temporais das componentes principais de [chl-a], pôde-se obter a contribuição do(s) modos(s), de acordo com sua(s) frequência(s) em termos de energia espectral (EMERY e THOMSON, 2001).

Para efetuar a análise de SVD foi criada a matriz de covariância cruzada entre as variáveis mantendo-se as resoluções espaciais originais das variáveis enquanto que a resolução temporal e o período analisado foi o mesmo. Antes de se aplicar as análises de EOF e SVD foram realizados os procedimentos essenciais para a obtenção de resultados satisfatórios, ou seja 1 – remoção da média temporal<sup>1</sup> e 2 – remoção da tendência linear dos dados (BJORNSSON e VENEGAS, 1997).

O estudo fenológico da [chl-a] (SIEGEL *et al.*, 2002; PLATT *et al.*, 2008; NAVARRO *et al.*, 2012; KAMPEL, 2013; GHISOLFI *et al.*, 2015) na região de estudo foi realizado a partir do ajuste dos valores médios mensais estimados para o período de 2003 a 2013 à curva gaussiana representativa da floração fitoplanctônica anual (PLATT *et al.*, 1988) conforme a Equação 3.

$$[Chl]_t = Chl_0 + \frac{h}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{(t-t_{max})^2}{2\sigma^2}\right]} \quad \text{Equação 3}$$

onde,  $[Chl]_t$  ( $\text{mg m}^{-3}$ ) é a [chl-a] em função do tempo,  $Chl_0$  ( $\text{mg m}^{-3}$ ) é a linha de base da [chl-a],  $\frac{h}{\sigma\sqrt{2\pi}}$  ( $\text{mg m}^{-3}$ ) é a amplitude da floração e  $t_{max}$  é o mês de máxima [chl-a] da floração. O critério para definir o início da floração como sendo o instante no qual a [chl-a] era 10% superior ao valor mediano da concentração (SIEGEL *et al.*, 2002) se

---

<sup>1</sup> A média temporal foi mantida na análise de SVD dos dados de rotacional da tensão de cisalhamento do vento para facilitar a identificação de períodos favoráveis ou desfavoráveis à ressurgência.

adaptou bem no estudo realizado por Ghisolfi *et al.* (2015) sobre o Banco de Abrolhos (limite norte da região de estudo) e na Bacia de Campos (limite sul da área de estudo) (KAMPEL, 2013). Esse mesmo critério foi assumido no presente estudo. O mesmo critério foi utilizado para se definir o término da floração anual na porção descendente da curva gaussiana. O intervalo de tempo entre esses dois limites foi assumido como o tempo de duração da floração.

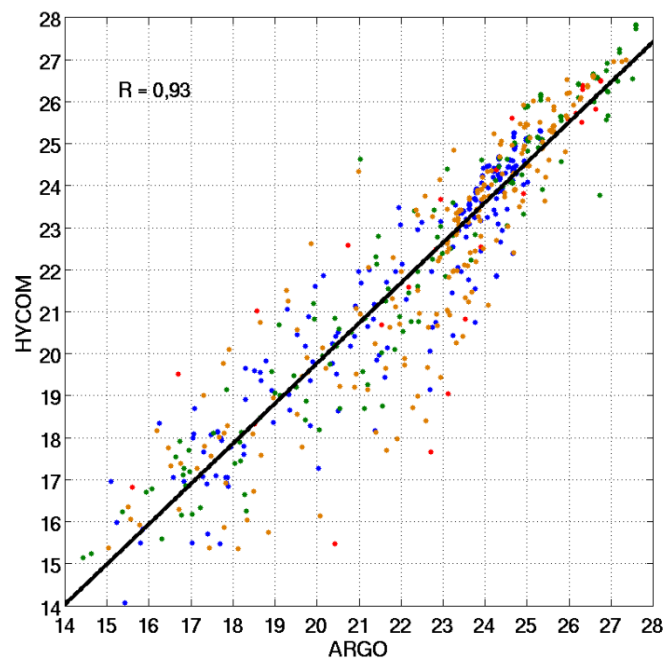
Na validação dos resultados termohalinos, inicialmente os dados de temperatura *in situ* (ARGO e CTD) e temperatura potencial (HYCOM) foram convertidas em temperatura conservativa e os dados de salinidade prática e condutividade (ARGO, CTD e HYCOM) foram convertidos em salinidade absoluta pelas equações do GSW. Posteriormente, perfis médios sazonais de temperatura conservativa, salinidade absoluta, massa específica foram comparados entre si utilizando-se os valores médios e seus respectivos erros padrões nas pressões de 10, 20, 30, 50, 75, 100, 125, 150 e 200 dbar. Sobre a plataforma continental essa comparação ocorreu nas mesmas pressões até 30 dbar (incluindo a superfície – 0 dbar).

## 4. Resultados

### 4.1 Validação dos resultados dos modelos

#### 4.1.1 TEMPERATURA E SALINIDADE

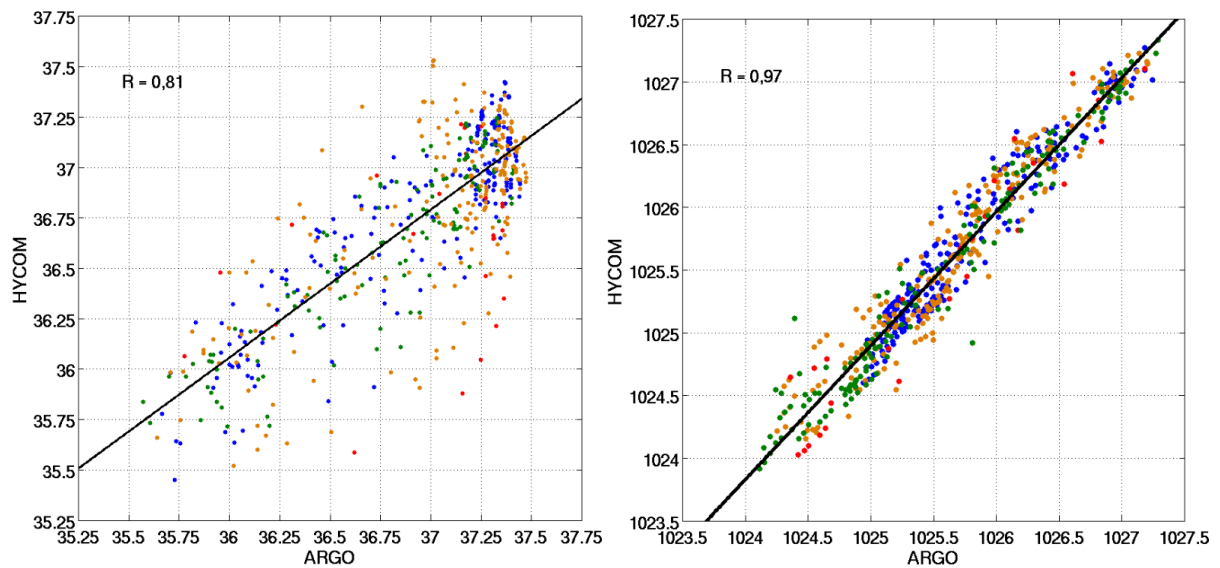
Em relação a temperatura, na região de bacia oceânica o modelo HYCOM apresentou somente uma pequena tendência de resfriamento (aproximadamente 1°C mais frio) na camada compreendida entre 90 e 175 m de profundidade na estação de primavera, o que não foi observado nas demais estações nas quais as diferenças médias entre modelo e observações *in situ* foram insignificantes. A correlação linear entre os dados medidos e modelados foi de 0,93 (Figura 4), o que evidencia a qualidade dos resultados em relação a sua variabilidade espaço-temporal. Os perfis verticais médios de temperatura conservativa das quatro estações do ano se encontram na Figura B1 do APÊNDICE B.



**Figura 4** - Regressão linear entre a temperatura conservativa (°C) calculada a partir dos resultados modelados e dos dados coletados. Os círculos vermelhos representam as amostras de verão, os verdes as de outono, os azuis as de inverno e os laranjas as de primavera.

Quanto a salinidade, o modelo apresentou uma relativa tendência de subestimar a quantidade de sal dissolvida nos primeiros 120 m de profundidade, o que resultou em menores valores de massa específica na camada superficial (região de

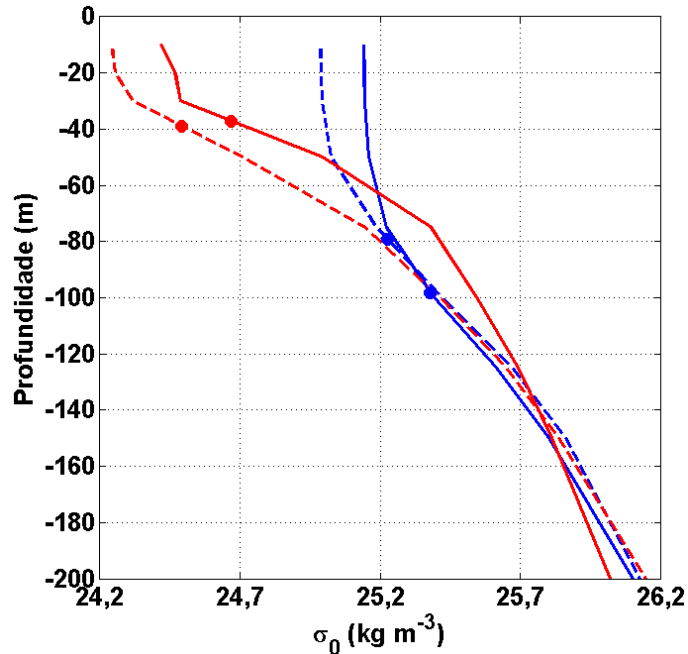
bacia oceânica). Todavia, apesar da salinidade e a massa específica não serem representadas por valores médios de alta qualidade como os resultados de temperatura, a variação espaço-temporal de ambos fatores apresentou um comportamento satisfatório (correlação linear de 0,81 para a salinidade e 0,97 para a massa específica (Figura 5). Os perfis verticais médios de salinidade absoluta e anomalia de massa específica potencial ( $\sigma_0$ ) das quatro estações do ano se encontram na Figura B2 e Figura B3 do APÊNDICE B.



**Figura 5** - Regressão linear entre salinidade absoluta (g/kg) (esquerda) e a massa específica ( $\text{kg m}^{-3}$ ) (direita) calculadas a partir dos resultados modelados e dos dados coletados. Os círculos vermelhos representam as amostras de verão, os verdes as de outono, os azuis as de inverno e os laranjas as de primavera.

Os perfis médios de anomalia de massa específica potencial ( $\sigma_0$ ) das estações de inverno e verão evidenciam os extremos observados (Figura 6). Apesar de no verão terem sido realizadas somente 3 amostragens os erros padrões das médias da massa específica foram da ordem de  $10^{-1} \text{ kg m}^{-3}$  mostrando que as médias têm boa representatividade. Também foi observada uma diferença muito pequena entre a profundidade média da camada de mistura proveniente dos resultados modelados e dados coletados (cerca de 3 metros). Já no inverno a maior quantidade de amostragens (25) somada a baixa variabilidade dos valores resultou em erros padrões da média da ordem de  $10^{-2} \text{ kg m}^{-3}$ . A diferença na profundidade média da camada de mistura entre o modelo e os dados coletados foi a maior observada, de aproximadamente 20 metros, sendo mais rasa no modelo. Nas estações de outono e primavera o comportamento dos perfis médios foi semelhante e apresentaram um formato intermediário quando comparado aos perfis de verão e inverno. Eles também

tiveram baixos erros padrões da média e diferenças de aproximadamente 6 a 4 metros entre as profundidades médias das camadas de mistura modeladas e observadas, estando entre 50 e 60 metros de profundidade.

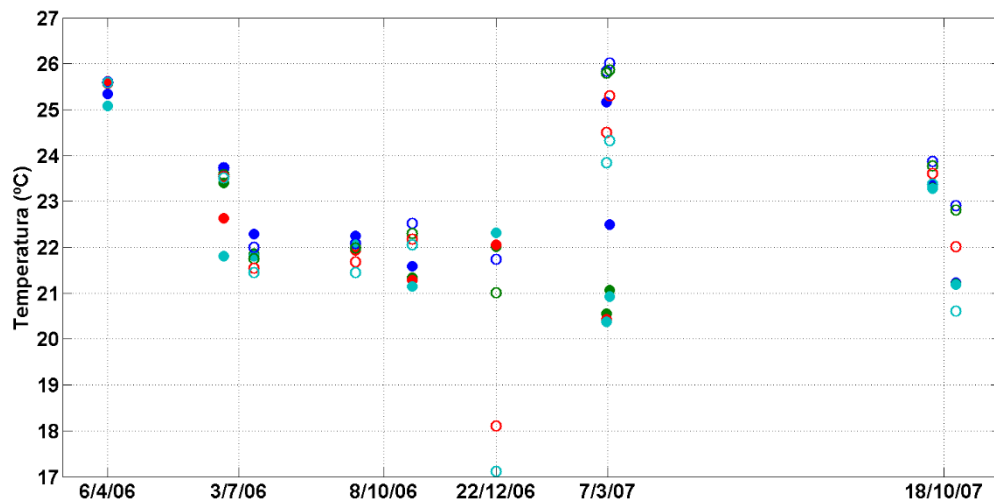


**Figura 6** - Perfis verticais médios de anomalia de massa específica potencial ( $\sigma_0$ ) para os períodos de verão (linhas vermelhas) e inverno (linhas azuis). As linhas contínuas apresentam o comportamento dos dados das boias ARGO e as linhas tracejadas do modelo HYCOM. Os círculos marcam a profundidade média da camada de mistura.

Já sobre a plataforma continental o modelo superestimou levemente os valores de temperatura na camada compreendida entre 0 e 10 metros de profundidade. Entretanto, nas demais profundidades avaliadas o comportamento do modelo se encontrou dentro do intervalo de erro dos dados *in situ* (figura não mostrada). O aquecimento em águas de plataforma continental também foi observado por Wilkin e Hunter (2013) na região do Mid-Atlantic Bight. Segundo os autores, os resultados nas camadas superficiais seriam mais realísticos do que os resultados do fundo da plataforma devido a imposição das condições atmosféricas e pela assimilação realizada com dados de sensoriamento remoto. Distintamente, neste estudo foi observado que as camadas superficiais (entre 0 e 10 metros) se encontravam ligeiramente mais aquecidas. Temporalmente (Figura 7), as variações nos resultados do modelo seguiram um padrão parecido com as variações medidas *in situ*, principalmente entre os dias 6 de abril de 2006 e 27 de outubro do mesmo ano. Todavia, o HYCOM não conseguiu quantificar muito bem os processos de mistura que ocorreram durante a atuação de possíveis ressurgências em 22 de dezembro de 2006

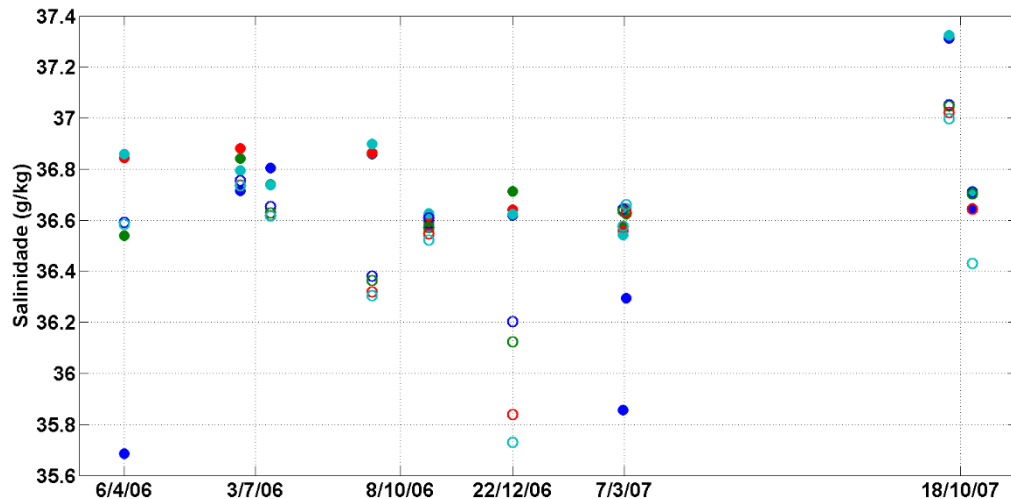


e 6 e 8 de março de 2007 (BASTOS *et al.*, 2007) o que pode ser o fator chave no aquecimento evidenciado nas camadas superficiais pelo modelo.



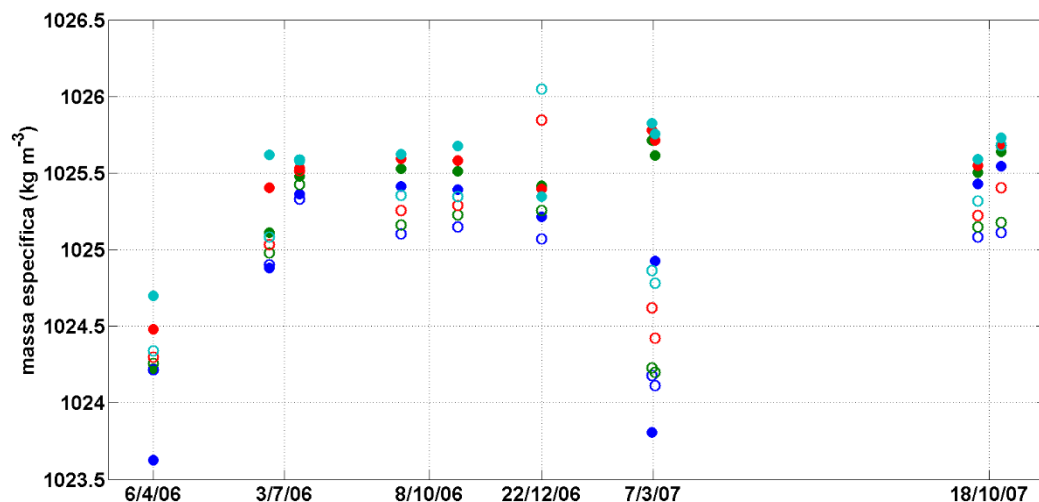
**Figura 7** - Variação temporal da temperatura potencial calculada a partir dos resultados do modelo HYCOM e dos dados do CTD coletados durante o projeto RAM. Os círculos azuis representam as medidas superficiais, os verdes a 10 metros, os vermelhos a 20 metros e os cianos a 30 metros de profundidade. Os resultados do modelo são representados pelos círculos sem preenchimento enquanto que os dados amostrados são representados pelos círculos preenchidos.

Assim como nas regiões fora da plataforma continental o HYCOM tendeu a subestimar a salinidade sobre a região rasa, contradizendo Wilkin e Hunter (2013). As exceções foram nas amostragens em superfície nos dias 6 de abril de 2006 e 6 e 8 de março de 2007 (Figura 8) que segundo Bastos *et al.* (2007) foram períodos chuvosos, o que possivelmente contribuiu para a diluição do sal. A baixa capacidade do modelo em quantificar a mistura da coluna d'água em alguns eventos de possíveis ressurgências também contribuiu para separar a camada menos salina (fundo) da camada mais salina (superfície).



**Figura 8** - Variação temporal da salinidade absoluta calculada a partir dos resultados do modelo HYCOM e dos dados do CTD coletados durante o projeto RAM. Os círculos azuis representam as medidas superficiais, os verdes a 10 metros, os vermelhos a 20 metros e os cianos a 30 metros de profundidade. Os resultados do modelo são representados pelos círculos sem preenchimento enquanto que os dados amostrados são representados pelos círculos preenchidos.

Em termos médios, as maiores temperaturas e as menores salinidades calculadas pelo HYCOM resultaram em subestimações nos valores de massa específica. Porém, a variabilidade temporal da massa específica apresentou um padrão de oscilação semelhante à realidade (Figura 9), com exceções nos eventos citados anteriormente de possíveis atuações de ressurgências e chuvas.



**Figura 9** - Variação temporal da massa específica calculada a partir dos resultados do modelo HYCOM e dos dados do CTD coletados durante o projeto RAM. Os círculos azuis representam as medidas superficiais, os verdes a 10 metros, os vermelhos a 20 metros e os cianos a 30 metros de profundidade. Os resultados do modelo são representados pelos círculos sem preenchimento enquanto que os dados amostrados são representados pelos círculos preenchidos.

Apesar da salinidade ter sido subestimada na maioria dos casos em camadas superficiais, o fator temperatura foi relativamente bem simulado, o que proporcionou uma boa resposta em termos de variabilidade temporal a variável de interesse (massa

específica). Os eventos nos quais houve divergência de valores entre o modelo e os dados *in situ* são de características locais e de curta duração, o que não afeta de forma significativa os padrões médios em maiores escalas espaciais e em escalas temporais sazonais (escalas utilizadas no trabalho).

#### 4.1.2 VENTO

A validação dos resultados de vento (intensidade das componentes) oriundos do modelo ETA foi testada para a região por Lemos (2014). O autor comparou as componentes zonal e meridional da velocidade do vento coletadas na bóia do projeto PIRATA (19°S e 34°W) e os resultados do modelo no ponto mais próximo do período entre janeiro de 2006 e julho de 2010.

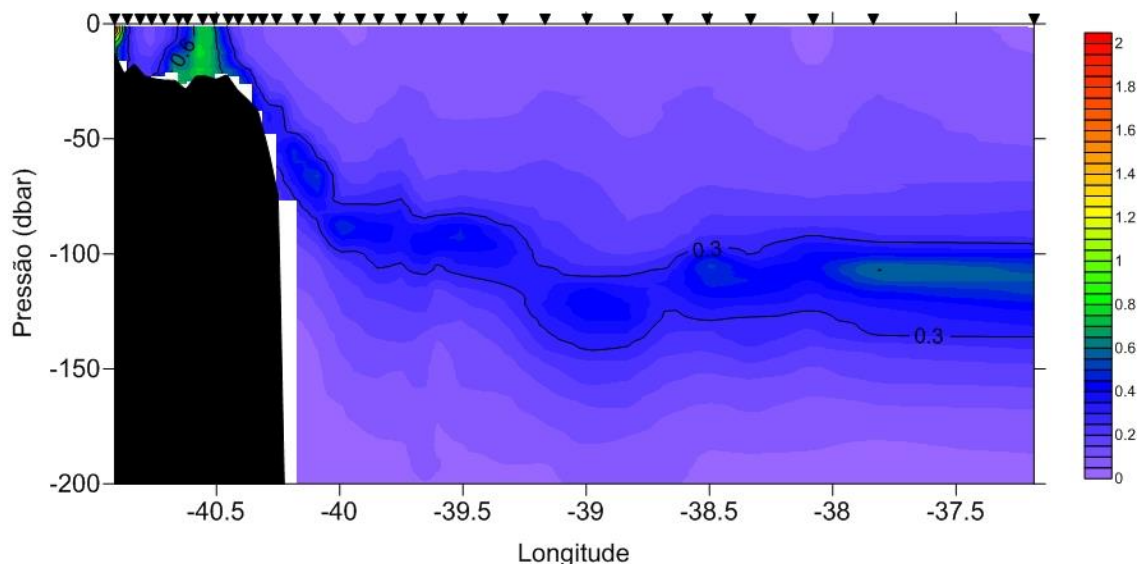
Com o auxílio do Diagrama de Taylor (TAYLOR, 2001), Lemos (2014) constatou que os resultados modelados apresentaram boa variabilidade temporal (correlação linear de Pearson acima de 0,7 em ambas componentes) e que as diferenças de média e desvio padrão foram relativamente baixas e adequadas para esse estudo.

## 4.2 O alcance dos sensores ópticos orbitais

O amplo período e a grande área analisada neste estudo inviabilizaram o uso de amostragens periódicas *in situ*. Para suprir essa demanda, como já mencionado na seção 3.2, foram utilizados dados de sensoriamento remoto da cor do oceano. O dado amostrado pelo satélite da cor do oceano pode conter informações de até algumas dezenas de metros de profundidade (MOREL e BERTHO, 1989). Noventa por cento da irradiância total incidente na superfície do oceano ( $I_0$ ) retorna à atmosfera e é proveniente da primeira profundidade óptica, ou seja, da profundidade até onde a irradiância ( $I_z$ ) é reduzida a 37% do seu valor na superfície, isto é  $I_z = 0,37I_0$  (GORDON e MCCLUNEY, 1975). Assim, a determinação da concentração de pigmentos através do sensoriamento remoto orbital é restrita a essa camada (SOUZA, 2005).

A densidade ligeiramente maior de grande parte dos grupos fitoplanctônicos comparativamente a massa específica das camadas superficiais dos oceanos tropicais acarreta em uma tendência de submersão e acúmulo de produtores primários junto ao topo da pycnoclina. Esse efeito é responsável pelo desenvolvimento do acúmulo subsuperficial dos produtores primários que normalmente varia verticalmente de acordo com as variações temporais dessa clina ou com a atuação de processos físicos turbulentos convectivos (REYNOLDS, 2006).

Uma única informação *in situ* de um *proxy* de biomassa do fitoplâncton (neste caso, a fluorescência) (Figura 10) na região e no mesmo período analisado mostra que a posição do núcleo do acúmulo subsuperficial desses indivíduos se encontrava entre 90 e 120 metros de profundidade na região de bacia oceânica em dezembro de 2011 (MARTINS, 2014). Essa faixa de profundidade estava próxima ao limite da zona fótica ( $p(I_z) = 0,01I_0$ ) daquele período (informação disponível em [oceancolor.gsfc.nasa.gov](http://oceancolor.gsfc.nasa.gov)). Com isso, uma vez que o perfil de decaimento da luz na coluna de água segue uma curva exponencial (TALLEY *et al.*, 2011), conclui-se que o sensor MODIS não foi capaz de captar o núcleo do pico subsuperficial evidenciado na Figura 10, já que este pico é mais profundo do que a primeira profundidade ótica. A exceção pode ocorrer sobre a plataforma continental.



**Figura 10** - Transecto sobre o paralelo de 21,4°S de fluorescência (em unidades relativas de fluorescência) coletado durante a operação MCT III da Marinha do Brasil em dezembro de 2011. Fonte: Martins (2014).

Assim, apesar da necessidade de se realizar uma avaliação mais detalhada sobre a variabilidade da profundidade do pico subsuperficial da biomassa do fitoplâncton e a profundidade máxima da qual o sensor capta a radiação emergente,

os resultados obtidos neste estudo focam na variabilidade espaço-temporal da concentração superficial de clorofila-a.

### 4.3 Distribuição espaço-temporal da [chl-a]

A média climatológica de [chl-a] referente ao período de janeiro de 2003 a dezembro de 2013 é apresentada na Figura 11. Nela verifica-se que as maiores concentrações ocorreram nas porções internas e, possivelmente, médias da plataforma continental. A partir da região de quebra de plataforma (entre 60 e 70 metros de profundidade) ocorreu uma redução abrupta na [chl-a] que atingiu valores quase 100 vezes menores em oceano profundo. Segundo Reynolds (2006), esse padrão reflete o alto potencial para suportar maiores níveis de biomassa e produção primária em regiões de plataforma continental próximas à costa. Esses locais apresentam um rápido intercâmbio de recursos com o sedimento de fundo que, juntamente com a entrada de novos recursos oriundos do continente, provém maiores oportunidades de crescimento às microalgas (NOERNBERG *et al.*, 2007; de SOUZA *et al.*, 2007; MACHADO *et al.*, 2009; PALACZ *et al.*, 2011; ALVAREZ *et al.*, 2012).

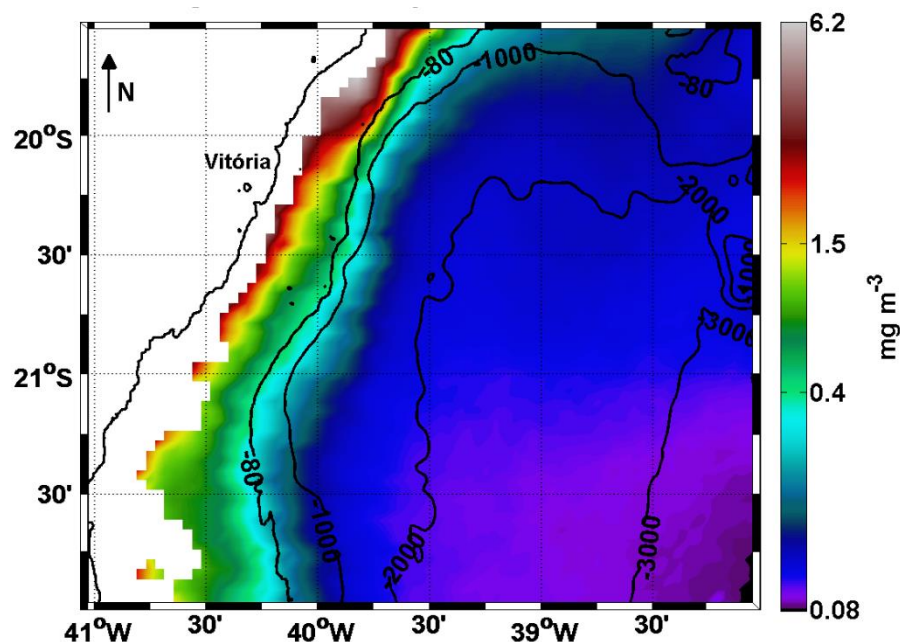
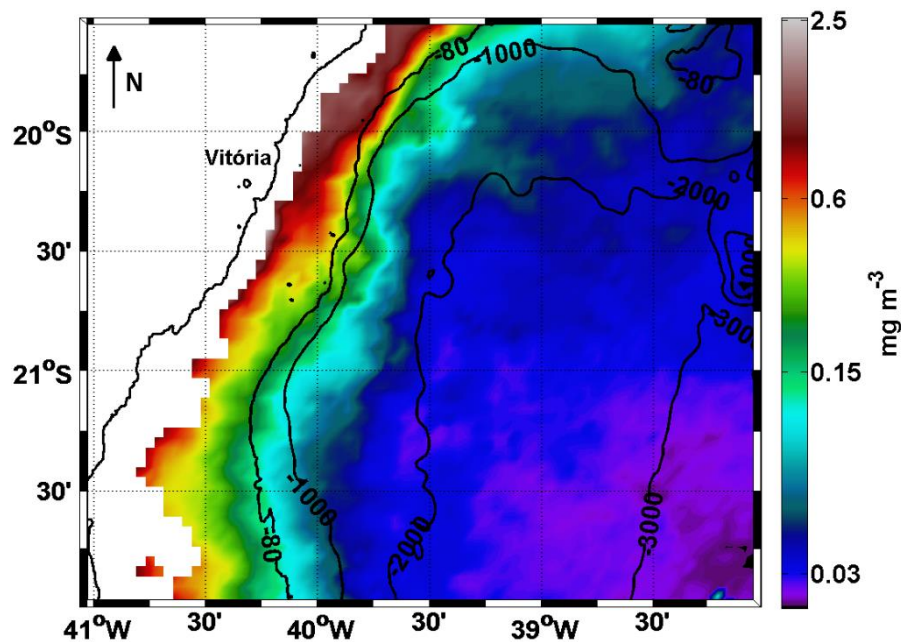


Figura 11 - Climatologia de [chl-a] entre janeiro de 2003 e dezembro de 2013.

Na climatologia mostrada na Figura 11 as porções central e norte da plataforma continental são caracterizadas por valores de [chl-a] superiores a  $2,0 \text{ mg m}^{-3}$ . Esses valores estão acima das concentrações de  $1,5 \text{ mg m}^{-3}$  observadas em

subsuperfície e associadas a eventos de ressurgência (BRANDINI, 1990; CASTRO e MIRANDA 1998; CASTRO *et al.*, 2008; PALMA e MATANO, 2009), que seriam números considerados elevados. É possível que o processo de eliminação de áreas potencialmente contaminadas por material em suspensão não tenha sido totalmente efetivo.

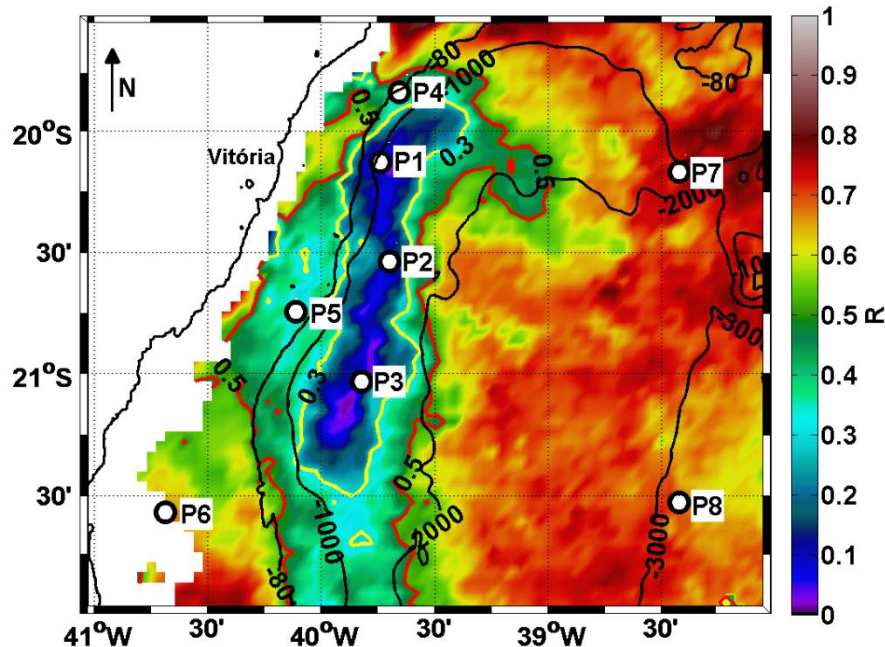
Além das maiores concentrações médias, foi sobre a plataforma onde ocorreram as maiores variabilidades na concentração do pigmento (Figura 12).



**Figura 12** – Desvio padrão da [chl-a] entre janeiro de 2003 e dezembro de 2013.

Esse padrão indica que os locais mais próximos à costa estiveram sujeitos a variabilidade na atuação de processos físicos que proporcionam um maior suporte ao desenvolvimento fitoplanctônico (REYNOLDS, 2006). Por exemplo, a própria hidrodinâmica tem um importante papel nesse contexto. Em águas rasas a camada limite de fundo na qual atuam as forças friccionais pode ocupar toda a coluna d'água (JOHNS, 1983). A região da camada limite de fundo é um ambiente turbulento na qual as forças friccionais são transferidas por processos turbulentos. À medida que ocorre um transporte mais intenso de propriedades físicas e químicas há, conseqüentemente, uma maior disponibilização de nutrientes para o fitoplâncton nessa região. Somada às correntes, as ondas intensificam o processo de mistura quando sentem o fundo e suspendem partículas decantadas devido à movimentação das partículas na água durante a sua passagem na superfície.

A fim de verificar a sazonalidade dos ciclos de concentração do pigmento foi gerado o mapa da distribuição espacial dos valores de correlação linear de Pearson entre as séries de anomalias (com remoção da média temporal total) de cada ponto e seus respectivos harmônicos anuais (Figura 13).



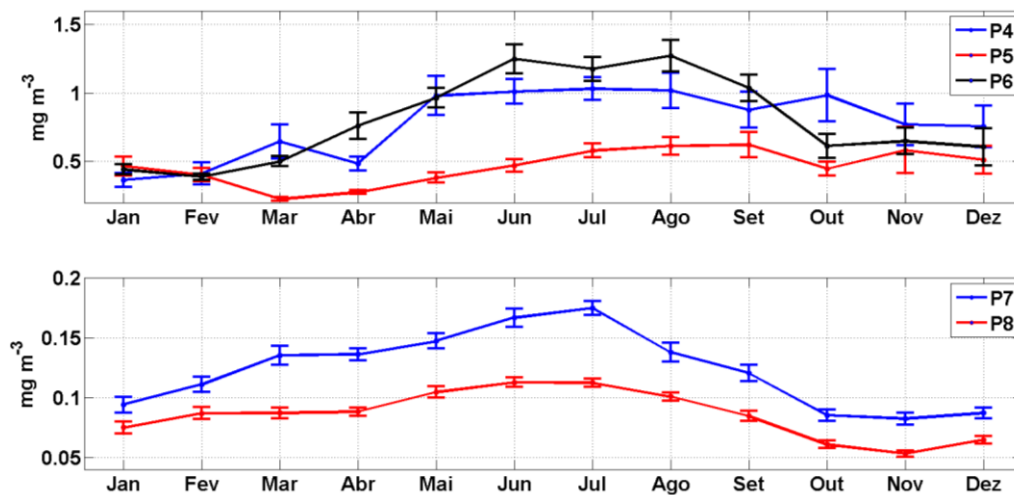
**Figura 13** - Mapa de correlação R entre as séries de anomalias de [chl-a] e seus respectivos harmônicos anuais. Os pontos P1 a P8 representam os locais de coleta de séries temporais de [chl-a]. A isolinha vermelha delimita regiões com correlação R abaixo de 0,5 e a amarela congrega áreas com correlação menor que 0,3.

Na Figura 13 foram evidenciadas três áreas distintas: a) uma que engloba quase toda a região de estudo e apresenta valores de correlação R acima de 0,5; b) uma região de correlação menor que 0,3 entre a quebra de plataforma e o talude continental próximo a 20°S, que se estende até 21,5°S já ao fim do talude continental; e c) uma região com correlações intermediárias entre 0,3 e 0,5.

Para se identificar o padrão de variabilidade anual da [chl-a] na região foram construídas séries temporais das médias mensais para os pontos assim distribuídos na Figura 13: a) três na área de menor correlação (P1, P2 e P3); b) três em plataforma continental a mesma distância da costa (P4, P5 e P6) e; c) dois pontos em áreas oceânicas com altos valores de R (P7 e P8).

As séries médias anuais (Figura 14) mostram que na maior parte da região de estudo representada por valores de correlação acima de 0,5 (pontos P6, P7 e P8) caracterizam o ciclo anual de floração caracterizado por períodos de alta biomassa no meio do ano (inverno) e os períodos de baixa no início e fim do ano (verão), ratificando os resultados reportados por Valentin (2007) e Ciotti *et al.* (2010) na mesma área. A

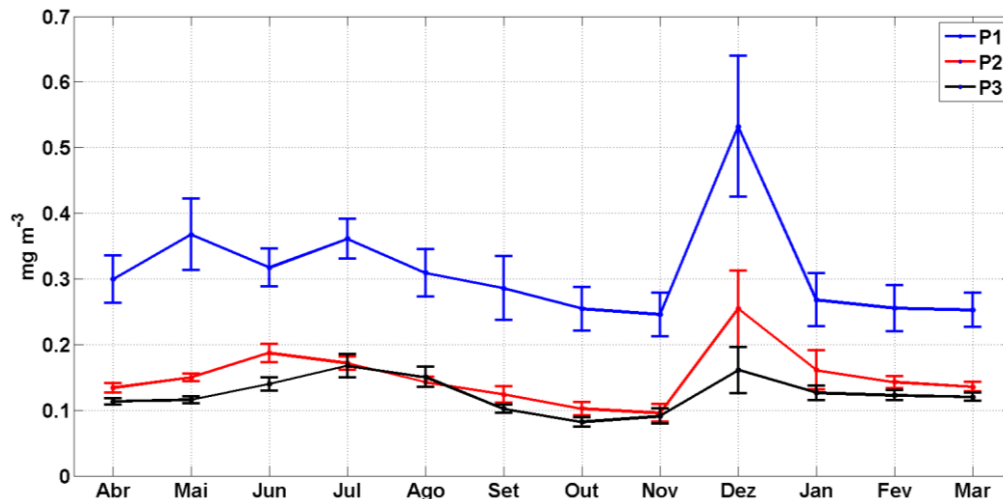
princípio, esse resultado contradiz o proposto por Nybakken (1997) que afirma que a biomassa fitoplanctônica em oceanos tropicais não apresenta um ciclo anual muito marcante devido a forte insolação recebida por esses oceanos durante todo o ano, o que dificultaria a mistura entre a superfície iluminada e as regiões profundas ricas em nutrientes. Entretanto, alguns outros trabalhos (por exemplo, DANDONNEAU e GOHIN, 1984; RADENAC e RODIER, 1996; GEORGE *et al.*, 2012; JENA *et al.*, 2013) mostraram que o inverno é o único período do ano no qual existe uma redução na estratificação térmica da coluna d'água suficiente para aprofundar a camada de mistura até níveis próximos à nutriclina. Isso favoreceria o contato do fitoplâncton com os nutrientes presentes em regiões mais profundas, o que aumentaria as taxas de produção nova propiciando a ciclicidade anual na biomassa dos produtores primários.



**Figura 14** - Séries temporais das médias mensais da [chl-*a*] juntamente com os erros padrões associados dos pontos P4, P5 e P6 (acima) e P7 e P8 (abaixo).

As principais exceções ao padrão de floração anual ocorreram nos pontos onde os valores de *R* foram menores que 0,3. Neles, observa-se uma floração no inverno (junho e julho) e outra em dezembro (Figura 15). Nota-se que a floração de dezembro de [chl-*a*] é mais intensa que a floração de inverno nos pontos P1 e P2 e similar à floração da estação fria no ponto P3, o que mostra um decaimento da intensidade da floração no sentido sul. Outra característica que se destaca é a grande variabilidade de concentração do pigmento que está associada à floração de dezembro (elevado erro padrão), sugestivo de uma considerável variabilidade espaço-temporal na atuação da(s) forçante(s) que a condicionariam.





**Figura 15** - Séries temporais das médias mensais da [chl-*a*] juntamente com os erros padrões associados dos pontos P1, P2 e P3. O início da série está deslocado em 3 meses em relação ao início do ano para facilitar a observação da ciclicidade semianual.

Nos pontos P4 e P5 o padrão anual também salientou a floração de inverno. No entanto, valores relativamente altos da [chl-*a*] foram observados durante a primavera, o que sugere uma sobreposição de modos de variação temporal que podem estar sobre a influência da dinâmica que ocorre sobre a região vizinha de baixa correlação e/ou de processos locais sobre a plataforma continental. Uma análise mais aprofundada nesse padrão será apresentada nos itens subsequentes.

Distintamente do padrão evidenciado para a [chl-*a*], não foi observada nenhuma resposta em termos da temperatura média mensal da superfície do mar que distinguísse a região entre 20°S e 21,5°S para o mesmo período. Toda a área de estudo apresentou valores de R entre o harmônico anual da temperatura da superfície do mar (TSM) e a série de anomalias da TSM acima de 0,8 (não mostrado), sugerindo que a dinâmica que a condiciona ocorra subsuperficialmente. Da Silva<sup>2</sup> mostra que picos de ressurgência de curta duração sobre a plataforma continental da região de estudo entre o fim da primavera e o verão identificados via dados diários de sensoriamento remoto se sobrepõem às variações sazonais de resfriamento/aquecimento da superfície do mar e podem influenciar na dinâmica física e biológica em escalas temporais menores.

Para se avaliar a variabilidade associada à [chl-*a*] foram estimados os modos de variabilidade com as EOFs. A significância dos modos identificados (não mostrado) foi testada segundo a metodologia descrita por North *et al.* (1982) que indicou que

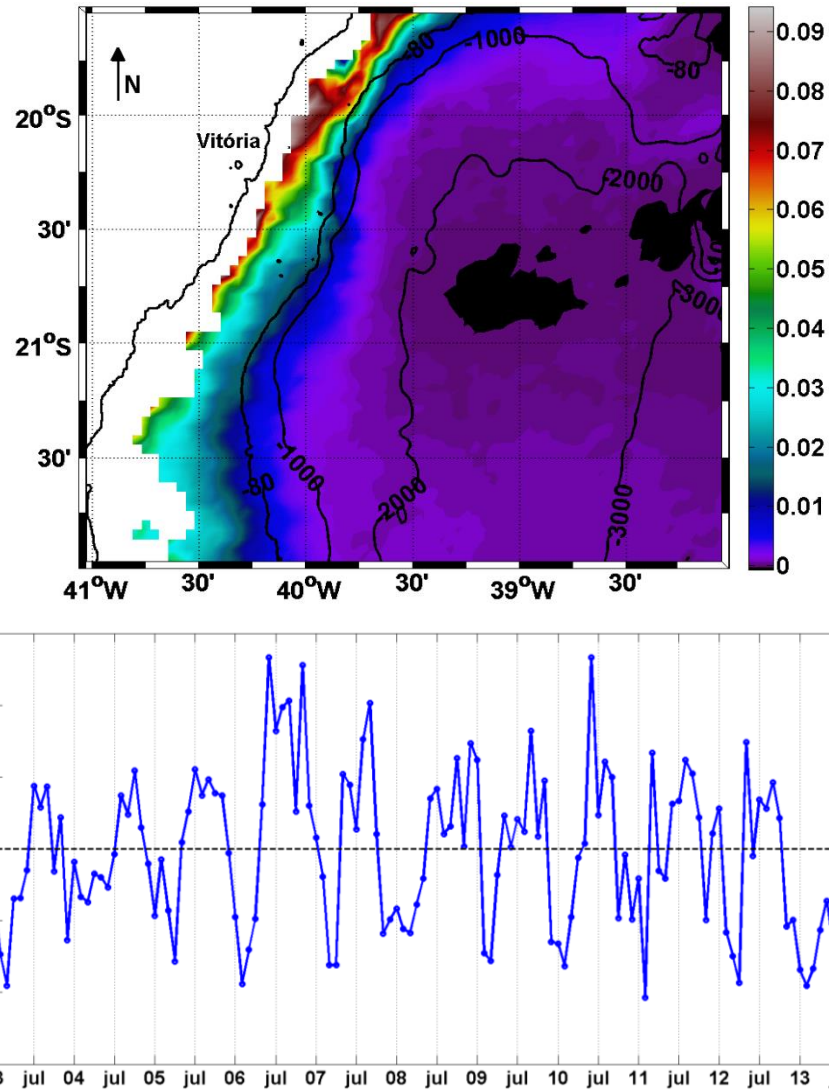
<sup>2</sup> Publicação em preparação pela Pós-doutoranda do Laboratório Posseidon Meyre Pereira da Silva.

apenas as componentes 1 e 2 foram bem discernidas, não havendo uma mistura significativa de informações entre elas.

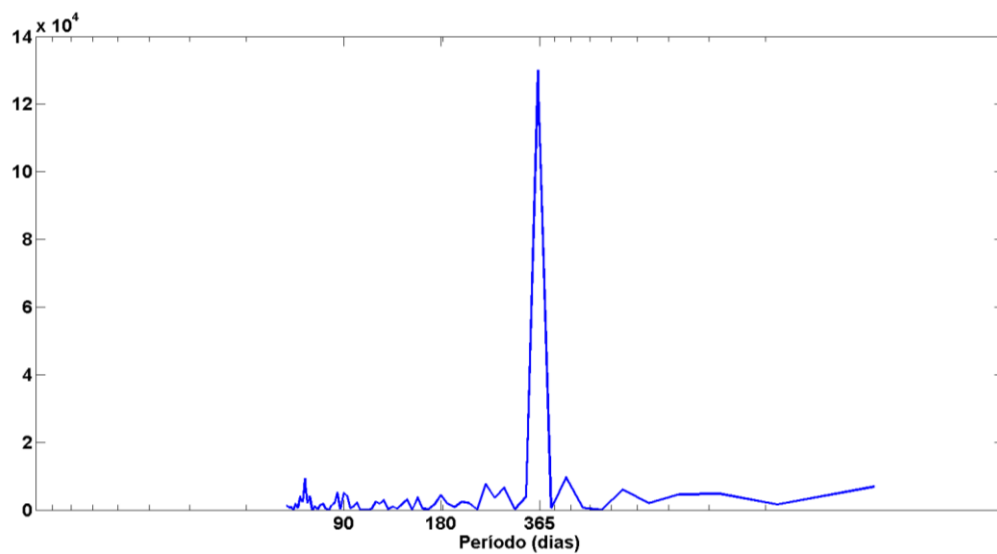
O primeiro modo de variabilidade foi responsável por 41,9% da variabilidade nos dados (Figura 16) e evidenciou um padrão com a predominância das florações centradas nas estações de inverno (principalmente entre julho e agosto) e o início das primaveras (meses de setembro e outubro na maioria dos anos) em toda a região de estudo. O ciclo dominante foi o anual (Figura 17).

As regiões internas da plataforma continental apresentaram as maiores amplitudes de oscilação nos dados, o que é consequência, como dito anteriormente, da maior capacidade de suporte do sistema e da dinâmica desse local (REYNOLDS, 2006). Outros trabalhos na costa sudeste brasileira ratificaram esse resultado (por exemplo, SILVA 2005; VALENTIN, 2007; CIOTTI, *et al.*, 2010; KAMPEL, 2013; FERNANDES, 2013; DELCOURT, *et al.*, 2013) quando também indicaram o incremento de biomassa no inverno.

Deve-se ressaltar que apesar de não ser o foco desse trabalho, é notável a variabilidade interanual com florações de distintas intensidades ou com maior ou menor duração, como por exemplo no ano de 2008 em que as anomalias de [chl-*a*] se mantiveram positivas de junho a janeiro de 2009.



**Figura 16** - EOF do principal modo de variabilidade da [chl-a] (responsável por 41,9% da variabilidade dos dados). Acima a distribuição espacial e abaixo a distribuição temporal da primeira componente principal.

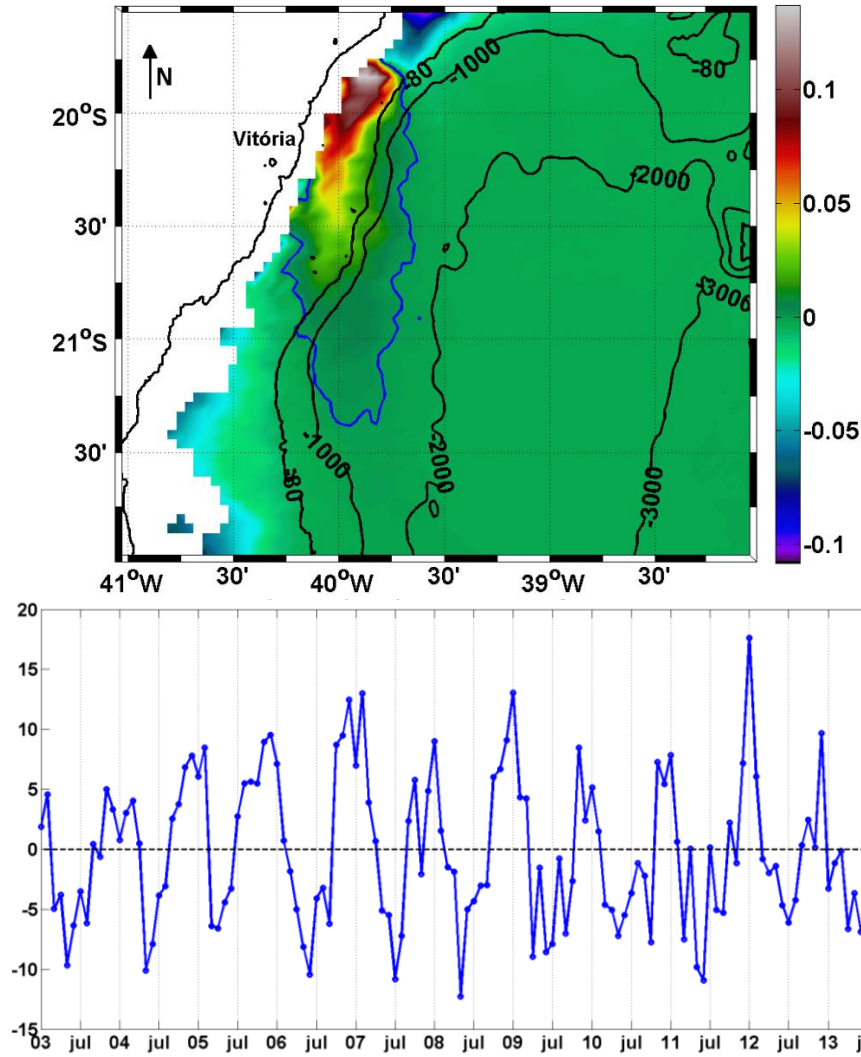


**Figura 17** - Periodograma da série temporal da componente principal 1.

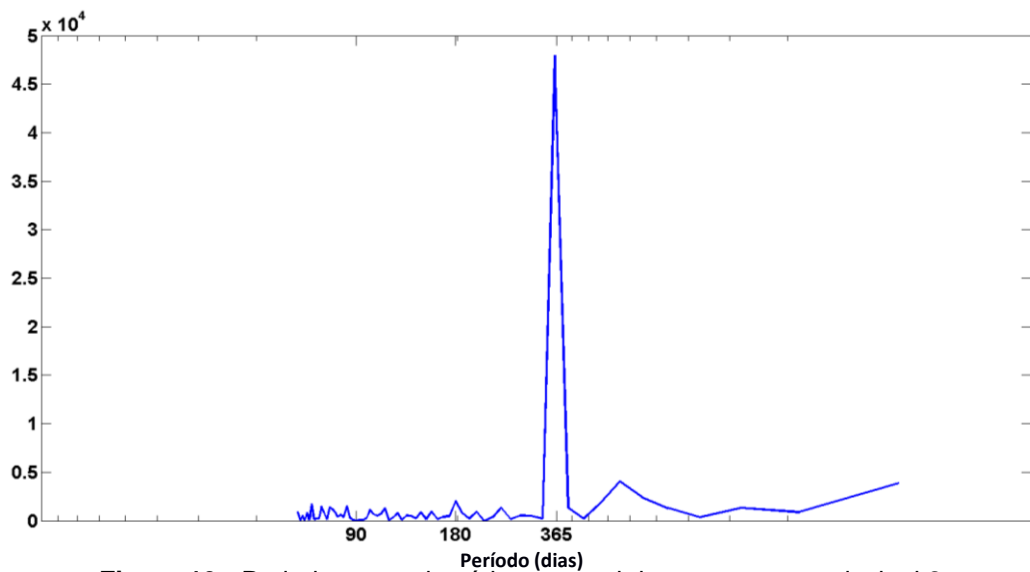
O segundo modo agregou 13,8% da variabilidade dos dados. A feição mais significativa na distribuição espacial deste modo foi a presença de uma estrutura do tipo “gangorra” centrada, principalmente, na porção norte da plataforma continental e central do talude continental (Figura 18). Nessa figura, a região delimitada pela isolinha azul engloba valores positivos no campo espacial e possui forte similaridade com a área de baixa correlação com o harmônico anual ( $R < 0,3$ ) indicada na Figura 13, enquanto que o restante da região apresentou valores negativos ou nulos no campo espacial.

Da mesma forma que no primeiro modo, o padrão de variabilidade temporal foi anual (Figura 19). Distintamente, no entanto, no segundo modo as florações estiveram centradas entre a primavera e o início do verão. A diferença de fase de seis meses entre as anomalias positivas que definem as florações da EOF1 e da EOF2 caracteriza um padrão semianual na região delimitada pela isolinha azul (Figura 18)

O segundo modo da EOF também apresentou variações interanuais em relação a duração e a intensidade das florações, sendo que a partir de 2009 os períodos de anomalias positivas na região delimitada se concentraram entre os meses de novembro e janeiro. Isso também evidencia, assim como mencionado anteriormente, a atuação recorrente de eventos localizados entre  $20^{\circ}$  e  $21,5^{\circ}\text{S}$  entre a plataforma média e talude continental que atuam disponibilizando nutrientes que favorecem o desenvolvimento da segunda floração do ano restrita a essa região.



**Figura 18** - EOF do segundo modo de variabilidade da [chl-a] (responsável por 13,8% da variabilidade dos dados). Acima a distribuição espacial e abaixo a distribuição temporal da segunda componente principal. A isolinha azul representa o valor zero da distribuição espacial.

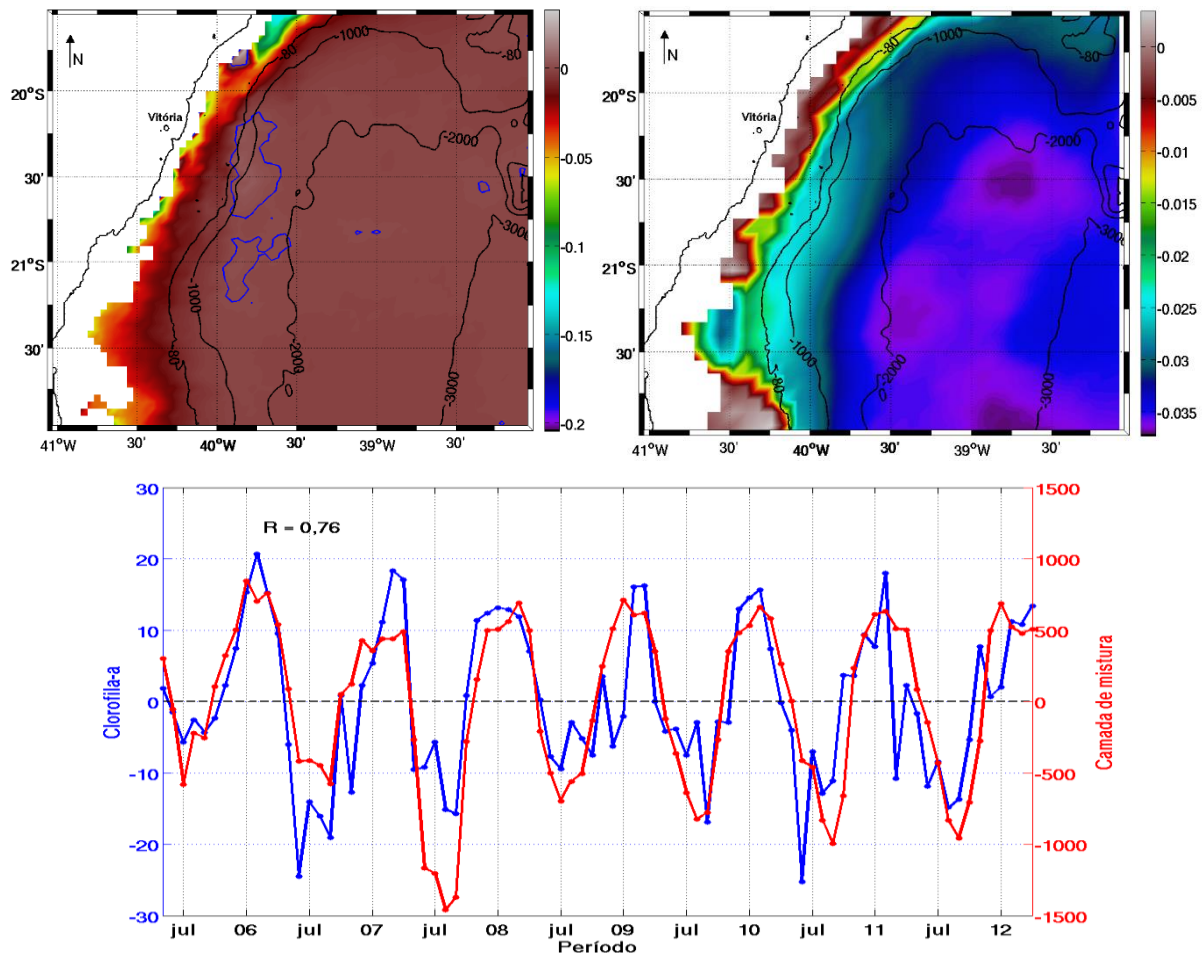


**Figura 19** - Periodograma da série temporal da componente principal 2.

## 4.4 Variabilidade conjunta entre a [chl-a] e os parâmetros ambientais

A associação entre os modos descritos previamente e os modos da profundidade da camada de mistura, tensão de cisalhamento do vento e do rotacional da tensão de cisalhamento do vento foi avaliada a partir do método SVD.

Na análise entre a variabilidade da profundidade da camada de mistura e a [chl-a] houve uma alta correlação linear de Pearson,  $R = 0,76$ , Figura 20. A relação entre os modos apresentados tem 98,4% da covariância total entre os parâmetros que estão intimamente ligados a forte sazonalidade (verão – inverno) tanto da [chl-a], quanto da profundidade da camada de mistura.



**Figura 20** – SVD referente a 98,4% da covariância entre a [chl-a] e a profundidade da camada de mistura. As imagens superiores mostram os padrões espaciais sendo o da esquerda referente a [chl-a] e o da direita referente a profundidade da camada de mistura. Abaixo são apresentados os perfis temporais referentes a essas componentes. A isolinha azul representa o valor zero da distribuição espacial de [chl-a].

O perfil espacial e o temporal da [chl-*a*] se mantiveram semelhantes aos perfis apresentados pela primeira componente da EOF (Figura 16) e as suas diferenças ocorreram principalmente devido a redução do N amostral (de 132 nas EOFs para 84 nos SVDs) para aplicação do método estatístico. Parece ter havido uma pequena mistura de informações entre as componentes 1 (Figura 16) e 2 (Figura 18) da EOF já que existe uma pequena região (delimitada pela isolinha azul) que apresenta pequenas oscilações de anomalias fora de fase com o restante da área.

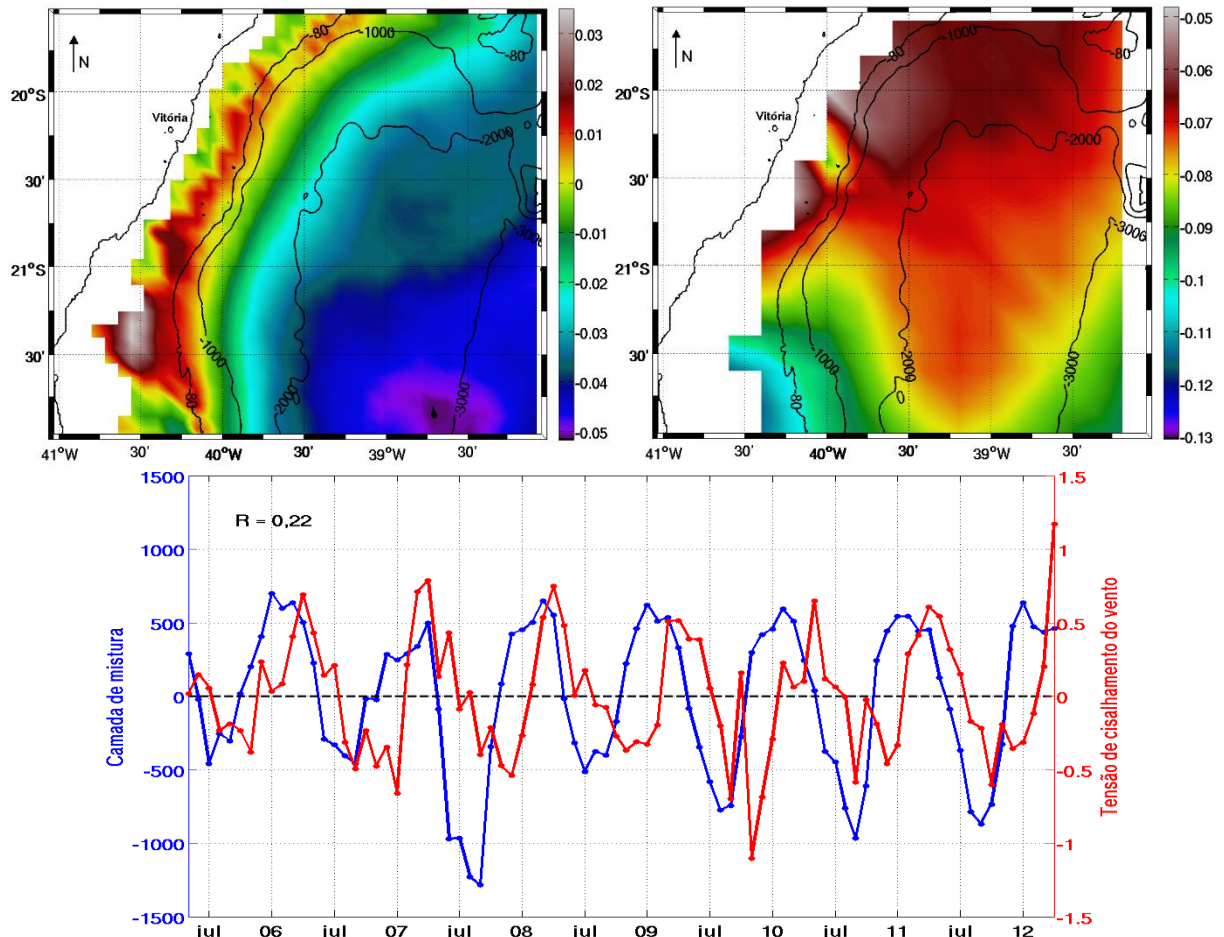
Com relação à profundidade da camada de mistura, toda a área oscila em fase com as menores (maiores) variações ocorrendo sobre a (o) plataforma continental (oceano profundo). Os núcleos de maiores valores na região central do embaçamento podem estar associados a dinâmica turbulenta local que segundo Servino (2014), Martins (2014) e Freitas (2014) tem a capacidade de desenvolver vórtices ciclônicos e anticiclônicos, afetando o perfil vertical de massa. Entretanto, não foi observado nenhuma resposta em termos de [chl-*a*] associada a esses mesmos locais e escalas.

O forte acoplamento entre a [chl-*a*] e a profundidade da camada de mistura se reflete no alto valor da correlação linear de Pearson ( $R=0,76$ ) sugerindo que o aprofundamento da camada de mistura esteja intimamente relacionado com o aumento nas concentrações de clorofila-*a*. Além disso, o padrão mostrado na Figura 20 evidencia que as oscilações fora de fase entre as variáveis foram exceções.

Também ficou claro que a hipótese da profundidade crítica de Sverdrup (1953) sobre a redução da capacidade de suporte proporcionada pelo oceano ao fitoplâncton durante os períodos de camada de mistura mais profunda não é válida para o Embaçamento de Tubarão. Siegel *et al.* (2002) mostrou que essa hipótese não se aplica aos oceanos tropicais.

A tensão de cisalhamento do vento tem um importante papel na introdução de *momentum* na coluna d'água e, conseqüentemente, no aumento da turbulência nas camadas superficiais dos oceanos. O *momentum* inserido tende a gerar uma tensão na base da camada de mistura o que contribui para o desenvolvimento de instabilidades de pequena escala nessa região. Essas instabilidades contribuem no aumento da massa específica da camada de mistura devido ao movimento vertical de água em sua base e, como consequência, ela se aprofunda (MOUM e SMYTH, 2001; KANTHA e CLAYSON, 2003).

A inter-relação entre a profundidade da camada de mistura e a tensão de cisalhamento do vento foi analisada e o resultado é mostrado na Figura 21. A análise de SVD entre esses dois parâmetros explicou 93,3% da covariância entre eles.



**Figura 21** - SVD referente a 93,3% da covariância entre a profundidade da camada de mistura e a tensão de cisalhamento do vento. As imagens superiores mostram os padrões espaciais sendo o da esquerda referente a profundidade da camada de mistura e o da direita referente a tensão de cisalhamento do vento. Abaixo são apresentados os perfis temporais referentes a essas componentes.

No padrão espacial da camada de mistura há uma região restrita à plataforma continental externa que oscilou fora de fase em relação ao restante do embaiamento. O modo de tensão de cisalhamento do vento, por outro lado, apresentou um único padrão sobre toda a área.

Embora as duas variáveis variaram temporalmente de forma acoplada, há uma nítida defasagem entre a profundidade da camada de mistura e a tensão de cisalhamento do vento que se refletiu no baixo coeficiente de correlação linear de Pearson ( $R = 0,22$ ). A correlação aumenta para 0,68 quando as séries são defasadas de dois meses, com a profundidade da camada de mistura liderando em relação a tensão de cisalhamento do vento.

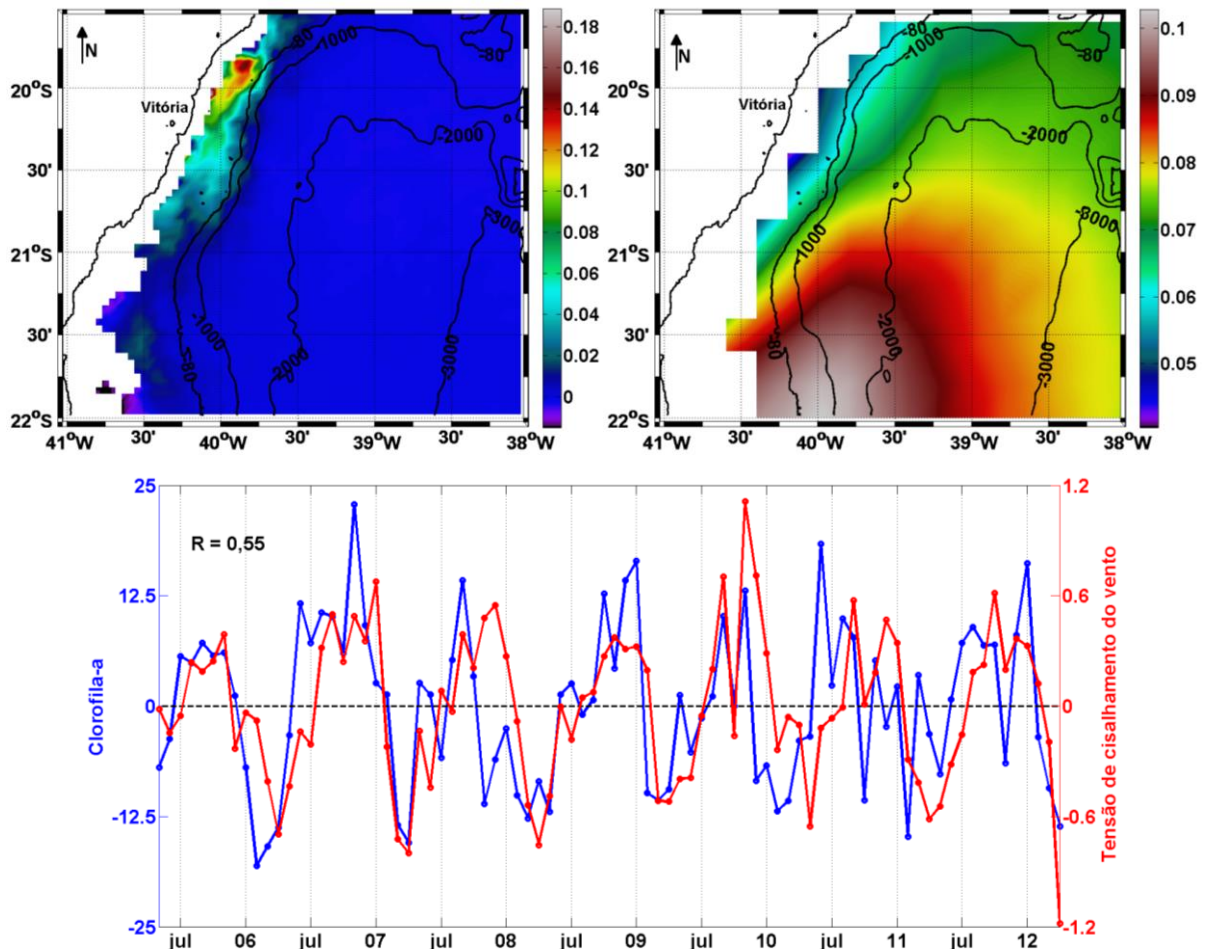


Esse padrão sugere que nas escalas espaciais e temporais analisadas, o início do aprofundamento da camada de mistura não esteja associado com o aumento na tensão de cisalhamento do vento, já que ele iniciou no final do outono quando a intensidade do vento ainda era baixa (Figura 21). Porém, nota-se que a camada de mistura se manteve em níveis mais profundos até o fim do inverno em todo o período analisado, sugerindo que o incremento na tensão de cisalhamento do vento nesse período pode ter contribuído na manutenção e espessamento dessa camada.

A região da plataforma externa com comportamento diferenciado apresenta anomalias oscilando entre  $\pm 15$  metros. Apesar de não ser tão significativa em termos matemáticos, ela pode sim ter um importante significado físico em eventos de entrada de águas frias e deve ser avaliada com mais detalhes em trabalhos futuros.

A relação entre a [chl-a] e a tensão de cisalhamento do vento mostrou que 96,2% de toda a covariância existente entre essas variáveis é explicada pelo acoplamento entre os campos mostrados na Figura 22. Especialmente, nota-se que as maiores oscilações de [chl-a] ocorreram sobre a plataforma continental enquanto que, temporalmente, boa parte das anomalias foram positivas entre o período de inverno e o início da primavera. Entretanto, novamente devido a redução do N amostral para a aplicação do método (de 132 nas EOFs para 84 nos SVDs) não houve uma definição tão clara das componentes principais. Parece ter havido uma pequena mistura de informações entre o primeiro e o segundo modo evidenciados pela EOF (Figuras 16 e 18), já que a presença de anomalias positivas sobre o norte da plataforma continental identificada na primavera pela segunda componente da EOF pode estar contribuindo para o desenvolvimento do núcleo de maiores valores no campo espacial sobre a plataforma continental ao norte de Vitória. Além disso, o pico positivo expressivo de janeiro de 2012 evidenciado pela segunda componente nas EOFs também apareceu nessa análise.

No modo associado a tensão de cisalhamento do vento toda a área oscilou em fase. Entretanto, as maiores amplitudes de oscilação ocorreram no núcleo localizado a sudoeste da região de estudo possivelmente devido as diferenças no posicionamento do Centro de Alta Pressão do Atlântico Sul ao longo do ano (BASTOS e FERREIRA, 2000). Já as menores oscilações ocorreram sobre a plataforma continental, sugerindo que a maior variabilidade da [chl-a] estaria associada a uma menor variabilidade na intensidade da tensão de cisalhamento do vento.



**Figura 22** – SVD referente a 96,2% da covariância entre a [chl-a] e a tensão de cisalhamento do vento. As imagens superiores mostram os padrões espaciais sendo o da esquerda referente a [chl-a] e o da direita referente a tensão de cisalhamento do vento. Abaixo são apresentados os perfis temporais referentes a essas duas componentes.

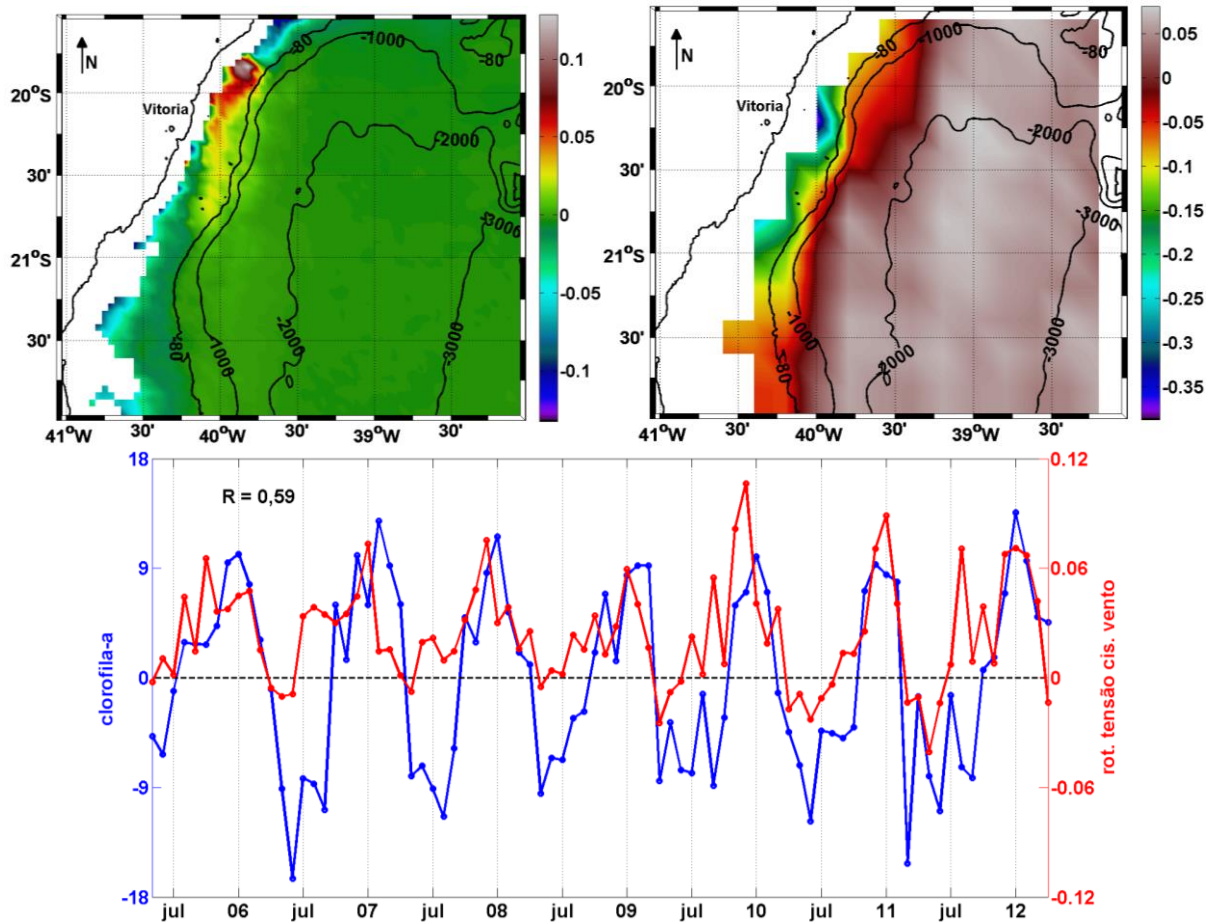
A correlação linear de Pearson entre as duas séries mostradas na Figura 22 foi de 0,55, isto é, uma relação moderada entre elas. As anomalias positivas de [chl-a] se iniciaram com a chegada do inverno e em alguns anos se mantiveram até a primavera quando, enfim, as anomalias de tensão de cisalhamento do vento atingiram seu ápice.

As principais oscilações em fase entre as variáveis ocorreram durante as estações de primavera, com destaque para os anos de 2006, 2009, 2010 e 2011. Esse padrão sugere que a tensão de cisalhamento do vento pode não ser o “gatilho” para o desenvolvimento das florações mas poderia atuar auxiliando na manutenção de altos valores de [chl-a], principalmente durante a primavera quando os ventos são mais intensos (Figuras 21 e 22) e sobre a plataforma continental, como evidenciado no mapa espacial da componente da [chl-a] (Figura 22) e nas séries temporais médias (Figura 14) dos pontos P4 e P5 (Figura 13).

Uma outra forma na qual a tensão de cisalhamento do vento pode influenciar no desenvolvimento de biomassa fitoplanctônica é através do Bombeamento de Ekman. Williams *et al.* (2002) ressaltaram a importância do bombeamento vertical de água na disponibilização de nutrientes para o desenvolvimento de uma produção nova em ambientes tropicais. Segundo os autores, o bombeamento se desenvolve a partir de divergências superficiais induzidas pelas correntes ou pelo vento e tem a capacidade de, em alguns casos, inserir águas ricas em nutrientes na zona fótica, favorecendo o incremento de biomassa dos produtores primários.

O bombeamento induzido pelo vento, conhecido como Bombeamento de Ekman, é diretamente proporcional ao rotacional da tensão de cisalhamento do vento. No hemisfério sul, rotacionais negativos (positivos) indicam a tendência de ressurgência (subsidência) de água (CUSHMAN-ROISIN e BECKERS, 2011).

Um total de 93,5% da covariância entre a [chl-*a*] e o rotacional da tensão de cisalhamento do vento está associada aos campos apresentados na Figura 23. A relação ocorreu entre um modo semelhante ao segundo modo de variação da [chl-*a*] (Figura 18) e um modo muito parecido com o primeiro modo do rotacional da tensão de cisalhamento do vento calculado via EOF (não mostrado). Para a realização desta análise a média foi mantida nas estimativas do rotacional para facilitar a identificação dos períodos e locais com ventos favoráveis à ressurgência ou à subsidência. Assim, nota-se um padrão muito semelhante aquele apresentado por Castelão e Barth (2006) que evidencia uma diferenciação entre a plataforma continental e a bacia oceânica. Esses ambientes apresentaram padrão de oscilação fora de fase. Enquanto que sobre a plataforma continental os ventos foram favoráveis à ressurgência, principalmente entre os meses de primavera e início de verão, na região oceânica os ventos foram favoráveis à subsidência. Com relação ao campo de [chl-*a*], na região entre 20°S e 21,5°S em 40°O ocorreram anomalias positivas de [chl-*a*] entre a primavera e o verão.



**Figura 23** - SVD referente a 93,5% da covariância entre a [chl-a] e o rotacional da tensão de cisalhamento do vento. As imagens superiores mostram os padrões espaciais sendo o da esquerda referente a [chl-a] e o da direita referente ao rotacional da tensão de cisalhamento do vento. Abaixo são apresentados os perfis temporais referentes a essas componentes.

O valor de correlação linear de Pearson de 0,59 indica um acoplamento temporal moderado entre as duas variáveis. É sugerido que o bombeamento de Ekman possa ser uma condicionante no desenvolvimento da biomassa dos produtores primários principalmente na região diferenciada do campo de rotacional da tensão do vento sobre a plataforma continental. Todavia, como esse padrão não se estende a toda plataforma continental, sugere-se que essa relação seja avaliada com um maior detalhamento em estudos posteriores.

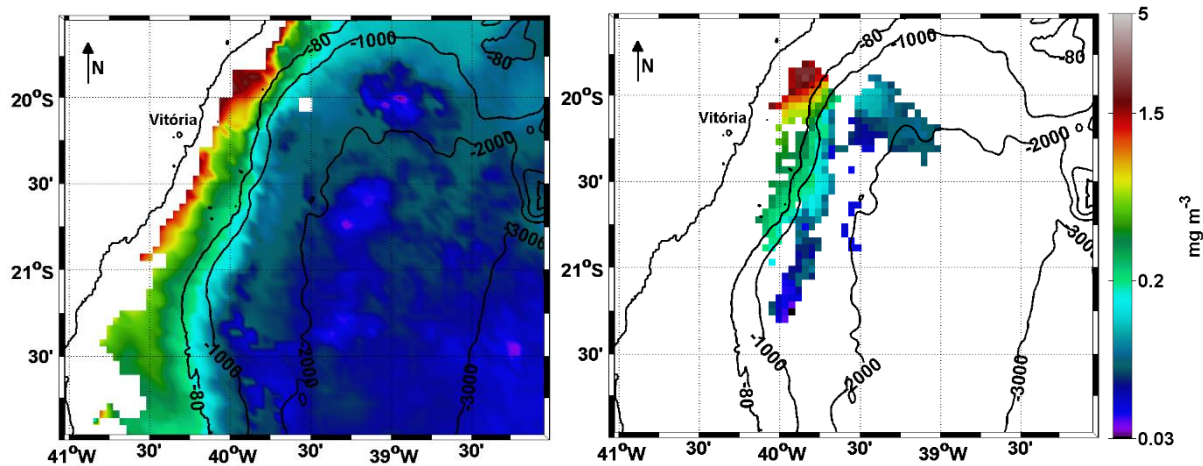
## 4.5 Fenologia da [chl-a]

Os resultados obtidos na análise fenológica da [chl-a] ratificaram as evidências apresentadas nas seções 4.3 e 4.4. Nessa seção, no entanto, os resultados apresentam um maior detalhamento em relação a variabilidade espaço-

temporal da [chl-a]. Novamente, dois principais modos de variabilidade temporal na biomassa do fitoplâncton foram identificados, assim denominados: a floração de inverno (centrada nos meses de inverno) e a floração de verão (centrada nos meses de verão).

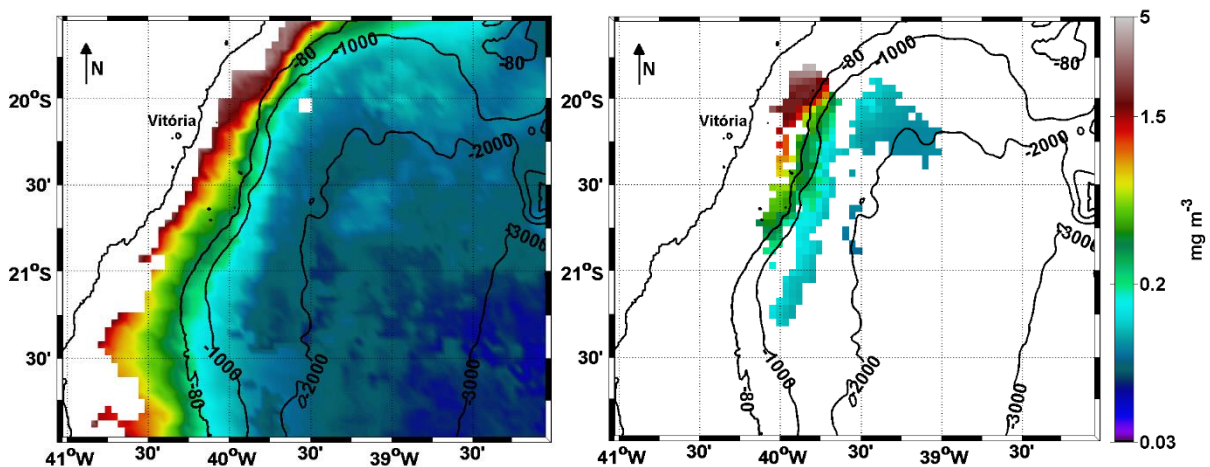
Como a Equação 3 não se molda a um perfil com duas florações anuais, foi assumida a hipótese de independência entre elas e implementadas as seguintes adaptações para representá-las: 1 - modelou-se um ano completo em toda a área de estudo; 2 - a região com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) entre os dados medidos e a curva modelada menor que 0,7 foi excluída da análise inicial; 3 - a região excluída apresentou, basicamente, duas florações anuais e, por isso, foram realizadas duas novas modelagens, sendo uma com o ano iniciando em janeiro (tendo como período de floração entre abril e setembro – floração de inverno) e outra com o ano iniciando em julho (com período de floração entre outubro e março – floração de verão). Nos meses fora do período de floração, as concentrações de clorofila-a foram assumidas como constantes e iguais ao mínimo valor observado entre aqueles meses; 4 - a área excluída do campo obtido no item 1 foi complementada com os resultados obtidos na modelagem com o ano se iniciando em janeiro (etapa 3). Assim, obteve-se um resultado para a floração assumida como de inverno e outro para a floração assumida como de verão.

Os menores níveis de concentração do pigmento fotossintetizante ajustados à curva de floração anual mostraram que não existem grandes diferenças na concentração base tanto na floração de inverno quanto na floração de verão (Figura 24). Em ambos os casos a região de plataforma continental apresentou valores de nível de base acima de  $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ , enquanto que em regiões profundas as concentrações dificilmente ultrapassaram  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ . Porém nota-se pela isóbata de 80 metros que em ambos os casos a região de plataforma continental entre  $19,75^\circ\text{S}$  e  $20,25^\circ\text{S}$  apresentou maiores valores de nível de base quando comparadas as demais regiões de mesma profundidade em ambos os casos.



**Figura 24** - Nível de base da [chl-a] da floração de inverno (esquerda) e da floração de verão (direita).

Tanto no nível de base de concentração de clorofila-a (Figura 24) quanto na amplitude da floração ( $= [\text{chl-a}]_{\text{max}} - [\text{chl-a}]_{\text{base}}$ ) (Figura 25), ambas as estações apresentaram padrão semelhante, com uma redução nos valores no sentido plataforma continental  $\rightarrow$  bacia oceânica. Esse padrão decorre das melhores condições existentes no oceano costeiro para o desenvolvimento fitoplanctônico em comparação ao oceano profundo adjacente (ver seção 4.3).



**Figura 25** – Amplitude da floração de [chl-a] na floração de inverno (esquerda) e na floração de verão (direita).

O início das florações variou espacialmente tanto na floração de inverno quanto na de verão (Figura 26).

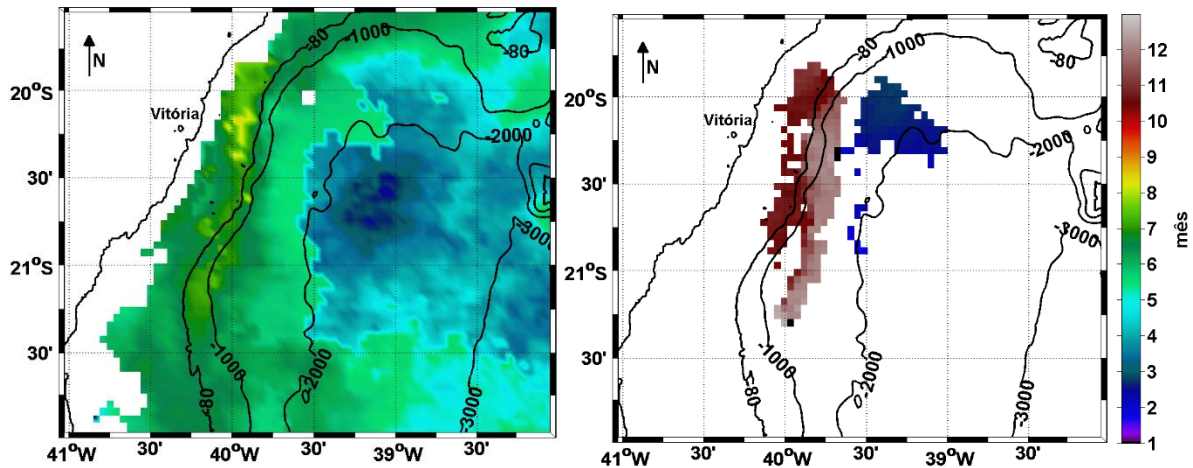


Figura 26 – Mês de início da floração de [chl-a] no inverno (esquerda) e no verão (direita).

No inverno a floração se iniciou primeiramente na região central do embaixamento no meio do mês de março, enquanto que sobre a plataforma continental o início ocorreu entre o final de maio e início de julho. Coincidentemente, o início prematuro da floração de inverno na região oceânica do Embaixamento de Tubarão foi acompanhado pela maior duração da floração (Figura 27) e menor amplitude da floração (Figura 25). Nessa região a floração chegou a durar mais de quatro meses, enquanto que o restante da área ela oscilou entre 1,5 a 2,5 meses.

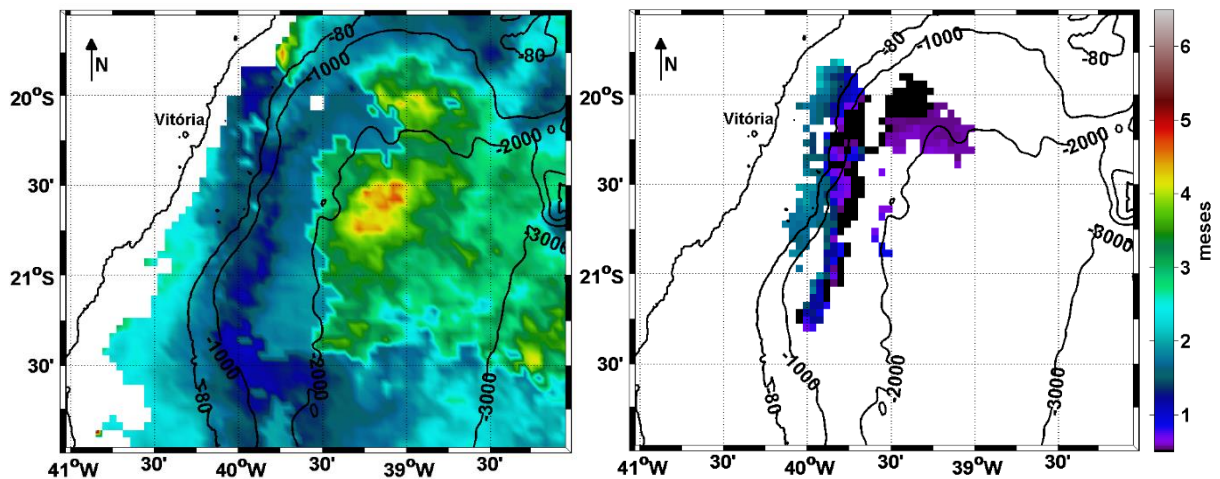


Figura 27 - Duração (meses) da floração de [chl-a] de inverno (esquerda) e de verão (direita).

Já no verão, o início da floração ocorreu entre o fim de outubro o início de dezembro, caracterizando diferenças espaciais máximas de um mês e meio. Distintamente do padrão observado na floração de inverno, ela ocorreu primeiramente sobre a plataforma continental. A exceção foi a pequena região no centro do embaixamento em que a floração se iniciou em janeiro. Entretanto, essa pequena região que matematicamente apresentou uma boa adaptação à curva gaussiana da Equação 3 foi a área com maiores níveis de ruídos em termos de presença de

componentes temporais da [chl-a] de toda a área de estudo (resultado não apresentado nesse trabalho), o que torna inviável a caracterização de um padrão físico de floração recorrente de verão nessa área com os dados utilizados.

Similarmente ao observado no padrão da floração de inverno, na floração de verão o início prematuro também foi acompanhado pela maior duração da floração (1,5 meses) (Figura 27). No entanto, distintamente, no verão foi observada a maior amplitude da floração (Figura 25).

Florações de longa duração também foram identificadas por Lemos (2014) sobre os montes da Cadeia Vitória-Trindade. O autor associou o padrão observado à dinâmica de mistura decorrente dos fluxos na interface oceano-atmosfera. As florações ocorreram quando o oceano perdeu calor para a atmosfera (entre março e setembro).

O fluxo líquido negativo de calor também foi considerado por Ghisolfi *et al.* (2015) como o principal fator para o desenvolvimento da floração de inverno na região do Banco de Abrolhos. Apesar disso, eles também identificaram o início de floração ocorrendo primeiro nas regiões externas do Banco de Abrolhos do que em regiões mais próximas à costa. Essa diferenciação foi associada ao possível desenvolvimento de vórtices e meandros, à vorticidade relativa associada à Corrente do Brasil e a atuação de ventos favoráveis à ressurgência na borda da plataforma continental. Esses fatores atuariam sobrepostos ao padrão de fluxo de calor e poderiam favorecer o suprimento de nutrientes a essa região externa do Banco um pouco mais cedo.

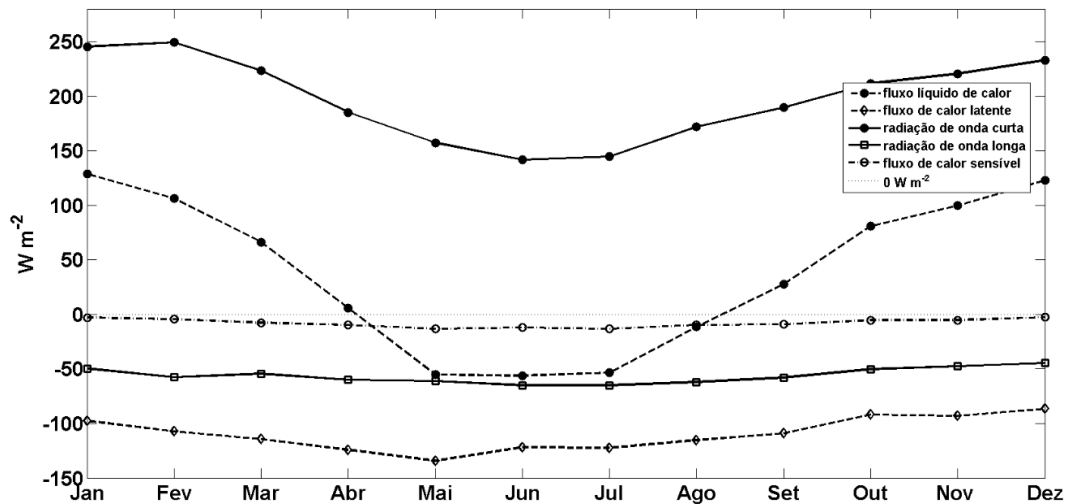
No entanto, deve-se questionar se esse padrão observado nesse estudo não é fictício e tenha decorrido do critério de definição do início e término da floração, haja vista a baixa amplitude da [chl-a] na região oceânica.



## 5. Discussões

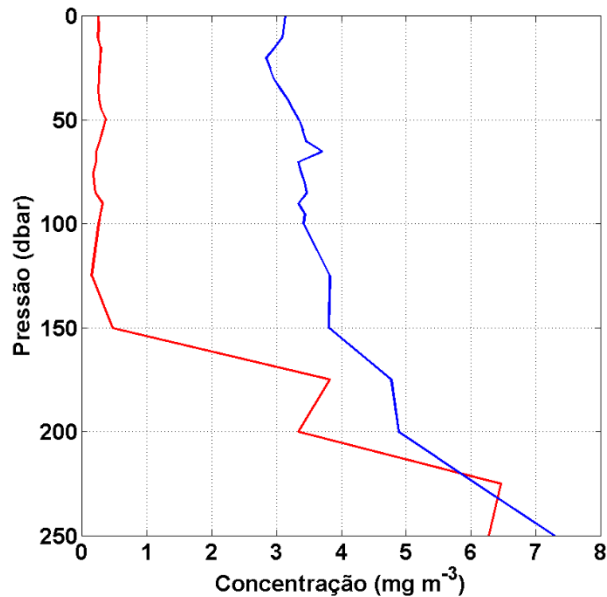
Uma análise associada entre a fenologia da [chl-a], o resultado dos SVDs e das EOFs permite sugerir que as florações anuais de inverno da [chl-a] no Embaiamento de Tubarão sejam dirigidas, principalmente, pelas flutuações correspondentes da profundidade da camada de mistura. Por sua vez, a tensão de cisalhamento do vento, apesar de ser um importante agente mecânico, mostrou-se pouco efetiva no aprofundamento da camada homogênea. No entanto, essa tensão mostrou possuir um importante papel na mistura da coluna d'água durante a primavera e, conseqüente, manutenção de altos níveis de biomassa de produtores primários nessa estação principalmente sobre a plataforma continental. Esse comportamento também foi observado em outras regiões tropicais do Atlântico, Pacífico e Índico na qual o principal fator condicionante associado foi o resfriamento radioativo das camadas superficiais pela perda líquida de calor na interface oceano-atmosfera entre o fim do outono e o inverno (DANDONNEAU e GOHIN, 1984; RADENAC e RODIER, 1996; GEORGE *et al.*, 2012; JENA *et al.*, 2013, KAMPEL, 2013; LEMOS, 2014; GHISOLFI *et al.*, 2015).

Apesar de não ter sido avaliado de forma detalhada, o ciclo anual do fluxo de calor na região central do Embaiamento de Tubarão (20,5°S, 39,5°O) (Figura 28) apresenta um fluxo líquido negativo (perda de calor pelo oceano) entre abril e meados de agosto.



**Figura 28** – Média mensal (1958 – 2014) das componentes do balanço do fluxo de calor na interface oceano-atmosfera na região central do Embaiamento de Tubarão (20,5°S, 39,5°O) estimados pelos dados do WHOI AOFlux Project (*oaf Flux.who.edu*).

À medida que o inverno se aproxima a perda de calor é intensificada e também ocorre um aumento na intensidade do vento (Figura 21 e Figura 22). Com isso, a coluna d'água se torna mais instável devido aos fluxos convectivos induzidos pelo resfriamento das águas superficiais e pela maior tensão exercida na superfície. Durante esse período a camada de mistura se aprofunda até níveis próximos ao topo da ACAS (aproximadamente 120 m em regiões de talude continental e bacia oceânica) (SANTOS, 2012; MARTINS, 2014). Como consequência, nutrientes que se encontravam no topo dessa massa d'água são disponibilizados em toda a camada de mistura (Figura 29) por meio de movimentos turbulentos favorecendo um aumento significativo na biomassa do fitoplâncton.



**Figura 29** – Perfis verticais climatológicos de concentração de nitrato na região central do Embaiamento de Tubarão (20,5°S , 39,5°O) dos meses de fevereiro (vermelho) e agosto (azul). Notam-se concentrações até 10 vezes maiores durante o mês de inverno do que o mês de verão nos primeiros 150 metros de profundidade. Dados provenientes do World Ocean Atlas 2013 ([www.nodc.noaa.gov](http://www.nodc.noaa.gov)).

Com a aproximação do início da primavera o oceano retorna a fase de ganho líquido calor e tende a se reestratificar. Porém, nesse período os ventos são mais intensos e favorecem a manutenção da mistura vertical da coluna d'água superficial, prolongando a floração que se iniciou na estação anterior.

Com o aumento do fluxo de radiação de onda curta pelo Sol a partir do fim de setembro (em média), a mistura induzida pela transferência vertical de *momentum* da tensão de cisalhamento do vento não é mais tão eficaz no processo de erosão da base da camada de mistura. Assim o oceano reestratifica (camada de mistura mais rasa) o que impede a circulação de nutrientes do topo da ACAS até as camadas superficiais e os níveis de biomassa voltam a cair.

Sobre a plataforma continental o processo deve ocorrer de modo semelhante, porém a coluna d'água mais rasa favorece a manutenção de maiores níveis de biomassa por boa parte da primavera devido a mistura induzida, principalmente, pelo vento nessa estação, já que o sedimento é uma grande fonte de novos nutrientes (REYNOLDS, 2006).

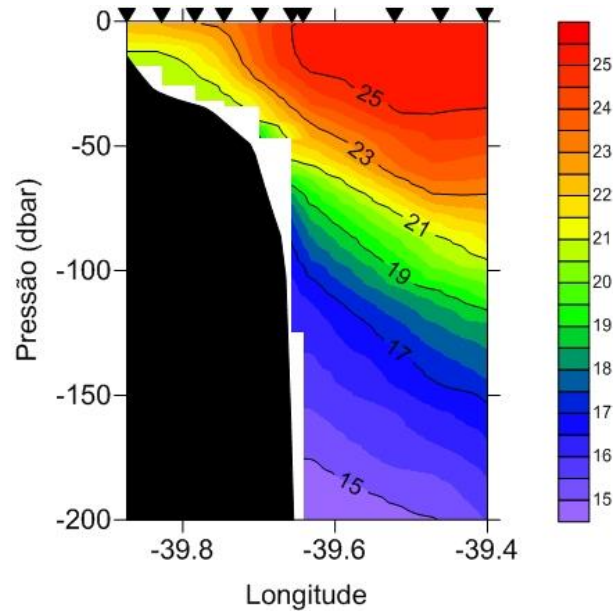
Já durante a floração de verão o processo é diferente. Como evidenciado na Figura 15, ao norte da região influenciada por essa floração os níveis de biomassa podem ser maiores do que aqueles da floração de inverno. Considerando-se o cenário descrito para a floração de inverno, esse seria justamente um momento não propício para o desenvolvimento de uma floração. Daí, então, a necessidade da atuação de

uma combinação de processos altamente energéticos para vencer a estratificação induzida pelo aquecimento superficial nesse período.

A atuação de ventos favoráveis à ressurgência tanto por transporte ou bombeamento de Ekman na estação de verão tem um importante papel na movimentação de ACAS entre o talude e a plataforma continental na costa espírito santense (CASTELÃO e BARTH, 2006; PALMA e MATANO, 2009; AGUIAR, *et al.*, 2014). Porém, segundo os autores, a ressurgência ocorre de forma mais constante e intensa em regiões ao sul de 22°S devido ao incremento no papel do Bombeamento de Ekman e pela manutenção do vento médio de nordeste ao longo do ano nessa região.

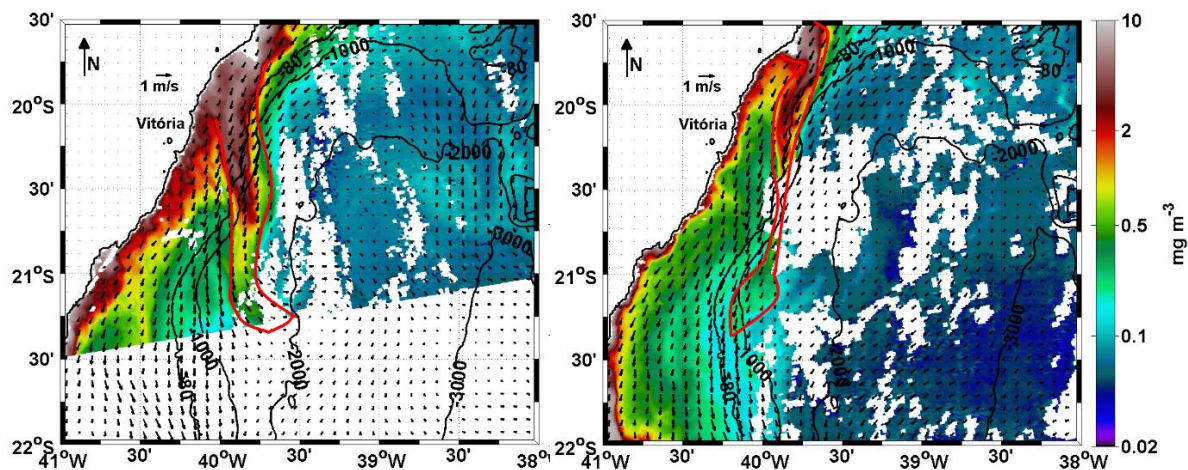
Assim, o posicionamento e a conformação da área onde se desenvolve a floração de verão somados ao curto período da floração quando comparado à floração de inverno, aos maiores níveis de [chl-*a*] e a defasagem temporal do início da floração na porção norte são sugestivas de que o papel das forçantes meteorológicas (maiores escalas espaciais e temporais) no desenvolvimento da feição é de menor significância comparativamente ao papel de forçantes oceanográficas (menores escalas espaciais e temporais).

Uma importante feição oceanográfica com capacidade de inserir águas subsuperficiais sobre a plataforma continental é o processo de *encroachment* (ROUGHAN e MIDDLETON, 2004). O papel desse processo na ressurgência nessa região foi avaliado por Aguiar *et al.* (2014). Segundo os autores, o aumento na velocidade do escoamento da CB entre dezembro e janeiro (MATANO, *et al.*, 1993; PIMENTEL, 2012; AGUIAR, *et al.*, 2014) intensifica consideravelmente o transporte de Ekman de fundo, que nessa ocasião, atua transportando água com presença de ACAS do topo do talude continental em direção à plataforma continental. Martins (2014) reforça essa hipótese ao mostrar um perfil de temperatura perpendicular à costa (19,74°S) coletado em dezembro de 2011 (Figura 30) onde é possível notar um núcleo quente a partir da quebra de plataforma (núcleo da CB) e uma elevação das isotermas em direção à costa. Segundo a autora, antes e durante a amostragem a intensidade do vento era baixa, o que permitiu indicar o *encroachment* associado ao escoamento da CB como principal responsável pela ressurgência.



**Figura 30** – Transecto de temperatura perpendicular à costa em 19,74°S. As isolinhas representam a temperatura da água em °C. Fonte: Martins (2014).

A outra importante forçante que pode contribuir para o desenvolvimento dessa floração é o *input* de nutrientes associado a descarga continental oriunda do Rio Doce. A foz do rio (19,65°S) se encontra muito próximo do núcleo de maiores [chl-a] evidenciado na Figura 31 além do período de maior vazão ser justamente entre os meses de dezembro e janeiro (FERNANDES, 2013). Todavia Esch (2010), Zoffoli *et al.* (2011) e Campos (2011) ressaltam que a área de atuação da pluma do rio é trapeada à costa e por isso, seus efeitos dificilmente seriam diretamente refletidos nessa floração.



**Figura 31** - Campo hidrodinâmico simulado do modelo HYCOM da camada superficial sobreposto à [chl-a] dos dias 19/12/2008 (esquerda) e 16/12/2010 (direita). A isolinha vermelha delimita o núcleo da área onde ocorre a floração de verão. As áreas brancas na região oceânica correspondem a ausência de dados de [chl-a].

As evidências encontradas neste estudo permitem sugerir que o processo que propicia o desenvolvimento da floração de verão possa ser descrito da seguinte forma: 1 – a intensificação no escoamento da CB durante o início do verão permite o desenvolvimento do processo de *encroachment* sobre a plataforma continental ao norte de 20°S; 2 – a ressurgência desenvolvida localmente insere nutrientes na zona fótica e favorece o desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica local; 3 – ao mesmo tempo que a ressurgência ocorre, o escoamento da CB transporta essa água rica em microalgas e nutrientes no sentido sul ao longo da quebra de plataforma e talude continental; 4 – a medida que a massa de água advectada pela CB se distancia da fonte, os nutrientes são consumidos e a [chl-*a*] vai se reduzindo até em aproximadamente 21,5°S retornar a níveis normais de um oceano tropical oligotrófico. Apesar disso, sugere-se uma avaliação mais detalhada sobre a dinâmica nessa região, principalmente no papel que o vento possa desenvolver em uma possível ressurgência costeira.

## 6. Conclusões

Os maiores níveis de [chl-*a*] foram encontrados sobre a plataforma continental, podendo ser, em média, de 10 a 100 vezes maiores do que os níveis de concentração do mesmo pigmento na região oceânica do Embaiamento de Tubarão. As maiores variabilidades na [chl-*a*] também ocorreram sobre a região rasa.

Existem dois ciclos básicos anuais de variação temporal da biomassa do fitoplâncton na região de estudo. O primeiro atua sobre toda a região de estudo com períodos de maiores concentrações centrados principalmente nas estações de inverno e em alguns casos no início da primavera. O segundo é restrito a uma região entre a plataforma e o talude continental com períodos de maiores concentrações entre novembro e janeiro.

Existe um forte acoplamento entre o início da floração de inverno e o período de aprofundamento da camada de mistura. Esta por sua vez, se mantém em níveis profundos enquanto o oceano perde calor para a atmosfera, sugerindo que a dinâmica da floração de inverno no Embaiamento de Tubarão, a nível sazonal, é fortemente influenciada pelo ciclo de resfriamento e aquecimento das camadas superficiais do oceano.

Sobreposto ao ciclo anual induzido pelo processo meteorológico existe um ciclo também de característica anual que ocorre devido, principalmente, a atuação de processos oceanográficos sobre uma área restrita da plataforma e talude continental entre os meses de dezembro e janeiro quando o escoamento da CB se intensifica.

Durante a floração de verão o processo de *encroachment* foi, possivelmente, o principal agente que introduziu águas ricas sobre a plataforma continental ligeiramente ao norte de 20°S. Em seguida, a borda interna da CB transportou essas águas ricas em nutrientes e microalgas no sentido sul pela região de quebra de plataforma e talude continental.

A nível sazonal a tensão do cisalhamento e o seu rotacional apresentaram uma influência secundária no aprofundamento da camada de mistura. Porém quando essa tensão foi mais intensa (na primavera) a [chl-*a*] se manteve em níveis altos, principalmente sobre a plataforma continental.

O rotacional da tensão de cisalhamento do vento sobre a plataforma continental apresentou um comportamento típico de ambientes onde se desenvolve a ressurgência pelo Bombeamento de Ekman. Já sobre o oceano profundo o rotacional da tensão de cisalhamento do vento contribuiu para manter as características oligotróficas de um oceano tropical típico.

As maiores amplitudes na [chl-a] ocorreram sobre a plataforma continental. Esse padrão foi observado tanto na floração de inverno quanto na floração de verão nas regiões onde ocorre essa segunda floração.

Durante a estação fria, a floração iniciou antes na região profunda do Embaiamento de Tubarão do que sobre a plataforma. O fim da floração também ocorreu mais tarde na região profunda. Já durante a floração de verão o processo tem duração menor e ocorreu de maneira inversa.



## 7. Perspectivas futuras

O presente trabalho apresentou importantes informações sobre a variabilidade espaço-temporal da biomassa das microalgas na região do Embaiamento de Tubarão. Entretanto, devido à grande sensibilidade do fitoplâncton às variações na concentração de nutrientes no ambiente marinho em escalas espaço-temporais menores do que as analisadas, é sugerida uma avaliação com dados que permitam um diagnóstico de padrões de menor durabilidade e maior resolução espacial. O principal exemplo disso é que não foi observado nenhum padrão muito bem definido de variabilidade espaço-temporal da [chl-a] sobre a plataforma continental que remeta a possível atuação de ressurgências dirigidas pelo vento já catalogadas como atuantes no local. Dados com resoluções espaciais e temporais melhores poderiam ajudar a solucionar essa questão.

Outra limitação observada foi que as análises de EOF e SVD desse trabalho deram um peso muito grande para as condições de oceano profundo devido as características matemáticas dos métodos. Uma forma simples de obter um maior detalhamento sobre a plataforma continental seria realizando as análises de campos de forma isolada para a plataforma continental e para o oceano profundo.

Apesar de não ter sido foco desse trabalho, os valores médios de [chl-a] sobre a plataforma continental certamente são superestimados. Já é de conhecimento da comunidade científica a limitação dos sensores orbitais ópticos na obtenção dessa informação em águas de caso II e por isso seria importante uma análise de comparação entre dados coletados *in situ* e pelo MODIS sobre a plataforma continental capixaba para se identificar regiões bem interpretadas pelo sensor.

Foi identificada pela análise de SVD uma componente que remete a um aprofundamento da camada de mistura sobre a região de plataforma continental média e externa durante os meses de verão. Essa é uma informação importante que pode ter reflexos em termos químicos, físicos e biológicos nessa área e deve ser avaliada de forma mais detalhada.

## 8. Referências

- AGUIAR, A. L.; CIRANO, M.; PEREIRA, J.; MARTA-ALMEIDA, M. Upwelling processes along a western boundary current in the Abrolhos–Campos region of Brazil. *Continental Shelf Research*, 85:42–59. 2014.
- ALBINO, J. Processos de sedimentação atual e morfodinâmica das praias de Bicanga e Povoação, ES. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ALBINO, J.; SUGUIO, K. The influence of sediment grain size and composition on the morphodynamic state of mixed siliciclastic and bioclastic sand beaches in Espírito Santo state, Brazil. *Revista brasileira de geomorfologia*, v. 12, n. 2, p. 81-92. 2011.
- ALVAREZ, I.; LORENZO, M. N.; CASTRO, M. Analysis of chlorophyll a concentration along the Galician coast: seasonal variability and trends. *ICES Journal of Marine Science*. Oxford University. 2012.
- ARRUDA, W. Z.; CAMPOS, E. J. D.; ZHARKOV, V.; SOUTELINO, R. G.; SILVEIRA, I. C. A. Events of equatoward translation of the Vitoria Eddy. *Continental Shelf Research*. v. 70, p. 61–73. 2013.
- BARRETO, H.; MILLIMAN, J. Esboço fisiográfico da margem continental brasileira. In: TOFFOLI, L.C., ed *Margem Continental Brasileira*. Coletânea de Trabalhos. PETROBRAS. DEXPRO. DIVEX, Rio de Janeiro, 11–30. 1969.
- BASTOS, A. C.; GARCIA, A. N.; D'AGOSTINI, D. P.; MARANGONI, M. B. 8º Relatório monitoramento ambiental: Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8B. Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2007.
- BASTOS, C.C.; FERREIRA, N.J. Análise climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São Paulo. 2000.

- BEHRENFELD, M.J.; BOSS, E. Beam attenuation and chlorophyll concentration as alternative optical indices of phytoplankton biomass. *Journal of Marine Research*, 64, 431-451. 2006.
- BJORNSSON, H.; VENEGAS, S. A. A manual for EOF and SVD analyses of climatic data. 1997.
- BRANDINI, F.P. Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic waters off southeastern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). *Hydrobiologia* 196, 111–148. 1990.
- CALADO, L.; SILVEIRA, I. C. A.; GANGOPADHYAY, A.; CASTRO, B. M. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil). *Continental Shelf Research*, 30. 2010.
- CAMPOS, A. P. M. Análise da variabilidade espacial e temporal da pluma do Rio Doce (ES) através de sensoriamento remoto. 137 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2011.
- CASASAYAS, J. E. G. Analysis of the effect of small-scale turbulence on the phytoplankton dynamics in the open ocean. 171 f. Tese – Departament de Física Aplicada, Universitat Politècnica de Catalunya. 2001
- CASTELAO, R M; BARTH, J A. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl. *Geophys Research*, v. 33. 2006.
- CASTRO, B.M.; MIRANDA, L.B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A. R., BRINK, K. H. (Eds.), *The Sea*, vol. 11. Wiley, New York, pp. 209–251. 1998.
- CASTRO, B. M.; LORENZZETTI, J. A.; SILVEIRA, I. C. A.; MIRANDA, L. B. Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; MADUREIRA, L. S. P. (Org). *O Ambiente Oceanográfico Da Plataforma Continental E Do Talude Na Região Sudeste-Sul Do Brasil*. São Paulo: Editora EdUSP. cap. 01, p.11-120. 2006.

- CASTRO, B.M.; BRANDINI, F.P.; PIRES-VANIN, A.M.S.; MIRANDA, L.B. Multidisciplinary oceanographic processes on the western Atlantic continental shelf between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A.R.; BRINK, K.H. (Eds.), *The Global Coastal Ocean: Interdisciplinary Regional Studies and Syntheses, Pan Regional Syntheses and the Coasts of North and South America and Asia, The Sea*, Vol. 14A. Harvard University Press, Cambridge, MA Part 2, Chapter 8. 2008.
- CIOTTI, A. M.; GARCIA, C. A. E.; JORGE, D. S. F. Temporal and meridional variability of Satellite-estimates of surface chlorophyll concentration over the Brazilian continental shelf. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 5, p. 236-253. 2010.
- CONCEIÇÃO, J. R. Caracterização Ambiental das comunidades fitoplanctônicas de uma área da plataforma continental e duas áreas oceânicas do estado do Espírito Santo. 74 j. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. 2013.
- CORIOLIS. Argo floats. WOCE. Disponível em: <<http://www.coriolis.eu.org/>>. Acesso em: 10 de mar. 2015.
- COSTA, T. P. Existe um Vórtice de Vitória climatológico? 76 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.
- CUSHMAN-ROISIN, B.; BECKERS, J. M. *Introduction to Geophysical Fluid Dynamics*, Academic, Amsterdam. 2011.
- DANDONNEAU, Y.; GOHIN, F. Meridional and seasonal variations of the sea surface chlorophyll concentration in the southwestern tropical Pacific (14 to 32°S, 160 to 175°E). *Deep-Sea Research*, v. 31, p. 1377-1393. 1984.
- DELCOURT, F. T.; CHAPRON, B.; ALONSO, J. J. A classification of the south Atlantic by Seawifs chlorophyll concentration variability in ecological provinces. *Pluralidade*, v. 2, p. 91-110. 2013

- EMERY, W. J.; THOMSON, R. E. Data analysis methods in physical oceanography. 2 ed. Elsevier. 638 p. 2001.
- ESCH, K. F. Caracterização espaço-temporal de plumas de sedimentos por sensoriamento remoto: um estudo de caso na foz do Rio Paraíba do Sul. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Computação) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Computação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- ETAMODEL. Modelo Eta. INPE. Disponível em: <<http://etamodel.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- FERNANDES, M. S. Análise da variabilidade espaço-temporal da distribuição de clorofila-a entre a plataforma continental do norte da Bacia de Campos e Bacia do Espírito Santo por meio de imagens de satélite. 61 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2013.
- FREITAS, A. C. T. Avaliação espaço-temporal de feições ciclônicas no Embaiamento de Tubarão (ES) através de imagens de satélite da concentração de clorofila-a. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.
- GAETA, S. A.; MIRANDA, L. B.; SUSINI-RIBEIRO, S. M. M.; POMPEU, M.; ARAUJO, C. E. S. The Vitória Eddy and its relation to the phytoplankton biomass and primary productivity during the austral fall of 1995. *Archive of Fishery and Marine Research*, 47(2/3): 253-270. 1999.
- GARFIELD, N. - The Brazil Current at subtropical latitudes. Ph.D. Thesis, University of Rhode Island, 122 pp. 1990.
- GEORGE, J. V.; NUNCIO, M.; CHACKO, R.; ANILKUMAR, N.; NORONHA, S. B.; PATIL, S. M.; PAVITHRAN, S.; ALAPPATTU, D. P.; KRISHNAN, K. P.; ACHUTHANKUTTY, C. T. Role of physical processes in chlorophyll distribution in the western tropical Indian Ocean. *Journal of Marine Systems*, v. 113-114, p. 1-12. 2012.

- GHISOLFI, R. D.; DA SILVA, M. P.; DOS SANTOS, F. T.; SERVINO, R. N.; CIRANO, M.; THOMPSON, F.L. Physical Forcing Mechanisms Controlling the Variability of Chlorophyll-*a* over the Royal-Charlotte and Abrolhos Banks—Eastern Brazilian Shelf. *Plos One* 10(2). 2015.
- GORDON, H. R.; MCCLUNEY, W. R. Estimation of the depth of sunlight penetration in the sea for remote sensing. *Applied Optics*, n. 14, p. 413-416. 1975.
- HYCOM. Hybrid Coordinate Ocean Model. NOPP. Disponível em: <<http://hycom.org>>. Acesso em: 22 de dez. 2014.
- HU, C.; K. L. CARDER.; MULLER-KARGER, F. E. Atmospheric correction of SeaWiFS imagery over turbid coastal waters: a practical method. *Remote Sens. Environ.* 74: 195-206. 2000.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <[inmet.gov.br/portal](http://inmet.gov.br/portal)>. Acesso em 6 de ago. 2015.
- JENA, B.; SAHU, S.; AVINASH, K.; SWAIN, D. Observation of the oligotrophic gyre variability in the south Indian Ocean: Environmental forcing and biological response. *Deep-Sea Research I*, v. 80, p 1-10. 2013.
- JOHNS, B. *Physical oceanography of coastal and shelf seas*. Amsterdam: Elsevier. 470 p. 1983.
- KAMPEL, M. Caracterização do bloom anual de clorofila na Bacia de Campos (RJ) a partir de dados de satélite. XVI Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Foz do Iguaçu, Brasil. 2013.
- KANTHA, L.; CLAYSON, C.A. *Ocean Mixed Layer. Boundary Layers*. Elsevier Science Ltd. 2003.
- KESAULYA, I.; LETERME, S. C.; MITCHELL, J. G.; SEURONT, L. The impact of turbulence and phytoplankton dynamics on foam formation, seawater viscosity and chlorophyll concentration in the eastern English Channel. *Oceanologia*. 50 (2), pp. 167-182. 2008.

- LEE, M. M.; WILLIAMS, R. G. The role of eddies in the isopycnic transfer of nutrients and their impact on biological production. *Journal of Marine Research* 58, 895-917. 2000.
- LEE, Z.; K. L. CARDER; ARNONE, R. A. Deriving inherent optical properties from water color: a multiband quasi-analytical algorithm for optically deep waters. *Appl. Opt.* 41. 5755-5772. 2002.
- LEMOS, A. T. Aspectos meteo-oceanográficos associados com a concentração de clorofila-a ao longo da Cadeia Vitória Trindade. Tese (Doutorado em Oceanografia Ambiental) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.
- MACHADO, M. F.; AMARO, V. E.; KAMPEL, M.; FERREIRA, A.T.S. Monitoramento ambiental em áreas offshore da bacia Potiguar (RN) através de imagens do sensor MODIS integrado a dados in situ de temperatura da superfície do mar (TSM) e de clorofila-a. Anais XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Natal, Brasil. 2009.
- MANN, K. H.; LAZIER, J. R. N. Dynamic of marine ecosystems. Terceira edição. Dartmoundh, Canada: Blackwell Publishing. 496p. 2006.
- MARGALEF, R. Teoria de los sistemas ecológicos. Publicacions Universitat de Barcelona. Barcelona. P. 290. 1991.
- MARTINS, T. R. A Corrente do Brasil no Embaiamento de Tubarão – Oceano Atlântico Sudoeste. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.
- MATANO, R. P.; SCHLAX, M. G.; CHELTON, D. B. Seasonal variability in the southwestern Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, v. 98, pp, 18027 – 18035. 1993.
- MATHWORKS. A Guide to MATLAB. Department of Mathematics. University of Maryland. Disponível em: <<http://www.math.umd.edu/undergraduate/schol/matlab/>>. Acesso em: 20 de jul. 2013.

- MINGOTI, S. P. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MODIS. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. NASA. Disponível em <modis.gsfc.nasa.gov>. Acesso em 11 de mar. 2015.
- MOUN, J. N.; SMYTH, W. D. Upper ocean mixing processes. Encyclopedia of Ocean Sciences. 2001.
- NOERNBERG, M.A.; KAMPEL, M.; BRANDINI, F.P. Estudo da variabilidade temporal da concentração de clorofila estimada por satélite na plataforma continental catarinense: latitude 26° 46' S. Anais XIII simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. Florianópolis, Brasil. 2007.
- NORTH, G. R.; BELL, T. L.; CAHALAN, R. F.; MOENG, F. J. Sampling errors in the estimation of the empirical orthogonal functions. Monthly weather review, v. 110. 1982.
- NYBAKKEN, J. W. Marine biology: an ecological approach. 4th ed. Menlo Park, California: Addison Wesley Longman, c1997. xiii, 481p.
- PALACZ, A. P.; XUE, H.; ARMBRECHT, C.; ZHANG, C.; CHAI, F. Seasonal and inter-annual changes in the surface chlorophyll of the South China Sea. Journal of Geophysical Research, v. 116. 2011.
- PALMA, E. D.; MATANO, R. P. Disentangling the upwelling mechanisms of the South Brazil Bight. Continental Shelf Research. 29. pp. 1525-1534. 2009.
- PIMENTEL, F. P. A Corrente do Brasil e a Corrente de Contorno Intermediário na região da Cadeia Vitória-Trindade. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2012.
- PIUMBINI, P. P. Clima de ondas de gravidade e estado de agitação marítima em ambientes marinhos do Espírito Santo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2009.



- PLATT, T. Local phytoplankton abundance and turbulence. *Deep Sea Research*. Vol 19, pp. 183-187. 1971.
- RADENAC, M. H.; RODIER, M. Nitrate and chlorophyll distributions in relations to thermohaline and current structures in the western tropical Pacific during 1985-1989. *Deep-Sea Research II*, v. 43, p. 725-752. 1996.
- REYNOLDS, C. S. *Ecology of Phytoplankton: ecology, biodiversity and conservation*. Cambridge University Press. New York. 2006.
- RODRIGUES, R. R.; LORENZZETTI, J. A. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*, 21: 371-394. 2001.
- ROUGHAN, M.; MIDDLETON, J. H. On the East Australian Current: Variability, encroachment, and upwelling. *Journal of Geophysical Research*. 2004.
- SCHMID, C.; SCHAFFER, H.; PODESTÁ, G.; ZENK, W. The Vitória Eddy and Its Relation to Brazil Current. *Journal of Physical Oceanography*. v 25. pp. 2532-2546. 1994.
- SANTOS, F. T. *Variação espaço-temporal da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) entre os paralelos de 10°S e 25°S. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2012.*
- SERVINO, R. N. *A bifurcação da Corrente do Brasil no Embaiamento de Tubarão e seu papel na formação de vórtices ciclônicos. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Ambiental) – Departamento de Oceanografia e Ecologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.*
- SIEDLER, G.; ZENK, W. *Woce Südatlantik. Reise Nr. 15, 30. Dezember 1990 - 23 März 1991 METEOR-Berichte, Universität Hamburg, 92-1, 126 pp. 1991.*
- SIEGEL, D. A.; DONEY, S. C.; YODER, J. A. The North Atlantic Spring Phytoplankton Bloom and Sverdrup's Critical Depth Hypothesis. *Science* 296, 730. 2002.

- SILVA, M. R. L. F. Sensoriamento Remoto do Campo de Concentração de Clorofila-a na Região da Costa Central do Brasil. Universidade Federal do Espírito Santo. 2005.
- SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Rev. Bras. Oceanografia. 48(2):171-183. 2000.
- SILVEIRA, I. C. A.; OLIVEIRA, E. R.; MATTOS, R. A.; FERNANDES, F. P. A.; LIMA, J. A. M. Mesoscale Patterns of the Brazil Current between 20°S and 25.5°S. Ocean Sciences Meeting, AGU/ASLO/IAPSO/TOS, Honolulu, OS45N-12. 2006.
- SOUZA, R. B. Oceanografia por satélites. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.
- SOUZA, R.B.; GHERARDI, D.F.M.; SATO, O.T.; POLITO, P.S.; KAMPEL, M.; LENTINI, C.A.D. Climatologia e variabilidade ambiental marinha na região do Banco dos Abrolhos determinada por satélites: resultados preliminares do projeto Pro-Abrolhos. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, Brasil. 2007.
- STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. J. Geophys. Res., 104(C9), 20.863–20.883. 1999.
- SVERDRUP, H. U. On conditions for the vernal Blooming of Phytoplankton. Journal du Conseil. v. 18, pp 287-295. 1953.
- TALLEY, L. D.; PICKARD, G. L.; EMERY, W. J.; SWIFT, J. H. Descriptive Physical Oceanography. Elsevier. 2011
- TAYLOR, K. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram. J. Geophys. Res., 106:7183–7192. 2001.
- TEOS-10. <[www.teos-10.org](http://www.teos-10.org)> Acesso em: Mai. 2014.
- VALENTIN, J. L. Características hidrobiológicas da região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). Brasília: Ideal editora. 168 p. 2007.

- VANDEBLOEMEN, L. A. Satellite analysis of temporal and spatial chlorophyll patterns on the West Florida shelf (1997-2003). 112 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - College of Marine Science, University of South Florida, Florida, 2006.
- WILKIN, J. L.; HUNTER, E.J. An assessment of the skill of real-time models of Mid-Atlantic Bight continental shelf circulation. *J Geophys Res.* 118(6): 2919–2933. 2013.
- WILKS, D. S. Statistical methods in the atmospheric sciences. Segunda edição. Elsevier. Nova York. 2006.
- WILLIAMS, P. J. B.; THOMAS, D. N.; REYNOLDS, C. S. Phytoplankton Productivity: Carbon assimilation in Marine and Freshwater Ecosystems. Blackwell Science. United Kingdom. 2002.
- ZEMBRUSCKI, S. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In PROJETO REMAC. Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. PETROBRAS. CENPES. DINTEP (Série REMAC nº 7), Rio de Janeiro, 129–177. 1979.
- ZOFFOLI, M. L.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Caracterização da pluma de sedimento do rio Doce (ES) utilizando dados TM – Landsat 5. Anais XV Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, Brasil. 2011.

# APÊNDICE A

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM  
(continua)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,43	-21,27	1	10	2007	10	23,10	37,20	22,70	36,95
-38,43	-21,27	1	10	2007	20	23,10	37,20	22,69	36,96
-38,43	-21,27	1	10	2007	30	23,10	37,20	22,66	36,96
-38,43	-21,27	1	10	2007	50	23,10	37,20	22,62	36,96
-38,43	-21,27	1	10	2007	75	23,10	37,20	22,43	36,91
-38,43	-21,27	1	10	2007	100	23,10	37,20	21,05	36,59
-38,43	-21,27	1	10	2007	125	22,94	37,16	19,43	36,23
-38,43	-21,27	1	10	2007	150	21,40	36,80	18,13	35,98
-38,43	-21,27	1	10	2007	200	18,33	36,18	16,04	35,67
-38,81	-21,69	11	10	2007	10	23,35	37,28	23,22	36,90
-38,81	-21,69	11	10	2007	20	23,35	37,28	23,20	36,90
-38,81	-21,69	11	10	2007	30	23,35	37,28	23,17	36,88
-38,81	-21,69	11	10	2007	50	23,32	37,27	22,83	36,80
-38,81	-21,69	11	10	2007	75	22,87	37,18	22,20	36,70
-38,81	-21,69	11	10	2007	100	22,65	37,12	20,63	36,41
-38,81	-21,69	11	10	2007	125	22,28	37,03	18,71	36,05
-38,81	-21,69	11	10	2007	150	21,66	36,95	17,70	35,91
-38,81	-21,69	11	10	2007	200	18,84	36,28	15,75	35,63
-38,18	-21,72	24	11	2007	10	24,68	37,18	24,29	36,83
-38,18	-21,72	24	11	2007	20	24,67	37,21	24,26	36,82
-38,18	-21,72	24	11	2007	30	24,46	37,18	23,74	36,74
-38,18	-21,72	24	11	2007	50	23,78	37,38	22,18	36,58
-38,18	-21,72	24	11	2007	75	23,69	37,39	21,47	36,46
-38,18	-21,72	24	11	2007	100	23,32	37,29	20,26	36,28
-38,18	-21,72	24	11	2007	125	22,40	37,03	18,98	36,09
-38,18	-21,72	24	11	2007	150	21,91	36,92	17,97	35,95
-38,18	-21,72	24	11	2007	200	20,07	36,51	16,14	35,69
-38,48	-21,65	4	12	2007	10	25,37	37,38	25,04	36,75

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,48	-21,65	4	12	2007	20	25,36	37,38	24,88	36,72
-38,48	-21,65	4	12	2007	30	25,25	37,37	24,35	36,66
-38,48	-21,65	4	12	2007	50	24,90	37,33	23,64	36,62
-38,48	-21,65	4	12	2007	75	23,33	37,13	22,92	36,58
-38,48	-21,65	4	12	2007	100	23,34	37,25	21,98	36,53
-38,48	-21,65	4	12	2007	125	22,43	37,02	20,96	36,41
-38,48	-21,65	4	12	2007	150	22,08	36,95	19,88	36,25
-38,48	-21,65	4	12	2007	200	19,65	36,42	17,77	35,94
-38,26	-21,18	14	12	2007	10	25,64	37,40	25,88	37,23
-38,26	-21,18	14	12	2007	20	25,64	37,40	25,81	37,22
-38,26	-21,18	14	12	2007	30	25,64	37,40	25,29	37,18
-38,26	-21,18	14	12	2007	50	25,44	37,41	24,21	37,09
-38,26	-21,18	14	12	2007	75	24,83	37,46	23,51	37,01
-38,26	-21,18	14	12	2007	100	23,97	37,36	22,50	36,87
-38,26	-21,18	14	12	2007	125	23,47	37,30	20,42	36,47
-38,26	-21,18	14	12	2007	150	22,59	37,11	18,40	36,10
-38,26	-21,18	14	12	2007	200	18,12	36,14	15,35	35,60
-38,43	-21,99	3	1	2008	10	26,33	37,36	26,38	36,82
-38,43	-21,99	3	1	2008	20	26,32	37,36	26,30	36,81
-38,43	-21,99	3	1	2008	30	26,31	37,36	25,51	36,69
-38,43	-21,99	3	1	2008	50	24,92	37,27	23,82	36,46
-38,43	-21,99	3	1	2008	75	23,90	37,36	22,54	36,35
-38,43	-21,99	3	1	2008	100	23,53	37,32	20,83	36,22
-38,43	-21,99	3	1	2008	125	23,11	37,25	19,05	36,05
-38,43	-21,99	3	1	2008	150	22,71	37,16	17,66	35,88
-38,43	-21,99	3	1	2008	200	20,41	36,62	15,47	35,59
-38,42	-21,90	24	4	2008	10	26,91	37,00	26,91	36,92
-38,42	-21,90	24	4	2008	20	26,89	37,01	26,75	36,91
-38,42	-21,90	24	4	2008	30	26,89	37,01	25,56	36,85
-38,42	-21,90	24	4	2008	50	26,73	37,03	23,78	36,77

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,42	-21,90	24	4	2008	75	22,97	36,96	22,39	36,68
-38,42	-21,90	24	4	2008	100	21,96	36,87	20,88	36,47
-38,42	-21,90	24	4	2008	125	21,20	36,75	19,27	36,20
-38,42	-21,90	24	4	2008	150	20,05	36,52	18,19	36,02
-38,42	-21,90	24	4	2008	200	17,23	35,99	16,34	35,71
-39,53	-21,82	7	6	2008	10	25,01	37,12	25,10	36,79
-39,53	-21,82	7	6	2008	20	25,01	37,12	25,10	36,79
-39,53	-21,82	7	6	2008	30	25,01	37,12	25,08	36,79
-39,53	-21,82	7	6	2008	50	25,01	37,13	24,83	36,78
-39,53	-21,82	7	6	2008	75	23,24	36,98	23,60	36,65
-39,53	-21,82	7	6	2008	100	22,39	36,99	21,60	36,46
-39,53	-21,82	7	6	2008	125	21,85	36,90	20,10	36,28
-39,53	-21,82	7	6	2008	150	21,12	36,73	18,69	36,10
-39,53	-21,82	7	6	2008	200	18,28	36,19	16,65	35,77
-39,66	-21,02	17	6	2008	10	25,25	37,40	25,16	36,85
-39,66	-21,02	17	6	2008	20	25,25	37,40	25,15	36,85
-39,66	-21,02	17	6	2008	30	25,26	37,40	25,14	36,85
-39,66	-21,02	17	6	2008	50	25,26	37,40	24,91	36,82
-39,66	-21,02	17	6	2008	75	24,87	37,34	24,27	36,73
-39,66	-21,02	17	6	2008	100	23,18	37,19	22,50	36,51
-39,66	-21,02	17	6	2008	125	22,04	36,95	20,53	36,28
-39,66	-21,02	17	6	2008	150	21,57	36,85	18,76	36,11
-39,66	-21,02	17	6	2008	200	18,32	36,20	16,26	35,72
-39,05	-20,00	27	6	2008	10	24,93	37,44	24,59	36,93
-39,05	-20,00	27	6	2008	20	24,93	37,44	24,59	36,93
-39,05	-20,00	27	6	2008	30	24,93	37,44	24,58	36,93
-39,05	-20,00	27	6	2008	50	24,93	37,44	24,48	36,92
-39,05	-20,00	27	6	2008	75	24,92	37,44	24,03	36,85
-39,05	-20,00	27	6	2008	100	23,43	37,15	21,95	36,55
-39,05	-20,00	27	6	2008	125	21,48	36,83	19,96	36,28

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,05	-20,00	27	6	2008	150	19,83	36,51	18,28	36,04
-39,05	-20,00	27	6	2008	200	17,40	36,02	15,70	35,63
-38,36	-20,93	7	7	2008	10	24,20	37,29	24,19	36,97
-38,36	-20,93	7	7	2008	20	24,20	37,29	24,20	36,97
-38,36	-20,93	7	7	2008	30	24,20	37,29	24,21	36,97
-38,36	-20,93	7	7	2008	50	24,20	37,30	24,21	36,97
-38,36	-20,93	7	7	2008	75	24,08	37,27	23,94	36,92
-38,36	-20,93	7	7	2008	100	22,40	37,01	22,95	36,75
-38,36	-20,93	7	7	2008	125	21,86	36,91	21,96	36,59
-38,36	-20,93	7	7	2008	150	21,21	36,77	20,65	36,39
-38,36	-20,93	7	7	2008	200	17,95	36,11	17,78	35,96
-38,05	-21,26	22	4	2009	10	27,59	37,26	27,84	37,10
-38,05	-21,26	22	4	2009	20	27,59	37,26	27,82	37,10
-38,05	-21,26	22	4	2009	30	27,59	37,26	27,73	37,11
-38,05	-21,26	22	4	2009	50	27,51	37,23	26,54	37,12
-38,05	-21,26	22	4	2009	75	23,91	37,00	24,62	37,11
-38,05	-21,26	22	4	2009	100	22,78	36,96	23,42	37,09
-38,05	-21,26	22	4	2009	125	21,43	36,75	22,14	36,92
-38,05	-21,26	22	4	2009	150	19,94	36,49	20,82	36,66
-38,05	-21,26	22	4	2009	200	17,54	36,03	18,11	36,20
-38,87	-21,41	1	5	2009	10	27,20	37,26	27,25	37,12
-38,87	-21,41	1	5	2009	20	27,21	37,27	27,25	37,12
-38,87	-21,41	1	5	2009	30	27,20	37,32	27,17	37,11
-38,87	-21,41	1	5	2009	50	27,15	37,33	26,50	37,08
-38,87	-21,41	1	5	2009	75	23,09	37,02	24,41	36,99
-38,87	-21,41	1	5	2009	100	21,46	36,75	22,80	36,91
-38,87	-21,41	1	5	2009	125	19,91	36,47	21,19	36,68
-38,87	-21,41	1	5	2009	150	18,92	36,28	19,57	36,42
-38,87	-21,41	1	5	2009	200	16,83	35,91	17,26	36,07
-38,75	-21,40	12	5	2009	10	26,67	37,33	26,57	37,22

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,75	-21,40	12	5	2009	20	26,66	37,33	26,58	37,24
-38,75	-21,40	12	5	2009	30	26,64	37,33	26,57	37,25
-38,75	-21,40	12	5	2009	50	26,63	37,33	26,12	37,22
-38,75	-21,40	12	5	2009	75	24,43	37,17	23,99	37,04
-38,75	-21,40	12	5	2009	100	22,74	36,98	22,25	36,78
-38,75	-21,40	12	5	2009	125	21,15	36,71	20,85	36,58
-38,75	-21,40	12	5	2009	150	19,44	36,39	19,48	36,37
-38,75	-21,40	12	5	2009	200	16,96	35,94	17,20	36,00
-38,31	-21,42	24	5	2009	10	25,32	37,20	26,12	37,15
-38,31	-21,42	24	5	2009	20	25,32	37,20	26,15	37,15
-38,31	-21,42	24	5	2009	30	25,32	37,20	26,18	37,15
-38,31	-21,42	24	5	2009	50	25,32	37,20	26,04	37,14
-38,31	-21,42	24	5	2009	75	24,25	37,14	24,12	37,04
-38,31	-21,42	24	5	2009	100	22,40	36,90	21,96	36,77
-38,31	-21,42	24	5	2009	125	20,81	36,64	20,51	36,52
-38,31	-21,42	24	5	2009	150	19,51	36,39	19,20	36,29
-38,31	-21,42	24	5	2009	200	16,94	35,91	17,69	36,04
-38,85	-21,22	3	6	2009	10	25,36	37,21	25,10	37,00
-38,85	-21,22	3	6	2009	20	25,35	37,21	25,11	37,00
-38,85	-21,22	3	6	2009	30	25,36	37,22	25,11	37,00
-38,85	-21,22	3	6	2009	50	25,36	37,22	25,02	37,00
-38,85	-21,22	3	6	2009	75	25,36	37,21	23,91	36,92
-38,85	-21,22	3	6	2009	100	23,06	37,04	21,84	36,73
-38,85	-21,22	3	6	2009	125	21,55	36,77	20,03	36,45
-38,85	-21,22	3	6	2009	150	19,74	36,44	18,88	36,25
-38,85	-21,22	3	6	2009	200	16,81	35,89	17,12	35,91
-38,05	-21,38	11	6	2009	10	24,70	37,17	25,02	37,22
-38,05	-21,38	11	6	2009	20	24,70	37,18	25,01	37,22
-38,05	-21,38	11	6	2009	30	24,70	37,18	25,01	37,22
-38,05	-21,38	11	6	2009	50	24,68	37,18	24,99	37,21



**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,05	-21,38	11	6	2009	75	24,53	37,14	24,64	37,15
-38,05	-21,38	11	6	2009	100	22,95	36,93	23,04	36,89
-38,05	-21,38	11	6	2009	125	21,69	36,76	21,55	36,63
-38,05	-21,38	11	6	2009	150	20,47	36,57	20,17	36,36
-38,05	-21,38	11	6	2009	200	18,15	36,14	17,89	35,95
-39,05	-21,35	13	6	2009	10	24,61	37,11	24,08	36,70
-39,05	-21,35	13	6	2009	20	24,63	37,12	24,10	36,70
-39,05	-21,35	13	6	2009	30	24,64	37,13	24,11	36,70
-39,05	-21,35	13	6	2009	50	24,66	37,15	24,07	36,71
-39,05	-21,35	13	6	2009	75	24,53	37,12	23,06	36,71
-39,05	-21,35	13	6	2009	100	22,18	36,87	21,45	36,65
-39,05	-21,35	13	6	2009	125	20,42	36,53	20,21	36,56
-39,05	-21,35	13	6	2009	150	19,00	36,29	19,07	36,36
-39,05	-21,35	13	6	2009	200	16,86	35,91	16,87	35,88
-38,38	-21,80	21	6	2009	10	24,36	37,18	24,65	37,05
-38,38	-21,80	21	6	2009	20	24,36	37,18	24,66	37,05
-38,38	-21,80	21	6	2009	30	24,35	37,18	24,67	37,06
-38,38	-21,80	21	6	2009	50	24,35	37,18	24,67	37,06
-38,38	-21,80	21	6	2009	75	24,33	37,18	24,46	37,05
-38,38	-21,80	21	6	2009	100	22,33	36,83	23,39	36,93
-38,38	-21,80	21	6	2009	125	21,39	36,74	22,31	36,80
-38,38	-21,80	21	6	2009	150	20,43	36,57	20,84	36,50
-38,38	-21,80	21	6	2009	200	18,19	36,17	18,14	35,96
-39,32	-21,21	23	6	2009	10	23,96	36,94	24,42	36,88
-39,32	-21,21	23	6	2009	20	24,04	36,97	24,46	36,91
-39,32	-21,21	23	6	2009	30	24,10	37,00	24,47	36,93
-39,32	-21,21	23	6	2009	50	24,33	37,11	24,46	36,96
-39,32	-21,21	23	6	2009	75	21,95	36,77	23,49	36,90
-39,32	-21,21	23	6	2009	100	19,95	36,45	21,60	36,68
-39,32	-21,21	23	6	2009	125	18,67	36,24	19,37	36,30

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,32	-21,21	23	6	2009	150	17,64	36,05	18,14	36,07
-39,32	-21,21	23	6	2009	200	15,85	35,74	15,82	35,64
-39,28	-20,81	3	7	2009	10	24,67	37,22	24,43	36,84
-39,28	-20,81	3	7	2009	20	24,67	37,22	24,37	36,86
-39,28	-20,81	3	7	2009	30	24,67	37,22	24,40	36,89
-39,28	-20,81	3	7	2009	50	24,67	37,22	24,32	36,92
-39,28	-20,81	3	7	2009	75	24,66	37,22	22,38	36,70
-39,28	-20,81	3	7	2009	100	23,77	37,07	20,75	36,50
-39,28	-20,81	3	7	2009	125	21,62	36,77	19,45	36,33
-39,28	-20,81	3	7	2009	150	20,50	36,56	18,63	36,22
-39,28	-20,81	3	7	2009	200	17,59	36,04	17,09	36,01
-39,28	-20,80	13	7	2009	10	24,60	37,27	24,62	37,14
-39,28	-20,80	13	7	2009	20	24,60	37,27	24,61	37,14
-39,28	-20,80	13	7	2009	30	24,60	37,27	24,61	37,14
-39,28	-20,80	13	7	2009	50	24,59	37,27	24,61	37,14
-39,28	-20,80	13	7	2009	75	24,48	37,24	24,30	37,09
-39,28	-20,80	13	7	2009	100	22,50	36,90	23,12	36,92
-39,28	-20,80	13	7	2009	125	20,15	36,52	21,86	36,75
-39,28	-20,80	13	7	2009	150	19,53	36,41	20,45	36,56
-39,28	-20,80	13	7	2009	200	17,63	36,05	18,12	36,16
-39,13	-20,37	23	7	2009	10	24,22	37,23	24,39	37,16
-39,13	-20,37	23	7	2009	20	24,21	37,23	24,41	37,17
-39,13	-20,37	23	7	2009	30	24,21	37,23	24,42	37,17
-39,13	-20,37	23	7	2009	50	24,21	37,23	24,41	37,17
-39,13	-20,37	23	7	2009	75	24,21	37,23	23,41	36,98
-39,13	-20,37	23	7	2009	100	22,75	36,95	20,63	36,39
-39,13	-20,37	23	7	2009	125	21,39	36,72	18,16	35,91
-39,13	-20,37	23	7	2009	150	20,04	36,49	17,27	35,84
-39,13	-20,37	23	7	2009	200	17,68	36,06	15,48	35,70
-39,03	-20,51	2	8	2009	10	24,35	37,25	24,15	37,24

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,03	-20,51	2	8	2009	20	24,35	37,25	24,17	37,25
-39,03	-20,51	2	8	2009	30	24,35	37,25	24,19	37,27
-39,03	-20,51	2	8	2009	50	24,35	37,25	24,15	37,28
-39,03	-20,51	2	8	2009	75	24,27	37,24	23,70	37,19
-39,03	-20,51	2	8	2009	100	21,99	36,82	23,06	37,05
-39,03	-20,51	2	8	2009	125	20,50	36,57	20,51	36,60
-39,03	-20,51	2	8	2009	150	18,92	36,29	19,13	36,37
-39,03	-20,51	2	8	2009	200	17,28	36,00	17,07	36,02
-38,91	-20,43	12	8	2009	10	24,36	37,26	24,28	37,26
-38,91	-20,43	12	8	2009	20	24,35	37,26	24,25	37,26
-38,91	-20,43	12	8	2009	30	24,35	37,26	24,24	37,26
-38,91	-20,43	12	8	2009	50	24,36	37,26	24,20	37,25
-38,91	-20,43	12	8	2009	75	24,06	37,18	23,24	37,09
-38,91	-20,43	12	8	2009	100	21,36	36,72	21,17	36,75
-38,91	-20,43	12	8	2009	125	20,46	36,56	19,51	36,48
-38,91	-20,43	12	8	2009	150	19,36	36,36	18,65	36,34
-38,91	-20,43	12	8	2009	200	17,84	36,09	16,92	36,05
-38,73	-20,60	22	8	2009	10	24,21	37,23	24,41	37,20
-38,73	-20,60	22	8	2009	20	24,21	37,23	24,40	37,20
-38,73	-20,60	22	8	2009	30	24,21	37,23	24,39	37,20
-38,73	-20,60	22	8	2009	50	24,21	37,23	24,34	37,21
-38,73	-20,60	22	8	2009	75	22,94	36,98	23,15	37,06
-38,73	-20,60	22	8	2009	100	20,99	36,62	21,95	36,85
-38,73	-20,60	22	8	2009	125	19,80	36,44	20,89	36,65
-38,73	-20,60	22	8	2009	150	18,78	36,26	19,82	36,45
-38,73	-20,60	22	8	2009	200	17,05	35,96	17,99	36,08
-39,11	-20,86	1	9	2009	10	24,41	37,32	23,98	37,13
-39,11	-20,86	1	9	2009	20	24,41	37,32	23,96	37,12
-39,11	-20,86	1	9	2009	30	24,40	37,32	23,93	37,12
-39,11	-20,86	1	9	2009	50	24,41	37,32	23,86	37,11

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,11	-20,86	1	9	2009	75	24,40	37,32	22,93	36,99
-39,11	-20,86	1	9	2009	100	24,27	37,28	21,86	36,83
-39,11	-20,86	1	9	2009	125	21,34	36,70	20,83	36,67
-39,11	-20,86	1	9	2009	150	19,89	36,45	19,81	36,51
-39,11	-20,86	1	9	2009	200	17,74	36,08	17,93	36,13
-39,12	-20,58	11	9	2009	10	24,74	37,39	24,48	37,35
-39,12	-20,58	11	9	2009	20	24,74	37,39	24,48	37,36
-39,12	-20,58	11	9	2009	30	24,74	37,39	24,48	37,35
-39,12	-20,58	11	9	2009	50	24,56	37,35	24,45	37,34
-39,12	-20,58	11	9	2009	75	23,77	37,19	23,91	37,21
-39,12	-20,58	11	9	2009	100	23,56	37,15	22,78	36,96
-39,12	-20,58	11	9	2009	125	22,12	36,85	21,30	36,71
-39,12	-20,58	11	9	2009	150	20,36	36,53	19,77	36,47
-39,12	-20,58	11	9	2009	200	17,31	36,00	17,66	36,13
-38,84	-20,40	21	9	2009	10	24,71	37,37	24,94	37,42
-38,84	-20,40	21	9	2009	20	24,71	37,37	24,89	37,42
-38,84	-20,40	21	9	2009	30	24,71	37,37	24,86	37,42
-38,84	-20,40	21	9	2009	50	24,66	37,37	24,60	37,37
-38,84	-20,40	21	9	2009	75	24,31	37,31	23,85	37,23
-38,84	-20,40	21	9	2009	100	23,55	37,14	23,04	37,06
-38,84	-20,40	21	9	2009	125	21,04	36,65	21,68	36,81
-38,84	-20,40	21	9	2009	150	19,71	36,42	20,18	36,53
-38,84	-20,40	21	9	2009	200	17,82	36,09	17,05	35,97
-38,85	-20,79	1	10	2009	10	24,71	37,36	23,91	36,98
-38,85	-20,79	1	10	2009	20	24,71	37,36	23,91	36,98
-38,85	-20,79	1	10	2009	30	24,71	37,36	23,90	36,98
-38,85	-20,79	1	10	2009	50	24,71	37,36	23,89	36,98
-38,85	-20,79	1	10	2009	75	24,53	37,33	23,03	36,99
-38,85	-20,79	1	10	2009	100	23,24	37,08	21,96	36,91
-38,85	-20,79	1	10	2009	125	21,02	36,65	20,94	36,79

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,85	-20,79	1	10	2009	150	19,76	36,43	19,90	36,63
-38,85	-20,79	1	10	2009	200	17,32	36,00	17,80	36,20
-39,19	-20,80	11	10	2009	10	25,05	37,39	24,48	37,19
-39,19	-20,80	11	10	2009	20	25,04	37,39	24,48	37,19
-39,19	-20,80	11	10	2009	30	25,04	37,40	24,48	37,20
-39,19	-20,80	11	10	2009	50	24,99	37,39	24,48	37,20
-39,19	-20,80	11	10	2009	75	24,47	37,30	23,83	37,14
-39,19	-20,80	11	10	2009	100	23,91	37,21	22,80	37,03
-39,19	-20,80	11	10	2009	125	21,87	36,81	21,13	36,72
-39,19	-20,80	11	10	2009	150	19,65	36,40	19,45	36,40
-39,19	-20,80	11	10	2009	200	17,84	36,09	16,92	35,89
-38,98	-20,28	21	10	2009	10	25,63	37,33	25,42	37,19
-38,98	-20,28	21	10	2009	20	25,63	37,34	25,42	37,19
-38,98	-20,28	21	10	2009	30	25,61	37,34	25,41	37,19
-38,98	-20,28	21	10	2009	50	25,06	37,34	25,13	37,28
-38,98	-20,28	21	10	2009	75	24,05	37,20	24,34	37,28
-38,98	-20,28	21	10	2009	100	23,10	37,04	23,44	37,20
-38,98	-20,28	21	10	2009	125	21,22	36,70	22,06	36,95
-38,98	-20,28	21	10	2009	150	19,53	36,40	20,58	36,67
-38,98	-20,28	21	10	2009	200	17,67	36,06	18,02	36,17
-38,96	-20,52	31	10	2009	10	25,55	36,96	25,32	37,33
-38,96	-20,52	31	10	2009	20	25,56	36,97	25,31	37,32
-38,96	-20,52	31	10	2009	30	25,59	37,01	25,29	37,32
-38,96	-20,52	31	10	2009	50	25,90	37,34	24,80	37,29
-38,96	-20,52	31	10	2009	75	25,41	37,46	23,63	37,15
-38,96	-20,52	31	10	2009	100	24,69	37,35	22,41	36,96
-38,96	-20,52	31	10	2009	125	19,31	36,37	21,26	36,75
-38,96	-20,52	31	10	2009	150	17,90	36,11	20,10	36,54
-38,96	-20,52	31	10	2009	200	16,18	35,82	18,16	36,19
-39,28	-20,71	10	11	2009	10	25,95	37,12	25,63	36,99

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,28	-20,71	10	11	2009	20	25,94	37,12	25,63	36,98
-39,28	-20,71	10	11	2009	30	25,93	37,12	25,66	36,99
-39,28	-20,71	10	11	2009	50	25,30	37,38	25,52	37,11
-39,28	-20,71	10	11	2009	75	24,63	37,34	24,96	37,31
-39,28	-20,71	10	11	2009	100	23,85	37,21	23,41	37,13
-39,28	-20,71	10	11	2009	125	23,53	37,14	21,33	36,81
-39,28	-20,71	10	11	2009	150	20,89	36,64	19,20	36,41
-39,28	-20,71	10	11	2009	200	17,44	36,02	15,37	35,52
-39,48	-20,56	20	11	2009	10	26,28	36,95	26,11	37,24
-39,48	-20,56	20	11	2009	20	26,26	36,94	26,06	37,23
-39,48	-20,56	20	11	2009	30	25,14	37,36	26,01	37,23
-39,48	-20,56	20	11	2009	50	24,94	37,37	25,39	37,36
-39,48	-20,56	20	11	2009	75	24,41	37,26	24,29	37,29
-39,48	-20,56	20	11	2009	100	22,74	36,96	23,26	37,15
-39,48	-20,56	20	11	2009	125	19,26	36,35	21,51	36,82
-39,48	-20,56	20	11	2009	150	17,76	36,08	19,76	36,48
-39,48	-20,56	20	11	2009	200	16,52	35,87	17,32	36,08
-39,13	-20,04	30	11	2009	10	26,58	37,08	26,59	37,16
-39,13	-20,04	30	11	2009	20	26,58	37,08	26,60	37,16
-39,13	-20,04	30	11	2009	30	26,58	37,08	26,62	37,24
-39,13	-20,04	30	11	2009	50	26,10	37,26	25,92	37,37
-39,13	-20,04	30	11	2009	75	21,00	36,66	24,34	37,30
-39,13	-20,04	30	11	2009	100	19,86	36,46	22,62	37,08
-39,13	-20,04	30	11	2009	125	18,66	36,24	20,75	36,75
-39,13	-20,04	30	11	2009	150	17,31	36,00	19,00	36,48
-39,13	-20,04	30	11	2009	200	15,56	35,71	16,06	35,98
-38,32	-20,53	10	12	2009	10	27,35	37,34	26,99	37,14
-38,32	-20,53	10	12	2009	20	27,26	37,34	26,96	37,11
-38,32	-20,53	10	12	2009	30	27,06	37,35	26,95	37,10
-38,32	-20,53	10	12	2009	50	25,96	37,35	26,53	37,16

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,32	-20,53	10	12	2009	75	25,53	37,36	24,62	37,15
-38,32	-20,53	10	12	2009	100	24,26	37,25	22,70	36,91
-38,32	-20,53	10	12	2009	125	24,07	37,20	21,16	36,68
-38,32	-20,53	10	12	2009	150	21,63	36,78	19,66	36,45
-38,32	-20,53	10	12	2009	200	18,49	36,22	16,73	35,82
-39,44	-21,91	17	5	2010	10	26,57	37,23	26,66	36,91
-39,44	-21,91	17	5	2010	20	26,58	37,23	26,64	36,90
-39,44	-21,91	17	5	2010	30	26,59	37,24	26,58	36,91
-39,44	-21,91	17	5	2010	50	26,59	37,24	26,01	36,89
-39,44	-21,91	17	5	2010	75	24,92	37,11	23,33	36,72
-39,44	-21,91	17	5	2010	100	22,42	36,87	20,77	36,54
-39,44	-21,91	17	5	2010	125	20,31	36,53	19,75	36,44
-39,44	-21,91	17	5	2010	150	18,64	36,24	18,49	36,23
-39,44	-21,91	17	5	2010	200	16,77	35,94	16,16	35,84
-39,50	-20,61	27	5	2010	10	26,92	37,18	26,25	36,95
-39,50	-20,61	27	5	2010	20	26,92	37,18	26,24	36,96
-39,50	-20,61	27	5	2010	30	26,92	37,18	26,23	36,96
-39,50	-20,61	27	5	2010	50	26,92	37,17	25,66	36,95
-39,50	-20,61	27	5	2010	75	23,24	36,98	22,81	36,77
-39,50	-20,61	27	5	2010	100	20,53	36,53	20,60	36,54
-39,50	-20,61	27	5	2010	125	19,11	36,32	19,01	36,31
-39,50	-20,61	27	5	2010	150	18,04	36,14	17,40	36,04
-39,50	-20,61	27	5	2010	200	16,31	35,86	15,60	35,75
-39,99	-20,92	6	6	2010	10	25,01	37,08	25,89	36,95
-39,99	-20,92	6	6	2010	20	25,01	37,08	25,88	36,95
-39,99	-20,92	6	6	2010	30	24,95	37,06	25,86	36,94
-39,99	-20,92	6	6	2010	50	21,02	36,65	24,64	36,86
-39,99	-20,92	6	6	2010	75	19,09	36,32	20,69	36,38
-39,99	-20,92	6	6	2010	100	17,86	36,10	19,15	36,19
-39,99	-20,92	6	6	2010	125	16,73	35,92	17,92	36,07

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,99	-20,92	6	6	2010	150	15,94	35,78	16,71	35,96
-39,99	-20,92	6	6	2010	200	14,62	35,60	15,24	35,73
-39,24	-20,28	6	6	2010	10	26,22	37,31	26,43	36,99
-39,24	-20,28	6	6	2010	20	26,22	37,31	26,43	36,99
-39,24	-20,28	6	6	2010	30	26,22	37,32	26,41	36,99
-39,24	-20,28	6	6	2010	50	26,22	37,31	26,09	36,98
-39,24	-20,28	6	6	2010	75	23,77	37,01	22,83	36,74
-39,24	-20,28	6	6	2010	100	22,25	36,85	20,77	36,53
-39,24	-20,28	6	6	2010	125	21,08	36,66	19,57	36,42
-39,24	-20,28	6	6	2010	150	19,71	36,45	18,41	36,21
-39,24	-20,28	6	6	2010	200	17,02	35,96	16,17	35,81
-40,06	-20,90	16	6	2010	10	25,04	37,27	25,15	37,18
-40,06	-20,90	16	6	2010	20	25,04	37,27	25,13	37,16
-40,06	-20,90	16	6	2010	30	25,02	37,26	25,06	37,13
-40,06	-20,90	16	6	2010	50	23,67	36,88	22,24	36,70
-40,06	-20,90	16	6	2010	75	20,54	36,55	18,70	36,35
-40,06	-20,90	16	6	2010	100	18,17	36,17	17,44	36,15
-40,06	-20,90	16	6	2010	125	16,07	35,82	16,79	36,03
-40,06	-20,90	16	6	2010	150	15,37	35,70	16,24	35,96
-40,06	-20,90	16	6	2010	200	14,43	35,57	15,14	35,84
-38,41	-20,46	16	6	2010	10	25,80	37,41	25,65	37,01
-38,41	-20,46	16	6	2010	20	25,81	37,41	25,65	37,00
-38,41	-20,46	16	6	2010	30	25,81	37,41	25,64	36,99
-38,41	-20,46	16	6	2010	50	25,81	37,41	25,54	36,98
-38,41	-20,46	16	6	2010	75	25,81	37,40	24,57	36,97
-38,41	-20,46	16	6	2010	100	22,86	36,96	22,78	36,79
-38,41	-20,46	16	6	2010	125	21,63	36,75	21,26	36,63
-38,41	-20,46	16	6	2010	150	20,13	36,49	19,94	36,48
-38,41	-20,46	16	6	2010	200	16,63	35,90	17,55	36,04
-40,18	-21,29	26	6	2010	10	24,99	37,29	25,13	37,02



Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-40,18	-21,29	26	6	2010	20	24,98	37,29	25,12	36,97
-40,18	-21,29	26	6	2010	30	24,98	37,29	25,07	36,93
-40,18	-21,29	26	6	2010	50	23,29	36,89	23,54	36,75
-40,18	-21,29	26	6	2010	75	20,45	36,55	20,42	36,50
-40,18	-21,29	26	6	2010	100	18,97	36,31	18,37	36,17
-40,18	-21,29	26	6	2010	125	17,89	36,12	16,85	35,91
-40,18	-21,29	26	6	2010	150	17,02	35,98	15,49	35,69
-40,18	-21,29	26	6	2010	200	15,42	35,73	14,07	35,45
-38,64	-20,88	26	6	2010	10	25,31	37,40	25,32	36,94
-38,64	-20,88	26	6	2010	20	25,31	37,40	25,32	36,92
-38,64	-20,88	26	6	2010	30	25,32	37,40	25,30	36,90
-38,64	-20,88	26	6	2010	50	25,31	37,40	25,12	36,86
-38,64	-20,88	26	6	2010	75	25,02	37,32	24,09	36,75
-38,64	-20,88	26	6	2010	100	23,91	37,13	22,44	36,65
-38,64	-20,88	26	6	2010	125	22,82	36,96	20,75	36,54
-38,64	-20,88	26	6	2010	150	21,42	36,70	19,84	36,45
-38,64	-20,88	26	6	2010	200	18,25	36,16	17,81	36,18
-38,93	-21,00	6	7	2010	10	24,69	37,34	25,26	37,26
-38,93	-21,00	6	7	2010	20	24,69	37,33	25,26	37,25
-38,93	-21,00	6	7	2010	30	24,67	37,33	25,25	37,24
-38,93	-21,00	6	7	2010	50	24,68	37,33	25,15	37,23
-38,93	-21,00	6	7	2010	75	24,54	37,28	24,43	37,17
-38,93	-21,00	6	7	2010	100	24,26	37,21	23,32	37,08
-38,93	-21,00	6	7	2010	125	22,72	36,92	21,95	36,90
-38,93	-21,00	6	7	2010	150	20,90	36,61	20,42	36,66
-38,93	-21,00	6	7	2010	200	17,71	36,06	17,99	36,19
-39,04	-21,24	16	7	2010	10	24,73	37,19	24,33	36,99
-39,04	-21,24	16	7	2010	20	24,75	37,28	24,31	36,98
-39,04	-21,24	16	7	2010	30	24,75	37,31	24,28	36,97
-39,04	-21,24	16	7	2010	50	24,66	37,31	24,11	36,95

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,04	-21,24	16	7	2010	75	24,53	37,29	23,45	36,90
-39,04	-21,24	16	7	2010	100	24,36	37,26	22,65	36,84
-39,04	-21,24	16	7	2010	125	23,21	37,01	21,45	36,75
-39,04	-21,24	16	7	2010	150	20,79	36,57	20,18	36,65
-39,04	-21,24	16	7	2010	200	17,06	35,96	18,09	36,23
-39,28	-21,39	26	7	2010	10	24,32	37,32	24,63	37,20
-39,28	-21,39	26	7	2010	20	24,32	37,32	24,65	37,20
-39,28	-21,39	26	7	2010	30	24,32	37,32	24,66	37,21
-39,28	-21,39	26	7	2010	50	24,32	37,32	24,69	37,23
-39,28	-21,39	26	7	2010	75	24,32	37,32	24,27	37,20
-39,28	-21,39	26	7	2010	100	23,91	37,20	23,63	37,13
-39,28	-21,39	26	7	2010	125	22,02	36,81	22,14	36,93
-39,28	-21,39	26	7	2010	150	20,37	36,52	20,24	36,68
-39,28	-21,39	26	7	2010	200	17,37	36,01	16,90	36,01
-39,38	-21,49	5	8	2010	10	24,32	37,34	24,46	37,20
-39,38	-21,49	5	8	2010	20	24,32	37,34	24,48	37,22
-39,38	-21,49	5	8	2010	30	24,32	37,34	24,46	37,25
-39,38	-21,49	5	8	2010	50	24,32	37,34	24,42	37,29
-39,38	-21,49	5	8	2010	75	24,32	37,34	23,88	37,19
-39,38	-21,49	5	8	2010	100	24,31	37,34	23,08	37,03
-39,38	-21,49	5	8	2010	125	24,27	37,32	21,84	36,82
-39,38	-21,49	5	8	2010	150	21,67	36,74	20,14	36,57
-39,38	-21,49	5	8	2010	200	18,26	36,16	17,60	36,13
-39,48	-21,42	15	8	2010	10	23,93	37,30	24,24	37,36
-39,48	-21,42	15	8	2010	20	23,93	37,30	24,24	37,36
-39,48	-21,42	15	8	2010	30	23,93	37,30	24,23	37,36
-39,48	-21,42	15	8	2010	50	23,93	37,30	24,23	37,36
-39,48	-21,42	15	8	2010	75	23,92	37,30	24,06	37,32
-39,48	-21,42	15	8	2010	100	23,92	37,30	23,62	37,22
-39,48	-21,42	15	8	2010	125	23,90	37,30	23,18	37,11

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,48	-21,42	15	8	2010	150	23,76	37,25	21,55	36,82
-39,48	-21,42	15	8	2010	200	18,29	36,16	18,91	36,41
-39,51	-20,76	25	8	2010	10	23,63	37,32	23,54	36,91
-39,51	-20,76	25	8	2010	20	23,62	37,32	23,55	36,92
-39,51	-20,76	25	8	2010	30	23,63	37,32	23,57	36,92
-39,51	-20,76	25	8	2010	50	23,63	37,32	23,55	36,99
-39,51	-20,76	25	8	2010	75	23,62	37,31	23,09	37,04
-39,51	-20,76	25	8	2010	100	23,61	37,31	21,75	36,89
-39,51	-20,76	25	8	2010	125	22,69	37,07	20,05	36,63
-39,51	-20,76	25	8	2010	150	19,32	36,34	19,02	36,39
-39,51	-20,76	25	8	2010	200	16,83	35,92	16,96	35,91
-39,75	-20,67	28	8	2010	10	23,64	37,38	23,45	37,13
-39,75	-20,67	28	8	2010	20	23,63	37,38	23,45	37,13
-39,75	-20,67	28	8	2010	30	23,63	37,38	23,46	37,14
-39,75	-20,67	28	8	2010	50	23,63	37,38	23,52	37,19
-39,75	-20,67	28	8	2010	75	23,55	37,36	23,21	37,20
-39,75	-20,67	28	8	2010	100	20,92	36,72	21,13	36,80
-39,75	-20,67	28	8	2010	125	18,64	36,28	19,56	36,49
-39,75	-20,67	28	8	2010	150	17,09	36,02	18,69	36,32
-39,75	-20,67	28	8	2010	200	15,09	35,71	16,96	35,98
-39,08	-20,19	4	9	2010	10	23,79	37,37	23,92	37,03
-39,08	-20,19	4	9	2010	20	23,80	37,37	23,94	37,04
-39,08	-20,19	4	9	2010	30	23,79	37,37	23,94	37,04
-39,08	-20,19	4	9	2010	50	23,79	37,37	23,88	37,05
-39,08	-20,19	4	9	2010	75	23,45	37,27	23,34	37,02
-39,08	-20,19	4	9	2010	100	21,25	36,78	22,00	36,80
-39,08	-20,19	4	9	2010	125	19,84	36,47	19,36	36,22
-39,08	-20,19	4	9	2010	150	17,48	36,04	18,07	36,02
-39,08	-20,19	4	9	2010	200	15,80	35,75	15,50	35,63
-38,41	-20,65	7	9	2010	10	23,79	37,42	23,65	37,06

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,41	-20,65	7	9	2010	20	23,76	37,42	23,67	37,06
-38,41	-20,65	7	9	2010	30	23,76	37,42	23,69	37,07
-38,41	-20,65	7	9	2010	50	23,74	37,43	23,69	37,08
-38,41	-20,65	7	9	2010	75	23,74	37,43	23,25	37,03
-38,41	-20,65	7	9	2010	100	23,24	37,29	22,54	36,94
-38,41	-20,65	7	9	2010	125	19,29	36,43	21,05	36,69
-38,41	-20,65	7	9	2010	150	18,52	36,28	19,60	36,44
-38,41	-20,65	7	9	2010	200	16,57	35,94	17,05	35,96
-38,72	-20,74	14	9	2010	10	23,78	37,39	23,88	37,12
-38,72	-20,74	14	9	2010	20	23,78	37,39	23,86	37,12
-38,72	-20,74	14	9	2010	30	23,78	37,39	23,85	37,13
-38,72	-20,74	14	9	2010	50	23,78	37,39	23,83	37,15
-38,72	-20,74	14	9	2010	75	23,75	37,39	23,25	37,09
-38,72	-20,74	14	9	2010	100	21,65	36,89	21,70	36,84
-38,72	-20,74	14	9	2010	125	18,29	36,21	19,66	36,49
-38,72	-20,74	14	9	2010	150	16,25	35,83	18,35	36,23
-38,72	-20,74	14	9	2010	200	15,24	35,67	15,97	35,78
-38,53	-21,54	18	9	2010	10	23,49	37,38	23,40	36,93
-38,53	-21,54	18	9	2010	20	23,48	37,38	23,39	36,93
-38,53	-21,54	18	9	2010	30	23,44	37,38	23,38	36,92
-38,53	-21,54	18	9	2010	50	23,39	37,38	23,34	36,91
-38,53	-21,54	18	9	2010	75	23,38	37,38	22,94	36,89
-38,53	-21,54	18	9	2010	100	23,36	37,37	22,05	36,82
-38,53	-21,54	18	9	2010	125	23,24	37,35	20,43	36,65
-38,53	-21,54	18	9	2010	150	22,68	37,17	19,14	36,45
-38,53	-21,54	18	9	2010	200	17,86	36,14	17,06	36,02
-39,33	-21,25	24	9	2010	10	23,62	37,37	23,72	37,01
-39,33	-21,25	24	9	2010	20	23,62	37,37	23,71	37,01
-39,33	-21,25	24	9	2010	30	23,62	37,37	23,71	37,02
-39,33	-21,25	24	9	2010	50	23,62	37,37	23,68	37,06

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,33	-21,25	24	9	2010	75	23,61	37,37	23,13	37,03
-39,33	-21,25	24	9	2010	100	23,60	37,37	21,23	36,73
-39,33	-21,25	24	9	2010	125	20,55	36,63	19,22	36,37
-39,33	-21,25	24	9	2010	150	18,47	36,22	18,08	36,15
-39,33	-21,25	24	9	2010	200	15,78	35,76	15,93	35,75
-38,25	-21,95	28	9	2010	10	23,43	37,38	23,43	37,26
-38,25	-21,95	28	9	2010	20	23,40	37,37	23,41	37,28
-38,25	-21,95	28	9	2010	30	23,38	37,37	23,39	37,29
-38,25	-21,95	28	9	2010	50	23,31	37,37	23,34	37,27
-38,25	-21,95	28	9	2010	75	23,27	37,36	23,19	37,22
-38,25	-21,95	28	9	2010	100	23,14	37,33	22,50	37,07
-38,25	-21,95	28	9	2010	125	21,78	36,98	21,32	36,83
-38,25	-21,95	28	9	2010	150	20,13	36,57	20,14	36,59
-38,25	-21,95	28	9	2010	200	17,78	36,13	18,11	36,19
-39,66	-20,82	4	10	2010	10	23,83	37,42	23,90	37,07
-39,66	-20,82	4	10	2010	20	23,83	37,42	23,89	37,07
-39,66	-20,82	4	10	2010	30	23,83	37,43	23,87	37,08
-39,66	-20,82	4	10	2010	50	23,83	37,43	23,82	37,08
-39,66	-20,82	4	10	2010	75	23,81	37,42	23,44	37,13
-39,66	-20,82	4	10	2010	100	23,58	37,38	22,10	36,94
-39,66	-20,82	4	10	2010	125	20,21	36,62	19,66	36,48
-39,66	-20,82	4	10	2010	150	16,45	35,87	17,75	36,09
-39,66	-20,82	4	10	2010	200	15,03	35,64	15,38	35,66
-38,16	-20,36	14	10	2010	10	23,98	37,42	24,01	37,00
-38,16	-20,36	14	10	2010	20	23,97	37,42	24,02	36,99
-38,16	-20,36	14	10	2010	30	23,97	37,42	24,02	36,98
-38,16	-20,36	14	10	2010	50	23,93	37,41	23,91	37,01
-38,16	-20,36	14	10	2010	75	23,87	37,39	23,17	37,06
-38,16	-20,36	14	10	2010	100	23,26	37,26	21,97	36,93
-38,16	-20,36	14	10	2010	125	22,87	37,17	20,66	36,75

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,16	-20,36	14	10	2010	150	20,94	36,71	19,52	36,55
-38,16	-20,36	14	10	2010	200	16,76	35,92	17,40	36,15
-39,05	-20,91	18	10	2010	10	24,16	37,47	24,35	36,97
-39,05	-20,91	18	10	2010	20	24,16	37,48	24,36	36,95
-39,05	-20,91	18	10	2010	30	24,15	37,47	24,37	36,93
-39,05	-20,91	18	10	2010	50	23,94	37,44	24,20	36,94
-39,05	-20,91	18	10	2010	75	23,83	37,42	23,26	36,98
-39,05	-20,91	18	10	2010	100	23,50	37,36	22,11	36,88
-39,05	-20,91	18	10	2010	125	23,17	37,31	20,92	36,70
-39,05	-20,91	18	10	2010	150	22,09	37,05	19,73	36,52
-39,05	-20,91	18	10	2010	200	17,47	36,09	17,57	36,07
-39,21	-20,01	28	10	2010	10	24,09	37,37	23,76	36,98
-39,21	-20,01	28	10	2010	20	24,09	37,37	23,76	36,97
-39,21	-20,01	28	10	2010	30	24,09	37,37	23,76	36,96
-39,21	-20,01	28	10	2010	50	23,98	37,43	23,73	36,94
-39,21	-20,01	28	10	2010	75	23,76	37,44	22,45	36,89
-39,21	-20,01	28	10	2010	100	22,85	37,22	20,93	36,75
-39,21	-20,01	28	10	2010	125	19,78	36,56	19,55	36,55
-39,21	-20,01	28	10	2010	150	17,87	36,19	18,29	36,32
-39,21	-20,01	28	10	2010	200	15,49	35,77	16,35	35,99
-38,37	-20,50	7	11	2010	10	25,01	37,42	25,46	37,10
-38,37	-20,50	7	11	2010	20	24,97	37,42	25,46	37,10
-38,37	-20,50	7	11	2010	30	24,85	37,44	25,47	37,10
-38,37	-20,50	7	11	2010	50	24,22	37,46	25,24	37,14
-38,37	-20,50	7	11	2010	75	23,91	37,40	23,91	37,18
-38,37	-20,50	7	11	2010	100	23,64	37,36	22,40	37,06
-38,37	-20,50	7	11	2010	125	23,11	37,27	21,01	36,79
-38,37	-20,50	7	11	2010	150	22,62	37,15	19,68	36,53
-38,37	-20,50	7	11	2010	200	17,15	36,03	17,27	36,03
-38,70	-21,18	17	11	2010	10	24,39	37,01	25,05	37,53

Tabela A1 - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(continuação)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-38,70	-21,18	17	11	2010	20	24,37	37,01	24,99	37,53
-38,70	-21,18	17	11	2010	30	24,36	37,01	24,70	37,50
-38,70	-21,18	17	11	2010	50	22,93	37,16	24,14	37,41
-38,70	-21,18	17	11	2010	75	22,57	37,12	23,75	37,34
-38,70	-21,18	17	11	2010	100	22,36	37,13	23,42	37,27
-38,70	-21,18	17	11	2010	125	21,81	37,03	22,29	37,05
-38,70	-21,18	17	11	2010	150	20,93	36,82	21,07	36,81
-38,70	-21,18	17	11	2010	200	18,67	36,32	17,57	36,09
-38,93	-21,28	28	11	2010	10	24,94	37,22	24,94	37,08
-38,93	-21,28	28	11	2010	20	24,91	37,23	24,87	37,12
-38,93	-21,28	28	11	2010	30	24,88	37,23	24,78	37,12
-38,93	-21,28	28	11	2010	50	24,15	37,26	24,02	37,21
-38,93	-21,28	28	11	2010	75	23,38	37,34	23,08	37,23
-38,93	-21,28	28	11	2010	100	22,92	37,26	22,29	37,06
-38,93	-21,28	28	11	2010	125	22,40	37,16	21,50	36,89
-38,93	-21,28	28	11	2010	150	21,96	37,06	20,71	36,72
-38,93	-21,28	28	11	2010	200	18,97	36,37	18,94	36,36
-39,63	-21,08	8	12	2010	10	26,01	37,07	26,21	36,71
-39,63	-21,08	8	12	2010	20	25,95	37,10	26,19	36,72
-39,63	-21,08	8	12	2010	30	25,49	37,19	26,05	36,77
-39,63	-21,08	8	12	2010	50	23,25	37,07	24,86	37,05
-39,63	-21,08	8	12	2010	75	22,40	37,09	23,30	37,12
-39,63	-21,08	8	12	2010	100	22,02	37,06	21,95	36,96
-39,63	-21,08	8	12	2010	125	21,74	37,04	20,62	36,75
-39,63	-21,08	8	12	2010	150	21,20	36,89	19,14	36,48
-39,63	-21,08	8	12	2010	200	17,80	36,14	15,86	35,72
-39,52	-20,42	18	12	2010	10	26,44	37,27	26,35	36,86
-39,52	-20,42	18	12	2010	20	26,44	37,27	26,38	36,83
-39,52	-20,42	18	12	2010	30	26,44	37,27	26,40	36,80
-39,52	-20,42	18	12	2010	50	24,92	37,35	25,92	36,89

**Tabela A1** - Posição e valores das variáveis nos pontos de coleta das boias ARGO e do modelo HYCOM

(conclusão)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. ARGO (°C)	Sal. ARGO (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-39,52	-20,42	18	12	2010	75	23,92	37,35	23,68	36,98
-39,52	-20,42	18	12	2010	100	23,14	37,25	21,81	36,86
-39,52	-20,42	18	12	2010	125	21,39	36,90	20,25	36,64
-39,52	-20,42	18	12	2010	150	19,52	36,50	18,56	36,40
-39,52	-20,42	18	12	2010	200	16,72	35,95	16,29	36,03
-38,20	-21,41	23	12	2010	10	26,63	37,17	25,82	37,21
-38,20	-21,41	23	12	2010	20	26,17	37,17	25,72	37,21
-38,20	-21,41	23	12	2010	30	25,97	37,17	25,59	37,20
-38,20	-21,41	23	12	2010	50	24,26	37,15	24,37	37,22
-38,20	-21,41	23	12	2010	75	23,32	37,25	23,34	37,21
-38,20	-21,41	23	12	2010	100	22,82	37,18	22,48	37,07
-38,20	-21,41	23	12	2010	125	22,19	37,04	21,58	36,87
-38,20	-21,41	23	12	2010	150	21,54	36,91	20,68	36,67
-38,20	-21,41	23	12	2010	200	18,51	36,23	18,33	36,22
-38,72	-20,17	28	12	2010	10	26,76	37,31	26,50	36,66
-38,72	-20,17	28	12	2010	20	26,75	37,31	26,49	36,65
-38,72	-20,17	28	12	2010	30	26,75	37,31	26,49	36,64
-38,72	-20,17	28	12	2010	50	24,64	37,27	25,61	36,85
-38,72	-20,17	28	12	2010	75	22,95	37,17	23,68	37,04
-38,72	-20,17	28	12	2010	100	20,73	36,73	22,58	36,96
-38,72	-20,17	28	12	2010	125	18,57	36,31	21,03	36,72
-38,72	-20,17	28	12	2010	150	16,70	35,95	19,52	36,48
-38,72	-20,17	28	12	2010	200	15,61	35,78	16,83	36,06



**Tabela A2** - Posição e valores das variáveis no ponto de coleta do CTD e do modelo HYCOM

(Continua)

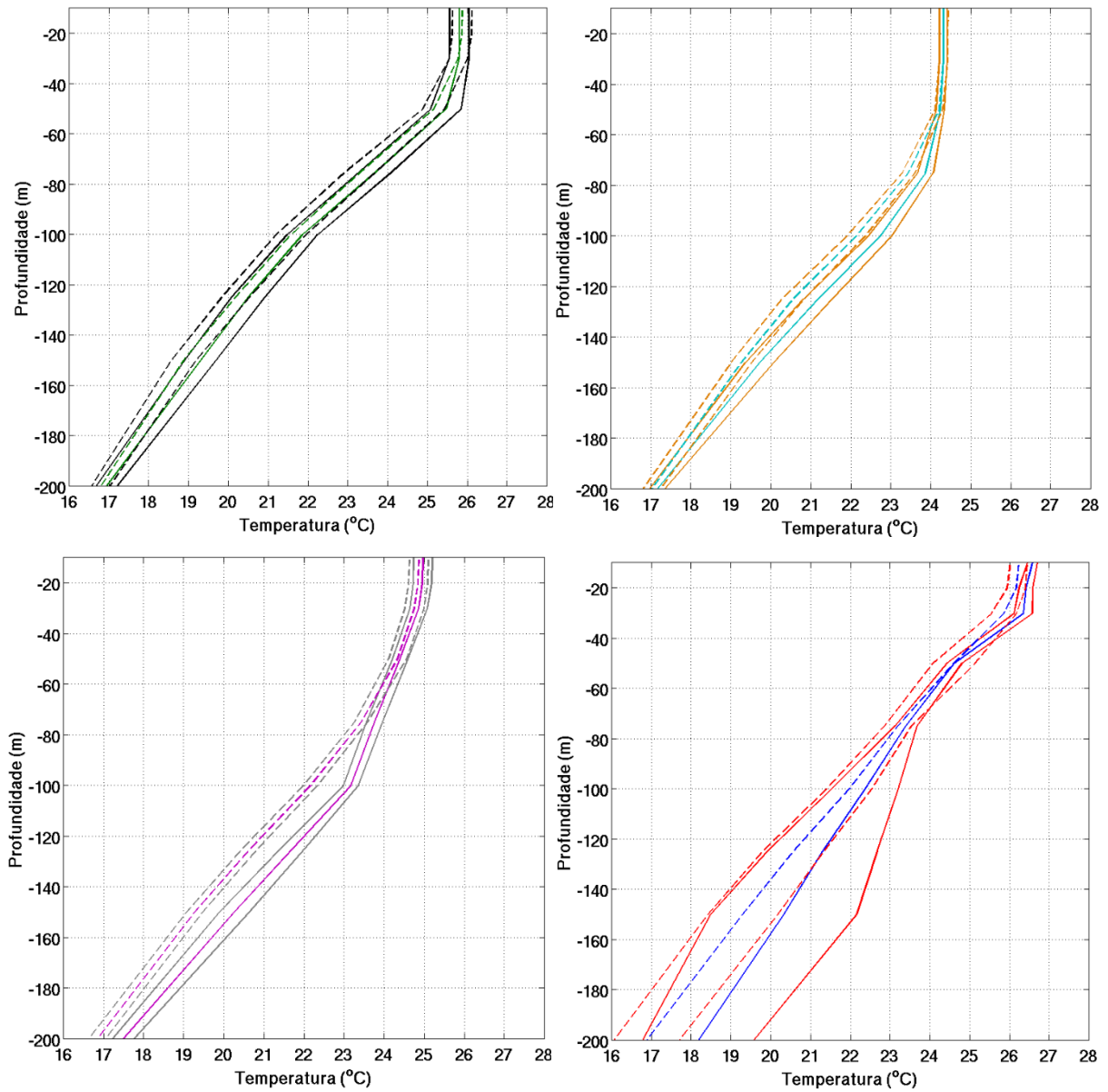
Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. CTD (°C)	Sal. CTD (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-40,32	-20,66	6	4	2006	0	25,36	35,52	25,65	36,42
-40,32	-20,66	6	4	2006	10	25,64	36,37	25,63	36,41
-40,32	-20,66	6	4	2006	20	25,69	36,67	25,64	36,41
-40,32	-20,66	6	4	2006	30	25,15	36,69	25,65	36,41
-40,32	-20,66	23	6	2006	0	23,78	36,54	23,80	36,58
-40,32	-20,66	23	6	2006	10	23,46	36,67	23,65	36,57
-40,32	-20,66	23	6	2006	20	22,70	36,71	23,60	36,56
-40,32	-20,66	23	6	2006	30	21,87	36,62	23,57	36,56
-40,32	-20,66	13	7	2006	0	22,34	36,63	22,06	36,48
-40,32	-20,66	13	7	2006	10	21,92	36,57	21,81	36,46
-40,32	-20,66	13	7	2006	20	21,87	36,56	21,60	36,45
-40,32	-20,66	13	7	2006	30	21,87	36,56	21,50	36,44
-40,32	-20,66	19	9	2006	0	22,31	36,69	22,13	36,21
-40,32	-20,66	19	9	2006	10	22,07	36,69	22,04	36,19
-40,32	-20,66	19	9	2006	20	21,99	36,69	21,73	36,15
-40,32	-20,66	19	9	2006	30	22,14	36,73	21,49	36,13
-40,32	-20,66	27	10	2006	0	21,63	36,41	22,58	36,44
-40,32	-20,66	27	10	2006	10	21,40	36,42	22,36	36,40
-40,32	-20,66	27	10	2006	20	21,34	36,43	22,23	36,38
-40,32	-20,66	27	10	2006	30	21,21	36,45	22,10	36,35
-40,32	-20,66	22	12	2006	0	22,37	36,45	21,78	36,03
-40,32	-20,66	22	12	2006	10	22,07	36,54	21,05	35,95
-40,32	-20,66	22	12	2006	20	22,11	36,47	18,13	35,67
-40,32	-20,66	22	12	2006	30	22,38	36,45	17,15	35,56

**Tabela A2** - Posição e valores das variáveis no ponto de coleta do CTD e do modelo HYCOM

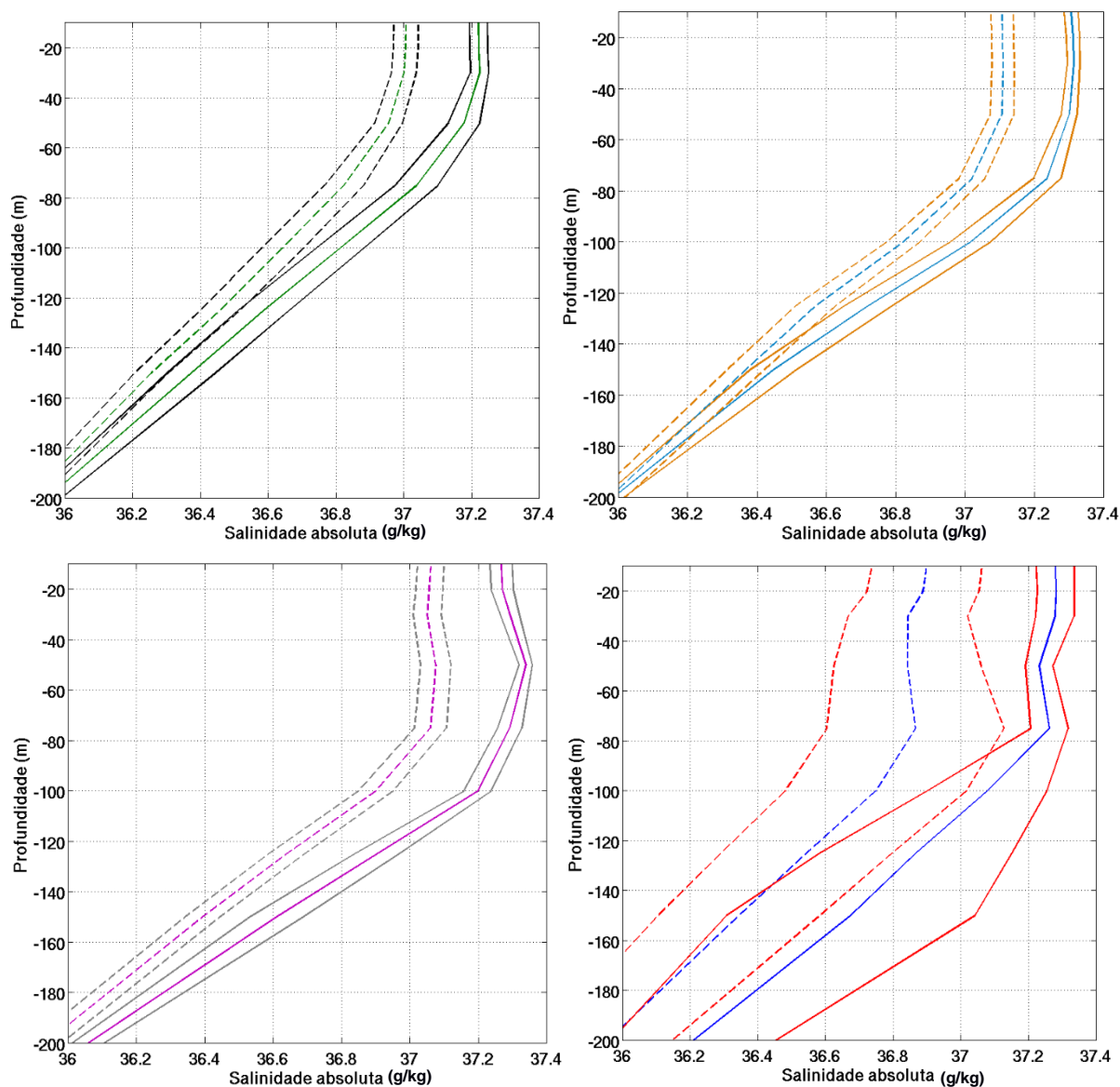
(Conclusão)

Lon.	Lat.	dia	mês	ano	Pressão (dbar)	Temp. CTD (°C)	Sal. CTD (g/kg)	Temp. HYCOM (°C)	Sal. HYCOM (g/kg)
-40,32	-20,66	6	3	2007	0	25,19	35,69	25,89	36,47
-40,32	-20,66	6	3	2007	10	20,61	36,40	25,85	36,46
-40,32	-20,66	6	3	2007	20	20,49	36,39	24,56	36,40
-40,32	-20,66	6	3	2007	30	20,44	36,37	23,90	36,41
-40,32	-20,66	8	3	2007	0	22,53	36,13	26,08	36,46
-40,32	-20,66	8	3	2007	10	21,12	36,45	25,92	36,45
-40,32	-20,66	8	3	2007	20	20,98	36,48	25,35	36,46
-40,32	-20,66	8	3	2007	30	20,98	36,47	24,38	36,49
-40,32	-20,66	10	10	2007	0	23,44	37,14	23,95	36,88
-40,32	-20,66	10	10	2007	10	23,37	37,15	23,85	36,87
-40,32	-20,66	10	10	2007	20	23,36	37,15	23,68	36,85
-40,32	-20,66	10	10	2007	30	23,37	37,15	23,44	36,82
-40,32	-20,66	10	26	2007	0	21,28	36,47	22,97	36,54
-40,32	-20,66	10	26	2007	10	21,26	36,53	22,87	36,53
-40,32	-20,66	10	26	2007	20	21,25	36,53	22,07	36,47
-40,32	-20,66	10	26	2007	30	21,25	36,54	20,65	36,26

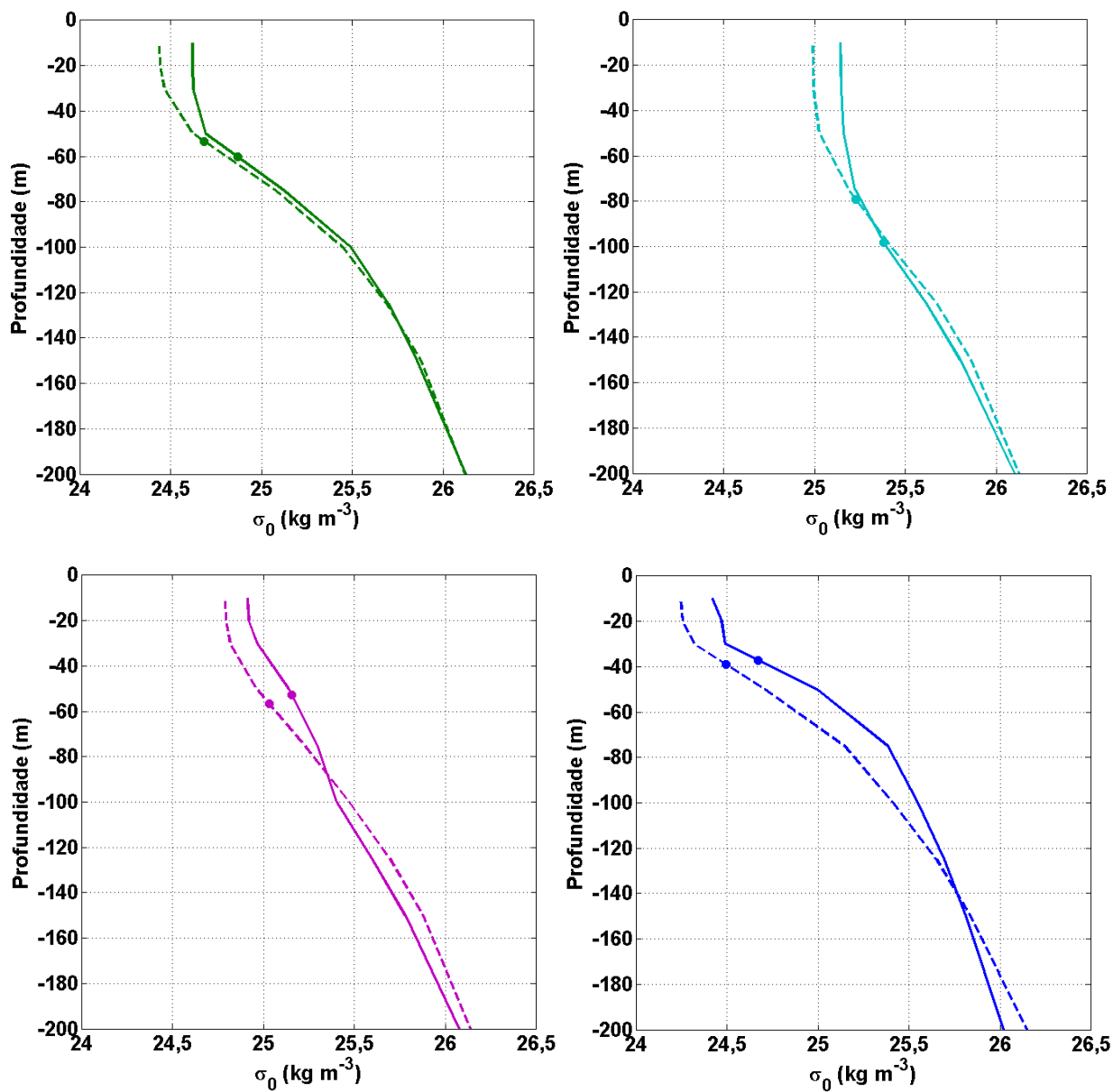
## APÊNDICE B



**Figura B1** - Perfis verticais médios de temperatura conservativa e erro padrão associado para os períodos de outono (superior esquerdo), inverno (superior direito), primavera (inferior esquerdo) e verão (inferior direito). As linhas contínuas apresentam o comportamento dos dados das boias ARGO e as linhas tracejadas do modelo HYCOM.



**Figura B2** - Perfis verticais médios de salinidade absoluta e erro padrão associado para os períodos de outono (superior esquerdo), inverno (superior direito), primavera (inferior esquerdo) e verão (inferior direito). As linhas contínuas apresentam o comportamento dos dados das boias ARGO e as linhas tracejadas do modelo HYCOM.



**Figura B3** - Perfis verticais médios de anomalia de massa específica potencial ( $\sigma_0$ ) para os períodos de outono (superior esquerdo), inverno (superior direito), primavera (inferior esquerdo) e verão (inferior direito). As linhas contínuas apresentam o comportamento dos dados das boias ARGO e as linhas tracejadas do modelo HYCOM. Os círculos marcam a profundidade da camada de mistura.