

# COMPARAÇÃO DO LOCAIS DE PESCA DA SARDINHA VERDADEIRA NA PCSE POR MEIO DE INFERÊNCIA FUZZY

Mainara Biazati Gouveia<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
mainara.gouveia@inpe.br

**Resumo:** A sardinha verdadeira distribui-se ao longo da Plataforma Continental Sudeste (PCSE) e, economicamente é a espécie pelágica mais importante no Brasil. Seu recrutamento é dependente das áreas de maior ocorrência de desova e do transporte de ovos e larvas que está diretamente ligado ao padrão de circulação superficial do oceano. Com base no uso combinado de um modelo hidrodinâmico, de dados de sensoriamento remoto, de um modelo baseado no indivíduo (MBI) e de análise de inferência fuzzy, buscou-se verificar possíveis relações de causa e o efeito entre a circulação oceânica na PCSE e os extremos de desembarques comercial da sardinha. Para tanto, foram realizados dois experimentos de desova, aleatório e por zonas, entre os anos de 1980 a 2007, com a finalidade de rastrear essas partículas e verificar o impacto das condições ambientais no desenvolvimento larval até seu recrutamento. Os resultados indicam que não há diferenças significativas entre os extremos de capturas comercial para mortalidade por temperatura e por perda de advecção, a um nível de 5% de significância, ou seja, os extremos de capturas comercial são apenas variações casuais. Porém, a mortalidade por temperatura foi significativamente maior que a mortalidade por perdas de advecção ao longo da série histórica, sendo assim, a mortalidade por temperatura foi a principal causa da mortalidade da sardinha para o período de estudo. Os anos de 1995, 1996, 1989 e 2000, foram indicados nos dois experimentos, aleatório e por zonas, como valores discrepantes nos testes de Kruskal-Wallis representando desta forma, os ápices de desembarques comercial registrado entre 1980 a 2007. Para garantir que a temperatura foi um fator crucial nos ápices da série temporal, a inferência de fuzzy mostrou que os anos de mínimos e máximos desembarques comerciais estão relacionados com os operadores *end* e *or*. Baseado nos dois modelos utilizados, as sardinhas preferem áreas de ressurgência para a sua desova por ser uma região com água mais rica em nutrientes, produtividade fitoplântica cinco vezes maior na zona eufótica, entretanto, quando a ACAS encontra-se na superfície ela ocasiona a morte das larvas por baixa temperatura. Ao longo dos 45 dias de experimento, período da desova até o seu desenvolvimento larval, pode-se verificar que as massas d' água presentes para o período de estudo foram a Água Tropical e Água Subtropical, regiões mais favoráveis ao seu desenvolvimento. Portanto, o processo de circulação superficial oceânica é responsável pela distribuição temporal da sardinha na quantidade de indivíduos para o seu recrutamento.

**Palavras-chave:** Modelagem biofísica. Sensoriamento remoto. Sardinha verdadeira.

## 1. Introdução

A sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*; Steindachner, 1879), doravante citada apenas como sardinha, é uma espécie de peixe da família Clupeidae (FIGUEIREDO et

al., 1978), de hábito pelágico e planctófago (MATSUURA, 1977a). Essa espécie distribui-se ao longo da Plataforma Sudeste do Brasil entre 22°S a 29°S (CERGOLE, 1995). Essa região possui uma complexa estrutura oceanográfica (MATSUURA, 1986) caracterizada pela penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), no período de desova da sardinha, nas camadas superficiais da coluna d' água na primavera, com maior intensidade no verão.

As maiores concentrações de ovos foram encontradas entre a costa até a isóbata de 100m (ROSSI- WONGTSCHOWSKI et al., 1991) sendo que, as áreas de maiores probabilidades de desovas estão localizadas em Cabro Frio, Rio de Janeiro, São Sebastião e entre Paranaguá e Florianópolis (GIGLIOTTI et al., 2010).

Seu recrutamento acontece com maior intensidade durante o inverno, quando a sardinha atinge 90 mm. A pesca da sardinha é a principal atividade pesqueira do Brasil (CERGOLE, 1995). Por ano as traineiras chegam a capturar até 15% do seu estoque (DIAS-NETO et al., 2011). Essa espécie sustenta as pescarias nas regiões Sudeste e Sul e a produção de processamento de pescado responsável pela produção de conservas e sua distribuição em escala nacional (CERGOLE, 1995).

As capturas comerciais apresentam oscilações nas últimas décadas com enorme redução no início de 2000, comprometendo o comércio da sardinha (CERGOLE et al., 2002). Seu recrutamento está relacionado à interação da sua biologia com os processos oceânicos da plataforma continental e com a disponibilidade de alimentos no período de desenvolvimento larval (HJORT, 1914; MORAES, 2012), bem como o manejo da sua pesca (KATSURAGAWA et al., 2006; MORAES, 2012), que chegou a atingir seu recorde em 1973 com 228 mil toneladas (CERGOLE et al., 2012). Tais oscilações relacionadas ao recrutamento e à sobrepesca levaram a pescaria dessa espécie à crise, gerando impactos no âmbito social e econômico (MORAES, 2012).

O monitoramento do estoque pesqueiro da sardinha (MATSUURA, 1996), por meio da investigação da variação do seu recrutamento, relaciona os estágios iniciais do ciclo de vida do Ictioplâncton com as condições ambientais (MATSUURA, 1977b). O transporte do ictioplâncton é um processo dinâmico e complexo, em particular, nas zonas de

ressurgências altamente instáveis (HUTCHINGS, 1992). Em tais ambientes, as espécies se adaptam ao meio através de suas estratégias reprodutivas, de modo a maximizar o recrutamento, evitando potenciais fatores limitantes, como a variabilidade no fornecimento de alimento e perda de larvas devido ao transporte superficial (GARAVELLI et al., 2012). Esses resultados comparados com a avaliação de seus estoques, possibilitam associar o tamanho da desova, a intensidade do recrutamento e a produção pesqueira (CERGOLE, 1995).

A influência da restrição ambiental, principalmente durante o período de desova, quando há suficiente disponibilidade de alimentos (SHERMAN et al., 1984) ou, quando a desova ocorre em áreas com condições ambientais em que a espécie está adaptada (SAKURAI et al., 2000). Muitas teorias têm tentado explicar o sucesso do recrutamento da espécie (COLE; McGLADE, 1998) e não há atualmente, consenso de quais fatores influenciam simultaneamente no recrutamento (CURY; ROY, 1989; BAKUN, 1996).

O desenvolvimento de novas abordagens bem como o uso do SIG para o estudo da dinâmica da sardinha, permitem analisar a influência das condições oceânicas e a sua fluutuabilidade interanual da pesca (HUGGET et al., 2003; VAN DER LINGEN, 2005; BERNAL et al., 2007; IBAIBARIAGA et al., 2007; PLANQUE et al., 2007, DIAS et al., 2014). Dessa forma, este trabalho pretende contribuir para o entendimento da circulação superficial oceânica na PCSE no período de reprodução da sardinha para identificar se há alguma relação com os extremos de desembarques comerciais realizados entre 1980 a 2007.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo é na Plataforma Continental Sudeste Brasileira (PCSE), caracterizada como uma das principais feições geomorfológicas da costa brasileira (Figura 1.1). A PCSE cobre em extensão aproximadamente 1100km e uma área de 150 000km<sup>2</sup>. Essa região se estende ao longo da latitude 23°S, Cabo Frio, RJ, até a latitude de 29°S, Cabo de Santa Marta, SC. Suas isóbatas seguem paralelamente à linha de costa até a

profundidade da quebra da plataforma continental, que varia entre 120m a 180m, sendo sua parte mais larga com 230km localizada em frente a Santos e as partes mais estreitas nas proximidades de Cabo Frio, com 50km, e Cabo de Santa Marta, com 70km (CASTRO et al., 2006).

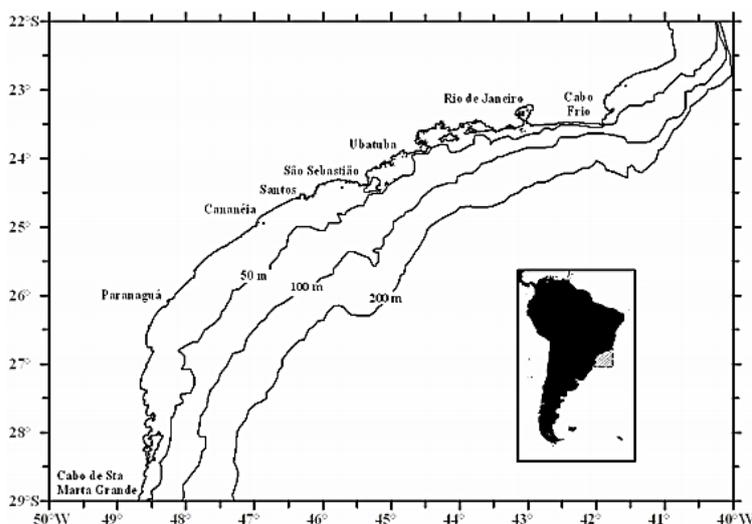


Figura 1.1- Plataforma Continental Suldeste do Brasil (PCSE) associada as suas linhas isobatimétricas

Fonte: Gigliotti (2009)

As massas d' água predominante na área de estudos são: i) Água Tropical (AT), ii) Água Central do Atlântico Sul (ACAS), iii) Água Costeira (AC). (EMILSON, 1961; MIRANDA, 1982; CASTRO; MIRANDA, 1998). No interior da plataforma continental sul estão presentes dois tipos de massas d' água: i) Água Subantártica de Plataforma (ASAP), ii) Água Subtropical de Plataforma (ASTP). (PIOLA et al., 2000).

A presença das massas d' água sobre a PCSE transportadas sob a ação dos ventos na superfície do mar, pelo transporte da CB e pelas marés, varia em escalas espaciais e temporais, sendo associada a processos que atuam diretamente na plataforma continental e a processos que estão relacionados ao talude (CASTRO et al., 2006).

## 2.2 Configuração do modelo ROMS

As etapas de simulação hidrodinâmica utilizando o modelo ROMS, para os anos de 1980 a 2007, envolveram a definição do domínio e a configuração da grade. Primeiramente,

foi realizado uma rodada de *spin-up* de cinco anos para equilibrar as equações físicas. Posteriormente, foi realizado um experimento de 27 anos para gerar as séries temporais do padrão superficial de circulação oceânico e, experimentos horários nos meses de dezembro e janeiro para 18 anos, selecionados por métodos estatísticos, que foram utilizados como forçantes físicas de temperatura, salinidade e correntes superficiais no MBI.

### **2.2.1 O domínio da grade**

A grade utilizada está compreendida entre as latitudes de 20°S a 30°S e as longitudes entre 40°W a 50°W, com resolução na horizontal da grade é de 1/12°. Na vertical, utilizou-se 30 níveis sigma, para melhor representar os processos que ocorrem na camada eufótica.

### **2.2.2 Batimetria e linha de costa**

Para a confecção da batimetria, utilizou-se a base global SRTM30 *plus*, com resolução de 30 segundos de arco, de aproximadamente 1km. A linha de costa, cuja resolução espacial é de 1:5. 000.000, utilizada como definição da máscara terra/água foi da *World Coast Line* da NOAA.

### **2.2.3 Dados de reanálise atmosférica**

Para esse experimento, a forçante atmosférica utilizada entre 1979 a 2007, foi do *Climate Forecast System Reanalysis* (CFSR). Sua resolução atmosférica vertical é de aproximadamente 38km com 64 níveis, com resolução horizontal de 0,5° de latitude e longitude, resolução temporal de 6 horas e resolução espacial de 0,25° x 0,25°.

### **2.2.4 Dados de contorno oceânico**

Os dados de reanálises utilizados, para o período de 1980 a 2007, como condições iniciais do experimento e contornos laterais para as bordas abertas da grade foi o *Simple Ocean Data Assimilation* (SODA) versão 2.0.2-4. Os campos médios são remapeados para um

campo uniforme global de grade horizontal com resolução de  $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ , resolução espacial de  $0,4^{\circ}$  e 40 níveis verticais com espaçamentos de 10 metros.

## **2.3 Avaliação do experimento hidrodinâmico**

### **2.3.1 Comparação da TSM do ROMS com dados do sensor AVHRR**

Neste trabalho, optou-se pelos dados de TSM denominados *Optimum Interpolation Sea Surface Temperature Version 2 – first guess SST field*, disponibilizado pelo projeto *Pathfinder*, Versão 5.0 do sensor AVHRR. Todas as 312 imagens mensais correspondentes ao período da série analisada, estão em HDF, nível 3 (*Level 3*), com resolução espacial de 4 km. Após a interpolação dos dados de TSM do ROMS para a grade de menor resolução (AVHRR), foram gerados mapas sazonais de verão (janeiro, fevereiro e março) e inverno (julho, agosto e setembro) de TSM (em  $^{\circ}\text{C}$ , de 1980 a 2007) do ROMS, AVHRR e suas respectivas diferenças.

### **2.3.2 Comparação da ASM do ROMS com os dados do AVISO**

Os dados de altimetria empregados neste trabalho são do tipo *merged* fornecidos pelo *Archiving Validation and Interpretation of satellite Oceanographic Data* (AVISO) com intervalos de sete dias. Os dados utilizados representam o período de 1992 até dezembro de 2007, totalizando 946 arquivos na forma de mapa com grade amostral fixa ao longo do tempo com resolução de  $1/3^{\circ}$ . Cada arquivo possui os parâmetros hora de registro de medida, latitude, longitude e ASM em relação ao geóide. Foram calculadas médias mensais do AVISO e do ROMS e, reamostragem espacial para transformar os dados de resolução espacial do ROMS de  $1/12^{\circ}$  para resolução espacial dos dados do radar altímetro, que é de  $1/3^{\circ}$ .

### **2.3.3 Comparação da CSM do ROMS com os dados do OSCAR**

Os dados de correntes superficiais do mar do OSCAR (*Ocean surface Currents Analyses*), possuem resolução espacial de  $0,33^{\circ}$  e temporal de 5 dias. A grade do OSCAR foi

reamostrada para a grade de 1/12° do ROMS para garantir que os resultados reproduzissem a variabilidade espacial e temporal das correntes marítimas.

## 2.4 Série de tempo dos extremos de produção da sardinha

A série temporal das taxas médias de capturas (toneladas por ano) são resultados das capturas dividido pelo número de dias disponíveis para a pesca das sardinhas, no período de 1980 a 2007. Esses dados estão disponíveis na *Food and Agriculture Organization* (FAO), (Figura 2.1), oriunda de várias fontes oficiais: de 1980 a 2000 os dados de captura são da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), Instituto de Pesca de Santos – SP e do Ministério de Agricultura e de 2001 a 2007 são dados estatísticos do IBAMA. Vale ressaltar que, nesta série não foram considerados 366 dias nos anos bissextos, sendo utilizado apenas 365 dias no ano.

Para identificar os anos de extremos de desembarques comerciais da sardinha foi aplicada a teoria dos valores extremos (GEV). Dentro dessa denominação geral de extremos incluímos o máximo e o mínimo, ou seja, estatística de ordem extremas e excessos acima de limiares altos.

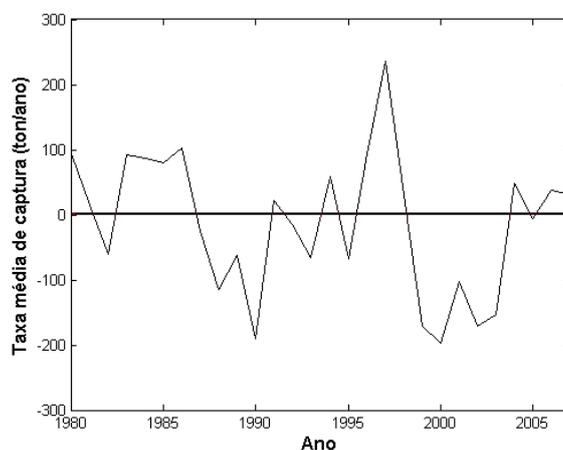


Figura 2.1- Série histórica anual (1980 a 2007) destendenciada da FAO, de taxa de captura média, em toneladas por ano, da sardinha na PCSE.

A fim de estimar se esses eventos estão relacionados com a variação da intensidade, frequência e que tipo de comportamento descreve de forma satisfatória, os extremos da série, calculado por GEV, englobam as três formas assintóticas de distribuição de valores extremos e tem função de distribuição acumulada de probabilidade dada por:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \varepsilon \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\varepsilon}} \right\} \quad (2.1)$$

definida em  $-\infty < x < \mu - \frac{\sigma}{\varepsilon}$  para  $\varepsilon < 0$ ,  $-\infty < x < +\infty$  para  $\varepsilon \rightarrow 0$ ,  $\mu - \frac{\sigma}{\varepsilon} < x < +\infty$  para  $\varepsilon > 0$ , sendo  $\mu, \sigma$  e  $\varepsilon$  os parâmetros de locação, escala e de forma respectivamente, com  $\sigma > 0$ .

Calculou-se então, o referido o valor de  $\varepsilon$ , que foi de -0,369162 ou seja,  $\varepsilon < 0$ , portanto, esta distribuição de extremos pertence a Weibull (SMITH; NAYLOR, 1987).

Além da análise gráfica foi realizado uma análise de aderência de *Kolmogorov-Smirnov*, KS, com nível de significância de 5%, para testar a suposição que esses dados realmente seguem a referida distribuição:

$$D_{obs} = \text{Max} |F(x) - S(x)| \quad (2.2)$$

O resultado do teste de KS foi de 0,25 o que indica que a distribuição GEV ajusta-se bem aos valores máximos e mínimos visto que, o  $D_{tab}$  é de 0,7960 para o nível de significância de 95%, concordando com as conclusões obtidas a partir da análise gráfica.

Por fim, foi realizado a distribuição de Weibull (WEIBULL, 1951) para estimar a máxima verossimilhança os intervalos de confiança da série da FAO, com 95%. O referido teste mostrou que os anos de 1988, 1989, 1990, 1993, 1995, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2005 e 2007, foram anos de mínima, ao passo que 1980, 1983, 1984, 1985, 1986, 1995 e 1996, foram os de máxima. Como os dados de reanálise começam em 1980, este ano foi descartado do estudo permanecendo apenas os dezoito anos restantes.

E a decisão se as duas amostras, máximos e mínimos, provêm de populações diferentes foi realizada pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KW).

## 2.5 Configuração do modelo lagrangeano

Para estudar os efeitos de fatores físicos e biológicos na dinâmica de ovos e larvas da sardinha foi utilizado como ferramenta de MBI, o Ichthyop. As simulações rastream 30 mil partículas lançadas nos primeiros 30 metros de coluna de água durante 45 dias, de 15 de dezembro a 30 de janeiro, que corresponde ao período de máxima desova da sardinha. Cada simulação registrou os passos de cada indivíduo, quantos viveram, e a taxa de mortalidade por advecção ou por temperatura letal de acordo com a bibliografia (menor que 17°C para o ovo e de 16,5°C para a larva) e mortalidade por advecção (caso a partícula seja transportada para profundidades maiores que 200 metros).

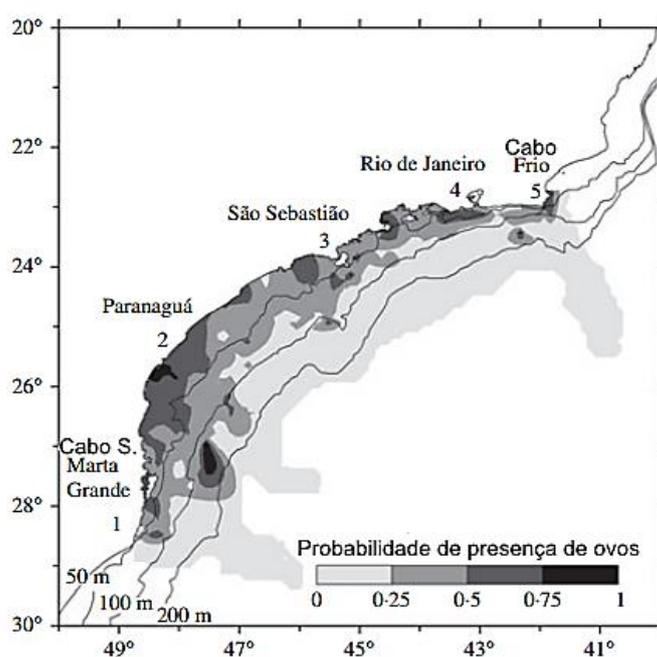


Figura 2.2- Probabilidade de presença de ovos da sardinha nas áreas das estações de coletas regularizadas para todos os nove cruzeiros realizados no projeto de pesquisa do Dr. Matsura do IO/USP entre 1976 a 1993.

Fonte: Gigliotti et al., (2010)

. Para tal análise das desovas, foram realizados dois experimentos para os dezoito anos estudados: um caracterizado pela desova aleatória e outro com desovas realizadas nas zonas propostas por Gigliotti et al., (2010) (Figura 2.2;Tabela 2.1; Figura 2.3).

Tabela 2.1- Área de desovas do experimento por zonas, delimitada por polígonos de latitude e longitude e por duas linhas batimétricas de 5 e 30 m.

<b>Código da área</b>	<b>Região</b>	<b>Limites de latitudes</b>	<b>Limites de longitudes</b>
Zona 1	Entre Florianópolis (SC) e Paranaguá (PR)	25°S a 27°S	47,5°W a 48,8°W
Zona 2	São Sebastião (SP)	23,8°S a 24,8°S	45,7°W a 46,1°W
Zona 3	Rio de Janeiro (RJ)	23°S a 24°S	43°W a 44°W
Zona 4	Cabo Frio (RJ)	22,8°S a 23,8°S	41,7°W a 42,2°W

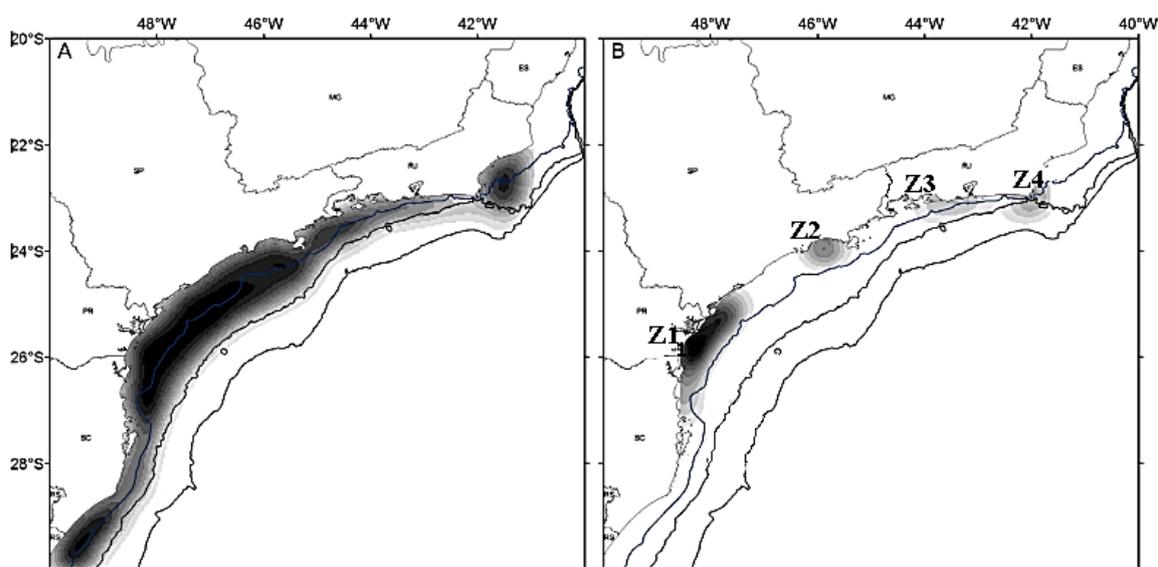


Figura 2.3 – Experimento aleatório (A) ao longo da PCSE limitado pela isóbatas de 100 metros e as quatro áreas (B) (Z1 – Cabo de Santa Marta/RJ; Z2 – São Sebastião/SP; Z3 – Rio de Janeiro/RJ; Z4 – Cabo Frio/RJ), delimitadas por polígonos definidos por latitudes e longitudes (Tabela 3.1), para o experimento realizado por zonas, definidas no estudo de Gigliotti et al., (2010), limitada por duas isobatimétricas de 5 e 30m. A Zona 5, zona mais offshore, foi descartada deste estudo, visto que no estudo de Dias et al., (2014), foi verificado que a maior concentração das larvas sobreviventes estavam abaixo da isóbatas de 50m.

Fonte: Adaptado Dias et al., 2014.

## **2.7 Inferência Fuzzy**

A representação e processamento dependem da técnica fuzzy escolhida e do problema a ser resolvido. Esse processamento tem três estágios principais: fuzificação da imagem, modificação dos valores das funções de pertinência, e, se necessário, defuzificação da imagem (SIVANANDAM et al., 2007). No primeiro estágio os dados são convertidos de planos de nível de cinza para planos de pertinência (fuzificação). No estágio principal e intermediário, que é a modificação dos valores de pertinência, técnicas fuzzy adequadas são utilizadas tais como clustering fuzzy e aproximações baseadas em regras fuzzy. A atribuição de valores ou funções de pertinência a variáveis fuzzy é realizada com base no conhecimento de especialistas e na compreensão do desenvolvimento destas funções de pertinência. O último estágio, a defuzificação, é baseada na transformação dos resultados obtidos no estágio intermediário em valores “crisp”, lembrando que esse estágio pode existir ou não dependendo da finalidade da aplicação proposta.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Desempenho do modelo hidrodinâmico**

#### **3.1.1 Temperatura da superfície do mar**

Os mapas sazonais de verão (janeiro, fevereiro e março) e de inverno (julho, agosto e setembro) (Figura 3.1) de TSM (em °C, de 1980 a 2007), mostram boa concordância com a posição e a forma das características térmicas da superfície na PCSE em ambas estações.

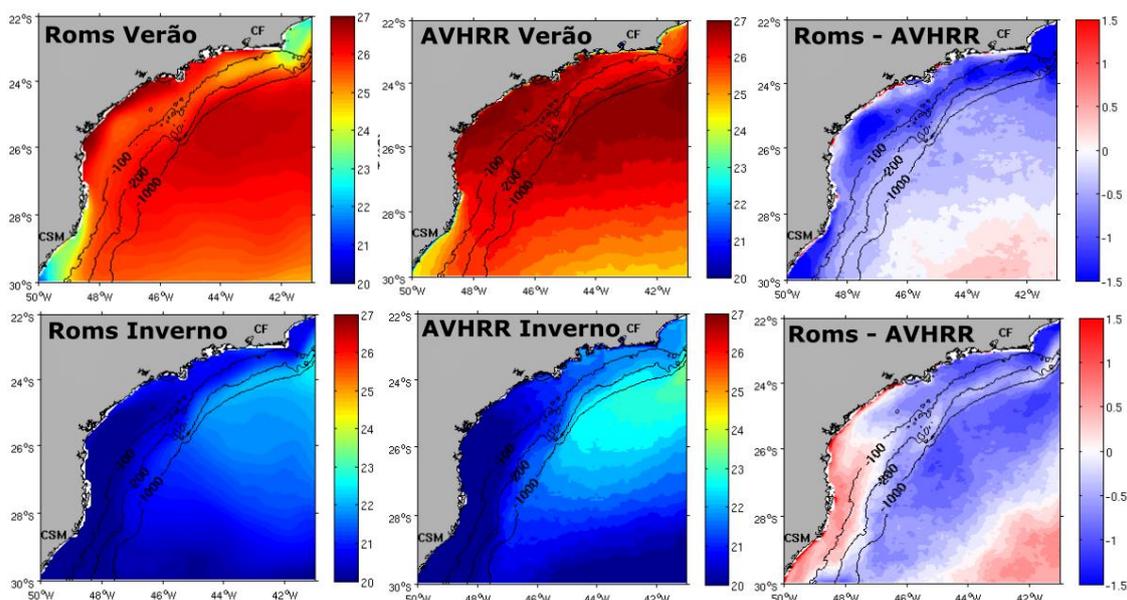


Figura 3.1 – Médias horizontais sazonais de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e inverno (julho, agosto e setembro) de TSM (em °C, de 1980 a 2007) do ROMS, do AVHRR (produto *Pathfinder* Versão 5 Nível 3, SST) e as suas respectivas diferenças entre os dois produtos (CF, Cabo Frio; CSM, Cabo de Santa Marta).

### 3.1.2 Altura da superfície do mar

Médias sazonais de verão (janeiro, fevereiro e março) e inverno (julho, agosto e setembro) (Figura 3.2) de ASM (em metros, de 1992 a 2007) do ROMS estão correlacionadas com a resolução horizontal do modelo com o produto do AVISO. Entretanto, existe uma coerência na representação das características espaciais dos campos como meandramentos e vórtices parecidos com os principais padrões observados nas estimativas de ASM do AVISO. Esses valores subestimados próximo a costa, está relacionado com interferência do pulso do radar no próprio continente, das maiores amplitudes de maré e efeito de ondas, e outras dinâmicas não lineares como as correntes geradas pelo vento (ROBINSON, 2010).

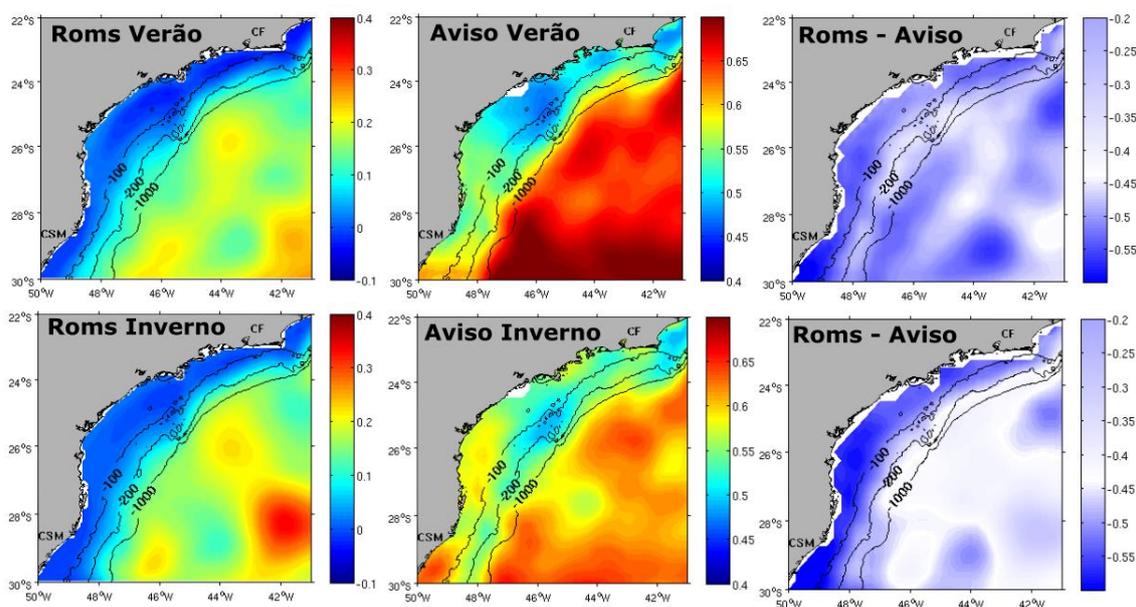


Figura 3.2- Média sazonal de verão (janeiro, fevereiro, março) e inverno (julho, agosto, setembro) de ASM (em m, de 1992 a 2007) do modelo ROMS, do produto MDT (AVISO) e suas respectivas diferenças. (CF, Cabo Frio; CSM, Cabo de Santa Marta). Olhar as diferenças das escalas das figuras, para melhor visualização das feições oceanográficas.

### 3.1.3 Velocidades de superfície sazonais

Para melhor comparação das correntes superficiais do modelo ROMS com os dados do OSCAR, foram realizados mapas sazonais de verão (janeiro, fevereiro, março) e inverno (julho, agosto, setembro) das componentes zonais e meridionais (Figura 3.3). As componentes zonais e meridionais do ROMS são maiores do que a do OSCAR, principalmente próximo à costa. O modelo consegue representar a variabilidade entre o verão e o inverno.

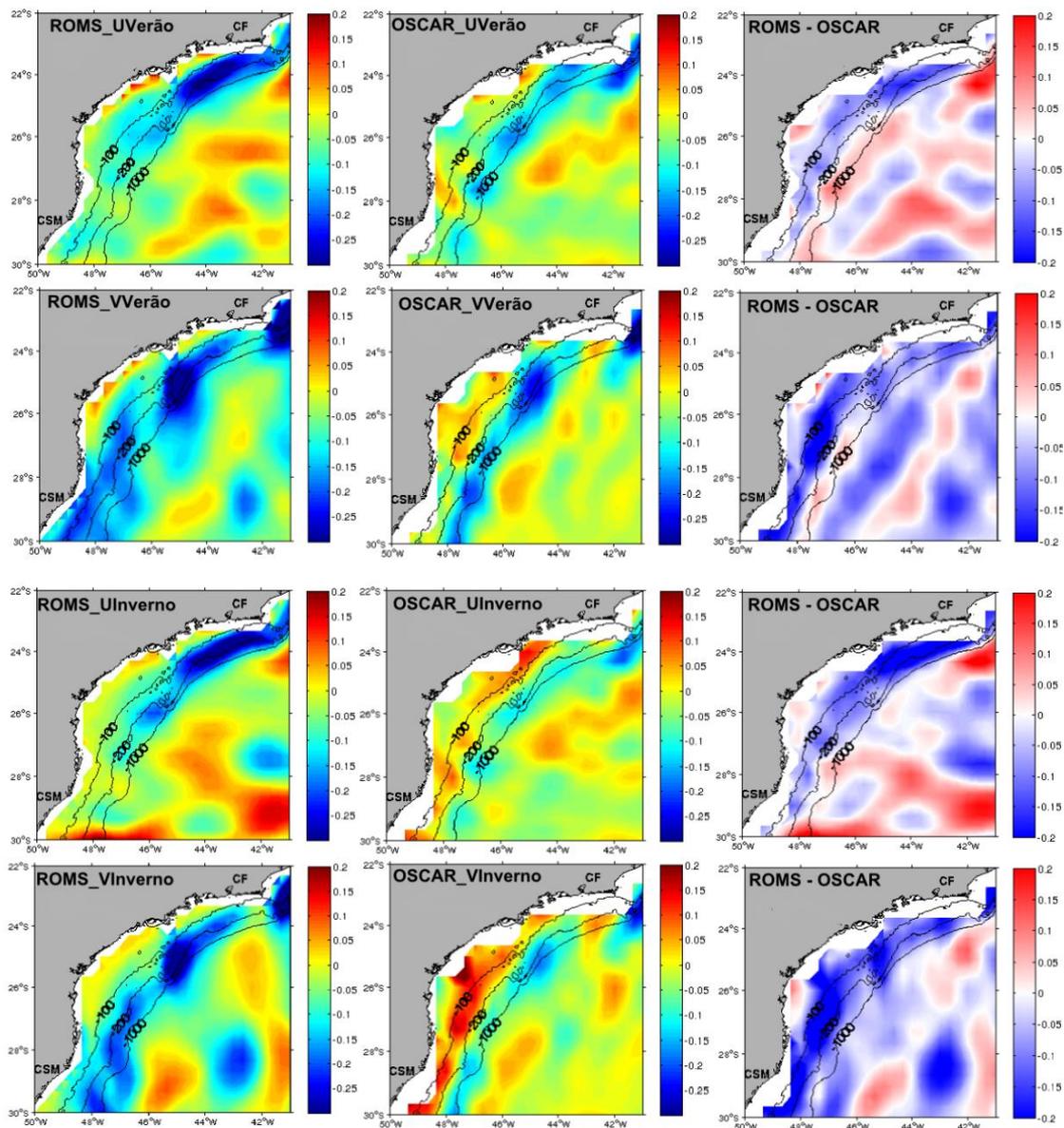


Figura 3.3- Média sazonal das componentes meridional (V) e zonal (U) no verão (janeiro, fevereiro e março) e inverno (julho, agosto e setembro), em m/s (de 1992 a 2007) do modelo ROMS, OSCAR e suas respectivas diferenças. (CF, Cabo Frio; CSM, Cabo de Santa Marta).

### 3.2. Experimento Estatístico de desovas

Os experimentos de desovas ao longo da PCSE (Figura 3.5), limitada pela isóbata de 100 m, mostra que, a taxa de mortalidade por temperatura foi maior nos anos de mínimas capturas e a taxa de mortalidade por advecção foi maior nos de máximas capturas. Os

resultados apontam que, aproximadamente 80% da taxa de mortalidade é por temperatura e apenas aproximadamente 20%, é destinado a mortalidade por advecção (Figura 3.6). Porém, o teste não paramétrico demonstra, que para o nível de significância de 95%, tanto para a mortalidade por temperatura como por advecção que, não há diferença significativa entre os extremos de produção (Tabela 3.1), ou seja, os anos de extremos de capturas comerciais representam apenas variações casuais. Isso pode ser visualizado tanto a proximidade das medianas (Figura 3.5) entre os dois extremos de desembarques comerciais analisados para cada tipo de mortalidade, como na variação intra grupos (Tabela 3.1), que apresentam valores muito próximos e valores de  $p$  maior que 0,05.

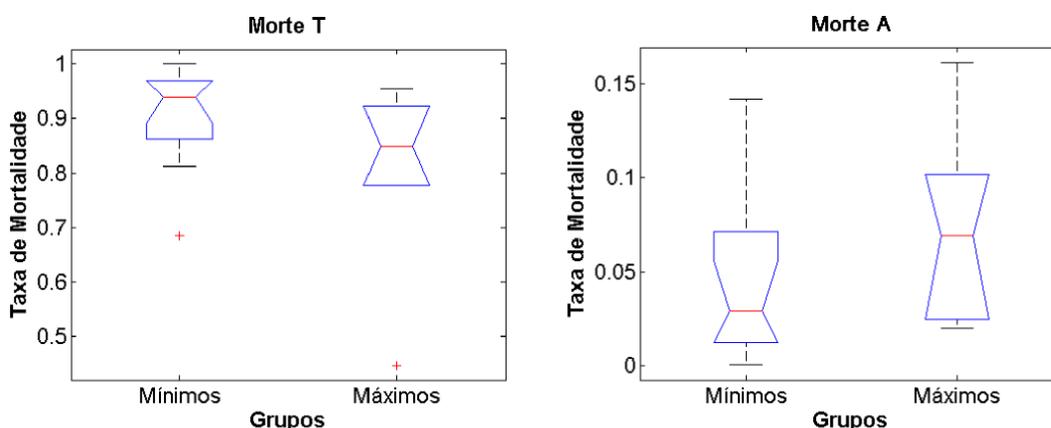


Figura 3.5- Teste de Kruskal Wallis para os anos de mínima e máxima captura comercial da sardinha no experimento aleatório para a morte por temperatura (Morte T) e mortalidade por advecção (Morte A).

Tabela 3.1- Resultado do teste de Kruskal-wallis do experimento aleatório para mortalidade por temperatura e por perda de advecção. Morte T (morte por temperatura). Morte A (morte por advecção). SS (somadas dos quadrados). df (graus de liberdade). MS (erro quadrático médio). F (razão entre a média do quadrado de erros). Prob (valor de  $p$  para aceitar ou rejeitar a hipótese nula).

<b>Morte T</b>					
<b>Fonte</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>Chi-sq</b>	<b>Prob</b>
<b>Grupos</b>	81	1	81	2,84	0,0918
<b>Erro</b>	403,5	16	25,2188		
<b>Total</b>	484,5	17			
<b>Morte A</b>					
<b>Fonte</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>Chi-sq</b>	<b>Prob</b>
<b>Grupo</b>	56,25	1	56,25	1,97	0,1601
<b>Erro</b>	428,25	16	26,7565		

<b>Total</b>	484,5	17			
<b>Morte T x Morte A</b>					
<b>Fonte</b>	<b>SS</b>	<b>df</b>	<b>MS</b>	<b>Chi-sq</b>	<b>Prob</b>
Grupos	2916	1	2916	26,27	2,9682e-7
Erro	969	34	28,5		
Total	3885	35			

As partículas têm uma alta taxa de mortalidade antes dos primeiros 5 dias de experimentos, isso pode ser vinculado ao fato da média da TSM ser maior do que a indicada no experimento para ovos (17°C). A variabilidade da sobrevivência das larvas está, portanto, correlacionadas às condições oceanográficas da região, como a presença de água mais quente e menos salina, e o deslocamento pode estar associado aos meandramento da CB (GIGLIOTTI et al., 2010, MORAES, 2012).

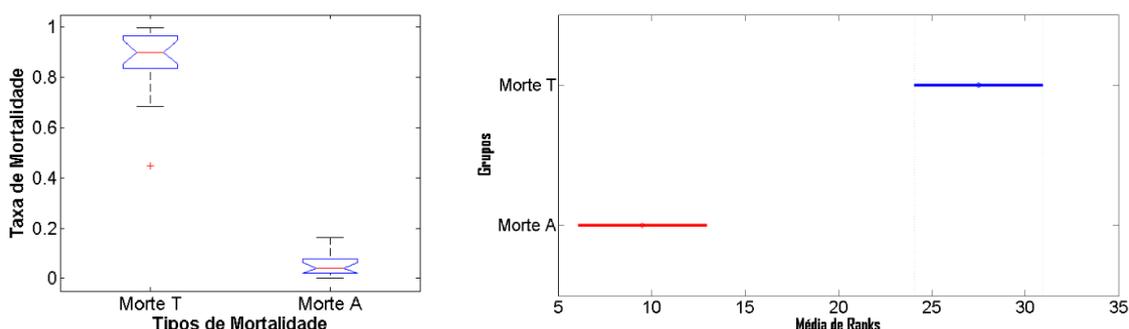


Figura 3.6- Teste de Kruskal-wallis (à esquerda) analisando como grupo as causas de mortalidade do experimento aleatório para as 30 mil partículas lançadas ao longo da PCSE. Teste de acompanhamento (à direita) para identificar qual amostra de dados vem de distribuição diferente para o experimento aleatório. Observar que há uma diferença significativa entre os dois tipos de mortalidade identificando que os grupos são de distribuições diferentes. Morte T (morte por temperatura). Morte A (morte por advecção).

### 3.3 Trajetória das Partículas

Uma análise sobre os movimentos das 30 mil partículas em cada ano, para cada experimento (Figura 3.7 e 3.8) nos mostram que os movimentos das sardinhas adultas para locais específicos da PCSE não melhoram significamente a sobrevivência das larvas ou afetam o desempenho da pesca. Os experimentos apontam que as faltas de condições

oceânicas poderiam favorecer os extremos de desembarques comerciais da sardinha na PCSE. A estrutura da desova pode ser explicada por processos de mesoescala coincidindo com maiores variabilidades interanuais nas taxas de mortalidade por temperatura ao Norte da PCSE, antes dos períodos de desembarques mínimos.

O experimento de desova por zonas (Figura 3.8) aponta nos seus padrões de simulações do deslocamento das partículas, que sardinhas preferem as zonas definidas por Gigliotti et al., (2010) por serem ambientes propícios para a retenção larval. E que a probabilidade de ela morrer por advecção é maior quando a desova ocorre de forma aleatória ao longo da PCSE, devido as propensões das larvas serem capturadas por meandros e vórtices. Ambas figuras exibem que a variabilidade interanual das trajetórias das partículas, são forçadas pela circulação superficial oceânica.

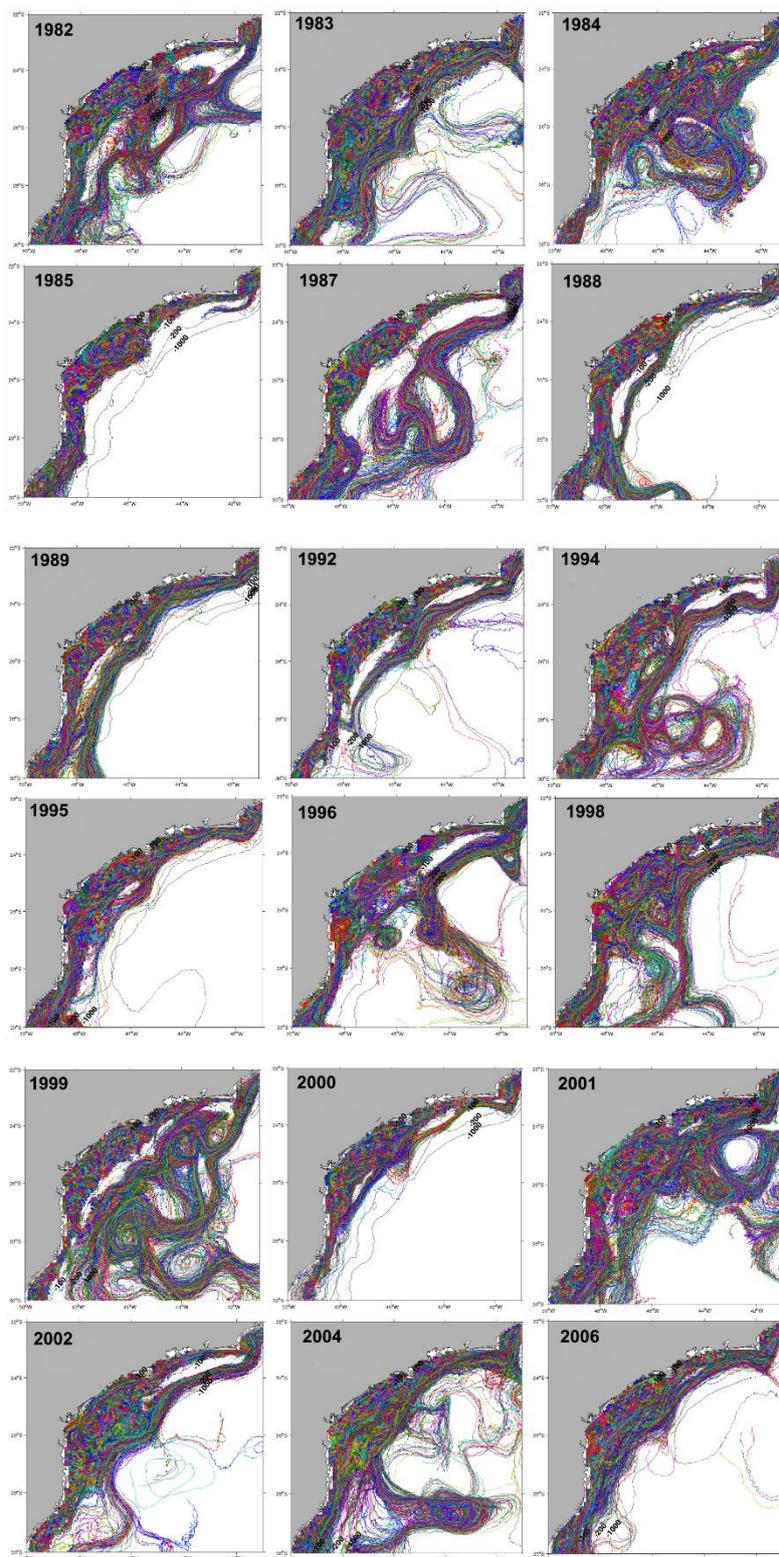


Figura 3.7- Trajetórias das 30 mil partículas para cada ano analisado na PCSE durante os 45 dias de experimento aleatório.

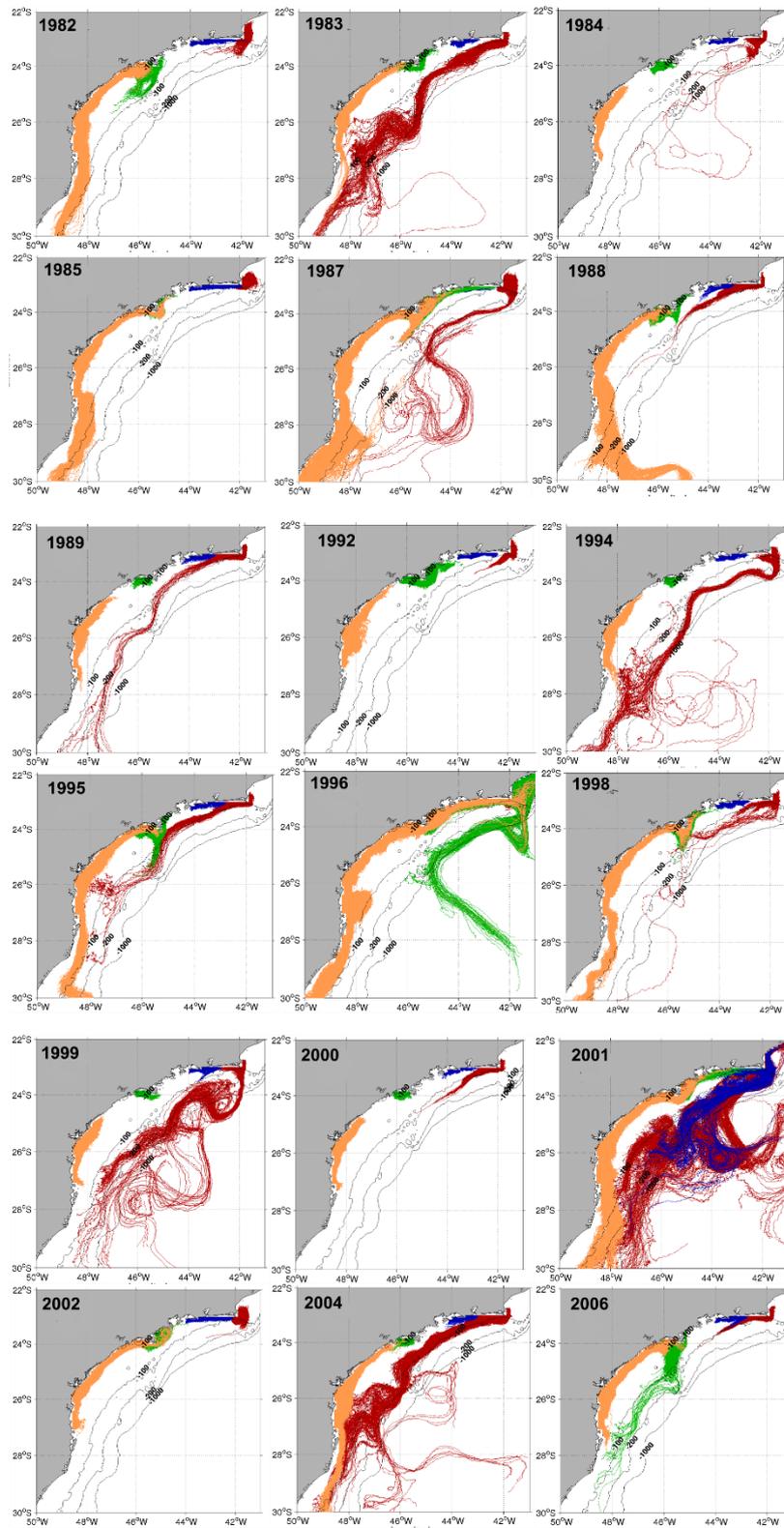


Figura 3.8- Trajetórias das 30 mil partículas para cada ano analisado na PCSE durante os 45 dias de experimento por zonas, (Vermelho – Cabo Frio; Azul – Rio de Janeiro; Verde – São Sebastião; Laranja – Cabo de Santa Marta).

### 3.4 Comparação da TSM por inferência Fuzzy

Para proceder a modelagem sobre a inferência fuzzy, é necessário que a malha de pontos (imagem do AVHRR) seja representada por uma função nebulosa, elaborando classes entre valores de 0 e 1. Estes valores constituíram os pesos que cada classe de estudo representava: 0 (para temperatura de 15°C) e 1 (para temperatura de 30°C). A normalização linear transformou os valores dos pixels em uma matriz multidimensional formada ficaram na faixa entre 0 e 1 (figura 3.9).

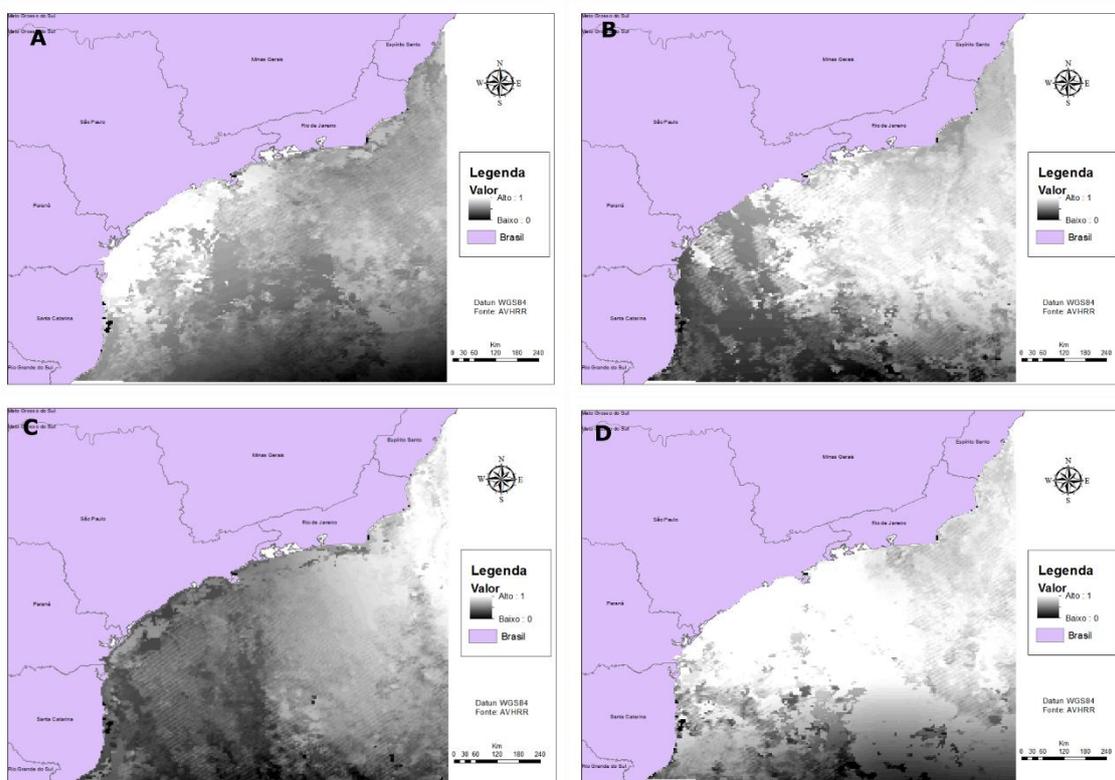


Figura 3.9 – Normalização linear da inferência fuzzy para os ápices de máximas, ano de 1995 (A) e 1996 (B), e para os ápices de mínimas, ano de 1989 (C) e 1999 (D). Definindo na fuzzificação que 1, seria valor alta taxa de temperatura (30°C), e 0 para baixa taxa de temperatura (15°C).

A normalização possibilitou mapas de possibilidades de TSM a partir de diferentes proposições e operadores fuzzy AND (Figura 3.10) e OR (Figura 3.11). Anos operadores foram representados para os ápices de máximo e de mínimo desembarques. Seguida

fuzificação (fuzzy), foi obtida uma imagem em cores do formato RGB (red, green e blue) onde cada tom está relacionado às variáveis fuzzy de baixa exposição, media exposição, alta exposição, respectivamente, facilitando a correta interpretação do mapa.

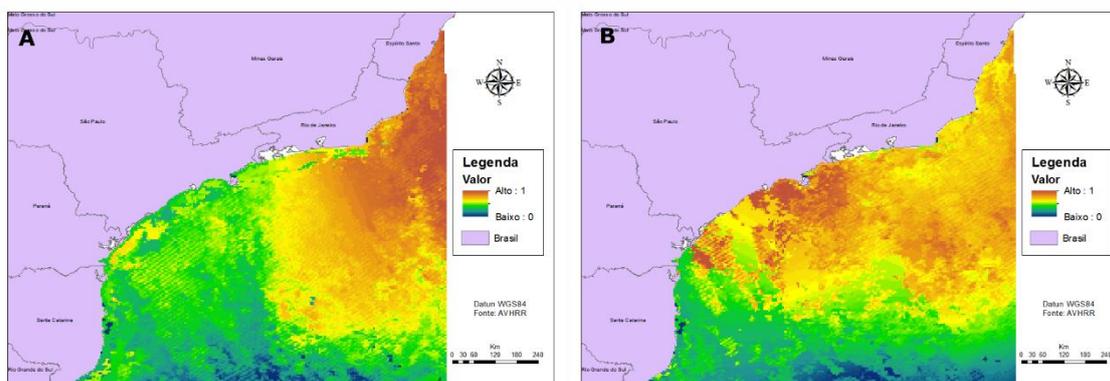


Figura 3.10 – Operador Fuzzy AND para anos os dois anos de mínima (A) e de máxima (B) caputa comercial.

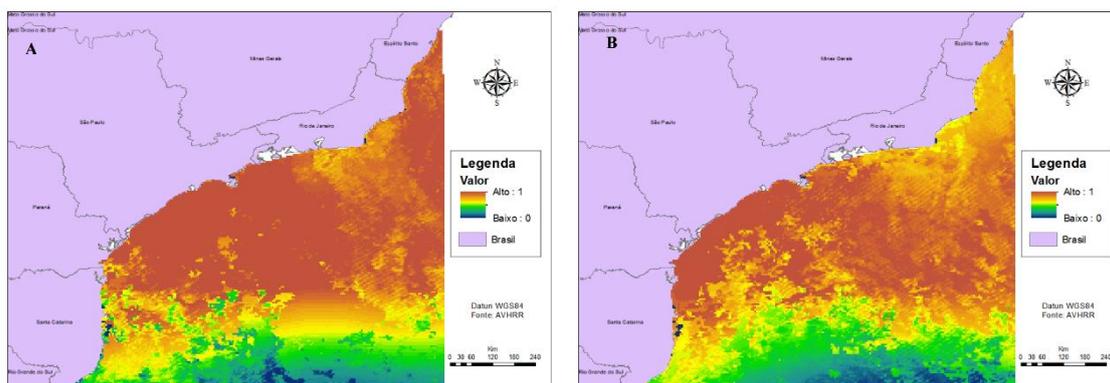


Figura 3.11 – Operador Fuzzy OR para anos de mínima (A) e de máxima (B) captura comercial.

#### 4. Conclusões

Através do uso da modelagem hidrodinâmica, modelagem baseado no indivíduo, de dados de satélites e do SIG foi possível demonstrar, que os desembarques comerciais da sardinha estão diretamente relacionados ao padrão de circulação oceânico da PCSE, principalmente a TSM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, J. M.; PEZZI, L. P.; DE CAMARGO, R.; SCHULTZ, C. Instalação e pré-processamento para o Regional Ocean Modelling System (ROMS). Centro de previsão e Estudos Climáticos (CPTEC) – Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) – Universidade de São Paulo (USP). 2010.

AVISO - SATELLITE ALTIMETRY DATA. **Sea surface height products**. 2015. Disponível em: <http://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/sea-surface-height-products.html>. Consultado a 02/07/2015.

BAKUN, A.; PARRISH, R.H. Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the Brazilian sardine (*Sardinella aurita*). **Journal du Conseil International Pour l'Exploration de la Mer**, v. 46, p. 269-283, 1990.

CASTRO, B. M. **Correntes e massas d'água na plataforma continental Norte de São Paulo**. Tese (Livre Docência) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 248 p, 1996

CASTRO, B. M.; BRANDINI, F. P.; PIRES-VANIN, A. M. S.; MIRANDA, L. B. Multidisciplinary oceanographic processes on the Western Atlantic Continental Shelf located between 4 °N and 34 °S. In: ROBINSON, A.R.; BRINK, K.H. **The sea**. New York: John Wiley & Sons, vol. 14, p. 259-293. 2006.

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-WONGTSCHOWSKY, C. L. D. B. (Ed.). **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**. São Paulo: EDUSP, cap. 1, p. 11-120, 2006.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S coastal segment. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (Eds.). **The Sea**. Wiley, Berlín. 11, p. 209–251, 1998.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B.; MIYAO, S. Y. Condições hidrográficas na Plataforma Continental ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em mesoescala. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 35, n. 2, p. 135-151, 1987.

CASTRO, L. A. B — **Mapeamento de áreas favoráveis à ocorrência de albacora-laje no norte e nordeste do Brasil, com a utilização de sensoriamento remoto e dados oceanográficos**. 1983. 101 p. (INPE-2632-TDL/112). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1982. Disponível em: <<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3r59YD6/GNoeq>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

CERGOLE, M. C. Avaliação do estoque de sardinha-verdadeira, *Sardinella brasiliensis*, da costa sudeste do Brasil, Período de 1977 a 1990. **Instituto oceanográfico** - Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 245. 1993.

CERGOLE, M. C. Stock assessment of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, of the southeastern coast of Brazil. **Scientia Marina**, v. 59, n. 3 – 4, p. 597 – 610, 1995.

CERGOLE, M. C.; ÁVILA-DA-SILVA, A. O.; ROSSIWONGTSCHOWSKI, C. L. B. **Análise das principais pescarias comerciais da região Sudeste-Sul do Brasil: dinâmica populacional das espécies em exploração.** São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, p.176. 2005.

CERGOLE, M. C.; VALENTINI, H. Growth and mortality of *Sardinella brasiliensis* in the southeast brazilian bight. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, v. 42, n°1/2, p.113-127, 1994

CERGOLE, M.C.; DIAS-NETO, J. **Plano de gestão para o uso sustentável da sardinha-verdadeira *Sardinella brasiliensis* no Brasil.** Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. 2011. 180 p. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/planogestaosardinhaverdadeiradigital.pdf>> Acesso em: jun. 2015.

CERGOLE, M. C.; SACCARDO, S. A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Fluctuations in the spawning stock biomass and recruitment of the brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) 1997-1997. **Revista Brasileira de Oceanografia**, n 50, pg 13-26, 2002.

COLE, J.; McGLADE, J. Clupeoid population variability, the environment and satellite imagery in coastal upwelling systems. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 8, p. 445 – 471, 1998.

COLES, S. G.; DIXON, J. Likelihood-based inference for extreme values models. **Extremes, Tyresoe**, v. 2, n. 1, p. 5-23, 1999

DIAS, D. F. **Determinação dos padrões de desova e da sobrevivência das larvas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*) na plataforma continental sudeste do Brasil, utilizando modelagem baseada em indivíduo** / Daniela Faggiani Dias. – Sao Jose dos Campos: INPE, 2013.

DIAS, D. F.; PEZZI, L. P.; GHERARDI, D. F. M.; CAMARGO, R. Modeling the Spawning Strategies and Larval Survival of the Brazilian Sardine (*Sardinella brasiliensis*). **Progress in Oceanography**, v. 123, p. 38–53, 2014.

DIAS, J. F. Estimativa da Fecundidade Instantânea de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879). In: SIMPÓSIO SOBRE OCEANOGRAFIA, 1, São Paulo, 1989. **Resumos...** 1989. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1989.

FIGUEIREDO, J. L.; MENEZES, N. A. **Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil**. II. Teleostei (1). Museu de Zoologia da universidade de São Paulo, São Paulo, 110 p. 1978.

FISHER, R. A.; TIPPETT, L. H. C. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. *Procs. Cambridge Philos. SOC*, v. 24, p. 180-190, 1928.

FU, L. L.; CAZENAVE, A. **Satellite altimetry and earth science** - a handbook of techniques and applications. London, UK: Academic Press, 2001. 464p.

FU, L.L.; LE TRAON, P.Y. Satellite altimetry and ocean dynamics. **Comptes Rendus Geoscience**, v. 338, n 14–15, p. 1063-1076, 2006.

GARAVELLI, L.; GRÜSS, B. A.; GROTE, N.; CHANG, M.; SMITH, P.; VERLEY, E.; STENEVIK, D. K.; KAPLAN, M.; LETT, C.. Modeling the dispersal of Cape hake ichthyoplankton *J. Plankton Res.* first published online May 29, 2012  
doi:10.1093/plankt/fbs039.

GIGLIOTTI, E. S., GHERARDI, D. F. M., PAES, E. T., SOUZA, R. B.; KATSURAGAWA, M. Spatial analysis of egg distribution and geographic changes in the spawning habitat of the Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. **Journal of Fish Biology**, v. 77, p. 2248 – 2267, 2010.

GIGLIOTTI, E.S. **Medidas da Variabilidade Interanual Marinha sobre a Plataforma Continental Sudeste do Brasil e sua relação com áreas de desova da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*)**. 2009. 169 p. (INPE-16539-TDI/1560). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2009. 2009. 169 p. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP8W/35E4TLP>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

GIGLIOTTI, E.S; MORAES, L.E.S; SOUZA, R.B.; SATO, O.P. Uso de parâmetros “all-pixel-sst” na estimativa de campos de TSM com base em dados do sensor AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, NATAL (RN). **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009a., P.6479 - 6486. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE- 15885-PRE/10495). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.13.54.58>>. Acesso em: 17 julho. 2015.

HUGGETT, J., FRÉON, P., MULLON, C., PENVEN, P. Modelling the transport success of anchovy *Engraulis encrasicolus* eggs and larvae in the southern Benguela: the effect to spatio-temporal spawning patterns. **Marine Ecology Progress Series**, v. 250, p. 247–262, 2003.

HUTCHINGS, L. Fish harvesting in a variable, productive environment searching for rules or searching for exceptions? *S. Afr. J. Mar.Sci.*, V. 12, P. 297–318, 1992.

IBAIBARIAGA, L.; IRIGOIEN, X.; SANTOS, M.; MOTOS, L.; FIVES, J.; FRANCO, C.; LAGO DE LANZÓS, A.; ACEVEDO, S.; BERNAL, M.; BEZ, N.; ELTINK, G.; FARINHA, A.; HAMMER, C.; IVERSEN, S.; MILLIGAN, S.; REID, D. Egg and larvae distribution of seven fish species in the north-east atlantic waters. **Fisheries Oceanography**, v. 16, n.3, p. 284-293, 2007.

IBAMA. **Plano de Gestão para o Uso Sustentável da Sardinha-verdadeira do Brasil**. Maria Cristina Cergola; José Dias Neto, organizadores. – Brasília: Ibama, p. 180. 2011.

MATSSURA, Y. Large scale fluctuations of small pelagic fish, populations and climate change: a review. **Bulletin of the Tokohu National Fisheries Research Institute**, v. 62, p. 195 - 205, 1999.

MATSUURA, L. Y. Rational utilization of coastal ecosystem in tropics: integrated investigation of coastal ecosystem in Ubatuba region. In: Simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo, 2. Águas de Lindóia, 1990. São Paulo, **Academia de Ciências do Estado de São Paulo**. v. 1, p. 47 – 52, 1990.

MATSUURA, L.Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. *Rev. bras. oceanogr.* 46(1): 33-43 MONTES, M.L.A. DE 1953. Nota sobre alimentação de alevinos da “sardinha – legítima” ou verdadeira, *Sardinella aurita* Cuvier & Valenciennes. **Bolm Inst. oceanogr. São Paulo**, v. 6, n. ½, p. 161 – 180, 1998.

MATSUURA, Y. A probable cause of recruitment failure of the Brazilian sardine, *Sardinella aurita* population during the 1974/75 spawning seasons. *S. Afr. J. mar. Sci.*, v. 17, p. 29-35, 1996.

MATSUURA, Y. A study of the history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*. II. Spawning in 1970 and 1971. **Bolm Inst. oceanogr. São Paulo**, v. 24, p. 1 – 16, 1975a.

MATSUURA, Y. A study of the history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*. III. Development of sardine larvae. **Bolm Inst. oceanogr. São Paulo**, v. 24, p. 17 – 29, 1975b.

MATSUURA, Y. A study of the life history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*. IV. Distribution and abundance of sardine larvae. **Bolm. Inst. oceanogr. São Paulo**, v. 26, p. 219 – 247, 1977b.

MATSUURA, Y. A study of the life history of Brazilian sardines, *Sardinella aurita*. I. Distribution and abundance of sardine eggs in the region of Ilha Grande, Rio de Janeiro. **Bolm Inst. oceanogr. São Paulo**, v.20, n. 1, p. 33 – 60, 1971.

MATSUURA, Y. Análise econômica da produção da sardinha na região sudeste do Brasil. **Bol. Inst. oceanogr., São Paulo**, v. 30, n. 1, p. 57 – 64, 1981.

MATSUURA, Y. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) spawning in the southeast Brazilian Bight over the period 1976-1993. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 46, p. 33-43, 1998.

MATSUURA, Y. Contribuição ao estudo da estrutura oceanográfica da região sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo Santa Marta Grande (SC). **Ciênc. Cult, São Paulo**, v. 38, n. 8, p. 1439 – 1450, 1986.

MATSUURA, Y. Distribution and abundance of eggs and larvae of the Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*, during 1974 – 75 and 1975 – 76 seasons. **Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr.**, v. 34, p. 1 – 12, 1979.

MATSUURA, Y. **Estudo comparativo das fases iniciais do ciclo de vida da sardinha – verdadeira, *Sardinella brasiliensis* e da sardinha – cascuda, *Harengula jaguana* (Pisces: Clupeidae), e nota sobre a dinâmica da população da sardinha – verdadeira na região sudeste do Brasil.** Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico. 150p. (Tese de livre – docência). 1983.

MATSUURA, Y. O ciclo de vida da sardinha – verdadeira (introdução à oceanografia pesqueira). **Publ. esp. Inst. oceanogr.**, São Paulo, v. 4, p. 1 – 146, 1977a.

MORAES, L.E.D.S., GHERARDI, D.F.M., KATSURAGAWA, M., PAES, E.T. Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis* Steindachner, 1879) spawning and nursery habitats: spatial-scale partitioning and multiscale relationships with thermohaline descriptors. **ICES Journal of Marine Science** 69, 939–952. 2012.

PIOLA, A. R.; CAMPOS, E. J. D.; MOLLER Jr., O. O.; CHARO, M.; MARTINEZ, C. Subtropical Shelf Front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research** v.105, p.6565–6578, 2000.

PIOLA, A.R., CAMPOS, E.J.D., CAMPOS, MÖLLER, O.O., CHARRO, M., MARTINEZ, C. The Subtropical shelf front off eastern South America. **Journal of Geophysical Research** 105, 6565–6578. 2000.

Rodrigues, R. R., Lorenzetti, 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.

PIOLA, A.R., MATANO, R.P., PALMA, E., MOLLER, O.O., CAMPOS, E.J.D. The influence of the Plata river discharge on the western South Atlantic Shelf. **Geophysical Research Letters** 32, doi:10.1029/2004GL021638. 2005.

PIOLA, A. R.; MOLLER Jr., O. O.; GUERRERO, R. A.; CAMPOS, E. J.D. Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004. **Continental Shelf Research**, v. 28, p. 1639-1648, 2008.

PLANQUE, B.; BELLIER, E.; LAZURE, P. Modelling potential spawning habitat of sardine (*Sardine pilchardus*) and anchovy (*Engraulis encrasicolus*) in the Bay of Biscay. **Fisheries Oceanography**, v. 16, n. 1, p. 16-30, 2007.

ROSSI-WONGTCHOWSKI, C.L.D.B.; SACCARDO, S.A.; CERGOLE, M.C. Are fluctuations in Brazilian sardine catches related to global-scale climate changes? **Anais da Academia brasileira de Ciências**, v. 68, Supl.1, p. 239 - 250, 1996.

ROSSI-WONGTCHOWSKI, C.L.D.B.; SACCARDO, S.A.; VAZZOLER, A.E.A. Características biológicas dos cardumes de sardinha e relação com as condições oceanográficas na região sudeste do Brasil (outubro/novembro e 1988). **Publicação especial**

do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, v. 8, p. 31 - 39, 1991.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; MADUREIRA, L. S. P. **O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região sudeste-sul do Brasil**. São Paulo. EDUSP. 2006.

ROSSIWONGTSCHOWSKI, C. L.D.B. (Coord.). Dinâmica das Frotas Pesqueiras – Análise das principais pescarias comerciais do Sudeste e Sul do Brasil. Avaliação do potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva – Revizee – Área de Dinâmica de Populações e Avaliação de Estoques. Femar. MMA; **Revizee**, p. 251-282. 2003.

ROSSI -WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; SACCARDO, S. A. Distribuição e abundância da sardinha e da anchoita na região sudeste do Brasil: outubro – novembro, 1988. **Boletim Inst. oceanogr.** S. Paulo, v. 8, p. 50, 1991.

ROSSI -WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; WENZEL, M. S. M. T. & OLIVEIRA, M. A. PIEBS – Programa Integrado de Estudos Biológicos sobre sardinha. II – Caracterização macro e microscópica das gônadas, tipo de desova, ciclo reprodutivo e fecundidade. SIMPÓSIO DA FURG SOBRE PESQUISA PESQUEIRA, 1988, Rio Grande, RS. **Resumos...** Rio Grande: Fundação Universidade do Rio Grande, 1988. 44p.

ROSSI-WONGTSCHOWSKY, C. L. D. B. *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879): estudo sobre a estrutura da espécie na área entre 23°S (RJ) a 28°S (SC), Brasil. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Instituto de Biociência, São Paulo, 1978.

SACCARDO, S. A.; ROSSI-WONGTSCHOWKY, C. L. D. B. Biologia e avaliação do estoque da sardinha *Sardinella brasiliensis*: uma compilação. **Atlântica Rio Grande**, v. 13, n. 1, p. 29-43, 1991.

SACCARDO, S. A.; ROSSI-WONGTSCHOWKY, C. L. D. B.; CERGOLE, M. C.; BITTENCOURT, M. M. Age and growth of the southeastern brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*. **Boletim do Instituto Oceanográfico de São Paulo**, v. 36, n.1, p. 81-83, 1988.

SILVEIRA, I. C. A.; SCHMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J.; GODOI, S. S.; IKEDA, Y. A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 48, n. 2, p. 171–183, 2000.

SILVEIRA, I. C. A. **O Sistema Corrente do Brasil na Bacia de Campos, RJ**. 2006. 160 p. Tese de Livre-Docência. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 2006.

SOARES, H. C.; PEZZI, L. P.; GHERARDI, D. F. M.; PAES, E. T. Oceanic and atmospheric patterns during spawning periods prior to extreme catches of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) in the southwest Atlantic. **Scientia Marina**, v. 75, n. 4, p. 665-677, 2011.

VAN DER LINGEN, C. D. Characterizing spawning habitat of anchovy (*Engraulis encrasicolus*), redeye round herring (*Etrumeus whiteheadi*), and sardine (*Sardinops sagax*) from CUFES sampling in the Southern Benguela. **Report of Global Ocean**

**Ecosystem dynamics (GLOBEC)**, n. 21, p. 29-30, Special issue on GLOBEC/SPACC Workshop on characterizing and comparing the spawning habitats of small pelagic fish. January 2005.